

# JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 4, 2024, vol. 1

ISSN: 2181-2438



SLIB.UZ  
Scientific library of Uzbekistan

RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT  
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state  
transport university



**JOURNAL OF TRANSPORT**

RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

**ISSN 2181-2438**

**VOLUME 1, ISSUE 4**

**DECEMBER, 2024**



[jot.tstu.uz](http://jot.tstu.uz)

# TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

## JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 1, ISSUE 4 DECEMBER, 2024

### EDITOR-IN-CHIEF

**SAID S. SHAUMAROV**

*Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University*

### Deputy Chief Editor

**Miraziz M. Talipov**

*Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

---

Founder of the scientific and technical journal “Journal of Transport” – Tashkent State Transport University, 100167, Republic of Uzbekistan, Tashkent, Temiryo‘lchilar str., 1, office: 465, e-mail: [publication@tstu.uz](mailto:publication@tstu.uz).

The “Journal of Transport” publishes the most significant results of scientific and applied research carried out in universities of transport profile, as well as other higher educational institutions, research institutes, and centers of the Republic of Uzbekistan and foreign countries.

The journal is published 4 times a year and contains publications in the following main areas:

- Business and Management;
- Economics of Transport;
- Organization of the Transportation Process and Transport Logistics;
- Rolling Stock and Train Traction;
- Infrastructure;
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields:
- Technology and Organization of Construction, Management Problems;
- Water Supply, Sewerage, Construction Systems for Water Protection;
- Technosphere Safety;
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications, Electrical Engineering;
- Materials Science and Technology of New Materials;
- Technological Machines and Equipment;
- Geodesy and Geoinformatics;
- Car Service;
- Information Technology and Information Security;
- Air Traffic Control;
- Aircraft Maintenance;
- Traffic Organization;
- Operation of Railways and Roads;

---

Tashkent State Transport University had the opportunity to publish the scientific-technical and scientific innovation publication “Journal of Transport” based on the Certificate No. 1150 of the Information and Mass Communications Agency under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. Articles in the journal are published in Uzbek, Russian and English languages.

**EDITORIAL BOARD**

**Viktor A. Sidorov**

*Professor, Doctor of Economic Sciences, Kuban State University*

**Olga I. Kopytenkova**

*Professor, Doctor of Medical Sciences, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

**Oksana D. Pokrovskaya**

*Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

**Oleg R. Ilyasov**

*Professor, Doctor of Biological Sciences, Ural State Transport University*

**Timur T. Sultanov**

*Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Euroasian National University*

**Dmitriy V. Efanov**

*Professor, Doctor of Sciences in Technics, Russian University of Transport (MIIT)*

**Oyum T. Balabaev**

*Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Abylkas Saginov Karaganda Technical University*

**Anvar A. Nazarov**

*Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University*

**Matluba A. Khadjimukhametova**

*Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University*

**Abdusalam V. Umarov**

*Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University*

**Shinpolat M. Suyunbaev**

*Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University*

**Bahodir A. Mirsalixov**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Physics and Mathematics, Tashkent State Transport University*

**Asadulla R. Azizov**

*Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University*

**Barno Dj. Salimova**

*Professor, Candidate of Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Vladimir M. Soy**

*Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University*

**Rustam A. Narov**

*Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University*

**Akhmadjon S. Ibadullaev**

*Professor, Doctor of Sciences in Chemistry, Tashkent State Transport University*

**Rakhima X. Khalilova**

*Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University*

**Abdullaaziz Artikbaev**

*Professor, Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Tashkent State Transport University*

**Ravshanbek M. Mirsaatov**

*Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University*

**Elmira U. Teshabaeva**

*Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University*

**Sakijan K. Khudayberganov**

*Professor, Candidate of Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Igor K. Kolesnikov**

*Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University*

**Masud N. Masharipov**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technics, Tashkent State Transport University*

**Gulshan R. Ibragimova**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technics, Tashkent State Transport University*

**Jamshid R. Qobulov**

*Professor, Candidate of Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Sunnatillo T. Boltaev**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Shukhrat U. Saidivaliev**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technics, Tashkent State Transport University*

**Dilfuza A. Makhmudova**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Ilxom A. Kodirov**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*



**JOURNAL OF TRANSPORT**  
**SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL**  
**VOLUME 1, ISSUE 4 DECEMBER, 2024**

**Nematjon R. Mukhammadiev**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Shukhrat B. Djabbarov**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Bahrom A. Abdullaev**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Usarkul Rakhmanov**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Physics and Mathematics, Tashkent State Transport University*

**Lola D. Sharipova**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Physics and Mathematics, Tashkent State Transport University*

**Mavjuda Yu. Mansurova**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Pedagogics, Tashkent State Transport University*

**Gulnora A. Kasimova**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Physics and Mathematics, Tashkent State Transport University*

**Diloram K. Sabirova**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Khasan K. Umarov**

*Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Dilmurod B. Butunov**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Aleksandr A. Svetashev**

*Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Sherzod B. Jumaev**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Khasan M. Kamilov**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Obidjon T. Aliev**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technics, Tashkent State Transport University*

**Ravshan S. Khikmatov**

*Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Saodat A. Yuldasheva**

*Associate Professor, Candidate of Economic Sciences, Tashkent State Transport University*

**Nilufar U. Babakhanova**

*Doctor of Philosophy in Economics, Tashkent State Transport University*

**Ayjan B. Djumanova**

*Professor, Doctor of Philosophy in Economics, Tashkent State Transport University*

**Abdurakhman P. Akhmedov**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Physics and Mathematics, Tashkent State Transport University*

**Nagima T. Khudayberganova**

*Senior Teacher, Doctor of Philosophy in Chemical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Khayotjon M. Qurbonov**

*Assistant, Doctor of Philosophy in Pedagogical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Akmaljon G. Ikromov**

*Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Makhira N. Usmanova**

*Doctor of Philosophy in Economic Sciences, Tashkent State Transport University*

**Shakhboz U. Normurodov**

*Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Sayyora T. Tuychieva**

*Doctor of Philosophy in Physics and Mathematics, Tashkent State Transport University*

**Sherzodbek Sh. Ismoilov**

*Doctor of Philosophy in Physics and Mathematics, Tashkent State Transport University*

**Malika N. Tuychieva**

*Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

**Fakhriddin Z. Zokirov**

*Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

<b>M. Gulamova</b> <i>Analysis of data for quantitative assessment of reliability indicators of special self-propelled rolling stock.....</i>	<b>11</b>
<b>I. Abdurashidov, S. Mirzaliev</b> <i>Summary analysis and comparison of performance characteristics of various electric vehicle models using the example of the Russian and Uzbekistan markets.....</i>	<b>14</b>
<b>M. Miralimov</b> <i>Rigidity matrix of a rod element with a variable cross section in problems of calculating structures using the finite element method.....</i>	<b>21</b>
<b>M. Miralimov, A. Karshiboev</b> <i>New constructive decisions lining of tunnels of metro.....</i>	<b>25</b>
<b>U. Berdiev, M. Matqosimov</b> <i>Research of the asynchronous generator used in micro HPPs via the MATLAB Simulink model.....</i>	<b>29</b>
<b>A. Kuziev, A. Muratov</b> <i>Delivery of cargo flows through the territory on international routes...33</i>	<b>33</b>
<b>Sh. Abduvakhitov</b> <i>Classification of container terminals according to the development level of logistics serviced by a reachstacker.....</i>	<b>37</b>
<b>G. Ibragimova, D. Gaipov</b> <i>Development of e-commerce in passenger transportation of railway transport.....</i>	<b>41</b>
<b>Sh. Abdurasulov, N. Zayniddinov, A. Yusufov, Sh. Jamilov, F. Khikmatov</b> <i>Characteristics of industrial traction units and their load-bearing structures.....</i>	<b>45</b>
<b>S. Sattorov, Sh. Saidivaliev, R. Bozorov, M. Tashmatova</b> <i>Distribution of locomotives by node using the introduction of an intellectual system of planning.....</i>	<b>54</b>



**A. Ernazarov, J. Tojiev, T. Bobobekov**  
*The study of indicators of the quality of traffic management in the conditions of the city of Jizzakh using GPS-tracks*.....58

**Kh. Kamilov, S. Sulaymanov**  
*Modeling the neutral state of the “human-operator” system*.....65

**V. Soy, N. Mukhammadiev, D. Abdullaeva**  
*Methodological basis for the use of additives for the production of complex modified cement binders*.....70

**V. Soy, N. Mukhammadiev, D. Abdullaeva**  
*Development of a methodology for predicting the properties of multicomponent high-quality concrete taking into account the surface properties of mineral fillers and structural simulation modeling* .....75

**A. Mukhitdinov, D. Turgunov, M. Numanov, J. Ravshanbekov**  
*The share of transport vehicles in changing the atmospheric composition*.....79

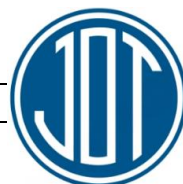
**M. Rasulmuhamedov, A. Boltaboeva**  
*Development of an information system for the educational quality control department and strategies for its successful implementation*.....84

**A. Tukhtakhodjaev**  
*Intellectual approaches to optimizing data flow in freight documentation processes*.....89

**I. Makhamataliev, V. Soy, N. Mukhammadiev, G. Malikov**  
*Concrete mixture*.....92

**K. Musulmanov, S. Omonova**  
*Research on methods for greening the street network of Yashnabad district*.....95

**J. Abdunazarov, A. Nishonov**  
*Assessment of the public transport coverage rate by researching the population density (on the example of the Jizzakh city)* .....100



<b>A. Adilkhodjaev, A. Baymurzaev</b> <i>Application of the experimental mathematical planning method for optimizing the composition of modified fine-grained concrete.....</i>	<b>108</b>
<b>D. Yoldoshev</b> <i>Increasing the capacity of intermediate stops of city buses.....</i>	<b>112</b>
<b>B. Astanov, Yu. Shermukhamedov</b> <i>Experimental study of the hydraulic hinged mechanism of a high-clearance tractor for horticulture and viticulture.....</i>	<b>117</b>
<b>G. Khalilova, A. Rakhmonov, R. Samatov</b> <i>Method of estimating the demand for parking lots and effective parking management.....</i>	<b>122</b>
<b>A. Azizov, F. Sindarov</b> <i>As Microelectron NPC block and its function.....</i>	<b>126</b>
<b>N. Mirzaev, J. Urinboev, M. Nugmanova</b> <i>Main methods of identifying a speaker through speech.....</i>	<b>130</b>
<b>S. Olimjonova</b> <i>Diagnostics based on blood analysis indicators using the adaboost algorithm.....</i>	<b>137</b>
<b>E. Khidirov</b> <i>Microprocessor system for contactless control of derailment of railway rolling stock and delicate dimensions.....</i>	<b>141</b>
<b>I. Sadikov, E. Joldasbaev</b> <i>Visco-elastic analysis of asphalt concrete.....</i>	<b>146</b>
<b>I. Maturazov, D. Sarsenbaev</b> <i>Specific features of aircraft maintenance based on their technical condition.....</i>	<b>150</b>
<b>Z. Alimova, A. Qurbonov</b> <i>Improving the composition of oils used in hydraulic systems.....</i>	<b>154</b>





**I. Maturazov, Sh. Shodiev**

*Analysis of types of detection of technical malfunctions in aircraft engines.....158*

**S. Boltayev, O. Muhiddinov, E. Joniqulov, B. Ganijonov**

*Improving the composition of oils used in hydraulic systems.....162*

**S. Absattarov, N. Tursunov**

*Investigation of technological modes of heat treatment of steel 60Si2CrV to improve the mechanical characteristics of spring-loaded parts.....166*

**N. Tursunov, A. Kren, T. Urazbaev, U. Rakhimov, M. Turakulov**

*Development of a methodology and means of non-destructive testing of physical and mechanical characteristics of cast irons to create grades with improved properties .....171*

**U. Shermukhamedov, M. Sobirova**

*Development of a mathematical model for assessing and forecasting the technical condition of reinforced concrete bridge construction.....175*

**S. Salikhov**

*Review of supply chain innovation through artificial intelligence: Possible applications in Uzbekistan.....180*

**Sh. Umrzokova, U. Achilov**

*Scheduling of maintenance times for locomotives at the depot.....184*

**A. Azizov**

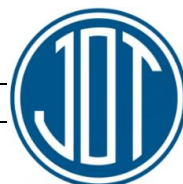
*Female CEOs and their impact on women's empowerment in Central Asian countries: a regression analysis of the relationship between female leadership and women's employment in Central Asia based on the world bank enterprise survey.....188*

**D. Butunov, S. Abdukodirov, Z. Ahmedov**

*Impact of train schedule implementation on organization of wagon flows.....195*

**U. Shermukhamedov**

*Using satellite data to monitor tropospheric gases.....201*



**Kh. Toychiev, U. Ziyamukhamedova, L. Bakirov**  
*Selection and justification of components from heterocomposite polymer materials for working bodies of pneumatic transport fans .....204*

**Z. Adilova (Mukhamedova), N. Akhmatov**  
*Foreign experiences in organizing container trains and improving terminal operations.....208*

**D. Gulomov**  
*Conducting engineering - geological researches on bridges located in our country and diagnosing their super structures, methods of eliminating identified defects.....214*

**N. Irgashev**  
*Modern solutions for monitoring axle boxes: safety and real-time train operation efficiency.....218*

**B. Sarimsakov**  
*Establishment of management policy of personnel in enterprises (in the example of Angren coal mine in Uzbekistan).....222*

**U. Shermukhamedov, M. Arzikulov**  
*Assessment of the impact of minor gases in the atmosphere on climate change of the Fergana valley.....225*

**R. Samatov, A. Rakhmanov, N. Tursunov**  
*Traffic safety assessment of intersections of Parkent and Mirzo Ulugbek branch streets .....228*

**D. Karimov**  
*Assessment of the socio-economic potential of the region and its level of competitiveness.....232*

**A. Tadjibaev, V. Jovliev**  
*Operational reliability of compressed natural gas cylinder buses .....239*

**N. Sulaymonov, D. Hakimov, M. Irisbekova**  
*Assessing the demand for outsourcing services by transport logistics companies.....243*



# Analysis of data for quantitative assessment of reliability indicators of special self-propelled rolling stock

M.D. Gulamova<sup>1</sup><sup>a</sup>

<sup>1</sup>Tashkent Railway College, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** The article provides a forecast for the number of railcars, taking into account the development and maintenance personnel of railway transport, as well as an analysis of data for a quantitative assessment of reliability indicators. Taking into account the provisions and requirements, it is proposed to increase the development of work on the reconstruction and modernization of existing track facilities, including special self-propelled rolling stock.

**Keywords:** special self-propelled rolling stock, load-bearing structures, quantitative assessment analysis, failure of railcars

## 1. Introduction

According to the development strategy of the new Uzbekistan for the development of railway transport in 2022-2026, it is planned to improve railway transport and privatize ineffective routes in society [1].

Today, one of the pressing problems of economic development not only of railway transport, but also of other industries in all developing countries is the introduction of energy and resource-saving technologies and the identification of ways to use them effectively.

Electrification of railways is considered one of the priority areas of JSC "Uzbekistan Temir Yollari" due to the efficiency of electric traction compared to diesel.

The introduction of electric traction leads to the acceleration of transport processes. Electric traction makes it possible to increase the carrying capacity of railway lines by 2-2.5 times. Electric locomotives have virtually no power limitations, since they have centralized power and can withstand long-term overloads. An important feature of electric locomotives is the generation and return of electrical energy to the network during regenerative braking of the train. Modernization of rolling stock, including railcars, as well as the use of cost-effective methods will make it possible to reduce the overall cost of transportation as a whole. In this sense, the introduction of modern technologies and scientific developments to improve the dynamic performance of materials and structures of railway rolling stock plays an important role. Due to the end of their service life, by 2025 Uzbekistan Temir Yollari JSC will experience a massive failure of all operating railcar equipment. Therefore, an objective analysis of data for quantitative assessment of reliability indicators of special self-propelled rolling stock operated by the Uzbek Railways was presented in this article.

## 2. Methods and materials

The main activity of track facilities and equipment is a determining factor for the normal functioning of the railway infrastructure; financial investment flows for the development and modernization of self-propelled rolling stock facilities must correspond to its importance.

Special self-propelled rolling stock is organically integrated into the work to ensure the reliability of track facilities, safety and increase the speed of freight and passenger transportation.

As a recoverable object, each crew consists of components that are subject to replacement or restoration during planned types of repairs.

The main load-bearing part of the crew structure (body, frame), called the base, should serve, as a rule, until its full service life is exhausted.

In real operating conditions on different sections of railways, crews of the same type may be subject to significantly different loads when operating in different climatic zones and using different maintenance and repair technologies.

The consequences of metal corrosion can manifest themselves not only in a decrease in the load-bearing capacity of structures due to changes in the geometric dimensions of elements, but also in a decrease in the endurance limit of structures, both as a result of the appearance of stress concentrates in the form of cavities, and an adsorption decrease in strength, anodic dissolution of the metal and intergranular corrosion.

SSPS bodies and frames often have through-corrosion damage to the lower part, where moisture accumulates.

Currently, effective technologies for combating corrosion have been developed, the use of which can significantly increase the service life of basic crew parts.

The method of managing an individual resource includes a set of methods and techniques for influencing the managed object to achieve the goal of increasing the effective service life.

The calculation-expert-statistical method (RES-method) of individual resource management consists of three

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0009-6111-8348>



interconnected systems: monitoring, control and forecasting systems.[2]

The condition of railcars and motor vehicles operated in the divisions of Uzbekistan Temir Yollari JSC is 186 units, of which diesel assembly railcars of the ADM type (ADM-1) are 15 units and loading and transport motor vehicles of the MPT type (MPT-4) are 25 units. According to the Department of Machinery, Mechanisms and Railway Equipment of Uzbekistan Temir Yollari JSC, as of December 2014, of the available railcars (railcars) and motor locomotives MPT have served for more than 20 years (they need major overhauls with an extension of their useful life), 65% of special self-propelled rolling stock (SSPS). In addition, due to the end of their service life, by 2018 there will be a massive failure of all equipment in use for ADM type railcars (ADM-1) and MPT motor vehicles (MPT-4).[4].

According to the Department of Machinery, Mechanisms and Railway Equipment at UTY JSC, a significant number of fatigue cracks have currently been identified, although their repairs were carried out in accordance with instructions TsT 336. At the same time, even cracks that were welded, according to the rules of depot repairs, continue to develop and increase in size, weakening the most dangerous sections. It is obvious that the general stress state of the body frames, spring suspension and chassis of the railcars will significantly depend on the initial bending of the neutral axis and the constantly acting dynamic forces. These factors cause a reduction in the overall service life of railcars (railcars) and motor vehicles by 1.2-1.5 times.[5]

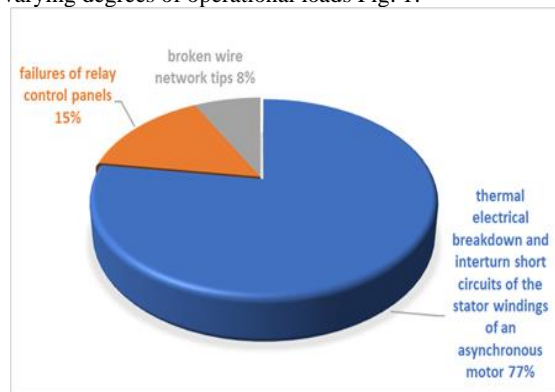
During their operation, solving the problems of comprehensive analysis of technical condition is of paramount importance, since the corresponding machines are serviceable and repairable. A malfunction of a track machine often leads to significant losses, since a violation of the repair schedule causes disruptions in the train schedule, which in the worst case affects traffic safety. Operating and maintenance personnel (engineers and electromechanics) are faced with the task of monitoring and maintaining the good condition of track machine devices, and in the event of failures, quickly identifying and eliminating them. Solving these problems is significantly complicated by the operating features of such devices: the seasonal and urgent nature of the work; long service life; widespread throughout the country; complex climatic and dynamic operating conditions [6].

At present, the SSPRS system and, in general, its organizational and technical facilities are not yet able to adequately and flexibly respond to the need for technical support and repairs, as a result of which the potential opportunities for ensuring continuous and safe traffic and economic benefits sometimes turn into an elementary source of the problem. Since it is known that 50-60% of unscheduled repairs are carried out due to unsatisfactory depot repairs, and more than 15% of the repair personnel are engaged in repairs of the SSPRS. The funds spent on repairs and restoration of the SSPRS during its service life are significantly more than its original cost. Therefore, research aimed at improving methods for improving design quality and operational reliability based on the use of technical diagnostics is important and timely.

Analysis of data from a quantitative assessment of reliability indicators carried out in the operational department of the JSC "Uzbekistan Temir Yollari" SSPRS, in the amount of 27 railcars of the ADM-1 type and other

analogues, carried out in 2010-2020. shows that there are failures in electrical installations 58, hydraulic installations 46 and mechanical parts 34.

Failures of electrical installations of the SSPRS are of varying degrees of operational loads Fig. 1.



**Fig. 1. Failures of electrical installations of self-propelled rolling stock.**

Long-term experience in operating railcars and railcars shows that the causes of failures and loss of performance are the appearance of cracks in welds, deformation, of mechanical overloads, vibrations and fatigue effects 13%; operation of hydraulic cylinders in jerks, failure to maintain the components of the installation platform (IP) in the working position 11%; worm gear heating 5%; jamming of rollers in the slewing ring 3%; burnout and short circuit of the windings of executive electric motors as a result of overloads and electrodynamic influences and vibrations 15%; damage to the drive control system, malfunction of electrical equipment and wiring 6%, etc. [7].

Discussion of results and conclusions. The analysis revealed that failures in many cases arise due to an increase in operational loads on load-bearing structures, for electric motors and their contact control system; there were also defective elements due to an imperfect control system during the manufacturing process and low qualifications of maintenance personnel [8].

Taking into account the above provisions and requirements, it is necessary to increase the development of work on the reconstruction and modernization of existing track facilities, including the SSPRS, by identifying the following key points:

- the need for accelerated renewal of growth and modernization of the entire system of fixed assets of the SSPRS;
- the need to extend the technical and technological gap in the main equipment of the SSPRS from the advanced foreign countries of the world;
- the need for comprehensive systematic work to improve technical and electrical safety when performing repair work under voltage of the contact network;
- it is necessary to provide a set of works to modernize the SSPRS in terms of energy and resource saving.

### 3. Conclusion

The implementation of the strategic development of railway transport in the CIS countries necessitates the rapid development and innovative methods of the entire track infrastructure and in particular the SSPRS with the harmonious development of electric rolling stock.





## References

[1] Development strategies for the new Uzbekistan for the period 2022 - 2026 [https://railway.uz/ru/informatsionnaya\\_sluzhba/novosti/270](https://railway.uz/ru/informatsionnaya_sluzhba/novosti/270)

[2] Третьяков А.В. Продление срока службы подвижного состава: М.: Издательство МБА, - 2011-304с.

[3] Sapozhnikov V.V. Fundamentals of technical diagnostics [Text]: a textbook for university students. transport. / V.V. Sapozhnikov, VI.V. Sapozhnikov. - М.: Route, 2004. - 318 p..

[4] Mukhamedova Z.G. Optimization of dynamic characteristics and increasing the energy efficiency of emergency recovery railcars: abstract of thesis. dis. for the job application scientist step. (PhD) (05.08.05) Mukhamedova Ziyoda Gafurjanovna TashIT-Tashkent 2017 37p.

[5] Мухамедова З.Г. Оптимизация динамических характеристик и повешения энергоэффективности аварийно-восстановительных автомотрис: автореф. дис. на соиск. учен. степ. (PhD) (05.08.05) Мухамедова Зиёда Гафуржановна ТашИИТ- Ташкент 2017 37 с.

[6] Kasimov, O. T., Djanikulov, A. T., & Mamayev, S. I. (2021, November). Modeling the bending of the tire surface by pads during braking. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2402, No. 1, p. 070030). AIP Publishing

[7] Djanikulov, A. T., Mamayev, S. I., & Kasimov, O. T. (2021, April). Modeling of rotational oscillations in a diesel locomotive wheel-motor block. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1889, No. 2, p. 022017). IOP Publishing

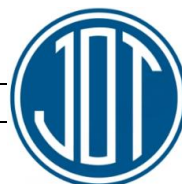
[8] Mukhamedova Z.G. Indicators of reliability standards when designing electrical equipment for the installation site of a railcar // Problems of energy and resource saving No. 1-2 Tashkent 2017 p. 247-250.

[9] Инструкция по технологическому обслуживанию и ремонту специальных самоходных подвижных составов электрифицированных железных дорог. –М.: Трансиздат, 2002-86 с.

[10] Воробьев В.В., Самсонов М.А., Чекулаев В.Е. Автомотрисы и автодрезины. Управление и обслуживание 2014 М: Транспорт. 215с.

## Information about the authors

Gulamova Madina Djavdatovna  
Tashkent Transport Technical School,  
Head of the Department of “Use of  
Transport Equipment”  
e-mail:  
madina.gulamova.2018@gmail.com  
Tel.: +998933772788  
<https://orcid.org/0009-0009-6111-8348>



## Summary analysis and comparison of performance characteristics of various electric vehicle models using the example of the Russian and Uzbekistan markets

I.J. Abdurashidov<sup>1</sup><sup>a</sup>, S.M. Mirzaliyev<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

### Abstract:

The concern of the world economic community about the increase in greenhouse gas emissions into the atmosphere, one of the main sources of which is motor transport, has led to a steady increase in the popularity of electric vehicles from year to year. Unlike vehicles powered by fossil fuel products, electric vehicles require electricity to move, which is generated from various renewable sources and, as a result, reduces atmospheric pollution from the combustion of refined petroleum products.

Therefore, the topic of increasing the share of electric vehicles in the total mass of vehicles is currently very relevant and the choice of the model of a new generation vehicle depends on the duration of its effective and comfortable use. This article provides a comparative analysis of the performance characteristics of various models of electric vehicles created in different countries in order to obtain as complete information as possible to interested parties on this issue.

The purpose of the study. Conduct an analysis of the performance characteristics of various models of electric vehicles using the Russian and Uzbek markets as an example.

Methodology and methods of research. In the process of analysis, methods of comparison, analogy, and experiment were used.

Results and scientific novelty. The results obtained in the process of comparing the operating parameters of different models of electric vehicles represent a scientific novelty in terms of access by a wide range of consumers to information about the driving characteristics of a new type of transport and its popularization.

Practical significance. The results of the study can be used as a basis for developing proposals to improve the parameters of Russian developments in the field of environmentally friendly transport.

### Keywords:

electric vehicle, power reserve, battery, test cycle, battery capacity, technical characteristic, market, Russia, Uzbekistan

## Обзорный анализ и сравнение эксплуатационных характеристик различных моделей электромобилей на примере рынка России и Узбекистана

Абдурашидов И.Ж.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Мирзалиев С.М.<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан


### Аннотация:

Обеспокоенность мирового экономического сообщества увеличением объемов выбросов парниковых газов в атмосферу, одним из основных источников которого является автотранспортный, повлекло неуклонное увеличение из года в год популярности электромобилей. В отличие от транспорта, работающего на продуктах переработки ископаемого топлива, электромобилям для движения требуется электроэнергия, которая вырабатывается из различных возобновляемых источников и, как следствие, - снижается загрязнение атмосферы выхлопами от сгорания продуктов нефтепереработки.

Поэтому в настоящее время весьма актуальна тема увеличения доли электромобилей в общей массе автотранспорта и от выбора модели средства передвижения нового поколения, зависит срок его эффективного и комфортного использования. В данной статье приводится сравнительный анализ эксплуатационных характеристик различных моделей электромобилей, созданных в разных странах для получения как можно более полной информации заинтересованным лицам по данному вопросу.

Цель исследования. Провести анализ эксплуатационных характеристик различных моделей электромобилей на примере рынка России и Узбекистана.

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6333-6001>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9416-0253>



Методология и методы исследования. В процессе анализа были использованы методы сравнения, аналогии, эксперимента.

Результаты и научная новизна. Полученные в процессе сравнения параметров эксплуатации разных моделей электромобилей результаты представляют научную новизну в плане доступа широкого круга потребителей к сведениям о ходовых характеристиках транспорта нового вида и его популяризации.

Ключевые слова: электромобиль, запас хода, аккумуляторная батарея, емкость аккумулятора, техническая характеристика, рынок, Россия, Узбекистан

## 1. Введение

На фоне заботы об уменьшении загрязнения окружающей среды выхлопными газами, создающими парниковый эффект в атмосфере, в мире наблюдается рост числа электромобилей на дорогах. К тому же немаловажным стимулирующим фактором является рост цен на нефть. Сегодня каждый 10-й автомобиль на дорогах мира – электрический [21]. Что подтверждает текущую актуальность рассмотрения темы эксплуатационных характеристик разных моделей авто нового типа.

Среди преимуществ транспорта инновационного вида можно выделить следующие показатели [21]:

- отсутствие выброса выхлопных газов-источников загрязнения окружающей среды;
- высокую энергоэффективность; - достаточно простое устройство управления;
- низкий уровень шума от двигателя; - быстрый разгон и набор скорости движения.

Часть штатов США и европейских стран с 2030 по 2035 годы планируют отказаться от продаж автотранспортных средств с двигателями внутреннего сгорания (ДВС). В связи с этим наблюдается рост автоконцернов, которые занимаются выпуском электрокаров.

Как показывают данные исследования рынка электрокаров в России, страна значительно отстает от остального мира в освоении электромобилей: «уровень развития российского рынка электромобильности в настоящий момент соответствует уровню Китая, Европы и США 7–10-летней давности» [1]. Но, в то же время, рынок электрокаров в стране демонстрирует динамичное развитие. По итогам 2023 г. в России было продано 14 тыс. новых электромобилей, что в 4,7 раза больше, чем в 2022 г. [1]. Благодаря этому отечественный автопарк нового типа достиг отметки в 37,8 тыс. единиц в прошлом году, «продемонстрировав совокупный среднегодовой темп роста в 134,8% (2015–2023 гг.)» [1]. За два первых месяца 2024 г. было реализовано 3 390 электромобилей, что в 3,7 раза больше, чем за аналогичный период 2023 г. [1]. При этом доля электрокаров в общем автопарке страны в 2023 г. составила всего 0,08% [1]. В США, Европе и Китае такой уровень по автотранспорту нового типа в общей массе автомобилей всех типов был характерен для 2014 г. В 2023 г. этот показатель за рубежом заметно вырос и составил в Китае 4,9% (наибольший уровень), в Европе — 2,4%, в США — 1,3% [1].

Как показывают данные АВТОСТАТ [17] автомобильный рынок Узбекистана стремительно развивается, продажи новых легковых автомобилей (включая электромобили) в Узбекистане на начало 2024 года составили 451,6 тыс. единиц, что на 139,5 тысяч

больше уровня 2022 года. Непосредственная доля электромобилей на узбекском авторынке также демонстрирует на протяжении нескольких последних лет стабильную динамику роста. По данным Центра экономических исследований и развития (ЦЭИР), приведенных в статье Б. Ф. Валиева и А. Р. Нормирзаева [4] доля электромобилей в общих продажах новых машин увеличилась до 1,9%. Наглядно информация представлена ниже на рис.1 (динамика продаж электрокаров отмечена красным цветом) [4]:

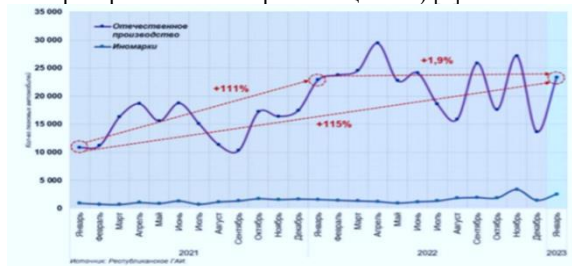


Рис. 1. Динамика продаж легкового транспорта, включая электромобили, на первичном рынке, 2021-2023 гг.

Наиболее значительный рост наблюдался в Самаркандской – на 85%, Ферганской – 44% и Наманганской областях – 31% Узбекистана [4]. Данные, представленные на рис.1, свидетельствуют о наличии постоянно развивающегося спроса на этот новый вид транспорта в Узбекистане. За первое полугодие 2023 года электрокаров в страну ввезли больше, чем за предыдущие четыре года [4]. Практически все электромобили завозятся из Китая. Такой скачок спроса совершенно не случаен, он стал результатом целенаправленной политики государства в вопросе замены традиционного вида транспорта на более экологичный и независимый от состояния рынка нефтепродуктов. Рост потребностей внутреннего рынка Узбекистана на легковые электромобили связан с освобождением электрокаров от уплаты таможенных сборов, акцизного налога и автотранспортных платежей (рис. 2) [4].

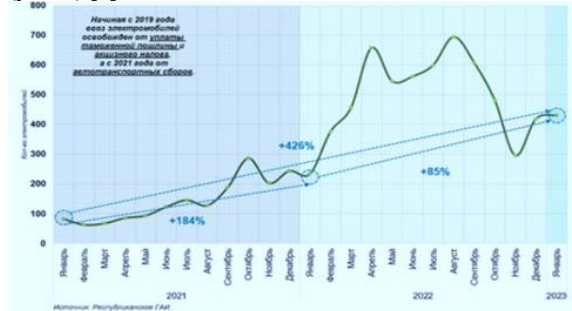
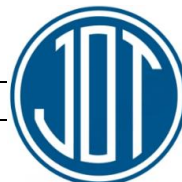


Рис. 2. Динамика продаж зарегистрированных и перерегистрированных легковых электромобилей, 2021-2023 гг.



Подтверждают нацеленность на развитие узбекского рынка электрокаров и результаты их продаж за 7 месяцев текущего 2024 года. По статистическим данным, приведенным интернет-изданием Spot, «в январе-июле нынешнего года Узбекистан увеличил импорт электромобилей на 42%» [5], что означает поставку в республику более 10,54 тыс. электрокаров, что больше уровня аналогичного периода прошлого года на 42,6% [5].

Кроме того, желая наладить производство инновационного вида транспорта у себя на территории, правительство Узбекистана в качестве дополнительной стимуляции этого шага нацелено приобретать электромобили в качестве средства передвижения сотрудников государственных органов, органов местного самоуправления и предприятий, государственное участие в которых не превышает 50% [4]. Согласно президентской инициативе, к 2025 году планируется не менее 10% служебного автотранспорта министерств, ведомств и всех бюджетных организаций заменить электрокарами, а к 2030 году - 100% [4]. Кроме того, к 2026 году машины скорой помощи будут переоборудованы в электромобили [4].

Если говорить более подробно о природе этого инновационного вида транспорта, то электромобиль представляет собой «транспортное средство, приводимое в движение одним или несколькими электродвигателями, работающими от независимого источника энергии» [21].

Классификация электромобилей дифференцируется по нескольким параметрам [21]:

- По назначению:
  - пассажирский;
  - грузовой; семейный;
  - скоростной; прочие виды (трициклы, микроэлектромобили и т.д.).
- По виду двигателя с электрическим приводом:
  - гибридный (HEV);
  - плагин-гибридный (PHEV) или подключаемые гибриды;
  - последовательные (REEV) с увеличенным запасом хода;
  - «чистые электромобили» (BEV);
  - электромобили на топливных элементах (FCEV),двигающиеся за счет преобразования водорода в электроэнергию.
- В зависимости от химического состава батарей:
  - никель-цинковые;
  - литий-полимерные;
  - литий-ионные (в т.ч. NCM);
  - никель-металл-гибридные;
  - никель-кадмиевые;
  - свинцово-кислотные;
  - литий-железо-фосфатные (LFP) и др.

## 2. Методология исследования

**Теоретический анализ:** В 2023 г. в марочной структуре парка легковых электромобилей в России лидировал Nissan (38% от общего объема в 2023 г.) На втором месте — Tesla (12,7%), на третьем — Mitsubishi (7,4%). В пятерку марок-лидеров также вошли немецкие

Porsche и Volkswagen (4,7 и 4,2% соответственно) [1]. В марочной структуре за февраль 2024 г. лидировал китайский Zeekr с долей 51% от всех проданных электромобилей (972 шт.). За ним следовали Evolute (167), Volkswagen (154), «Москвич» (107), Tesla (67) [1].

Согласно данным обновленного отчета «Парк электрокаров и гибридов в России», подготовленного экспертами агентства «АВТОСТАТ», по состоянию на 1 июля 2024 года в России насчитывается 90 тысяч единиц электротранспорта: электрокаров и подключаемых гибридов [14], что на 57,3 тысяч единиц больше показателя 2023 года, когда было продано 32,7 тысяч [15].

По сравнению с 2023 годом в России изменилась и структура рынка электромобилей. 56,2% от их общего числа составляют электромобили (Battery Electric Vehicle – BEV). Это транспорт на аккумуляторных источниках питания, в которых для передвижения используется только электрическая силовая установка. Пример таких авто - Nissan Leaf, Zeekr 001, Evolute i-PRO, или модели Tesla [14]. Остаток в 43,8% составляют подключаемые гибриды или плагин-гибриды (PHEV). Это автомобили, в которых для зарядки аккумуляторов используется не только электродвигатель или ДВС, но и внешние источники питания. То есть такие машины можно подключать к уличным зарядным терминалам или даже бытовым розеткам для пополнения запаса энергии в батареях (как пример - Toyota Prius, Chevrolet Volt, модели Lixiang, Voyah, Chery и др.) [14].

В этом году в марочной структуре российского парка электрокаров и плагин-гибридов лидером стал китайский премиум-бренд Lixiang с долей авторынка в 18,7% от общего объема продаваемых электромобилей. На втором месте японский Nissan (17,3%). Далее - китайские премиальные марки Voyah и Zeekr (10,7% и 9% соответственно). В конце списка наиболее продаваемых электромобилей - американская Tesla (7,1%) [14]. За год произошло видовое изменение электропарка. Если в 2023 году самыми популярными были авто С-класса, то сейчас лидерство захватил сегмент SUV (внедорожники) [16].

Во многом, согласно данным агентства «АВТОСТАТ», такое неуклонное насыщение авторынка Узбекистана электромобилями в последнее время происходит благодаря тому, что несколько брендов начали в 2023 году официальные продажи своих электрокаров. Это сразу повысило качество и скорость технического обслуживания данного вида транспорта, что стало еще одним благоприятным фактором увеличения спроса. В настоящее время на территорию Узбекистана электромобили официально завозят две компании: TM Megawatt Motors («Мегаватт Моторс») [12] и ООО «Syncerus» («Синцерус») [7], но пока большинство машин попадают в республику частным образом.

На авторынке Узбекистана представлены модели нескольких брендов. В 2024 г., по данным аналитического агентства «АВТОСТАТ»: «в линейке автомобилей Kia представлен электромобиль EV6. Модель доступна в двух комплектациях – переднеприводной Air по цене 699,9 млн сум (\$56700) и полноприводной GT-Line – 899,9 млн сум (\$72900). Продажи этой модели стартовали в конце августа и еще не показали заметных результатов. Более значимого результата добилась китайская марка BYD с моделью





Song Plus, представленной как в гибридной, так и в электрической версиях. Помимо официальных продаж, BYD Song Plus также привозят из Китая частным образом. Цены на электрическую версию находятся в диапазоне от \$28000 до \$32000. Суммарные продажи BYD Song Plus во всех исполнениях составили в 2023 году более 6 тысяч автомобилей, что позволило этой модели занять 6-е место в общем рейтинге продаж новых легковых автомобилей в Узбекистане. Также в линейке электромобилей BYD здесь представлен более дорогой и премиальный BYD Han, занимающий 25-ю строчку в рейтинге продаж. В планах BYD открыть завод по производству электромобилей в Узбекистане уже в 2024 году. Его мощность составит 10000 электромобилей в год. Кроме этого, высокие результаты в борьбе за предпочтение потребителей в Узбекистане показывают такие электромобили как Volkswagen iD.4 и iD.6» [18]. Выбор в пользу производства электрокара китайской марки BYD с моделью Song Plus сделан в связи с тем, что «по итогам проведенных исследований рынка, учитывая ограниченное количество зарядных станций и отсутствие готовой инфраструктуры для электромобилей, выяснилось, что большее предпочтение было отдано гибридным автомобилям, из соображения недостаточности зарядочных станций» [20].

**Методика:** Представленный обзор рынка электромобилей свидетельствует о достаточном разнообразии моделей этого еще пока малораспространенного в мире средства передвижения и неспециалисту трудно разобраться, чем та или иная модель этого инновационного транспорта отличается от другой.

Для сравнительного анализа было отобрано несколько разных моделей популярных в России электромобилей китайского производства с разным типом двигателя, а также несколько разных моделей электромобилей китайского и южнокорейского производства, продаваемых в Узбекистане. На основании данных об их ходовых параметрах тестовых испытаний произведен сравнительный анализ их эксплуатационных характеристик.

**Экспериментальная часть:** для понимания различий эксплуатационных характеристик электромобилей, отличающихся моделями и техническими параметрами, представим анализируемую информацию в виде таблицы (таблица 1,2). Информация в полном объеме доступна на сайтах официальных российских дилеров, официальных поставщиков и специализированных сайтах об электромобилях.

Таблица 1

Обзор эксплуатационных характеристик электромобилей разных моделей на примере России

Страна производителя	Модель электромобиля	Вид двигателя (запас хода)	Мощность, л. с.	Скорость, max км/ч	Разгон до 100 км/ч, сек.	Цена, тыс. руб.
Китай	Lixiang L7	Гибрид (два электромотора, и ДВС) (1135-1185км)	360 кВт (449 л.с.)	180	5,3	от 5000
Китай	Zeekr 001	Электродвигатель (двойная батарея) (620км)	400 кВт (789 л.с.)	200	6,98	от 6204
Китай	Voyah FREE EVR Sport Edition	Гибрид (время зарядки батареи — 5,7 ч.; объем бака-56 л.)	360 кВт (490 л.с.)	200	4,8	5890

Модель наиболее популярного в 2024 году в продажах в России электромобиля Lixiang L7 [10] привлекает покупателя своей ценой, самой низкой среди представленных автомобилей. Движение обеспечивают два электромотора на передней и задней оси общей мощностью 449 л. с. Благодаря этому машина разогнается до 100 км/ч всего за 5,3 секунды [3]. Одного заряда аккумулятора хватает, чтобы этот SUV-мобиль проехал 190-240 км [3]. Главной особенностью Li L7 является «последовательная гибридная силовая установка. Её особенность заключается в том, что двигатель внутреннего сгорания под капотом Li выполняет роль генератора. Он не связан с колёсами напрямую, а снабжает энергией тяговый аккумулятор и электромоторы.» [3]. Благодаря такой особенности гибридной силовой установки машина может продолжать движение, пока в топливном баке есть бензин на расстоянии в 1135-1185 км.

Также в Li Auto L7 присутствует однокамерная

пневматическая подвеска, дающая возможность регулировки жесткости амортизаторов и система автопилота. Ходовая часть производится в Китае компанией Xinchon Power, сертифицированным производителем моторов BMW. Но, кроме этого, стоит упомянуть о комфорте для водителя и пассажиров в этой модели. В наличии просторный кожаный салон, который можно превратить в спальное место, а также «три 15,7-дюймовые цветные HD-экраны с разрешением 3К с одновременной трансляцией и панорамная 7.3.4 аудиосистема» [10], в качестве кинозала и центра мобильных приложений, а также панорамная аудиосистема.

Zeekr 001 [6] движется за счет наличия двух электродвигателей (заднего и переднего, комфорт в поездке обеспечивает полностью автоматическая система пневматической подвески. В открытом доступе в интернете представлены данные экспертов о состоянии модели после 320 тысяч км пробега [2],



которые говорят о том, что в целом, заявленные производителями возможности и характеристики электромобиля отвечают требованиям: «После тщательного осмотра и исследований химического состава, на кузове не обнаружили признаков коррозии; ключевые элементы подвески отлично сохранились; у тормозной системы нет существенного износа; емкость тяговой батареи снизилась до 91% (у машин Tesla с аналогичным пробегом деградация – 12%); расход энергии составил 15,5 кВтч/100км (+0,9 кВтч/100км); разгон до 100 км/ч – 6,98 секунды (+0,08 секунды); салон сохранился без видимых изменений; из минусов – отдельные резиновые элементы шасси пришли в негодность» [2].

Китайский электромобиль VOYAH FREE EVR

SPORT EDITION представляет собой гибрид с увеличенным запасом хода [11], в котором совмещены ДВС и электроустановка. Эта модель, произведенная в 2024 году, относится к классу полноприводных внедорожников, оснащена автоматической системой пневматической подвески и практически ничем не уступает лидеру продаж. Эта пятиместная машина с багажником в 560 л. также обеспечивает комфортную езду, как и предыдущие модели. Она оборудована бесключевым доступом, системой питания внешних устройств для комфортных условий отдыха. В наличии подогрев руля, наружных зеркал, комфортное остекление, электропривод люка и крышки багажника [11].

Таблица 2

Обзор эксплуатационных характеристик электромобилей разных моделей на примере Узбекистана

Страна производителя	Модель электромобиля	Вид двигателя (запас хода)	Мощность, л. с.	Скорость, max км/ч	Разгон до 100 км/ч, сек.	Цена, тыс. UZS (ориентировочно)
Южная Корея	Kia EV6	Электродвигатель с аккумулятором (528км)	77,4 кВт (325 л.с.)	180	3,5	до 899 900
Китай	BYD Song Plus DM-i AWD 100km Flagship	Гибрид (электро и ДВС) (1200км-общий)	102 кВт (139 л.с.)	170	8,8	444 526
Китай	Volkswagen iD.4	Электродвигатель (литий-ионный) (до 600км)	150 кВт (201 л.с.)	160	6,2-9	484 000

Представленная в таблице 2, информация говорит о том, что китайские производители работают по пути совершенствования энергетической установки автомобиля нового типа. В таблице присутствуют модели и только с электрическим двигателем, и с двигателем гибридного типа (как у BYD Song Plus) [9]. Причем модернизация двигателя в сторону гибридной комплектации дает увеличение мощности двигателя: если запас хода только на электроустановке составляет 110 км, то при использовании еще и бензинового двигателя общий запас хода вырастает в разы и составляет уже 1200 км.

Как утверждает разработчик, наличие в электромобиле Kia EV6 «аккумулятора EV6 мощностью 77,4 кВт/ч позволяет проехать до 528 км при полной зарядке. Это означает менее частые подзарядки и, опять же, больше времени для того, чтобы открыть для себя свои увлечения. Также доступен с аккумулятором мощностью 58 кВт/ч, которого достаточно для удовлетворения любых потребностей в вождении» [19]. Причем зарядка для поездки на расстояние в 100 км происходит всего за 4,5 минуты. Помимо внимания к техническим характеристикам машины, производители позаботились и о комфорте водителя и пассажиров. Благодаря выбору колесной базы в 2,9 м, в машине просторный салон схожий размерами с салонами внедорожников. Управлению машиной помогает широкий панорамный дисплей с высокой четкостью и интуитивно понятным меню.

BYD Song Plus в модели DM-i AWD 100km Flagship привлекает потребителя возможностями, которые

предоставляет гибридный двигатель электрокара, который обеспечивает езду без подзарядок, а значит водитель становится независимым от схемы расположения зарядных станций. Благодаря наличию двигателя внутреннего сгорания (ДВС) под капотом, который выполняет роль генератора, аккумулятор снабжается энергией, благодаря чему не только не требуется подзарядка, но и запас хода увеличивается до 1200 км, в отличие моделей только с электродвигателями. Машина может продолжать движение, пока в топливном баке есть бензин. Эта модель марки BYD Song Plus также весьма комфортна для водителя и пассажиров в любое время года. Имеется подогрев и вентиляция передних сидений и зеркала заднего вида, электрический доводчик на закрывание люка. Интеллектуальная система DiLink [9] и адаптивный круиз-контроль помогает водителю и пассажирам в безопасной и комфортной езде.

Volkswagen iD 4 характеризуется производителем как: «100% внедорожник, на 100% электрический» [1], который способен обеспечить комфортное время проведения за рулем. Есть несколько вариантов подзарядки, усовершенствованный контроль внимания водителя и сонливости, также адаптивный круиз-контроль. Так как этот электрокар производится в Китае, то его внутренняя «начинка» практически аналогична по своему набору комплектации электромобилям бренда BYD. К тому же внедорожник Volkswagen ID.4 обеспечивает повышенную безопасность своим пользователям: «он был удостоен награды «Лучший ВЫБОР ПО БЕЗОПАСНОСТИ в 2024



году» [22] от ПHS. Это страхового институт безопасности дорожного движения [22], который представляет собой независимую некоммерческую научно-образовательную организацию по снижению смертности, травматизма и материального ущерба в результате ДТП посредством исследований и оценки, а также обучения потребителей и специалистов по безопасности.

Для электромобилей также актуальна необходимость обеспечения пожарной безопасности. В этом случае, «для защиты от теплового разгона и последующего воспламенения аккумуляторной батареи производители каждую аккумуляторную ячейку оснащают небольшим электронным блоком и датчиком температуры. Электронные блоки следят за токами заряда/разряда и за температурой каждой ячейки. При повышении температуры электрическая цепь разрывается, и все опасные химические процессы в ячейке останавливаются. При продолжении процесса дальше в ячейке плавится пористый сепаратор, полностью перекрывающий движение ионов между электродами.» [8].

К тому же используются альтернативные материалы для изготовления аккумуляторов, расширяющие температурные пределы эксплуатации.

### 3. Результаты и выводы

Таким образом, для сравнительного анализа эксплуатационных характеристик электромобилей в статье рассмотрены три разные популярные в России и в Узбекистане модели средств передвижения нового типа. Представленные модели китайского производства, несмотря на различие в строении ходовой установки, имеют схожие технические характеристики, как силовой части, так объема аккумуляторной батареи, а также обустройство салона для комфортного времяпрепровождения водителя и пассажиров. Анализ параметров эксплуатации показывает, что электромобили представляются перспективным видом наземного транспорта, который постоянно совершенствуется в своем развитии и оснащении.

В заключении следует отметить, что в России электротранспорт медленно наполняет рынок автомобилей «из-за высокой цены по сравнению с транспортом на традиционном топливе, низкого уровня развития зарядной инфраструктуры на большей части территории страны, а также ограниченного запаса хода у электромобилей» [13], в Узбекистане создается благоприятный инвестиционный климат для развития рынка электромобилей, причем не только рынка потребления, но и рынка производства. Так как потребители в выборе электротранспорта больше тяготеют к моделям с гибридным двигателем, что позволяет не зависеть от наличия зарядных станций, то Узбекистан планирует стать страной-производителем гибридных электрокаров.

### Использованная литература / References

[1] Анализ российского рынка электромобилей. Часть 2. 2024 г. // Strategy Partners: [Электронный

документ].

[https://strategy.ru/media/uploads/2024/04/Анализ\\_российского\\_рынка\\_электромобилей.pdf](https://strategy.ru/media/uploads/2024/04/Анализ_российского_рынка_электромобилей.pdf) (дата обращения: 22.09.2024).

[2] Бобылев Д. Zeekr 001 разобрали после 320 тысяч км. Изучаем результаты // ELECTROCARS [сайт]. <https://electrocars.ru/news/zeekr-001-razobrali-posle-320-tysyach-km-izuchaem-rezultaty/> (дата обращения: 22.09.2024).

[3] Бобылев Д. Lixiang в прицеле: в чём разница между моделями Li7, Li8, Li9 и какую лучше выбрать вам? // ELECTROCARS [сайт]. <https://electrocars.ru/articles/lixiang-v-pricele-v-chyem-raznitsa-mezhdu-modelyami-li7-li8-li9-i-kakuyu-luchshe-vybrat-vam/> (дата обращения: 22.09.2024).

[4] Валиев Б. Ф., Нормирзаев А. Р Анализ рынка электромобилей Узбекистана // Экономика и социум. 2023. №5(108)-2. С. 604-608.

[5] В январе-июле Узбекистан увеличил импорт электромобилей на 42% // Spot [сайт]. URL: <https://www.spot.uz/ru/2024/09/11/ev-import/> (дата обращения: 29.09.2024).

[6] ZEEKR 001 // Официальный сайт российского дилера. <https://zeekr-avto.ru/models/001> (дата обращения: 22.09.2024).

[7] Информация о компании // "SYNCERUS" mas'uliyati cheklangan jamiyati ИНН 308370420 — UZORG.INFO. URL: <https://uzorg.info/info-id-1443751> (дата обращения: 29.09.2024).

[8] Канонин Ю. Н., Лыщик А. В. Пожарная опасность электромобилей // Бюллетень результатов научных исследований. 2023. Вып. 1. С. 38–51

[9] Купить BYD BYD Song Plus DM-i AWD 100km Flagship в Ташкенте | Megawatt Motors // Megawatt Motors [официальный сайт дилера в Узбекистане]. - URL: <https://megawatt.uz/byd/66a88a8ec59b36284e94b8ff/?restyling=659ebc181f5ead7a669a35a2> (дата обращения: 29.09.2024).

[10] Lixiang LiXiang L7 — купить по цене от 5 млн руб // Официальный сайт российского дилера. <https://li-motors.ru/models/li-7#rec581246653> (дата обращения: 22.09.2024).

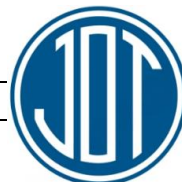
[11] Новый VOYAH FREE EVR SPORT EDITION в наличии в Новосибирске // Официальный сайт российского дилера. <https://voyah.ru/cars/new/voyah/free-evr-sport-edition/n3188067> (дата обращения: 22.09.2024).

[12] О компании // Megawatt Motors. [Официальный сайт]. URL: <https://megawatt.uz/about/> (дата обращения: 29.09.2024).

[13] Развитие электротранспорта потребует увеличения электрогенерации на 4,8 КВтч / Под ред. Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации // Энергетические тренды. 2022. выпуск № 110. [Электронный документ]. [https://ac.gov.ru/uploads/2Publications/energo/2022/Energ\\_o\\_110\\_kratk\\_z.pdf](https://ac.gov.ru/uploads/2Publications/energo/2022/Energ_o_110_kratk_z.pdf) (дата обращения: 22.09.2024).

[14] Тимерханов А. В России зарегистрировано 90 тысяч электрокаров и гибридов // АВТОСТАТ [сайт]. <https://www.autostat.ru/infographics/58435/> (дата обращения: 22.09.2024).

[15] Тимерханов А. Парк электрокаров и гибридов в России: ТОП-5 марок // АВТОСТАТ [сайт].



<https://www.autostat.ru/infographics/55588/> (дата обращения: 22.09.2024).

[16] Тимерханов А. Сегмент SUV захватил лидерство в парке электрокаров и гибридов // АВТОСТАТ [сайт]. <https://www.autostat.ru/infographics/58503/> (дата обращения: 22.09.2024).

[17] Титов Р. Авторынок Узбекистана в 2023 году вырос на 45% // АВТОСТАТ [сайт]. URL: <https://www.autostat.ru/news/56646/> (дата обращения: 29.09.2024).

[18] Титов Р. «Электромобилизация» в Узбекистане набирает обороты // АВТОСТАТ [сайт]. URL: <https://www.autostat.ru/news/56705/> (дата обращения: 29.09.2024).

[19] The Kia EV6 // Kia Global Brand Site. Movement that inspires [сайт]. URL: <https://worldwide.kia.com/int/ev6> (дата обращения: 29.09.2024).

[20] Хасанов А. Х. Перспективы развития рынка электромобилей в Узбекистане // Восточный ренессанс: инновационные, образовательные, естественные и социальные науки. 2023. №3 (12). С. 385-390.

[21] Червова Н. В. Рынок электромобилей: этапы, тенденции и перспективы развития // «Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки». 2023. № 7. С. 252-255.

[22] 2024 VW ID.4 Electric SUV // Volkswagen [сайт]. URL: <https://www.vw.com/en/models/id-4.html> (дата обращения: 29.09.2024).

[23] Кульмухамедов, Д.Р., Абдурашидов И.Ж. Научные основы повышения эффективности автотранспортных средств в условиях жаркого климата // 113-я международная научно-техническая

конференция «Техническое регулирование в области автотранспортных средств». — Москва: Автополигон, 7 декабря 2022 года. — Московская обл., РФ.

[24] Кульмухамедов Ж.Р., Хикматов Р.С., Саидумаров А.Р., Абдурашидов И.Ж. Эффективная мощность и момент двигателя в функции температуры окружающей среды // Научный журнал транспортных средств и дорог, 2023 №2. С. 43-50.

[25] Khalida Sharifbaeva, Gulhayo Niyazova, Dildora Abdurazzakova, Iskandarbek Abdurashidov, and Ravshanjon Alimardonov, "Formation of methodical competence of special subject's teachers in technical universities", AIP Conference Proceedings 2432, 050043 (2022) <https://doi.org/10.1063/5.0089618>.

### Информация об авторах/ Information about the authors

Абдурашидов Искандарбек  
Журъат угли /  
Abdurashidov Iskandarbek  
Zhurat ugli

Ташкентский государственный транспортный университет,  
докторант кафедры «Инжиниринг транспортных средств»  
E-mail: [tdtu9444@gmail.com](mailto:tdtu9444@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0001-6333-6001>

Мирзалиев Санжар  
Махаматжон угли /  
Mirzaliev Sanjar  
Makhamatzhon ugli

Ташкентский государственный экономический университет,  
руководитель департамента по научной работе  
<https://orcid.org/0000-0002-9416-0253>





# Rigidity matrix of a rod element with a variable cross section in problems of calculating structures using the finite element method

M.Kh. Miralimov<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** Transport structures have various configurations, which makes modeling their stress state under external loads a complex task. The finite element method makes it possible to model structures of various shapes for strength calculation. This paper considers the derivation of the stiffness matrix for a rod element with a variable cross-section with finding the minimum of the functional under the corresponding boundary conditions, which gives a variational statement of the problem.

**Keywords:** finite element, beam structure, stiffness matrix, section

## Матрица жесткости стержневого элемента с переменным поперечным сечением в задачах расчета конструкций методом конечных элементов

Миралимов М.Х.<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

**Аннотация:** Конструкции транспортных сооружений имеют различные конфигурации, что моделирование их напряженного состояния при внешних нагрузках является сложной задачей. Метод конечных элементов даёт возможность моделировать для прочностного расчета, конструкций различной формы. В данной работе рассматривается вывод матрицы жесткости для стержневого элемента с переменным поперечным сечением с нахождением минимума функционала при соответствующих граничных условиях, которая дает вариационная постановка задачи.

**Ключевые слова:** конечный элемент, стержень, матрица жесткости, сечение

### 1. Введение

Одним из преимуществ метода конечных элементов является возможность рассчитывать конструкции сложной геометрии. Обычно при расчетах профилированные элементы аппроксимируются ступенчатым образом с использованием обычных стержневых элементов постоянной толщины (рис.1). Однако при такой аппроксимации придется брать достаточное количество узлов, что может занимать при решении задачи достаточное время.

### 2. Методология исследования

Для вывода уравнений МКЭ используем вариационную формулировку задачи [1], где полная энергия  $\mathcal{E}$  состоит из потенциальной энергии  $\Pi$  деформации тела (потенциала внутренних сил) и энергии (потенциала)  $A$  внешних сил

$$I = \Pi + A \quad (1)$$

Условно будем считать, что в начальном, недеформированном состоянии  $I = 0$ .

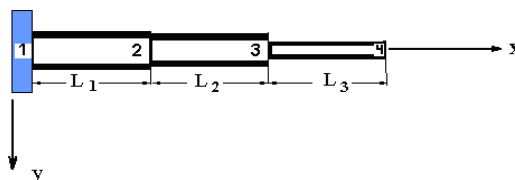


Рис.1. Общий вид стержня

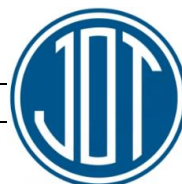
Следовательно, полная энергия  $\mathcal{E}$  представляет собой изменение энергии внешних и внутренних сил при переходе тела из начального в деформированное состояние [4]. Энергия любой системы сил измеряется работой, которую могут совершить эти силы при возвращении тела из конечного в начальное, нулевое состояние. Если рассмотреть варьируемые величины  $\Pi$  и  $A$ , то можно установить ряд полезных свойств, которыми они обладают. Это рассмотрение показывает, что задача анализа конструкций, основанная на подсчете вариации суммы  $\Pi + A$ , относится к хорошо разработанной области математики, известной как вариационное исчисление.

В этом случае

$$d\Pi = \frac{1}{2} \sigma_x \varepsilon_x = \frac{1}{2} E \varepsilon_x^2 \quad (2)$$

где  $E$  - модуль Юнга, перемещение точек поперечного сечения может определяться за счет его поворота  $\theta = -v'y$ , а следовательно, деформация будет  $\varepsilon_x = \frac{\partial \theta}{\partial x} = -v''y$ , а  $d\Pi = \frac{1}{2} E (v'')^2 y^2$  (штрихом

 <https://orcid.org/0000-0003-2530-5516>



обозначено дифференцирование по  $x$ ). Будем считать справедливой гипотезу прямых нормалей. Далее напишем

$$\Pi = \frac{1}{2} \iiint_V E(v'')^2 dx dy dz = \frac{1}{2} \int_0^L EJ_z(v'')^2 dx \quad (3)$$

В этом выражении для  $U$  интеграл  $\iint_F y^2 dx dy = J_z$ , где  $J_z$  момент инерции сечения балки. Для потенциальной энергии внешних сил напишем

$$A = - \int_0^L q(x)v dx$$

Окончательно функционал полной энергии имеет следующий вид

$$I = \Pi + A = \frac{1}{2} \int_0^L EJ_z(v'')^2 dx - \int_0^L qv dx = \int_0^L F(x, v, \frac{dv}{dx}) dx \quad (4)$$

Нахождения минимума функционала (4) при соответствующих граничных условиях дает вариационная постановка задач о поперечном изгибе балки стержня постоянного сечения: Основной задачей вариационного исчисления является определение величины  $v(x)$ , которая доставляет стационарное значение интегралу

$$I = \int_0^L F(x, u, \frac{du}{dx}) dx \quad (5)$$

Через  $f$  обозначена функция, характеризующая в механике конструкций как плотность дополнительной энергии,  $aI$  - функционал, т.е. функция от функции (в данном случае от функции  $f$ ). В стационарной точке справедливо следующее условие

$$dI(v)/d(v) = 0$$

Тогда малые изменения перемещение  $v$  в виде  $\delta v$  приводит к малому изменению функционала, обозначаемому через  $\delta I$ , чтобы получить полезное выражение для  $\delta I$ , необходимо проинтегрировать это выражение по частям. Необходимые условия минимума функционала (4) дает уравнения Лагранжа

$$\frac{dI}{dv} - \frac{d^2}{dx^2} \frac{dI}{dv''} = 0 \quad (6)$$

Постановка уравнение (4) в уравнение Эйлера-Лагранжа (6) дает дифференциальное уравнение равновесия оси изогнутого бруса в виде формулы

$$EJ_z \frac{d^4 v}{dx^4} - q_v = 0 \quad (7)$$

В основе метода конечных элементов (МКЭ) лежит вариационное исчисление [2]. Для этого находим минимум функционала (4) при граничных различных граничных условиях.

Решение ищется как метод Ритца

$$v = \sum_{k=1}^n v_k \phi_k(x) = \sum_{k=1}^n v_k N_k(x) \quad (8)$$

С той разницей, что  $v_k$  является узловыми перемещениями  $\phi_k(x) = N_k(x)$  - функция формы одного элемента, где  $n$  - число степеней свободы конечно-элементной сетки [2].

Для минимизации функционала, приведенной выше формулам для полной области следует написать систему уравнений

$$\frac{\partial I}{\partial v} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial I^{(1)}}{\partial v_{k,1}} \\ \frac{\partial I^{(2)}}{\partial v_{k,2}} \\ \vdots \\ \frac{\partial I^{(m)}}{\partial v_{n,m}} \end{Bmatrix} = 0 \quad (9)$$

Здесь  $m$  - число элементов. Если справедливо

утверждение, что функционал равен сумме вкладов отдельных элементов, т. е., что

$$I = \sum_{i=1}^m I^{(m)} \quad (10)$$

то символически уравнение принимает вид

$$\frac{\partial I}{\partial v} = \sum_{i=1}^m \frac{\partial I^{(m)}}{\partial v_{n,m}} = 0 \quad (11)$$

где, суммирование производится по всем элементам. Таким образом, получено правило составления системы уравнений, минимизирующих функционал, для всего ансамбля [7]. В частном случае, когда  $I$  является функционалом вида (10) производную для элемента  $m$  можно записать в виде:

$$\frac{\partial I^{(m)}}{\partial v_{n,m}} = [k]^{(m)} v^{(m)} - \bar{P}^{(m)} \quad (12)$$

где  $[k]^{(m)}, \bar{P}^{(m)}$  - постоянные матрицы (матрица жесткости и вектор нагрузок элемента). Теперь систему уравнений (12) минимизирующий функционал, можно записать следующим образом

$$K\vec{Z} - \vec{P} = 0 \quad (13)$$

Пусть искомые степени свободы, или узловые переменные, принято объединять в так называемые элементные вектора узловых переменных, в данном случае узловых перемещений:

$$K\vec{Z} = \vec{P} \quad (14)$$

Матричное уравнение (14) представляет собой стандартную форму записи системы линейных алгебраических уравнений метода конечных элементов (СЛАУ МКЭ). Заранее определим, что в полученной системе уравнений операция с граничными условиями производятся в следующем виде: кинематические граничные условия через вектора перемещений, а статические через вектора внешних сил [8]. Стержневой элемент с переменным поперечным сечением, изображенной на рис.2 иллюстрирует основные факторы аппроксимации геометрии конусообразных призматических элементов и пластин переменной толщины.

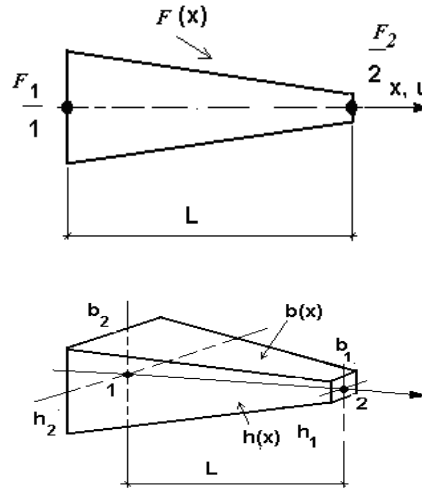


Рис. 2. Расчетная модель элемента

Альтернативный ступенчатому представлению служит простая аппроксимация величины  $F(x)$  во всем конструктивном элементе либо на сегментах, разбивающих этот конструктивный элемент. Указанная аппроксимация необходима в силу следующего обстоятельства. Если требуется найти явный вид матрицы жесткости элемента, то, как легко видеть,



никаким единым представлением  $F(x)$  нельзя задать точно все возможные формы конструкции. Функция перемещений, использовавшаяся для элемента постоянного сечения, в этом случае не является точной, так как она приводит к условию постоянства деформаций, которое уже не выполняется вдоль оси элемента. В практике проектирования профилированных стержневых и пластинчатых элементов в пространстве можно простым способом аппроксимировать геометрические характеристики сечений[9]. Только в этом случае придется рассматривать изменение толщины элемента и в перпендикулярном направлении плоскости расположения элемента, т. е. вместо  $F(x)$  следует брать  $b(x)$  и  $h(x)$ , как показанной на рис. 2 :

$$b(x) = (1 - \alpha_1 \frac{x}{L})b_1, h(x) = (1 - \alpha_2 \frac{x}{L})h_1$$

$$\alpha_1 = \frac{h_1 - h_2}{h_1}, \alpha_2 = \frac{b_1 - b_2}{b_1} \quad (15)$$

можно получить матрицу жесткости для такого элемента, но в этом случае момент инерции поперечного сечения будет зависеть от длины элемента

$$\iint_F y^2 d(b(x))d(h(x)) = \int_F (1 + \alpha_1 \frac{x}{L})(1 + \alpha_2 \frac{x}{L})db_1dh_1$$

$$= \iint_{F_1} y^2 db_1 dh_1 (1 + \alpha_1 \frac{x}{L})(1 + \alpha_2 \frac{x}{L})^2 = J_z(1 + \alpha_1 \frac{x}{L})(1 + \alpha_2 \frac{x}{L}) = \frac{bh^3}{12} (1 + \alpha_1 \frac{x}{L})(1 + \alpha_2 \frac{x}{L})^3 \quad (16)$$

С учетом прямоугольности поперечного сечения стержня для момента инерции сечения напишем

$$J_z(1 + \alpha_1 \frac{x}{L})(1 + \alpha_2 \frac{x}{L}) = \frac{b_1 h_1^3}{12} (1 + \alpha_1 \frac{x}{L})(1 + \alpha_2 \frac{x}{L})^3$$

Функционал полной энергии имеет следующий вид

$$I = \Pi + A = \frac{1}{2} \int_0^L EJ_z(v'')^2 (1 + \alpha_1 \frac{x}{L})(1 + \alpha_2 \frac{x}{L})^3 dx - \int_0^L q_v v dx = \int_0^L F(x, v, \frac{dv}{dx}) dx \quad (17)$$

Нахождения минимума функционала (17) при соответствующих граничных условиях дает вариационная постановка задачи о поперечном изгибе балки стержня переменного сечения. Для минимизации функционала воспользуемся уравнениями (9-15) для одного элемента состоящая из двух узлов и тогда матрица жесткости для стержня переменного сечения запишется следующим образом

$$[k] = \int_0^L [N^T]^T EJ(x) [N^T] dx = \int_0^L (1 + \alpha_1 \frac{x}{L})(1 + \alpha_2 \frac{x}{L})^3 [N^T]^T EJ_1 [N^T] dx =$$

$$= EJ_1 \int_0^L (1 + \alpha_1 \frac{x}{L})(1 + \alpha_2 \frac{x}{L})^3 \left\{ \begin{matrix} \frac{6}{L^2} (2\xi - 1) & -\frac{2}{L} (3\xi - 2) \\ 2) & -\frac{6}{L^2} (2\xi - 1) & -\frac{2}{L} (3\xi - 1) \end{matrix} \right\}^T \times$$

$$\left\{ \begin{matrix} \frac{6}{L^2} (2\xi - 1) & -\frac{2}{L} (3\xi - 2) & -\frac{6}{L^2} (2\xi - 1) & -\frac{2}{L} (3\xi - 1) \end{matrix} \right\} \quad (18)$$

Здесь  $J_1$  - момент инерции поперечного сечения в узле 1. Тогда интегрируя зависимость (18) по длине  $L$  и с учетом зависимостей для функции формы поле перемещений и переменности поперечного сечения можно получить матрицу жесткости для такого элемента

$$[k] = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & k_{14} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & k_{24} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & k_{34} \\ k_{41} & k_{42} & k_{43} & k_{44} \end{bmatrix} \quad (19)$$

где коэффициенты матрицы жесткости принимают следующий вид:

$$k_{11} = \frac{EJ_1}{L^3} (11 + 5(\alpha_1 + \alpha_2) + 6(\alpha_1 + \alpha_2)^2 + \frac{24}{5} \alpha_1 \alpha_2)$$

$$k_{12} = k_{21} = \frac{EJ_1}{L^2} (13 + 6(\alpha_1 + \alpha_2) + 4(\alpha_1 + \alpha_2)^2 + \frac{69}{13} \alpha_1 \alpha_2)$$

$$k_{13} = k_{31} = \frac{EJ_1}{L^3} (-6 - 3(\alpha_1 + \alpha_2) + 6(\alpha_1 + \alpha_2)^2 - \frac{46}{5} \alpha_1 \alpha_2),$$

$$k_{14} = k_{41} = \frac{EJ_1}{L^2} (11 + 12(\alpha_1 + \alpha_2) + 3(\alpha_1 + \alpha_2)^2 + \frac{57}{15} \alpha_1 \alpha_2)$$

$$k_{22} = \frac{EJ_1}{L} (6 + 3(\alpha_1 + \alpha_2) + 12(\alpha_1 + \alpha_2)^2 + \frac{9}{13} \alpha_1 \alpha_2),$$

$$k_{24} = k_{42} = \frac{EJ_1}{L} (4 + 3(\alpha_1 + \alpha_2) + 4(\alpha_1 + \alpha_2) + \frac{121}{25} \alpha_1 \alpha_2)$$

$$k_{23} = k_{32} = \frac{EJ_1}{L^2} (-15 - 2(\alpha_1 + \alpha_2) - 4(\alpha_1 + \alpha_2)^2 - \frac{57}{5} \alpha_1 \alpha_2)$$

$$k_{33} = \frac{EJ_1}{L} (6 + 5(\alpha_1 + \alpha_2) + 3(\alpha_1 + \alpha_2)^2 + \frac{49}{13} \alpha_1 \alpha_2)$$

$$k_{34} = k_{43} = \frac{EJ_1}{L^2} (-2 - 3(\alpha_1 + \alpha_2) - 6(\alpha_1 + \alpha_2)^2 + \frac{36}{15} \alpha_1 \alpha_2)$$

$$k_{44} = k_{44} = \frac{EJ_1}{L^3} (3 + 4(\alpha_1 + \alpha_2) + 6(\alpha_1 + \alpha_2)^2 + \frac{69}{13} \alpha_1 \alpha_2)$$

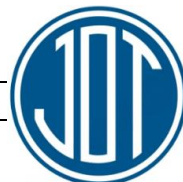
### 3. Заключение

Таким образом, при вычислении матрицу жесткости для стержня с переменным поперечным сечением необходимо будет задавать размеры поперечного сечения в начале и конце элемента и момент инерции поперечного сечения только в начале элемента.

А задачи с учетом переменности поперечного сечения стержня состоящих из нескольких конечных элементов решаются для различных граничных условий очень просто.

### Использованная литература / References

- [1] Дацко М. и др. Метод конечных элементов в статике сооружений. Москва, Стройиздат, 1986, с.220.
- [2] Зенкевич О. Конечные элементы и аппроксимации. М.: Мир, 1986, с. 24
- [3] Писаренко Г.С., Агарев В.А. и др. Сопротивление материалов: Учебник для вузов.- К.: Высшая школа, 1979.
- [4] Маковский, Л.В. Проектирование автодорожных и городских тоннелей: Учеб. Для вузов. - М.: Транспорт, 1993г. - 352с
- [5] Булычев Н.С.. Механика подземных сооружений, М.: Недра, 1994, с.268



[6] Гарбер В.А. Научные основы проектирования тоннельных конструкций с учетом технологии их сооружения. НИЦ "Тоннели и Метрополитены". АО "ЦНИИС", 1996, часть 1, с. 169, часть 2, с.220

[7] Тхань Д.В. Заимное влияние двух параллельных тоннелей, сооружаемых щитовым методом в условиях Вьетнама. Дисс. канд. техн. Наук: /, Москва, 2018. -158 с.

[8] Миралимов М.Х. Имитационная модель расчета строительных конструкций и сооружений. // Вопросы кибернетики. Ташкент, Выпуск 175, 2006, С.71-82.

[9] Миралимов М.Х. Информационное моделирование упругопластического состояния выработок тоннелей на персональном компьютере. // Узбекский журнал. «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент: Фан, 2000, №5 - С.47-50 (05.00.00; №5).

[10] Mirzohid Miralimov; Shuxrat Shojalilov, Abdullaziz Karshiboev, Dilshod Usmanov. Calculation

method of reinforced concrete structures with account of nonlinear deformation of the material. AIP Conf. Proc. 3045, 030078 (2024) doi.org/10.1063/5.0197797.

### Информация об авторах/ Information about the authors

Миралимов Д.т.н., доцент кафедры искусственных сооружений на автомобильных дорогах Ташкентского государственного транспортного университета  
Мирзахид Мирзахидович  
Хамитович  
E-mail: mirzakhid\_miralimov@yahoo.com  
Tel.: +998977250924  
<https://orcid.org/0000-0003-2530-5516>



## New constructive decisions lining of tunnels of metro

M.X. Miralimov<sup>1</sup><sup>a</sup>, A.I. Karshiboev<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

In the present work statement of a problem and realization of received results and decisions were caused proceeding from practice of designing and construction of responsible objects, as tunnel constructions. Received results represent the big economic value: the further development of a scientific direction in the field of tunnelling by creation and improvement of designs and introduction in practice of designing and construction of results of the lead researches. Thus, the kind of design and its constructive elements, the form and the geometrical sizes of a design, presence of lateral tunnels, top and return arch of an average tunnel and distance between columns is considered. Proceeding from principles designing and constructions of tunnels are created new constructive decisions of station of underground of the open way of works and transported a tunnel of a circular outline of the closed way of works with antiseismic joint.

Keywords:

tunnel, design, underground, arch structure, construction

### 1. Introduction

Level of industrialization tunnelling is characterized by degree prefabricability and modularity applied designs [1, 2]. Receptions of designing transport tunnel lining basically are connected with observance of the general requirements and principles of aseismic construction [3]:

- principle of uniform distribution of seismic forces;
- principle of decrease in size of inertial seismic forces;
- principle of decrease in deformations along a tunnel;
- principle of increase of rigidity in plane of cross-section of a tunnel.

At use in seismo- perilous areas of modular designs an obligatory condition is the device of corresponding communications between the modular elements, allowing to reach reliability lining as a whole. Thus the separate elements are larger, the greater reliability possesses lining as modular joint even at high-quality grouting will always differ on the rigid parameters from modular elements. Optimum designs are modular completely closed parts lining for the open way of works. Monolithing joints of combined concrete lining are the main condition of reliability of their work. At monolithic rigid overlapping there is more rational distribution of the seismic loadings acting to lining. First of all the principle uniform strength designs should be observed. i. e., durability of units and joints of connected elements in a combined lining should provide transfer of longitudinal compressing and extension forces and bending moments. Seismic stability of a tunnel construction on adverse sites of a line is recommended to provide with constructive measures, namely longitudinal both cross-section constructive reinforcing and application of a material, stronger than others, more favorable sites. It is expedient to increase some dimensions of lining, considering expected amplitudes of vibrations of a ground and possible displacement in this connection lining concerning designed axis of tunnel. Ferried and station tunnels of undergrounds have interfaces; besides on ferried way construct various chambers of special purpose, ventilating trunks, adjunctions. In railway tunnels also is available many cross-section chambers, galleries, niches [4]. Sizes of bearings places for


beams and plates of overlapping should be increased. The design of joints and units should be simple that simplifies manufacture of works and raises their quality. Seams between separate elements and after welding parts should be closed up places of high-strength concrete with lowered shrinkages, and bottlenecks - a cement mortar. For plate and box-shaped slab designs are to exclude opportunity of their shear or failure from places of bearing in any direction [4]. Author during of some years taught discipline "Designing and construction of tunnels" in the Tashkent automotive and road institute on faculty "Bridges and Transport Tunnels" and directly was engaged in improvement of existing designs of tunnels of underground. Considering the above-stated principles and requirements, working together with institute of "Design and Construction" he has advanced and received new constructive decisions of stations and ferrying tunnels of underground and their constructive elements. Now designers are used alternative designing of structures of underground lining which component is the preliminary choice of type of lining. Subsequent calculation lining, entering on the basis of calculation of necessary corrective amendments in a design and recurrence these operations allow to achieve desirable effect - provision of durability, stability and reliability under rational expenditure and the best use of materials.

### 2. Methods and materials

#### 2.1. One arched type of underground concrete structure (Certificate №77 of official registration in Uzbek patent office, Registered 15. 03. 93)

Formulation of the invention is increase of seismic stability of station and decrease material capacity. Problem put by invention is solved that the pallet is executed in supported places on semivaults with cavities and the sockets located on their bottom, where cavities and the bottom end faces of semivaults have semi-cylindrical form, and semivaults are executed ridge with output part at the bottom end faces, established by the last in cavities of tray on a

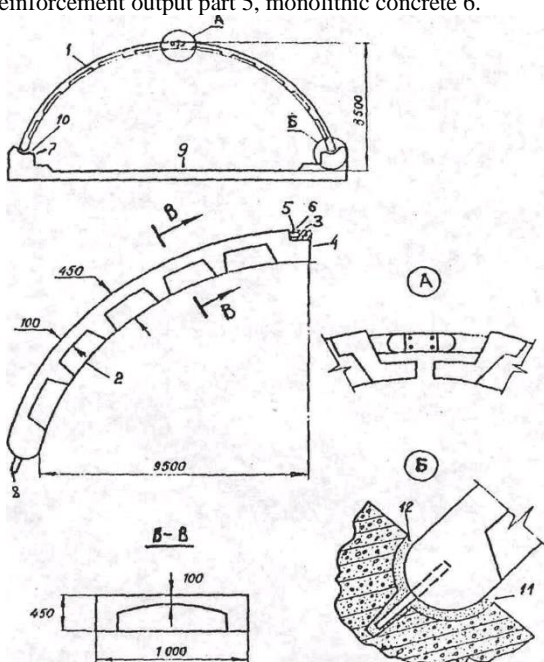
<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2530-5516>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2755-2609>





cement mortar-sandy and connected to it through joint. On Fig. 1.1 the aseismic station of underground of one-vaulted (arched) type is represented. It contains the arch 1 formed of two ridge s semivaults 2 which are rigidly connected among themselves at the end of the top hand 3 and at joint through reinforcement output part 5, monolithic concrete 6.

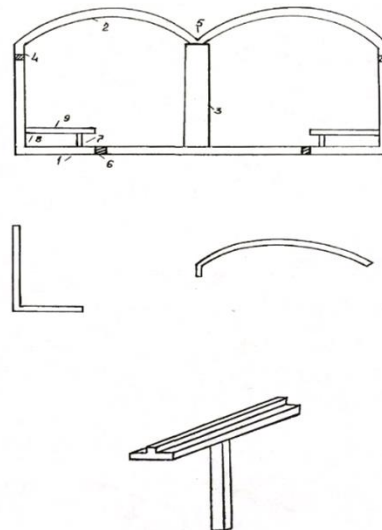


**Figure. 1 One arched type of underground concrete structure**

Bottom end faces of 7 semivaults 3 have semi-cylindrical form and output part 8. Tray 9 is executed in places of supporting with arched cavity bottom 10 semi-cylindrical form at the bottom of which sockets 11 are formed. Semivaults 2 are connected to a tray 9 by joint due to installation from the bottom end faces 7 in sockets 10 trays 9 on cement and mortar-sand 12 and of pins 8 of semivaults 2 in cavities 11 of tray 9.

### 2.2. Two arched type of underground concrete structure (Certificate № 3838 of official registration in Uzbek patent office, Registered. 08. 07. 1996)

This invention concerns to area of underground construction and can be used at erection of underground by the open way in areas with high seismicity. The two-vaulted design of station of the underground, executed of pig-iron blocks [2] is known. Such station is used at construction of underground deep laying. Aim of invention is development of a design of station of underground with raised seismic stability, allowing to lower expenditures of labour at its erection.



**Figure. 2 Two arched type of underground concrete structure**

Task is solved that in the aseismic station of underground is containing two tunnels divided by columns, each of which contains arched overlapping and wall part, they are executed from separate reinforced concrete elements and connected among themselves and to columns by means of a seismic seam. Wall part element is executed in the form of L- shaped section. Performance of station from modular elements and connection by their seismic seams allows to increase seismic stability and to reduce expenditures of labour under erection of station. The invention is explained by the drawing on which the design stations (cross-section, Fig. 2) is schematically represented. The station contains wall part elements 1, executed L-shaped section, arched slab 2 forming two tunnels, divided by a column 3. Elements are executed from reinforced concrete and connected among themselves by means of seismic seams 4, 5, 6. The L- element 1 is supplied by ledges 7 and 8 on which platform plates 9 are easily established. At erection of station separate elements 1,2 and 3 establish in the prepared tunnel or a foundation ditch and join among themselves by means of seismic seams. Seismic seams provide distribution of loading at various static and dynamic influences due to the fact that seismic stability of station increases. Use of modular elements considerably reduces terms of erection of station and the charge of a material. Such station can be used both with lateral, and with island platforms

### 2.3. New underground concrete structure in node of the underground line intersection (Certificate № 4386 of official registration in Uzbek patent office, Registered 24. 02. 1997)

Invention concerns to area of underground construction and can be used at erection of lines of underground by the open way in areas with high seismicity. Station of underground on crossing of lines ferrying tunnels which consists of two stations located one after another [4] is known. The closest on technical essence offered station is incorporated station in unit of crossing of the lines, containing arch in the form of frame design, platforms and the ways placed at different levels [6]. Lack of this construction is greater material inputs and duration of construction. However this given station is characterized by



insufficient seismic stability and greater material inputs on construction.

Problem of the invention is development of design of the station possessing raised seismic stability and profitability. The task in view is solved that in aseismic station in unit of crossing of lines of the underground containing arch, platforms and the ways located on different, levels, where the arch is executed in the form of a thin-walled dome-formation, and platforms and ways of one line are located in a direction, perpendicular to a direction of a platform and ways of other line, thus the place of crossing of ways is located in the centre of station. Performance of the arch of station in the form of a dome raises seismic stability of a construction and all station. The thin-walled spatial design of the arch and an arrangement of a point of crossing of ways in the centre of station raises profitability of construction (Fig. 3). The station contains the arch 1 executed in the form of a thin-walled dome with strengthened sole 2, of platform and a way of one line and a platform and a way of other line 3 which are crossed in the centre of station. 1/2 - 1/3 part of height of a dome leaves on a surface of a ground. Such constructive decision of station, on a line of crossing is economic and allows to diversify architecture of station, to use its internal space for accommodation of economic objects. The station of underground in units of crossing ferrying tunnels can be used also for construction of tunnels of underground deep laying.

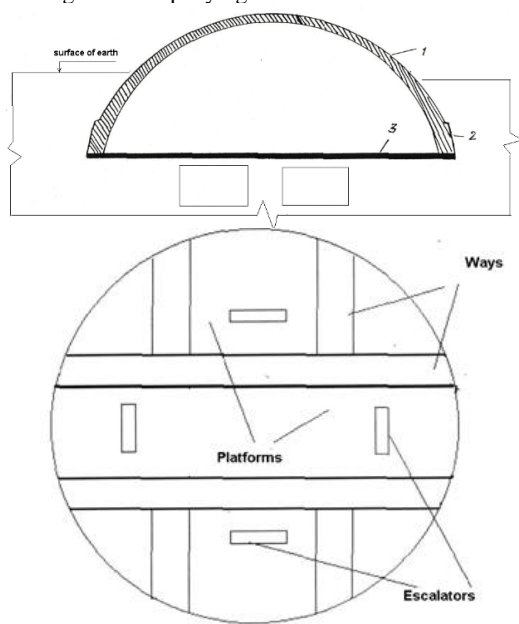


Figure 3. Station in units of crossing tunnel lines

**2.4. Underground structure of tunnel ring (Certificate № 4387 of official registration in Uzbek patent office, Registered 24. 02. 1997)**

Combined circular tunnel lining mounted in rings from reinforced concrete blocks is known. Each block is executed with chamfers all four corners and supplied by loops. Loops of adjacent blocks are done by plates, connected of bolts communication and filled through cement mortar [5]. However, this given design is characterized by insufficient seismic stability, labour inputs of installation. The closest on technical essence to offered is circular tunnel lining mounted by tubing blocks connected among themselves by bolts

under the cross scheme by means of plates which have been built in the bases of pins, executed on corners of the block [2]. Lack this structure is complexity and labour inputs of installation because of discrepancy of manufacturing of special pins and accommodations it in their basis. A problem of the invention is development of a lining design, labour input providing decrease at installation. Task in view is solved that in aseismic circular lining from the modular reinforced concrete elements, containing tubing blocks connected by bolt connection under the cross scheme by means of board established on the docking probe placed in bottom, located on corners of the block, probes are placed in end faces of bottom and rods are executed as П shaped form. Accommodation of probes in end faces of bottom and connection of blocks by means of П shaped form which allows more quickly and with smaller labour input to carry out installation circular lining. On Fig. 4 is shoshn combined reinforced concrete lining. Invention is explained by the Fig. 5 where lining contains tubing blocks 1, on corners of the block 2 are executed sockets, in end faces of sockets 2 docking probe s 3 are placed.

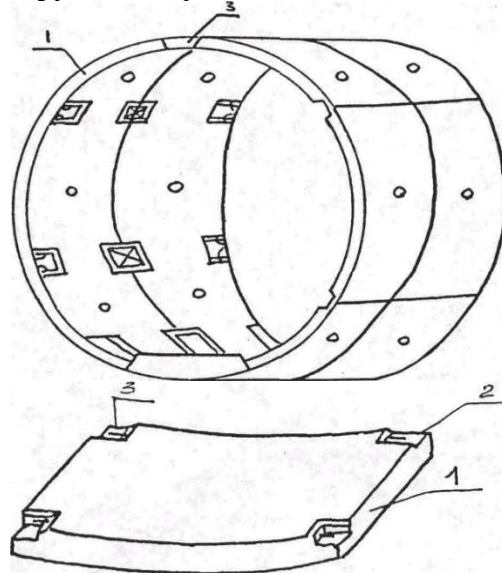


Figure 4. Circular concrete lining of underground construction

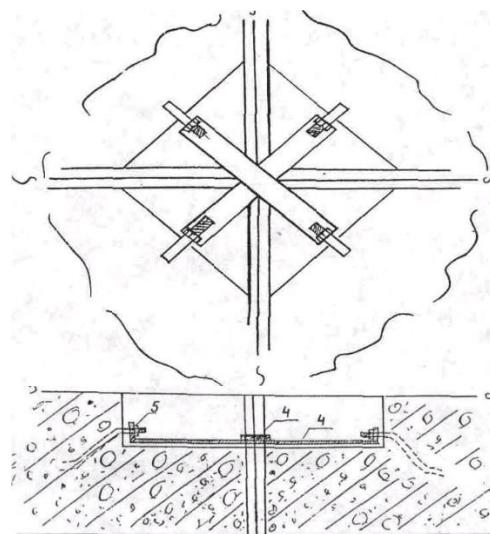
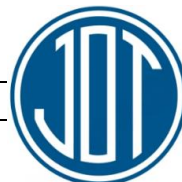


Figure 5. Place of connections



At installation carries out by rods of П shaped form and fix them with bolts 5. Blocks connect under the cross scheme. Connection providing reliable work lining of tunnel in seismic areas.

### 3. Conclusion

It is known, that antiseismic joints intended for strengthening of rigidity, in a longitudinal direction of an axis of a tunnel, keeping thus its integrity, puts into operation not only at influence of longitudinal seismic waves, but also at cross-section deformations tunnel lining. Such joint undergoes greater static and dynamic loadings. Therefore, joint of connection of blocks in tunnel lining should be fixed an establishment reinforcement pins in section of the concrete block. Here were development designs, in view of increase of degree prefabricability, decrease material capacity with simultaneous maintenance of durability. Thus, its constructive elements, the form and the geometrical sizes of a design, presence of lateral tunnels, the top and return arch of an average tunnel, distance between columns were considered kind of design. The offered new constructive decisions of tunnels are registered in the State register of inventions of Patent Department of Republic Uzbekistan and used at designing, the third Unusabadskoy lines of the Tashkent Metro.

### References

- [1] Building Code. KMK. 2.05.04-97. Undergrounds. Gosstroy, Tashkent, 1997, p. 285.
- [2] Barbakadze R., Murakami S. Designing of building and constructions in deformable environments. - M.: Stroyizdat, 1989, p. 472.
- [3] Bulychyov. H. S, Fotieva N. Estimation of stability of tunnel lining surrounding mountain developments. Mine construction, Tula, 1977, p. 15-21.
- [4] Questions of mathematical modelling, calculation and increase of reliability of tunnel constructions. Under red. Garbera V.A. M: Transport, 1981.
- [5] Dorman I, Y. Seismic stability of transport tunnels. M.: Stroyizdat, 1986, p. 245 6. Tunnels and undergrounds. //

V.P. Wolves, S.N.Naumov, A.N.Pirozhkova, V.G. Hrapov, M.: Transport, 1975, p. 552.

[6] Tunnels and undergrounds. // V.P. Wolves, S.N.Naumov, A.N.Pirozhkova, V.G. Hrapov, M.: Transport, 1975, p. 552.

[7] Тхань Д.В. Заимное влияние двух параллельных тоннелей, сооружаемых щитовым методом в условиях Вьетнама. Дисс. канд. техн. Наук: /, Москва, 2018. -158 с.

[8] Миралимов М.Х. Имитационная модель расчета строительных конструкций и сооружений. // Вопросы кибернетики. Ташкент, Выпуск 175, 2006, С.71-82.

[9] Миралимов М.Х. Информационное моделирование упругопластического состояния выработок тоннелей на персональном компьютере. // Узбекский журнал. «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент: Фан, 2000, №5 - С.47-50 (05.00.00; №5).

[10] Mirzohid Miralimov; Shuxrat Shojalilov, Abdullaziz Karshiboev, Dilshod Usmanov. Calculation method of reinforced concrete structures with account of nonlinear deformation of the material. AIP Conf. Proc. 3045, 030078 (2024) doi.org/10.1063/5.0197797.

### Information about the authors

Miralimov DSc associate Professor of the  
Mirzahid Department of "Artificial Structures on  
Hamitovich Highways" of Tashkent State Transport  
University  
E-mail:  
mirzakhid\_miralimov@yahoo.com  
Tel.: +998977250924  
<https://orcid.org/0000-0003-2530-5516>

Qarshiboyev Senior lecturer of the Department of  
Abdullaziz "Search and Design of Motorways" of  
Ikhtiyor ugli Tashkent State Transport University  
E-mail: Laziz\_22\_92@mail.ru  
Tel.: +998994022032  
<https://orcid.org/0000-0003-2755-2609>



## Research of the asynchronous generator used in micro HPPs via the MATLAB Simulink model

U.T. Berdiev<sup>1</sup><sup>a</sup>, M.M. Matqosimov<sup>2</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>Andijan Machine-building Institute, Andijan, Uzbekistan

**Abstract:** Using the imitation model of asynchronous generators used in microgames, it allows you to conduct analysis of various dynamic operating modes of renewable and asynchronous generators used in mini and microgames, as well as to obtain results and control control.

**Keywords:** micro HPP, asynchronous generator, dynamic operating modes, matlab simulation, voltage, current

## MikroGESlarda qo'llaniluvchi asinxron generatorini MATLAB Simulink modeli orqali tadqiq qilish

Berdiyev U.T.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Matqosimov M.M.<sup>2</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

<sup>2</sup>Andijon mashinasozlik instituti, Andijon, O'zbekiston

**Annotatsiya:** MikroGESlarda qo'llaniluvchi asinxron generatorlarning imitatsion modelidan yordamida qayta tiklanuvchi hamda mini va mikroGESlarda qo'llaniluvchi asinxron generatorlarning turli dinamik ish rejimlari tahlilini olib borish hamda natijalar olish va boshqaruv nazorat olib borish imkonini beradi.

**Kalit so'zlar:** mikroGES, asinxron generator, dinamik ish rejimlar, matlab simulik, kuchlanish, tok

### 1. Kirish

Jahonda energiyaga bo'lgan ehtiyoji kun sayin ortib borishi natijasida har qanday energiyaning ishlab chiqarilishi arzon va sifatli bo'lishini talab etadi. Elektr energiyasi kashf qilinganidan boshlab hozirgi kungacha elektr energiyaga bo'lgan talab tobora ortib bormoqda. Shu bilan birga elektr energiyasini ishlab chiqarilish dolzarbligi ortib bormoqda. Shu nuqtaiy nazardan qaraydigan bo'lsak olib borilayotgan ilmiy tadqiqot ishimizda elektr energiyaning ishlab chiqarilishi juda soda va oson bo'lgani uchun elektr energiyaning tannarxi kamayishiga olib kelmoqda. Bu esa Respublikamizda mikroGESlarning soni ortib borishiga turtki bo'ladi. MikroGESlar qurilishida suv omborlarining ekologik zararlarining oldini olish, stansiyalar qurilishida kichik kapital sarflar xarajatlar bo'lishi va kapital xarajatlarni qoplash imkoniyatlari dolzarb xisoblanadi.[1]

So'ngi o'n yillikda mikroGESlar dunyoda keng tarqalmoqda bunga asosiy sabablardan yana biri tabiiy energiya resurslarini kamayib tugab borayotganligi umumiy ta'siri sezilarli bo'lib, katta miqdorda elektr energiyasi, shu bilan birga tabiiy gaz singari birlamchi energiya resurslar sarfini ham kamaytirish dolzarb muamolardan bo'lib qolmoqda. Shu sababli, mikroGESlarda qo'llanilayotgan asinxron generatorlardan foydalanish hamda elektr energiya ishlab chiqarish bo'yicha qator ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.[3].

### 2. Tadqiqot metodikasi


Differentsial tenglamalar tizimlari yordamida tavsiflashning klassik usuli eng umumlashtirilgan usul bo'lib hisoblanadi. Obyektning matematik modeli uning idealizatsiyasi hisoblanadi, shuning uchun tenglamalarni tuzishda va vaqtinchalik jarayonlarni ko'rib chiqishda "idealizatsiya qilingan" obyekt bilan bog'liq umumiy qabul qilingan cheklovlar va taxminlar qo'llaniladi.[3]

Shunday qilib, elektr mashinalari uchun tenglamalarni tuzishda, fazali chulg'amlar nosimmetrik, po'latdagi yo'qotishlarni e'tiborsiz qoldiradi va hokazo. Obyektning soddalashtirish bilan bog'liq holda, matematik modelni haqiqiy obyektga sozlash muammosi paydo bo'ladi, uning mohiyati eksperimental ma'lumotlarga iloji boricha yaqinroq natija beradigan parametrlarning bunday qiymatlarini aniqlashdir. Lozim bo'lsa, ko'proq omillarni hisobga olish mumkin, ammo bu differentsial tenglamalar tizimini yechishni ancha murakkablashtiradi va yechimning vaqtini oshiradi. Shu munosabat bilan qidiruv ixtisoslashtirilgan dasturlarga o'tkaziladi.[5]

Generator ishlayotganda quyidagi rejimlar mavjud bo'ladi: salt ishlashda kondensator qo'zg'alishi, ishga tushish va yuklamada ishlash, yuklama ostida qo'zg'alish. Ushbu rejimlarni asinxron mashinaning tenglamalar tizimi tufayli tahlil qilish mumkin.

Tenglamalar shaklini olishning eng keng tarqalgan usuli bu Kirxgoff, Amper qonunlarini elektr zanjirlariga qo'llash

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8404-3013>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0007-2900-0046>





va olingan tenglamalarni ma'lum koordinatalar tizimiga aylantirishdir.

Valdagi muvozanat qonunini yozish uchun mashinaning inersiyasini, rotorning burchak tezligini, rotorga ta'sir qiluvchi momentni hisobga oluvchi Nyutonning ikkinchi qonunidan foydalaniladi. Natijada, differentsial tenglamalar tizimi o'rganilayotgan tizimning barcha konturlarini kompleks tahlil qilishga imkon beradi. Biroq, olingan differentsial tenglamalar tizimini faqatgina hisoblash texnikasi yordamida yechish mumkin. Ko'p sonli konturli obyektning xarakteristikalarini qurish hisoblash texnikasiga bo'lgan talabni oshiradi. Bundan tashqari, asinxron generator loyihasining yuqori aniqligi uchun elektr mashinasining to'liq magnit xarakteristikasiga ega bo'lish kerak, xarakteristikani to'g'ri chiziq bilan qabul qilish mumkin emas. Magnitlanish toki koordinatalarida haqiqiy egri chiziqli xarakteristikaga ega bo'lish talab qilinadi.

Asinxron mashina odatda stator va rotorda joylashgan magnit bilan bog'langan chulg'amlar tizimi sifatida tushiniladi. Statorning  $A$  fazasi chulg'ami va rotorning  $a$  fazasi chulg'amining o'zaro ta'sirini ko'rib chiqsak, shuni ta'kidlash kerakki, rotor aylanayotganda bu chulg'amining fazodagi o'zaro pozitsiyasi doimiy ravishda o'zgarib turadi. Qabul qilingan taxminlarni hisobga olgan holda o'zaro  $A$  va  $a$  chulg'amlari o'rtasidagi induktivlik

$$M_{Aa} = M \cos \gamma \quad (1)$$

bu yerda  $M - A$  va  $a$  chulg'am o'qlari mos kelganda sodir bo'ladigan o'zaro induksiyaning maksimal qiymati;  $\gamma = \int_0^t \omega_r dt + \gamma_0 - A$  va  $a$  chulg'amlari fazalarining o'qlari orasidagi burchak ( $\omega_r = 2\pi n$  rotorning burchak chastotasi;  $n$  - rotorning aylanish chastotasi,  $p$  - qutb juftlari soni;  $\gamma_0$  - rotorning boshlang'ich holatini aniqlaydigan burchak).

Magnitlanish toki koordinatalarida haqiqiy egri chiziqli xarakteristikaga ega bo'lish talab qilinadi.

Tenglamalar tizimi davriy va kompleks koeffitsientlardan iborat bo'lmay, yechimlar kvazigarmonik va garmonik funksiyalar bilan tavsiflanadi [2, 3]. AG

sig'imli qo'zg'alishi d-q koordinatalar sistemasidagi kompleks shakldagi tenglama bilan tavsiflanadi:

$$\begin{cases} p + i\Omega)^2 x_m i_0 + (p + i\Omega)^2 x_{1\sigma} i_1 + (p + i\Omega) r_1 i_1 + x_c i_0 = 0 \\ -x_c i_0 + (p + i\Omega)^2 x_{Ln} i_n + (p + i\Omega) r_n i_n + x_{cn} i_n = 0 \\ p x_{2\sigma} i_2 + r_2 i_2 + p x_m i_0 = 0 \\ i_1 + i_1 = i_0 \\ i_n + i_c = i_1 \end{cases} \quad (2)$$

bu yerda  $p$  - farqlash operatori;

bu yerda  $p$  - farqlash operatori;

$i_1, i_2, i_n, i_c, i_0$ , mos ravishda stator, rotor, generator yuklamai, qo'zg'alish sig'imi, magnitlanish toklari;

$r_1, r_2$  - stator va rotor fazalarining aktiv qarshiligi;

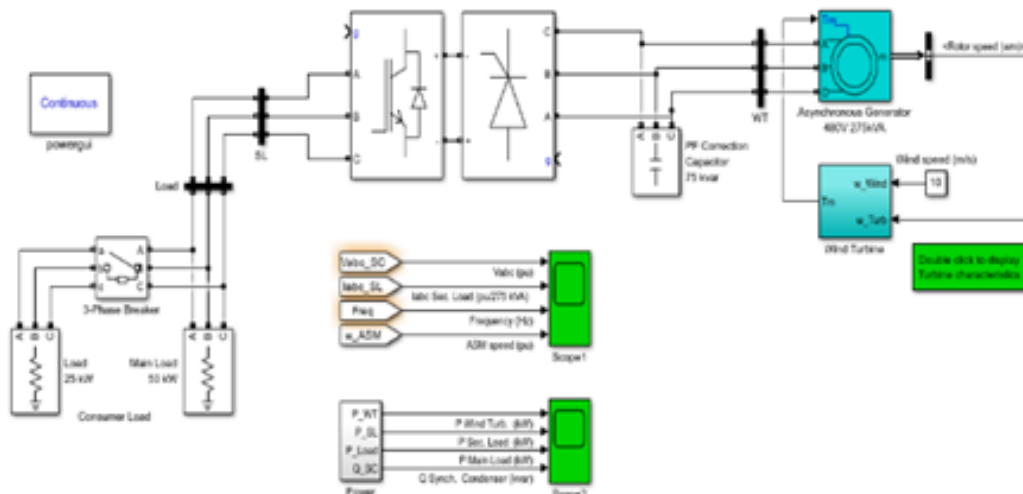
$x_{1s}, x_{2s}$  - stator va rotor fazalarining oqish induktiv reaktivligi;

$x_m$  - o'zaro induktiv qarshiligi;

$x_c, x_{Ln}, x_{cn}$  - reaktiv qarshiliklar.

Ammo yozishning ushbu shaklidan foydalanganda generator tizimlarining o'tkinchi jarayonlarini tavsiflashda xarakterli qiyinchiliklar yuzaga keladi, chunki stator zanjirlar o'zgaruvchilari o'zgarishi yuz beradi. Asinxron generatorning yuklamada ishlashi ko'pincha stator zanjirlarining nosimetriyasi bilan tavsiflanadi, shuning uchun  $a, b, 0$  o'qlarida tenglamalar tizimini qo'llash tavsiya etiladi, bu esa elektr mashinasi oniy holatini aniqlashga va hisoblash resurslariga talablarini kamaytirish imkonini beradi.

MikroGES qurilmalaridagi kondensator yordamida o'z-o'zidan qo'zg'atishli asinxron generatorning kompyuter yordamidagi dinamik ish rejimlarini xarakteristikalarini olish uchun avvalo matematik modelda keltirib o'tilgan kovishli gidroturbinaning hamda kondensatorli o'z-o'zidan qo'zg'atishli asinxron generatorning differentsial tenglamalari, matematik tavsifi, matematik modeli va strukturaviy sxemalaridan foydalanilgan holda MatLab dasturi Simulink paketi matematik imitatsion model ishlab chiqildi (1-rasm).



1-rasm. Avtonom mikroGES asinxron generatorning imitatsion modeli

Ushbu imitatsion modelda quyidagi elementlardan foydalanilgan:

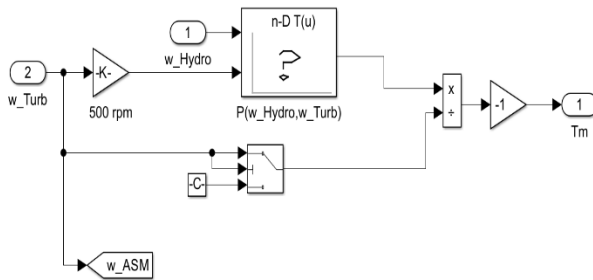
1) Kovishli gidroturbina – ushbu elementda kovishli gidroturbinaning parametrlari – diametri = 300 mm uzunligi = 500 mm, kovish diametri = 100 mm, kovishlar soni = 12 ta, kovish hajmi = 150 sm<sup>3</sup>, kovish shakli – yarim shar.

Kovishli gidroturbina elementi (2-rasm) da  $w_{Turb}$  suv eneriyasi ta'sirida kovishli gidroturbina olayotgan tezlik

bo'lib, uning ta'sirida ishlab chiqarilayotgan mexanik energiya  $P(w_{Hydro}, w_{Turb})$  bloki orqali aniqlanadi, ushu element natijasi sifatida  $T_m$  mexanik moment olinadi.



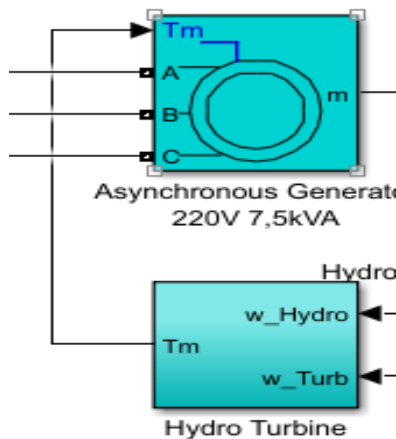




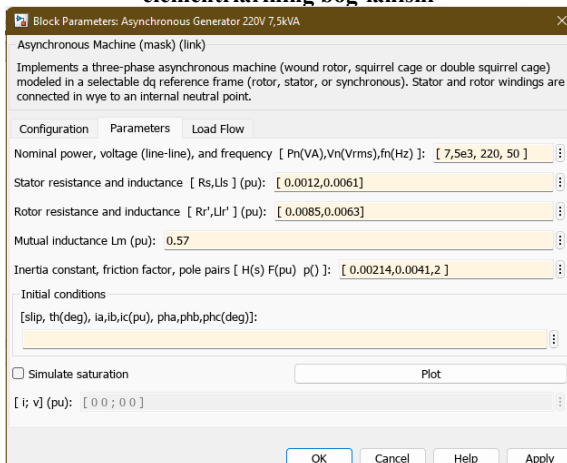
2-rasm. Kovishli gidroturbina elementi

2) Asinxron generator yuqorida keltirilgan asinxron generatorning parametrlari –  $R_s, L_s, R_r, L_r, L_m, Inersiya, Magnit induksiya, juft qutblar soni$  asosida kovishli gidroturbinadan berilayotgan mexanik energiya yordamida elektr energiya ishlab chiqaradi (3-4-rasmlar).

2-rasmda ko'rsatib o'tilgan kondensator asinxron mashinani generator rejimida ishlash imkonini beradi. Uch fazali kondensator (5-rasm) asinxron mashina ishga tushgan vaqtda dvigatel rejimida tarmoqdan oladigan reaktiv energiyani o'zidan ishlab chiqarib beradi, turbinadan berilayotgan mexanik energiya asinxron mashina rotorining nominal tezligini 10 % orttirib berilganda asinxron mashina generator rejimiga o'tadi, o'lchov elementlarida asinxron generator stator chulg'amlari uchlarida o'zgaruvchan sinusoidal kuchlanish hosil bo'ladi.

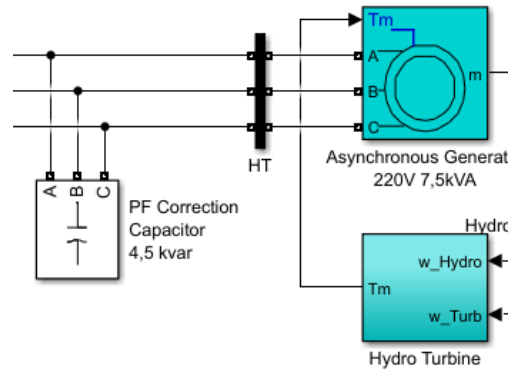


3-rasm. Kovishli gidroturbina va asinxron generator elementlarining bog'lanishi



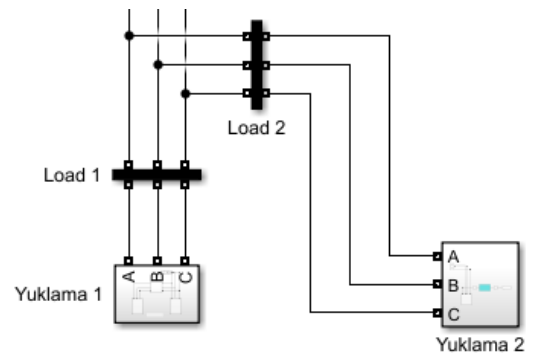
4-rasm. Asinxron generator parametrlari

Asinxron generator salt ishga tushgan vaqtda rotor tezligi orqali kuchlanish 220 V da bo'lishi ta'minlanadi.



5-rasm. Uch fazali kondensatorni tarmoqda ulanish modeli

Yuklama ulangan vaqtda generatordan chiqayotgan kuchlanish tushuvi hisobiga tarmoqda 220 V bo'lmaydi, bunda o'lchov-nazorat qurilmalari yordamida kuchlanish 220 V bo'lishi ta'minlanadi (6-rasm). Bunda variator qurilmasi yordamida turbinadan berilayotgan tezlik o'zgartiriladi, uning hisobiga generatordan chiqarilayotgan kuchlanish rostanadi.



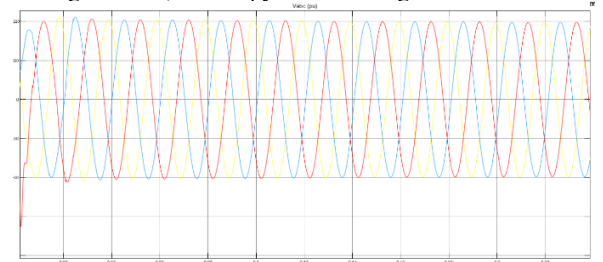
6-rasm. Tarmoqqa yuklamalarning ulanishi

Yuklama ulangandan so'ng chiqish kuchlanishi yuklama holatiga qarab o'zgarishi kuzatiladi ushbu holatni ishlab chiqilgan imitatsion model orqali nazorat qilish mumkin bo'ladi.

### 3. Natija va muhokamalar

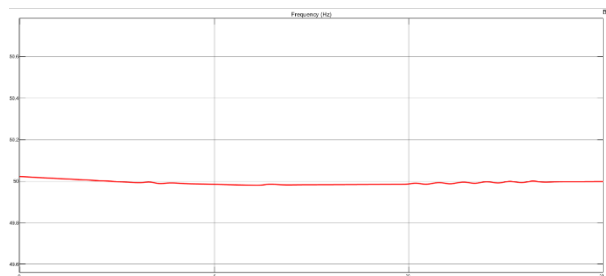
Tarmoqqa yuklamalarning ulanishi davomida asinxron generatordagi o'tkinchi jarayonlarni tahlil qilish Scope elementi orqali olingan xarakteristikasi tahlil qilinadi.

Salt ishlash rejimadagi kuchlanishlar oniy qiymatlari 7-rasmda ko'rsatilgan. Grafikda asinxron generator tomonidan ishlab chiqarilayotgan o'zgaruvchan uch fazali kuchlanish aks etgan bo'lib, 220 V qiymatda ekanligi ma'lum bo'ladi.

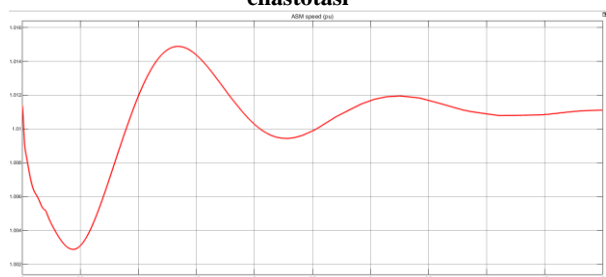


7-rasm. Asinxron generator salt ishlash vaqtidagi stator uchta fazasidagi kuchlanishlar

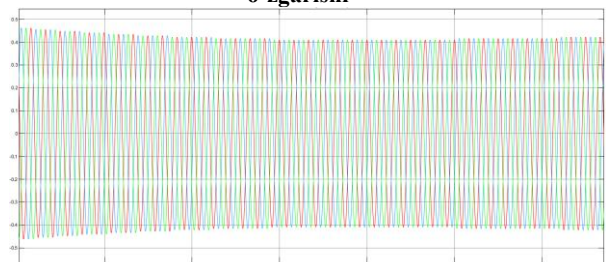




8-rasm. Asinxron generatorda ishga tushish hamda salt ishlash vaqtidagi tarmoqqa berilayotgan kuchlanish chastotasi



9-rasm. Asinxron generator rotorining ishga tushish, salt ishlash hamda yuklama vaqtidagi rotor tezligini o'zgarishi



10-rasm. Yuklama vaqtidagi stator fazalaridagi toklarning oniy qiymatlari

Yuqoridagi imitatsion model yordamida olingan xarakteristikalar yordamida mikroGESlarda qo'llaniluvchi asinxron genratorni chiqish kuchlanish, tok o'zgarishlarini tahlil qilish hamda nazorat qilish imkoniyati yaratildi.

#### 4. Xulosa

Avtonom mikroGESlarda qo'llaniluvchi kondensator orqali qo'zg'atiluvchi asinxron generator va uning boshqaruv qurilmasining tajriba-sinov namunasi hamda imitatsion modeli ishlab chiqildi. Ishlab chiqilgan imitatsion model yordamida mikroGESlarda qo'llaniluvchi asinxron generatorning dinamik ish rejimlarini tahlil qilish imkoniyati yaratildi hamda tahlil qilish orqali natijaviy xarakteristikalar ham olishga erishildi va asinxron generatorining chiqish kuchlanishlarini boshqarish nazorat qilish imkoniyati yaratildi.

#### Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Н Пирматов, С Махаммаджонов, ММатқосимов, Кичик кувватли гидроэлектр станцияларида асинхрон

моторни генератор режимида ишлатиш "Ўзбекгидроэнергетика" илмий-техник журнали, 2023\*№1

[2] Pirmatov, Nurali, et al. "Analysis of various operating modes of the microhpp asynchronous generator using the matlab simulink program." E3S Web of Conferences. Vol. 508. EDP Sciences, 2024.

[3] Pirmatov, Nurali, et al. "Investigation of transients in asynchronous generators used in microhydroelectric power plants." E3S Web of Conferences. Vol. 508. 2024.

[4] Berdiyovich, P. N. "Research on the use of asynchronous machine in generator mode in microhydroelectric plants of a renewable alternative energy source device." (2023).

[5] Pirmatov, Nurali, et al. "Characteristics of the static and dynamic operating modes of the asynchronous generator in renewable energy sources and the production of electric energy control through a frequency converter." E3S Web of Conferences. Vol. 480. EDP Sciences, 2024.

[6] Матқасимов, М. "Снижение потерь мощности и энергии в электроприводах." International journal of scientific researchers (IJSR) INDEXING 4.2 (2024): 125-131.

[7] Shodiyev, Bobur, et al. "Electrical energy saving analysis based on solar power collector's thermal system." E3S Web of Conferences. Vol. 497. 2024.

[8] Абдуллаев, Мухаммадсайфулло, Мухаммадсодик Матқасимов, and Дилёрбек Каримжонов. "Применение линейных двигателей в электроприводах." Universum: технические науки 11-5 (2020): 12-14.

[9] Абдуллаев, М., У. Ахмадалиев, and М. Матқасимов. "Применение энергоэффективных и энергоэкономных электроприводов." Современные научные исследования и инновации 6 (2020): 13-13.

[10] Абдуллаев, Мухаммадсайфулло, et al. "Повышение производительности промышленных установок применением энергосберегающих технологий." Universum: технические науки 11-5 (80) (2020): 8-11.

#### Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Berdiyev Toshkent davlat transport universiteti  
Usan "Elektrotexnika" kafedrası professori  
Turdiyevich t.f.n, E-mail:  
muhammadsodiqmatqosimov@gmail.com  
Tel.: +998946035014  
<https://orcid.org/0000-0003-3513-049X>

Matqosimov Andijon mashinasozlik instituti  
Muhammad- "Elektrotexnika, elektromexanik,  
sodiq elektrotexnologiya" kafedrası assistenti  
Mahammad- E-mail:  
xoshim o'g'li muhammadsodiqmatqosimov@gmail.com  
Tel.: +998950120403  
<https://orcid.org/0009-0004-7849-8918>



## Delivery of cargo flows through the territory on international routes

A.U. Kuziev<sup>1</sup><sup>a</sup>, A.Kh. Muratov<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Termez State University, Termez, Uzbekistan

**Abstract:** The article analyzes the development and problems of the transport sector and communications. Also, the issue of timely delivery of cargo flows in the region in international directions with the effective use of road, railway and river transport means and networks was considered.

Research aimed at the development of the methodology of optimal distribution of cargo flows will help to increase the efficiency of the transport system in the region, promote sustainable economic development and minimize the negative impact on the environment, which makes it especially relevant in modern conditions.

**Keywords:** transport, network, graph theory, multi-network, road scheme, cost, optimal, freight transportation

## Yuk oqimlarini hudud orqali xalqaro marshrutlarda yetkazib berish

Kuziev A.U.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Muratov A.X.<sup>1</sup><sup>a</sup>

<sup>1</sup>Termiz davlat universiteti, Termiz, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Maqolada transport sektori va kommunikatsiyalari rivojlanishi va muammolari tahlil etilgan. Shuningdek hududdagi yuk oqimlarini xalqaro yo'nalishlarda o'z muddatida avtomobil, temir yo'l va daryo transporti vositalari va tarmog'idan samarali foydalanilgan holda yetkazib berish masalasi qaralgan.

Yuk oqimlarini optimal taqsimlash metodologiyasini ishlab chiqishga qaratilgan tadqiqotlar mintaqadagi transport tizimi samaradorligini oshirishga, barqaror iqtisodiy rivojlanishga ko'maklashishga va atrof-muhitga salbiy ta'sirni minimallashtirishga yordam beradi, bu esa uni zamonaviy sharoitlarda ayniqsa dolzarbligini oshiradi.

**Kalit so'zlar:** transport, tarmoq, graflar nazariyasi, multitarmoq, yo'l sxemasi, xarajat, optimal, yuk tashish

### 1. Kirish

Bozor iqtisodiyotining zamonaviy bosqichida O'zbekiston Respublikasi, jumladan, Surxondaryo viloyati iqtisodiyotining barcha tarmoqlari raqobatdoshligini oshirishni taqozo etadi. Keyingi yillarda yuk oqimi oboroti nafaqat ichki tashishlarda, balki xalqaro tashishlarda ham sezilarli darajada oshib bormoqda. Xususan, Surxondaryo viloyatining tashqi savdo eksporti va importi qo'shni Afg'onistonga o'sishi kuzatilmoqda

So'ngi yillarda transport xususan avtomobil sanoatining tez su'ratlar bilan rivojlanishi avtomobillarni bir maromda ishlatilishini ta'minlovchi tarmoqlarni rivojlantirishni, shuningdek bu tarmoqlarda ishlab chiqariladigan mahsulotlar miqdorini oshirishni hamda yuk tashish jarayonlarini optimallashtirish va undan samarali foydalanish taqozo etmoqda.

### 2. Tadqiqot metodologiyasi

**Adabiyotlar tahlili.** Xalqaro transport koridorlari hudud transport tarmog'ini rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega ekanligi [1] manbaada bayon etilgan. Chunki transport tarmog'ida yuk oqimlarining hajmiga tranzit yuklar ham ta'sir etadi.


Har xil transport tarmog'ini loyihalash shakllari va o'tkazish qobiliyatining metodologik asoslari [2] ko'rilgan.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi "Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi PF-60-sonli farmoni bilan tasdiqlangan 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida amalga oshirishga oid davlat dasturida hududlarda yuklar shakllanishining asosiy nuqtalarini hisobga olgan holda transport-logistika markazlari tarmog'ini tashkil etish va yuk tashish xarajatlarini 30 foizgacha kamaytirish bo'yicha vazifalari belgilangan [14].

Maqolada dastur paketlarida grafik nazariyasidan foydalangan holda eng qisqa yo'l muammosini hal qilish usullarining tahlili keltirilgan [3]. Buda muammoning yechimi mashhur Deykstr usuli, simulyatsiyasi usuli va chumoli algoritmi usuli yordamida amalga oshirilgan.

Tashish marshrutlarini rejalashtirish masalalarida genetik algoritmi (Congli Hao, Yixiang Yue, 2016), transport masalasini yechishda dasturiy tizimlardan foydalanish (E.E. Simakov, Elizaveta Kim, 2014), chumoli kolonnasi algoritmi, gibrid algoritmi (Kai, K., Haijiao, N., Yuejie, Z., Weicun, Z., 2009) va qisqa yo'l algoritmi (J.Swinkels, T. Fleuron, 2014; Sh.A.Butayev va A.Kuziyev, 2009) keng foydalanilgan.

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8121-8030>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4450-2892>



Yuk tashish hajmini optimallashtirish, yirik yuklarni tashish, kichik partiyali yuklarni yetkazib berish, turli ishlab chiqarishlarda soatli harakat jadvalarini ishlab chiqish, transport tarmog'ida tarmoqning o'tkazish qobiliyatini hisobga olgan holda oqimlarni optimallashtirish masalalari (A.A.Shermuxe'dov, A.U.Kuziyev, 2022. A.Kuziev, M. Juraev, Z. Yusufkhonov, D.Akhmedov, 2023. A.Kuziev, 2023. A.U.Kuziev, A.A. Urokov, 2020) hamda diskret optimallashtirish masalalari bo'yicha (A.A.Tyux'tina, 2015) ilmiy ishlarida ham, marshrutlashtirish masalalarini hal qilishning bir qancha modellari va usullari keltirilgan.

**Uslub va materiallar.** Maqolada xalqaro yuk tashishlarda har transport turlaridan foydalanish imkoniyatlari tahlil etilgan bo'lib, statistik tahlil, graflar nazariyasi va tarmoq samaradorligini baholashning jamlovchi usullaridan foydalanilgan.

### 3. Natijalar

Yuk tashish jarayonida transport xarajatlarini optimallashtirish masalasi yechimini topishda yuk jo'natuvchi obyektidan yuk iste'molchilarga qisqa masofalarda arzon (kam xaraj) yoki yetkazib berish muddatlari qisqa bo'lgan yuk tashishning optimal rejasini topish zarur bo'ladi. Bunda tashish jarayonlarning optimal usulini topish uchun dastlabki ma'lumot sifatida yuk jo'natuvchi punkt va yuk qabul qiluvchi punktlar o'rtasida transport aloqani ko'rsatuvchi transport tarmog'i hisoblanadi. Mazkur ko'rinishdagi transport masalalarni yechishda graflar nazariyasi real holatlar uchun eng maqbul variant hisoblanadi. Graflar tutashma manzillarni yoki yuk jo'natuvchi va qabul qiluvchilarni aks ettiruvchi cho'qqilar hamda ularni biriktiruvchi yo'ylardan iborat bo'ladi. Transport tarmog'ii graflar ko'rinishida aks ettirish juda ham qulay hisoblanadi. Transport tarmog'i tashish yo'nalish qismini namoyon etadi.

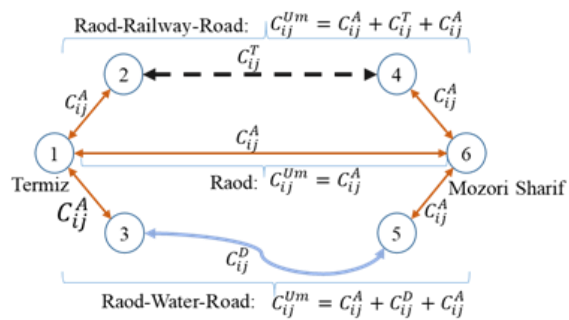
Tarmoqda oqimlarni o'tkazuvchanlik qobiliyati to'lguncha qayta taqsimlaydi, o'tkazish qobiliyati to'lgan yoy hisobdan chiqariladi [4].

Har xil transport turlari tutashgan manzillar mos ravishda bir nechta manzillar ko'rinishida tasvirlanadi. Ular boshlang'ich-so'nggi operatsiyalar bo'yicha kelib chiqayotgan xarajatlarning iqtisodiy ko'rsatkichlarini aks ettiruvchi chiziqlar bilan bog'langan [5, 6, 12, 13].

Xalqaro transport tizimlarining ajralmas qismi va muhim bo'g'ini bo'lgan O'zbekiston avtomobil va temir yo'llarining xalqaro tashuvlar tizimidagi o'rni salmoqli darajada oshmoqda.

Xalqaro tashishlarni, xususan Termiz (O'zbekiston) - Mozori Sharif (Afg'oniston) yo'nalishida yuk oqimlarini optimallashtirishning iqtisodiy-matematik masalasini qaraymiz.

Masala quyidagicha qo'yiladi: ikki tomondan chegaralangan to'plamlar  $G = (A, U)$  yig'indisi berilgan bo'lsin: bunda  $A - G$  grafining elementlari (cho'qqilari),  $1$  dan  $N$  gacha  $A = \{1, 2, \dots, N\}$  belgilanadi,  $U - G$  grafining yo'ylari bo'lib,  $(i, j)$  juftlik  $i$  punktdan  $j$  punkt gacha transport tarmog'i hisoblanadi.



**1-rasm. Transport tarmog'ini grafada ko'rinishi va ularda shakllanadigan umumiy tashish xarajatlari,**

bunda:  $C_{ij}^A$  – avtomobil,  $C_{ij}^T$  – temir yo'l,  $C_{ij}^D$  – daryo transportlari bo'yicha tashish bilan bog'liq xarajatlari, so'm/t;  $C_{ij}^{Um}$  – tashish bilan bog'liq bo'lgan umumiy xarajatlari, so'm/t

Quyidagi 1-rasm misolida 6 ta punkt bo'lib, grafining oltita cho'qqisini bildiradi, punktlar o'rtasida yuk oqimlarining harakati ikki tomonlama bo'lganligi uchun quyidagicha bo'lishi mumkin: 1 va 2 punktlar bo'yicha (1, 2) va (2, 1); 1 va 3 punktlar bo'yicha (1, 3) va (3, 1); 1 va 6 punktlar bo'yicha (1, 6) va (6, 1); 2 va 4 punktlar bo'yicha (2, 4) va (4, 2); 3 va 5 punktlar bo'yicha (3, 5) va (5, 3); 4 va 5 punktlar bo'yicha (4, 5) va (5, 4); hamda 5 va 6 punktlar bo'yicha (5, 6) va (6, 5).

Bunda quyidagi mezon talablarini bajarish lozim [7]:

$$F = \sum_{ij}^m X_{ij} \cdot C_{ij} \rightarrow \min \quad \text{yoki}$$

$$F = \sum_{st}^m X_{st} \cdot C_{st} \rightarrow \min \quad (1)$$

bunda:  $X_{ij}$  – yuk tashish oqimini xarakterlovchi parametrlar o'zgaruvchisi;  $C_{ij}$  – yuk tashish tannarxi.

Marshrutlarda tashilayotgan hamma yuk turlari bo'yicha tashish oqimi shu uchastkadan yuk o'tkazib yuborishning maksimal imkoniyati  $Q_{ij}^{max}$  doirasidan oshmaydi.

$$\sum_{l=1}^k X_{ij} \leq Q_{ij}, ij \in IJ \quad (2)$$

$ij$  yo'ylar bo'yicha tashiladigan va manfiy bo'lmagan  $l$  – yuklar oqimlari  $X_{ij,l}$  ni aniqlash, ya'ni

$$X_{ij} \geq 0, ij \in IJ \quad (3)$$

Bu usulning g'oyasi quyidagidan iborat. Qulay yo'llar tizimi quriladi,  $St$  yo'nalishining yuk oqimini o'tkazish qobiliyati aniqlanadi, ya'ni  $\mu(S, \dots, i, j, \dots, t)$   $d_{st} = \min d_{ij}$  dek.

Qatordagi navbatdagi  $X_{st}$  yukni qulay yo'llar yo'ylari bo'yicha jo'natish (taqsimlash) bilan birga bu yuk o'tgan yo'ylarning o'tkazish qobiliyatlari ana shu yuk miqdoriga kamaytiriladi. Yoy to'liq qanoatlanganda yopiladi va keyingi hisoblashdan chiqariladi [7, 8, 11].

$S$  punktdan  $t$  punktga navbatdagi korrespondentsiya ko'riladi. Eng qulay yo'lning o'tkazish qobiliyati aniqlanadi  $\mu(S, \dots, i, j, \dots, t)$ , bunda  $d_{st} = \min d_{ij}$ ;  $i = (S, \dots, t - 1)$ ,  $(j = S + 1, \dots, t)$   $ij \in \mu$ .

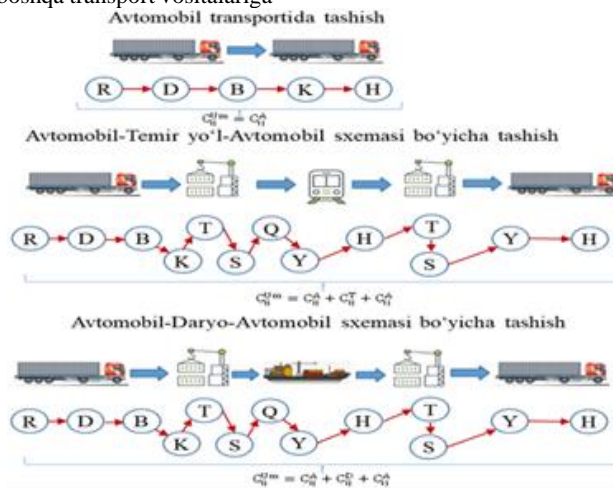
Har xil transport turlarida tashish jarayonining logistik operatsiyalari tarkibi ma'lum ketma-ketlikda bajariladi va ular transport vositasini mos ravishda ma'lum ketma-ketlikda bir holatdan ikkinchi holatga o'tishini taqozo etadi va ular tashishda ishtirok etadigan transport turlariga bog'liq bo'ladi hamda bir holatdan keyingi holatga o'tish mos ravishda xarajatlarda aks etadi. Masalan,  $R$  – ro'yxatdan o'tkazish;  $D$  – deklaratsiya hujjatlarini rasmiylashtirish;  $K$  – bojxona xodimlari tomonidan yukni ko'rikdan o'tkazish;  $C$  – SES xodimlari tomonidan yuklar tahlili va





ularning xulosasi;  $H$  –yo‘nalishi bo‘yicha harakatlanishi;  $T$  –avtomobildan yukni saqlash joyiga tushiriladi;  $S$  – yuklar saqlanishi;  $O$  –yuklarni boshqa transport vositalariga

o‘rtish;  $Q$  –temir yo‘l transportini qabul qilish (bir vagon uchun) va shu kabilar (2-rasm).



2-rasm. Turli xil transport turlarida yuk jo‘natish manzilida va tashish jarayonida amalga oshiriladigan logistik operatsiyalar

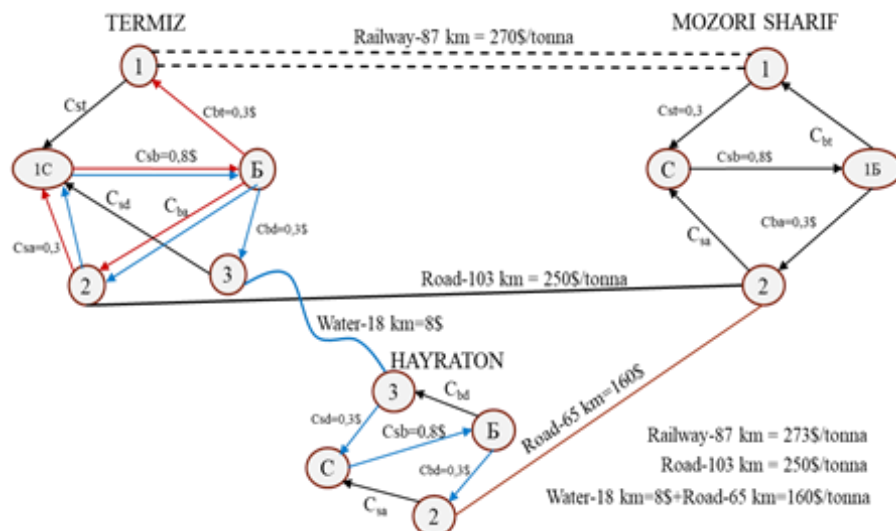
Tarmoqda yuk oqimlarini taqsimlash masalasini yechishda transport tarmog‘i va tashish o‘lchamlari dastlabki ma‘lumot bo‘lib hisoblanadi. Yuk tashish parametrlari, ya‘ni aniq belgilangan punktlarda yuklarni ishlab chiqarish hajmi va iste‘moli yoki hamma yuklar hajmi bo‘yicha tashish rejasi yuk tashish matritsasi ko‘rinishida berilishi mumkin, bunda ma‘lumotlar tarmoqning har bir yuk jo‘natuvchi va qabul qiluvchi punktlari uchun ko‘rsatiladi [9, 10].

Yuk tashish oqimlarini optimallashtirish masalasi turlicha variantlarda qo‘yilishi va yechilishi mumkin. Dastlabki variantda yuk tashish oqimlarini optimallashtirish ularni o‘tkazish qobiliyati chegaralangan tarmoqlarga taqsimlashdan iborat bo‘lib, u ko‘p sonli mahsulotlar masalasini yechish bilan bog‘liq bo‘ladi. Bunday masalani amaliy yechish katta qiyinchiliklarni tug‘diradi, avvalambor, qiyinchilik dastlabki ma‘lumotlarni yig‘ish bo‘yicha ishlar hajmining juda kattaligidadir [4, 9, 10].

Ikkinchi holatda yuk tashish matritsasining har bir qatorini bir punktlilik ishlab chiqarish bilan o‘zining turkumidagi «bir turli yuk» sifatida qarash mumkin. Bunda

tarmoqda yuk oqimini optimallashtirish masalasi qulay yo‘l tizimini yaratish masalasiga keltiriladi. Jumladan yagona yuk junatish punktdan qolgan hamma punktlargacha ushbu yo‘llar yoyi bo‘yicha keyingi yuk jo‘natuvchi punkt va qabul qiluvchi punktlarga taqsimlash qulayroq bo‘ladi hamda bu masalani yechish vaqtini kamaytiradi. Shuningdek yuk jo‘natuvchi va iste‘mol qiluvchilarning yuk tashish matritsasini qulayroq o‘lchamga keltirishga imkon beradi. Shu tufayli, yuk tashish hajmlari matritsa ko‘rinishida berilgan bo‘ladi. Agar tarmoqdagi uzul “kompleks” hisoblansa, ya‘ni mazkur uzelda bir nechta tur transport birlasha, unda ishlab chiqarish hajmlari (B) “boshlang‘ich” punktda, iste‘mol hajmlari esa (O) “so‘nggi” punktda to‘planadi deb hisoblanadi [4].

Bu usul yordamida Surxondaryo viloyatidan Mozori – Sharif shahriga yuk tashish variantlari ko‘rib chiqilgan, tarmoqda yuk oqimlari optimal taqsimlangan va transport tarmog‘ini rivojlantirish masalasi aniq ma‘lumotlar asosida yechilgan (3-rasm). Tarmoq uzellari tartibi aylana ichida ko‘rsatilgan.



3-rasm. Surxondaryo viloyati transporti multitarmog‘i





## 4. Xulosa

Hisob natijalariga asosan hududimizdagi yuk oqimlarini Mozori – Sharifga yetkazib berishda avtomobil transportida

yetkazish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Chunki qishloq xo'jaligi mahsulotlarini o'z vaqtida manziliga yetkazishni taqozo etadi. Hisob natijalari quyidagi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Termiz – Mozori Sharif yo'nalishida yuk tashish xarajatlari va yetkazib berish muddati			
Tashish sxemasi	Tashish masofasi, km	Tashish xarajati, \$	Yuklarni yetkazib berish muddati, min.
Avtomobil-Temir yo'l-Avtomobil	87	273	199
Avtomobil transporti	103	250	437
Avtomobil-daryo-Avtomobil	83	160	689

Ushbu tadqiqot natijalaridan foydalanish har xil transport turlarida yuk tashishni rejalashtirishda imkoni beradi. Tashish hajmlarini oshirish, iste'molchilarning yuk oqimlarini yetkazishga bo'lgan ehtiyojlarini o'z vaqtida kafolatli qondirish va iqtisodiy samaradorlikka erishiladi. Bunda iqtisodiy hududda yuk oqimlarini transport tarmog'ida optimal taqsimlash masalasini hal etish ishlab chiqarish kuchlarining transportga bo'lgan xarajatlarini sezilarli darajada tejab qolishiga olib keladi. O'z navbatida ishlab chiqarilayotgan mahsulotlarni samarali tashishda va iqtisodiyotimizning raqobatdoshligini oshirishga imkon beradi.

## Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] N. Nesterova, S. Goncharuk, V. Anisimov, A. Anisimov, V. Shvartcfel. (2016) Set-theoretic Model of Strategies of Development for Objects of Multimodal Transport Network// Procedia Engineering. Pp. 1547 – 1555.
- [2] Mouna Mnif, Sadok Bouamama. (2017) Firework Algorithm For Multi-Objective Optimization Of A Multimodal Transportation Network Problem//Procedia Computer Science. Pp. 1670–1682.
- [3] Вардомацкая Е.Ю., Шарстнев В.Л., Алексеева Я.А. (2016) Оптимизация маршрута с использованием теории графов в пакетах прикладных программ. Вестник Витебского государственного технологического университета, 2016, № 1 (30). С.-130-139.
- [4] Kuziyev, A. U., & Makhsumov, I. (2023). Planning for the timely delivery of cargo flows on international routes. *International Journal*, 2(6).
- [5] Кузиев, А.У., & Шермухаммедов, А. А. (2022). Худуд автомобил йўл тармоғини ривожлантириш методикаси. *Инновацион технологиялар*, 3(3 (47)), 59-65.
- [6] Kuziev, A. (2023). Hudud ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishiga transport tarmog'i holatining ta'siri. *Innovatsion texnologiyalar*, 50(02), 63-72.
- [7] Kuziyev, A. (2023). Forecasting the prospective volume of cargo transportation for the development of the transport network. *Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology*, 8(2), 253-260.
- [8] Kuziev, A.U., & Urokov, A.A. Development of Multimodal Transport Network in the Region. *International*

*Journal of Innovative Analyses and Emerging Technology*, 1(7), 42-46.

[9] Kuziev, A., Juraev, M., Yusufkhonov, Z., & Akhmedov, D. (2023, March). Application of multimodal transportation in the development of future flows of the region. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2612, No. 1). AIP Publishing.

[10] Kuziev, A. U. (2022). Methodology of development of the regional road network.

[11] Muratov, A. и Koshakov, U. (2024) «Improving the efficiency of the use of working time of vehicles», *Евразийский журнал академических исследований*, 4(5 Part 3), сс. 176–181. доступно на: <https://www.in-academy.uz/index.php/ejar/article/view/32903> (просмотрено: 5 октябрь 2024).

[12] Muratov, A. X. (2022) “Statement and Mathematical Model of the Problem of General Service in the Transportation of Cargo by Motor Vehicle”, *European Multidisciplinary Journal of Modern Science*, 6, pp. 288–291. Available at: <https://emjms.academicjournal.io/index.php/emjms/article/view/392> (Accessed: 5 October 2024).

[13] Muratov Abobakr Kholikberdievich (2023) “Mathematical Model of the Process of Transportation of Construction Goods by Automobiles”, *Eurasian Journal of Engineering and Technology*, 24, pp. 38–41. Available at: <https://geniusjournals.org/index.php/ejet/article/view/5275> (Accessed: 5 October 2024).

[14] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli “Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida”gi Farmoni.

## Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Kuziyev Abdimurot Urokovich / Kuziev Abdimurot Urokovich	Termiz davlat universiteti “Texnologik ta'lim kafedrasini dotsenti. t.f.d (DSc), E-mail: kuziyev@tersu.uz Tel.: +998915811324 <a href="https://orcid.org/0000-0002-8121-8030">https://orcid.org/0000-0002-8121-8030</a>
Muratov Abobakr Xolikberdiyevich /Muratov Abobakr Kholikberdievich	Termiz davlat universiteti “Texnologik ta'lim kafedrasida katta o'qituvchisi, t.f.f.d. (PhD); E-mail: muratov@tersu.uz Tel.: +998915743399 <a href="https://orcid.org/0000-0002-4450-2892">https://orcid.org/0000-0002-4450-2892</a>



## Classification of container terminals according to the development level of logistics serviced by a reachstacker

Sh.R. Abduvakhitov<sup>1</sup><sup>a</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** The aim of the study is to improve container terminals and terminal technologies in transport logistics systems. The objectives of the study are to study the current state and problems of container terminal capacity and to develop recommendations for increasing capacity and improving terminal technologies of a container terminal on the railway. The article proposes a new classification of container terminals by the level of development of logistics served by a reach stacker. Classification of container terminals by the level of development of logistics will make it possible to increase the competitiveness of the terminal and increase the volume of services provided to customers.

**Keywords:** railway transport, container terminal, container platform, container, service, capacity

## Классификация контейнерных терминалов по уровню развития логистики, обслуживаемой ричстакером

Абдувахитов Ш.Р.<sup>1</sup><sup>a</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

**Аннотация:** Целью исследования является совершенствование терминальных технологий в транспортных логистических системах. Задачи исследования - изучить современное состояние и проблемы пропускной способности контейнерных терминалов и разработать рекомендации по повышению пропускной способности и совершенствованию терминальных технологий контейнерного терминала на железной дороге. В статье предложена новая классификация контейнерных терминалов по уровню развития логистики, обслуживаемой ричстакером. Классификация контейнерных терминалов по уровню развития логистики даст возможность повысить конкурентоспособность терминала и увеличить объем услуг, предоставляемых клиентам.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, контейнерный терминал, контейнерная площадка, контейнер, услуга, вместимость

### 1. Введение

Контейнерные терминалы являются важным компонентом в цепочках поставок и служат для перевалки контейнерных потоков. В настоящее время крупнейшим географическим сектором рынка контейнерных перевозок является Азиатско-Тихоокеанский регион. С каждым днем численность населения в странах с развивающейся экономикой растет, что, в свою очередь, увеличивает спрос на товары и сырье. Как следствие, спрос на товары и сырье способствует значительному увеличению международного грузооборота.

Контейнерные терминалы имеют большое значение в транспортных логистических системах. Его основной задачей является преобразование контейнерного потока с изменением его параметров, адаптируя их к требованиям следующих элементов цепи поставок. Увеличение объемов контейнерных перевозок ставит вопрос об учете пропускной и перегрузочной способности контейнерных терминалов. В мире ведутся исследовательские работы по оптимизации пропускной способности контейнерных площадок и

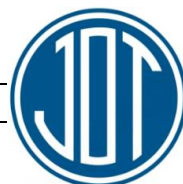
совершенствованию технологий терминалов на транспорте.

С развитием малого и среднего бизнеса на территории Узбекистана активно развивается легкая промышленность. В связи с этим возникает необходимость перевозки грузов в контейнерах [2;6]. В условиях постоянно растущего контейнеропотока на автомобильных и железных дорогах Узбекистана существенной проблемой является увеличение пропускной и перерабатывающей способности контейнерных терминалов. Эта проблема связана не только с рациональным проектированием или реконструкцией терминала, но и с увеличением использования погрузочно-разгрузочных машин, размещения контейнеров и пропускной способности.

### 2. Методология исследования

**Краткий научный анализ.** Многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых показали, что использование контейнерных перевозок способствует развитию грузооборота между разными странами. Вопросами пропускной способности контейнерных терминалов занимались многие ученые,

 <https://orcid.org/0000-0001-7150-7464>



однако, несмотря на это, научная база достаточно мала. Вопросами развития теории контейнерных терминалов в транспортных логистических системах приведены в научно-исследовательских работах известных ученых, как Г.П. Гриневича, О.Б. Маликова, А.С. Балалаева, Н.П. Берлина, Х.Т. Туранова, А.В. Кириченко, А.Н. Рахмангулова, А.Л. Кузнецова, С. Serban, К.Н. Kim, J. Luo, Y. Wu, A. Halldorsson, X. Song, D. Steenken, S. Vob, R. Stahlbock, C. Caballini, C. Pasquale, S. Sacone, S. Siri и много другие[9-19]. В нашей стране исследованию вопросов организации перевозок через контейнерные терминалы в транспортных логистических системах особое внимание уделено в работах ученых Н.Н. Ибрагимова, К.Т. Худайбергана, С.М. Джумабаева, Э.Т. Гуйчиева, М.Х. Расулова, О.С. Турдиматова, С.К. Худайбергана, Ж.Р. Кабулова, Д.И. Илесалиева и многих других[1-5,7-8]. В зарубежных литературных источниках исследование пропускной способности грузового терминала часто изучается с участием водного транспорта.

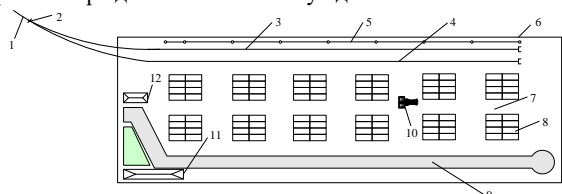
#### Классификация контейнерных терминалов по уровню развитию логистики

Контейнерный терминал можно рассматривать как сложную техническую систему. Он может содержать множество элементов. Отсутствие хотя бы одного элемента контейнерного терминала может повлиять на его работу.

В настоящее время, согласно определению логистической деятельности, существует 5 уровней логистического сервиса (Party Logistics - PL), которые важны как с точки зрения ассортимента услуг, так и с точки зрения технологического уровня. Включение контейнерных терминалов также имеет большое значение в логистическом секторе.

Многие зарубежные и отечественные ученые сделали свой вклад в развитие контейнерных терминалов и терминальных технологий. Однако в этих исследованиях не полностью рассмотрены вопросы по определению классификации контейнерного терминала в зависимости от степени развития логистики и потребной вместимости каждого технологического участка. В данное время действующие классификации контейнерных терминалов не соответствуют актуальным требованиям транспортного сервиса. Авторами [1] рассмотрено контейнерные терминалы в соответствии с пятью уровнями логистического сервиса для козловых контейнерных кранов. Предложено классифицировать контейнерные терминалы в соответствии с пятью уровнями логистического сервиса для ричстакера.

**1PL (FirstPartyLogistic).** На контейнерной площадке грузовладелец самостоятельно осуществляет погрузку, сортировку и выгрузку контейнеров с использованием ричстакера для собственных нужд.

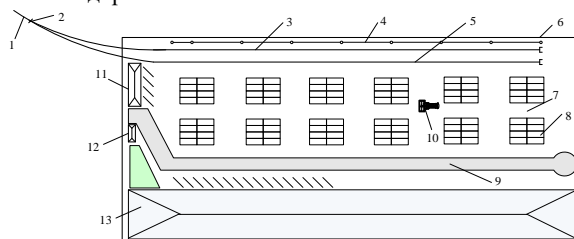


**Рис. 1. Контейнерный терминал, соответствующий стандарту 1PL (First Party Logistic)**

1 – железнодорожный подъездной путь; 2 –

устройство соединения путей; 3 – путь для приёмо-сдаточной операции; 4 – железнодорожный погрузочно-разгрузочный путь; 5 – токоподвод; 6 – забор; 7 – площадка для хранения контейнеров; 8 – штабель контейнеров; 9 – автомобильные дороги; 10 – ричстакер; 11 – административные и служебные комплексы; 12 – пункт контроля доступа.

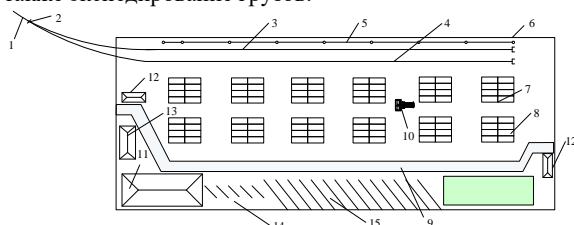
**2PL (SecondPartyLogistic).** Контейнерный терминал осуществляет прием контейнеров от грузоотправителя и их передачу грузополучателю, а также перегрузку контейнеров с одного вида транспорта на другой, то есть с автомобиля на железнодорожный и с железнодорожный на автомобиль.



**Рис. 2. Контейнерный терминал, соответствующий стандарту 2PL (Second Party Logistic)**

1 – железнодорожный подъездной путь; 2 – устройство соединения путей (стрелочный перевод); 3 – путь для приёмо-сдаточной операции; 4 – токоподвод; 5 – железнодорожный погрузочно-разгрузочный участок; 6 – забор; 7 – площадка для хранения контейнеров; 8 – штабель контейнеров; 9 – автомобильные дороги; 10 – ричстакер; 11 – административные комплексы; 12 – пункт контроля доступа; 13 – производственные участки предприятия

**3PL (ThirdPartyLogistic).** Контейнерный терминал, отличающийся приёмом контейнеров от грузоотправителя, передачей их грузополучателю и перевалкой контейнеров между различными видами транспорта., внутритерминальное экспедирование, а также экспедирование грузов.



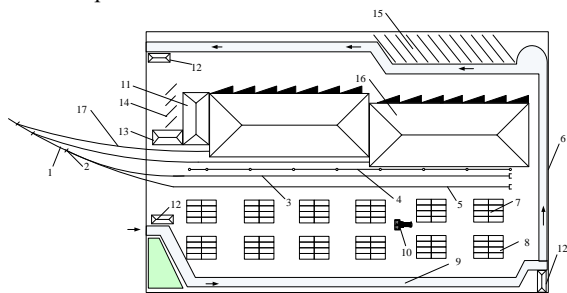
**Рис. 3. Контейнерный терминал, соответствующий стандарту 3PL (Third Party Logistic)**

1 – железнодорожный подъездной путь; 2 – устройство соединения путей; 3 – путь для приёмо-сдаточной операции; 4 – железнодорожный погрузочно-разгрузочный путь; 5 – токоподвод; 6 – забор; 7 – площадка для хранения контейнеров; 8 – штабель контейнеров; 9 – автомобильные дороги; 10 – ричстакер; 11 – административные комплексы; 12 – пункт контроля доступа; 13 – служебное помещение; 14 – парковочные места для легковых автомобилей; 15 – парковочные места для большегрузных автомобилей

**4PL (FourthPartyLogistic).** Контейнерный терминал, который характеризуется тем, что обеспечивается приём контейнеров от грузоотправителя, выдача их грузополучателям, передача контейнеров с одного вида



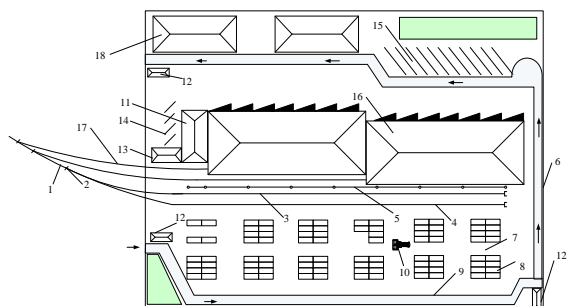
транспорта на другой, внутритерминальное экспедирование, экспедирование грузов, а также с возможностью объединения с другими терминалами под одной «фирмой» с организацией ускоренных контейнерных поездов.



**Рис.4. Контейнерный терминал, соответствующий стандарту 4PL (Fourth Party Logistic)**

1 – железнодорожный подъездной путь; 2 – устройство соединения путей; 3 – путь для приёмосдаточной операции; 4 – токоподвод; 5 – железнодорожный погрузочно-разгрузочный путь; 6 – забор; 7 – площадка для хранения контейнеров; 8 – штабель контейнеров; 9 – автомобильные дороги; 10 – ричстакер; 11 – административные комплексы; 12 – пункт контроля доступа; 13 – служебное помещение; 14 – парковочные места для легковых автомобилей; 15 – парковочные места для большегрузных автомобилей; 16 – крытый склад оборудованный стеллажами для тарно-упаковочных грузов; 17 – погрузочно-разгрузочный путь для крытого склада

*SPL (Fifth Party Logistic)*. И, если 4PL-провайдер оказывает еще и услуги сетевого бизнеса, тогда он становится SPL-оператором.



**Рис.5. Контейнерный терминал, соответствующий стандарту 5PL (Fifth Party Logistic)**

1 – железнодорожный подъездной путь; 2 – устройство соединения путей; 3 – путь для приёмосдаточной операции; 4 – железнодорожный погрузочно-разгрузочный путь; 5 – токоподвод; 6 – забор; 7 – площадка для хранения контейнеров; 8 – штабель контейнеров; 9 – автомобильные дороги; 10 – ричстакер; 11 – административные комплексы; 12 – пункт контроля доступа; 13 – служебное помещение; 14 – парковочные места для легковых автомобилей; 15 – парковочные места для большегрузных автомобилей; 16 – крытый склад, оборудованный стеллажами для тарно-упаковочных грузов; 17 – погрузочно-разгрузочный путь для крытого склада.

### 3. Результаты

В настоящее время увеличилось количество предприятий, предоставляющих комплексные логистические услуги – логистических провайдеров. Уровень этих провайдеров существенно различается как по ассортименту предлагаемых услуг, так и по степени технологической оснащённости. Согласно западной классификации логистической деятельности, которая активно развивается, сегодня выделяют 5 уровней логистического сервиса. На базе концепции PartyLogistics, направленной на увеличение пропускной способности логистических объектов, были разработаны классификаторы контейнерных терминалов. Эта классификация опирается на определение уровня транспортной логистики и предназначена для создания новых видов транспортно-складских услуг, а также для технологического совершенствования существующих операций.

### 4. Заключение

На основе проведённых исследований можно прийти к следующим выводам

1. На основе концепции Party Logistics созданы классификаторы контейнерных терминалов для ричстакеров и предусматривает пять уровней логистических компаний.

2. Предложенная классификация базируется на определении уровня транспортной логистики и предназначена для создания новых видов транспортно-складских услуг.

3. Классификация контейнерных терминалов по уровню развития логистики обслуживаемым ричстакером даёт конкурентное преимущество и возможность развитию экономики страны.

4. Классификаторы контейнерных терминалов для ричстакеров может служить рекомендаций по совершенствованию контейнерных терминалов и терминальных технологий.

### Использованная литература / References

[1] Abduvakhitov, S., Merganov, A. The Establishment of the Container Terminals Classification According to the Level of Development. AIP Conference Proceedings 2432, 030048 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0089821>.

[2] Pesaliev, I.I., Makhmatkulov, S.G., Abduvakhitov, S.R. Peculiarities of container terminal functioning in delivery chains (2020) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 918 (1), art. no. 012043.

[3] Pesaliev, D.I., Abduvakhitov, S.R., Ismatullaev, A.F., Makhmatkulov, S.G. Research of the main storage area of the container terminal (2019) International Journal of Engineering and Advanced Technology, 9 (1), pp. 4625-4630.

[4] Matluba Khadjimuhametova, Rustamjon Egamberdiev, Nazrilla Ibragimovc, Avaz Merganov. Development of a mathematical model of freight wagons maintenance. AIP Conference Proceedings . - 2432, 030047, 2022-yil. <https://doi.org/10.1063/5.0089819>.





[5] Matluba Khadjimuhametova, Avaz Merganov, Rustamjon Egamberdiev. An innovative method of designing the surface and elements of the hump profiles. AIP Conference Proceedings. - 2432, 030046 (2022), 2022-yil. <https://doi.org/10.1063/5.0089818>.

[6] Gulamov, A., Masharipov, M., & Egamberdiyeva, K. (2022, June). Planning of new transit corridors-New opportunities for the development of transit in Uzbekistan. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2432, No. 1, p. 030019). AIP Publishing LLC.

[7] Ilesaliev D., Kobulov J., Tursunkhodjaeva, R., Tashmatova, M. Research and Selection of Rational Parameters of a Refrigerated Container Terminal. Lecture Notes in Networks and Systems, 2023, 510, pp. 829–840.

[8] Shakhobiddin, M., Daurenbek, I. Stage of development of the railway section. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 2019, 9(1), pp. 3239–3245.

[9] Aidana Donenbaykyzy Kassymzhanova, Marat Kenesovich Ibatov, Oyum Temirgalievich Balabayev, Bakytzhan Serikovich Donenbaev, Daurenbek Ikhtiyarovich Ilesaliyev. Experimental Study of Maximum Stresses in the Stationary Hoist Design in the Ansys Software Environment. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina 2022, 24(4):B310-B318 | DOI: 10.26552/com.C.2022.4.B310-B31.

[10] Chen, L., Lu Z. (2012) The storage location assignment problem for outbound containers in a maritime terminal, International Journal of Production Economics, 135, 73–80.

[11] Cristina Serban, Doina Carp (2017) A Genetic Algorithm for Solving a Container Storage Problem Using a Residence Time Strategy. Studies in Informatics and Control, Vol. 26, No. 1, March 2017.

[12] Dekker R, Voogd P, van Asperen E. (2006) Advanced methods for container stacking. OR Spectrum 2006;V28(4):563–86.

[13] Galle, V., Barnhart, C., and Jaillet, P. (2018). A new binary formulation of the restricted container relocation problem based on a binary encoding of configurations. European Journal of Operational Research, 267:467–477.

[14] Kim K.H., Kim H.B. (1999) Segregating space allocation models for container inventories in port container terminals. International Journal of Production Economics 59: 415–423.

[15] Luo J, Wu Y, Halldorsson A, Song X (2011) Storage and stacking logistics problems in container terminals. OR Insight 24:256–275.

[16] Steenken D, Voß S, Stahlbock R (2004) Container terminal operations and operations research - a classification and literature review. OR Spectrum 26:3–49.

[17] Stahlbock, R. and Voss, S. (2008). Operations research at container terminals: a literature update. OR Spectrum, 30(1):1–52.

[18] Zhang C, Liu J, Wan Y-w, Murty K G, Linn R J (2003) Storage space allocation in container terminals. Transportation Research-B 37: 883–903..

[19] Virgile Galle, Cynthia Barnharta, Patrick Jaillet (2018) Yard crane scheduling for container storage, retrieval, and relocation. European Journal of Operational Research Volume 271, Issue 1, 16 November 2018, Pages 288-316.

## Информация об авторах/ Information about the authors

Abduvakhitov Shakhboz Associate Professor, PhD, Department of Freight Transport Systems, Tashkent State Transport University  
Tel.: +998 97 708 12 35  
<https://orcid.org/0000-0001-7150-7464>





## Development of e-commerce in passenger transportation of railway transport

G.R. Ibragimova<sup>1</sup><sup>a</sup>, D.S. Gaipov<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** The development of e-commerce in the field of passenger transportation by rail plays a key role in modernizing transport services and increasing their accessibility for passengers. The introduction of digital technologies such as online ticket sales, electronic travel documents, mobile applications, and automation of service processes can significantly improve the customer experience, reduce transaction costs, and improve the efficiency of railway companies. This paper examines the main directions and trends in the development of e-commerce in railway transport, as well as analyzes the challenges and prospects for further implementation of digital solutions to ensure high-quality and fast passenger service. Special attention is paid to data security issues, integration of modern platforms with existing infrastructures, and future innovative opportunities in this area.

**Keywords:** integration, coefficient, models, demand, service, forecasting, method, volume

## Развитие электронной коммерции в пассажирских перевозках железнодорожного транспорта

Ибрагимова Г.Р.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Гаипов Д.С.<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

**Аннотация:** Развитие электронной коммерции в сфере пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте играет ключевую роль в модернизации транспортных услуг и повышении их доступности для пассажиров. Внедрение цифровых технологий, таких как онлайн-продажа билетов, электронные проездные документы, мобильные приложения и автоматизация процессов обслуживания, позволяет значительно улучшить клиентский опыт, сократить операционные издержки и повысить эффективность работы железнодорожных компаний. В данной работе рассматриваются основные направления и тенденции развития электронной коммерции на железнодорожном транспорте, а также анализируются вызовы и перспективы дальнейшего внедрения цифровых решений для обеспечения качественного и быстрого обслуживания пассажиров. Особое внимание уделяется вопросам безопасности данных, интеграции современных платформ с существующими инфраструктурами и будущим инновационным возможностям в этой области.

**Ключевые слова:** интеграция, коэффициент, модели, спрос, обслуживание, прогнозирование, метод, объём

### 1. Введение

Развитие электронной коммерции в сфере пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте обусловлено стремительным ростом цифровых технологий и глобальной цифровизацией экономики. Традиционные способы продажи билетов и взаимодействия с пассажирами постепенно заменяются более удобными и эффективными онлайн-сервисами, что повышает доступность транспортных услуг и удовлетворенность клиентов [1]. Важной составляющей этого процесса является создание математических моделей для оценки эффективности внедрения электронных систем и их влияния на операционные и экономические показатели железнодорожных компаний [2].


Для анализа развития электронной коммерции в пассажирских перевозках целесообразно использовать математические модели, описывающие потоки пассажиров и динамику продаж билетов через онлайн-сервисы [3]. Например, можно предложить модель, основанную на зависимости спроса на железнодорожные билеты от различных факторов: цены билетов, времени до отправления поезда, удобства онлайн-платформ, а также наличия дополнительных услуг (электронные проездные документы, программа лояльности и т. д.).

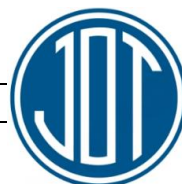
Предположим, что спрос на билеты через электронные каналы  $D(t)$  в момент времени  $t$  можно описать функцией:

$$D(t) = \alpha \cdot P(t) - \beta \cdot C(t) + \gamma \cdot S(t) + \epsilon, \quad (1)$$

Где  $(t)$  — удобство использования онлайн-сервисов (например, скорость оформления заказа, доступность интерфейса),  $C(t)$  — стоимость билетов на конкретный рейс,  $S(t)$  — дополнительная ценность услуги (например,

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5998-533X>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0001-1501-1699>



гибкость условий возврата билетов, доступность информации о маршруте),

$\alpha, \beta, \gamma$  — коэффициенты влияния каждого из факторов на спрос,

$\epsilon$  — случайная составляющая, учитывающая внешние факторы, такие как сезонные колебания или специальные акции.

Эта модель позволяет прогнозировать изменения спроса в зависимости от улучшения или ухудшения одного или нескольких факторов, что важно для принятия управленческих решений в железнодорожных компаниях. На основании таких прогнозов можно оптимизировать процессы продажи билетов, планировать маркетинговые стратегии и повышать экономическую эффективность компании.

## 2. Методология исследования

По этой причине предварительная оценка работоспособности системы является одним из ключевых аспектов для обеспечения её результативности в допустимых объёмах. Для определения качественной эффективности обработки запросов этими методами целесообразно применять модели теории массового обслуживания. Для этого существует несколько подходов, и для описанной выше системы можно использовать следующие математические модели:

Прогнозирование коэффициента эластичности — один из наиболее значимых факторов в процессе продажи товаров. В экономической теории под эластичностью понимают меру чувствительности относительного изменения одной переменной по отношению к относительному изменению другой. Иными словами, эластичность демонстрирует, на сколько процентов изменится одна переменная при изменении другой на 1%. Существует множество типов эластичности, так как можно анализировать изменение спроса в зависимости от различных показателей, таких как затраты на рекламу, цена конкурентов и другие. Подходы, основанные на эластичности, применяются в различных секторах [4]. Наиболее наглядным примером является изменение спроса в зависимости от уровня доходов потребителей и цен на товар, при этом степень конкуренции проявляется через перекрёстную эластичность. В дальнейшем мы будем рассматривать именно эти виды эластичности. В таком случае эластичность спроса будет показывать процентное изменение объёма спроса при однопроцентном изменении цены на товары или услуги. Измерение эластичности спроса осуществляется через вычисление коэффициента эластичности по общей формуле (2).

$$E = \frac{\text{Процентное изменение объёма спроса}}{\text{Процентное изменение цены}} \quad (2)$$

Следует подчеркнуть, что полученное значение коэффициента эластичности позволяет в дальнейшем установить степень реакции потребителей на изменение цены. Эта реакция может быть выраженной, слабой или нейтральной, что, в свою очередь, приводит к соответствующему типу спроса: эластичному, неэластичному или единичному. Также возможны ситуации, когда спрос оказывается абсолютно эластичным ( $\rightarrow \infty$ ) или совершенно неэластичным, то есть равным нулю (иллюстрация) [5].

При этом важно отметить, что определение эластичности спроса по цене является лишь частным случаем. На колебания в величине спроса также могут оказывать влияние изменения доходов населения или цены на другие товары (перекрёстная эластичность).

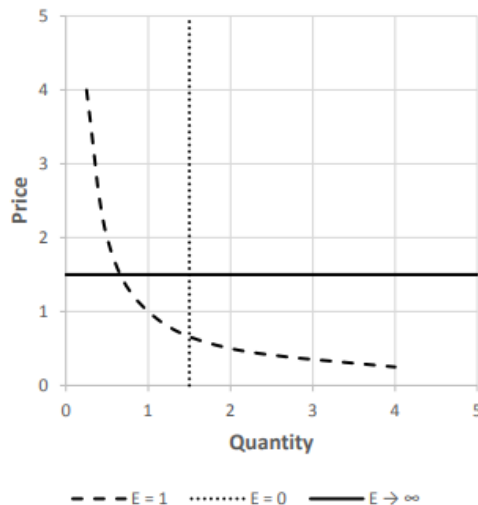


Рис. 1. Эластичность спроса

Для того чтобы достичь поставленной цели, прежде всего необходимо исследовать виды эластичностей спроса и их измерение [6]. Для начала рассмотрим точечную эластичность спроса по цене, которая рассчитывается по формуле (3).

$$E_p^D = \left( \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} \right) \div \left( \frac{p_2 - p_1}{p_1} \right) = \frac{\Delta Q/Q}{\Delta p/p}, \quad (3)$$

где  $p_1$  - первоначальная цена;

$p_2$  - новая цена;

$Q_1$  - первоначальный объём;

$Q_2$  - новый объём.

Однако в экономической среде также могут возникать ситуации, когда изменения цены и/или объёма спроса являются значительными (более 5%). В таких случаях используется другой вид эластичности спроса по цене — дуговая эластичность. Эта эластичность рассчитывается по формуле (3).

$$E_p^D = \left( \frac{Q_2 - Q_1}{(Q_2 + Q_1)/2} \right) \div \left( \frac{p_2 - p_1}{(p_2 + p_1)/2} \right) = \frac{\Delta Q/Q}{\Delta p/p}, \quad (3)$$

где  $p_1$  - первоначальная цена;

$p_2$  - новая цена;

$Q_1$  - первоначальный объём;

$Q_2$  - новый объём.

$$E_l^D = \left( \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} \right) \div \left( \frac{I_2 - I_1}{I_1} \right) = \frac{\Delta Q/Q}{\Delta I/I}, \quad (4)$$

где  $I_1$  - первоначальный доход;

$I_2$  - новый доход;

$Q_1$  - первоначальный объём;

$Q_2$  - новый объём.

**Модели очередей.** Система массового обслуживания (СМО) используется для анализа потоков пассажиров на вокзалах, распределения ресурсов (касс, информационных стоек) и снижения времени ожидания. Например, модель M/M/1 может быть применена для оценки загруженности кассовых пунктов и терминалов. Основные параметры модели M/M/1:

$$Lq = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (5)$$

где  $Lq$  — среднее число пассажиров в очереди,

$\lambda$  — интенсивность прибытия пассажиров,

$\mu$  — интенсивность обслуживания.



**Модели системы массового обслуживания.** В последнее время в практических расчетах наиболее удобными стали методы решения задач, в которых входящий поток требований представляет собой простейший случай. Для такого потока частота поступления требований в систему следует распределению Пуассона [6]:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (6)$$

где  $P_k(t)$  — вероятность того, что на интервале за время  $t$  будет  $k$  требований;  $\lambda$  — интенсивность входящего потока, т. е. среднее число требований, поступающих в систему в единицу времени;  $\lambda t$  — среднее число требований, поступающих за время  $t$ .



**Рис. 2. Графическое изображение СМО**

Важной характеристикой системы массового обслуживания (СМО) является время обслуживания требований в системе. Обычно время обслуживания рассматривается как случайная величина [7]. Например, кассир при продаже билетов обслуживает каждого покупателя за разное случайное время, которое зависит от множества факторов, одним из которых является количество потоков. Наиболее широкое применение в практических приложениях получил экспоненциальный закон распределения времени обслуживания. Функция распределения для этого закона имеет следующий вид:

$$F(t) = e^{-\mu t}, \quad (7)$$

То есть вероятность того, что время обслуживания не превышает некоторой величины  $t$ , задается данной формулой. Эта величина является обратной относительно среднего времени обслуживания:  $\mu = 1/t_{0.6}$  [8]. В ходе всех практических расчетов как входящие потоки, так и распределения вероятностей длительности обслуживания никогда не известны с абсолютной точностью. Приходится делать выводы либо на основании статистических данных, либо исходя из определенных теоретических соображений.

### 3. Результаты

Теперь проведем исследования по определению качественных показателей системы, соответствующих приведенным выше выражениям.

Получив необходимые исходные данные для оценки эластичности спроса, можем выполнить расчёт.

**Таблица 1**

**Динамика проданных билетов**

Месяц	Число проданных билетов, чел.	Стоимость взрослого билета, сум.
Май	185 416	5000
Июнь	178 119	5200
Июль	193 642	5800
Август	206 026	6200
Сентябрь	220 227	7000

Сразу же обратим внимание на величины

процентных изменений как посещаемости, так и стоимости билета. За весь период они однозначно превысят значение в 5 %, следовательно, для расчёта будем применять дуговую эластичность спроса. Примем за начальную цену. Подставив значения в формулу (3), получим:

$$E_p^D = \left( \frac{220227 - 185416}{(220227 + 185416)/2} \right) \div \left( \frac{7000 - 5000}{(7000 + 5000)/2} \right) = 0,51$$

Как можно заметить, коэффициент дуговой эластичности спроса по цене оказался положительным. Это свидетельствует о том, что с увеличением цен на билеты также возросла посещаемость помещения. При этом посещаемость увеличивалась в меньшей степени, чем цены, поскольку спрос по цене оказался неэластичным, а сам коэффициент находился в диапазоне от 0 до 1. Если опираться на закон спроса, такой случай можно считать парадоксальным. Причина этому может быть несколько, например, дифференцированный характер услуг в регионе или его привлекательность для клиентов [6].

Рассмотрим железнодорожную кассу которая обслуживает пассажиров. На данном участке первоначально трудилось двое работников, и статистика показала, что время обслуживания подчиняется экспоненциальному закону. При этом в среднем в течение смены каждый из кассиров успевал провести определенную услугу 75 клиентам. Так как общее число клиентов велико, то они независимо друг от друга в разное время требуют некую услугу. Известно, что стоимость простоя обслуживающего канала (т. е. зарплата персоналу, аренда оборудования и т. д.) составляет в день  $30 + 2K$  усл. ден. ед. В то же время каждый необслуженный клиент приносит потери в количестве  $50 - 4K$  усл. ден. ед. Необходимо определить оптимальное число работников в предстоящий месяц для рассматриваемой системы массового обслуживания. Рассмотрим вариант при  $K=0$ . Изучаемая система является многоканальной СМО с отказами, для которой первоначальное число каналов  $n=2$ ; интенсивность входящего потока  $\lambda = 20$ ; интенсивность потока обслуживания или производительность канала  $\mu = 10$ . Определим интенсивность нагрузки систем.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{20}{10 - 2} \quad (8)$$

Найдем вероятность того, что система свободна (для  $n=2$ ) по формуле:

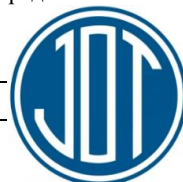
$$P_0 = \left[ 1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^k}{k!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} \right]^{-1} = \left[ 1 + \frac{2}{1} + \frac{2^2}{1 \cdot 2} \right]^{-1} = 0.2 \quad (9)$$

Вероятность того, что заявка, поступившая в систему, получит отказ:

$$P_{\text{отк}} = \frac{\rho^n}{n!} P_0 = \frac{2^2}{1 \cdot 2} \cdot 0.2 = 0.4 \quad (10)$$

Далее рассчитаем по формулам: относительная пропускная способность системы  $Q=1-P_{\text{отк}}=1-0.4=0.6$ ; абсолютная пропускная способность:  $A=\lambda Q=20 \cdot 0.6=12$ ; среднее число занятых каналов:  $N_3 = \frac{A}{\mu} = pQ=2 \cdot 0.6=1.2$ ; среднее число простаивающих каналов:  $N_n = n - N_3=2-1.2=0.8$

Для СМО с потерями (отказами) необходимо рассчитать функцию потерь  $G_n$  за определенный



интервал времени T;

$$G_n = (g_{nk} N_n + g_y P_{отк} \lambda) \cdot T (10),$$

где  $g_{nk}$ -стоимость единицы времени простоя обслуживающего канала;  $g_y$ - величина потерь, связанных с уходом из системы одного требования.

При фактическом количестве обслуживаемых работников функция издержек:

$$G_n = (30 \cdot 0.8 + 50 \cdot 0.4 \cdot 20) \cdot 25 = 10600$$

Увеличим число сотрудников и проведем аналогичные расчеты:

если n = 3, то Gn = 6315; если n = 4, то Gn = 4018; если n = 5, то Gn = 3231; если n = 6, то Gn = 3318. Таким образом, для рассматриваемой системы массового обслуживания оптимальное число работников равно 5.

С помощью программы MS EXCEL можно будет сделать некоторые расчёты как:

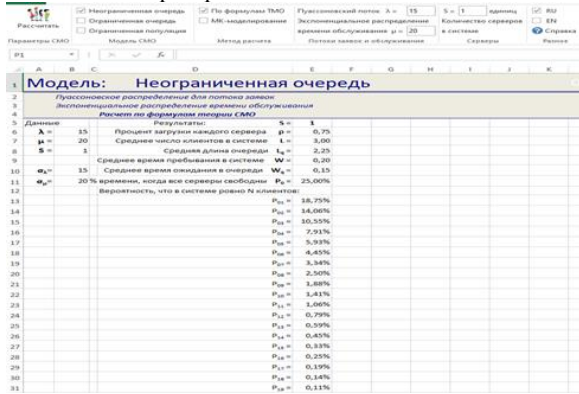


Рис. 3. Модель СМО с неограниченной очередью

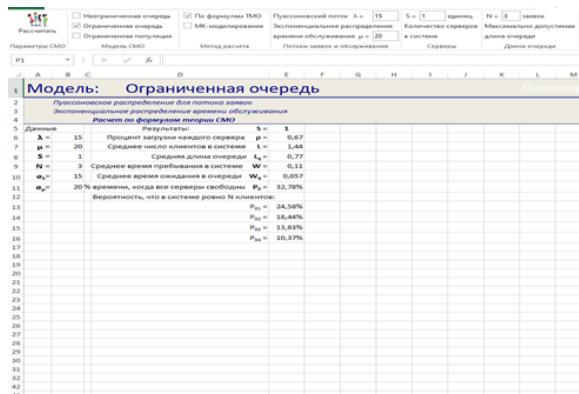


Рис. 4. Модель СМО с ограниченной очередью

### 4. Заключение

Таким образом, внедрение электронной коммерции на железнодорожном транспорте не только облегчает доступ пассажиров к услугам, но и позволяет компаниям лучше управлять ресурсами, улучшать качество обслуживания и повышать конкурентоспособность на рынке пассажирских перевозок.

Модели массового обслуживания в сочетании с экономической постановкой задач позволяют проводить анализ существующих СМО, разрабатывать рекомендации по их реорганизации для повышения эффективности работы, а также определять оптимальные показатели вновь создаваемых СМО[7].

### Использованная литература / References

[1] Ибрагимова Г.Р. Анализ показателей пассажирских перевозок АО «УТЙ» в аспекте развития электронной коммерции на транспорте / Г.Р. Ибрагимова, Д.С. Гоипов // Молодой ученый. – 2022. – №13 (408). – С. 345-350. (Ulrich’s Periodicals Directory; №18) <https://moluch.ru/archive/408/89939/> “Transportda resurs tejamkor texnologiyalar” mavzusidagi xorijiy olimlar ishtirokidagi xalqaro ilmiy – texnika anjumani ilmiy ishlanmalari (2023 yil 20-21 dekabr). Mualliflar jamoasi: t.f.d., professor S.S.Shaumarov tahriri ostida. – Toshkent: “TDTU”, 2023 –269-272 b.

[2] Ibragimova G.R. Mamlakatimiz oliyogohlariga xorij talabalarini jal qilish uchun ingliz tilida o’qitiladigan mutaxassisliklarni rivojlantirish / G.R. Ibragimova, D.S. Goipov // Raqobatbardosh kadrlar tayyorlashda fan-ta’lim-ishlab chiqarish integratsiyasini takomillashtirish ishtiqbollari. Xalqaro ilmiy-texnik konferensiya ilmiy maqola va tezislar to’plami. Andijon: AndMI, 2024. 366-b

[3] Ibragimova G.R. Ensuring passenger transportation safety in railway transport: importance and analysis / G.R. Ibragimova, D.D. Movlonova, G’ Sh. Ikramov // International bulletin of applied science and technology ISSN 2750-3402 Vol. IV, Issue IV, p. 120-122 <https://doi.org/10.5281/zenodo.11001398>.

[4] Давыдова Е. А. Эластичность спроса и предложения /МОДУЛЬ@hse.ru. – 2011. – № 1(15). – С. 52-64.

[5] Сергеев Л. И. Ценовая эластичность добычи рыбохозяйственной отрасли // Балтийский экономический журнал. – 2017. – № 1(17). – С. 60-70.

[6] Колеснев, В.И. Экономико-математические методы и модели в коммерческой деятельности предприятий АПК:учеб. пособие / В.И. Колеснев. — Минск: ИВЦ Минфина,2009. — 264 с.

[7] Кит П., Янг Ф. Управленческая экономика. Инструментарий руководителя. - 5-е изд. / пер. с англ. - СПб. Питер, 2008. - 624 с.

[8] Качанова, Л. С. (2009). Модели системы массового обслуживания. Агроинженерия, (8-1), 75-78.

### Информация об авторах/ Information about the authors

Ибрагимова Гульшана Руслановна Ташкентский государственный транспортный университет доцент кафедры PhD «Управление эксплуатационной работой железной дороги»  
E-mail: [ibragimova.gulshana@mail.com](mailto:ibragimova.gulshana@mail.com)  
Тел: +99891 277 77 54  
<https://orcid.org/0000-0002-5998-533X>

---

Гаипов Диёрбек Саъдуллаевич Ташкентский государственный транспортный университет магистрант кафедры «Управление эксплуатационной работой железной дороги»  
E-mail: [gaipovdiyorbek2002@gmail.com](mailto:gaipovdiyorbek2002@gmail.com)  
Тел: +999897 533 23 05  
<https://orcid.org/0009-0001-1501-1699>





# Characteristics of industrial traction units and their load-bearing structures

Sh.Kh. Abdurasulov<sup>1</sup><sup>a</sup>, N.S. Zayniddinov<sup>1</sup><sup>b</sup>, A.M. Yusufov<sup>1</sup><sup>c</sup>,  
Sh.F. Jamilov<sup>1</sup><sup>d</sup>, F.F. Khikmatov<sup>1</sup><sup>e</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** This article examines the characteristics of industrial traction units and their load-bearing structures, with a focus on models used in mining enterprises in Uzbekistan. It analyzes the design features of key components such as the control electric locomotive body, motor dumpcar body, bogies, and various support structures. The study emphasizes the importance of assessing and extending the service life of these units, given that many have exceeded or are approaching their established service life. The article provides detailed descriptions of the PE2, PE2M, PE2U, and MPE2U traction units, including their technical specifications and structural elements. Special attention is given to the load-bearing structures, including the body frames of control electric locomotives and motor dumpcars, as well as bogie frames. The materials used in construction and the design considerations for these critical components are discussed, highlighting their role in ensuring the strength, reliability, and safety of the traction units.

**Keywords:** frame structures, load-bearing structures, industrial traction units, remaining service life, service life extension

## 1. Introduction

Industrial traction units are powerful, specialized vehicles designed to move heavy loads in various industrial settings. Currently, industrial traction units are widely used in mining enterprises of the Republic of Uzbekistan, such as Almalik Mining-Metallurgical Complex (AMMC) JSC and "Uzbekcoal" JSC. PE2M, PE2U, and MPE2U units make up the majority of traction units in the locomotive fleet of these enterprises [1]. A significant portion of the industrial traction units in use have already exceeded their established service life, and several more will reach the end of their service life specified in their technical documentation in the near future.

The extension of the service life of rolling stock is closely linked to the durability of its load-bearing structures [4-10]. The main load-bearing elements of rolling stock are its main frame and bogie frame [11, 12]. To justify the possibility of safe operation beyond the established service life, it is necessary to conduct a series of scientific studies in accordance with regulatory documents [13, 14]. To assess the residual life of load-bearing structures, modern automated design systems, engineering calculation systems, and technical diagnostic devices can be employed. Based on the results of these assessments, a final conclusion is made [15, 16].

Several researchers in their scientific studies have addressed issues such as assessing the residual life of rolling stock and extending its service life [17-22]. In particular, Bondarev et al. [23, 24] assessed the possibility of extending the service life of the OPE1A traction unit's load-bearing structures by studying their strength characteristics.

To perform strength calculations for the load-bearing structures of rolling stock, it is necessary to study their structure, the forces acting upon them, and the loading schemes. In doing so, factors such as the mechanical properties of the material used in the load-bearing structures and their operating conditions must be taken into account.

## 2. Methods and materials

### 2.1. PE2, PE2M, PE2U and MPE2U traction units


At present, over 70 traction units of PE2M, PE2U, and MPE2U types are in operation at enterprises such as JSC "AMMC" and JSC "Uzbekcoal". These traction units were manufactured between 1970 and 2021, and the total number of industrial traction units in service is shown in Table 1 [1].


The PE2, PE2M, PE2U, and MPE2U traction units (Figure 1) consist of a four-axle control electric locomotive and two four-axle motor dumpcars. They are designed for operation on open-pit mining railways electrified with 3000 or 1500 V DC, capable of handling ruling grades (inclines) of up to 60%.


**Table 1**


The total number of all traction units in use			
Enterprise	PE2M	PE2U	MPE2U
JSC "AMMC"	26	25	2
JSC "Uzbekcoal"	6	15	–
Total	32	40	2

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5581-507X>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4700-3175>

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8310-8225>

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8521-0370>

<sup>e</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3534-8421>



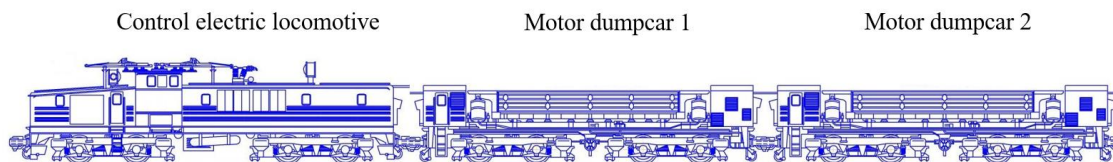


Figure 1. General view of PE2, PE2M, PE2U, and MPE2U traction units

Starting in 1967, the Dnipropetrovsk Electric Locomotive Plant (DELP) began manufacturing PE2 traction units. Initially, these units were equipped with traction electric motors from VL8 electric locomotives, with some modifications to the frame structure (electric motor NB-406D on PE2 units). Then, from 1970, DELP started producing and installing DT-9N traction electric motors on the units. With these electric motors, units designed for voltages of 3000 and 1500 V and designated as PE2M were built from 1970 to 1985. The PE2M traction unit was created as a result of modernizing the PE2 traction unit and serves as the basic model for the entire range of DC and AC traction units.

In 1985, DELP manufactured an experimental traction unit, which was designated PE2U, where the index "U" stands for "upgraded." Its main difference from the PE2M unit is a slight increase in power and tractive effort in 15-minute and one-hour modes (3000 V - 5520 kW, 1500 V - 2640 kW). The traction unit is equipped with NB-511 traction electric motors.

The maximum operating speed of the unit is 65 km/h, with a minimum curve radius of 80 m when traveling at 10 km/h. The adhesion weight of the traction unit, with 2/3 of the sand reserve in the control locomotive, is  $368 \pm 11$  tons, of which  $120 \pm 3.6$  tons are attributed to the electric locomotive and  $2 (124 \pm 3.7)$  tons to two loaded dumpcars. The carrying capacity of the motor dumpcar is 45 tons [25-27].

In 2020, the Tbilisi Electric Locomotive Plant (TELP) manufactured the first MPE2U traction unit, which was delivered to Uzbekistan for AMMC. A year later, the second traction unit of this series was produced and also sent to Uzbekistan. The MPE2U traction unit was manufactured for AMMC in connection with the development of the new Yoshlik-1 deposit [28, 29].

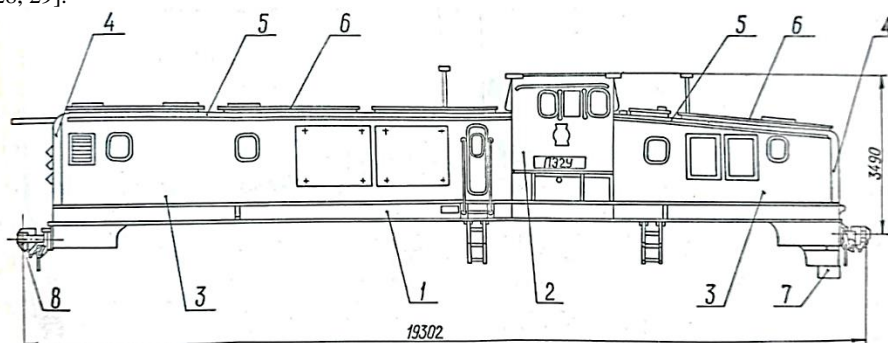


Figure 2. Body of the PE2U traction unit control electric locomotive:

1 - main frame; 2 - cab; 3 - side wall; 4 - front wall; 5 - roof; 6 - cover; 7 - track cleaner; 8 - automatic coupler.

The all-metal, welded bodies of electric locomotives controlling traction units PE2M, PE2U, MPE2U, and OPE2 are manufactured from special steels designed for welded structures: the frames of the driver's cab walls, sloped sections, and compartment are made of St3sp or St2kp steel, their cladding is made of 15kp or St3sp steel, while all load-bearing elements of the body frame and the binding profile of the roof for the sloped sections and compartment are made of low-alloy 09G2 steel [25].

## 2.2. Control electric locomotive body

The body of a control electric locomotive serves to accommodate electrical and pneumatic equipment, traction unit control devices, as well as to transmit tractive effort. The bodies of control electric locomotives for all types of units differ insignificantly from each other; the differences are due to some changes in the arrangement and installation of electrical apparatus [26].

The bodies of the control electric locomotives in the PE2, PE2M, PE2U, and PE1 traction units, as well as those in the OPE2 and OPE1A traction units, are unified. Therefore, the description of their design is provided with reference to the bodies of the PE2M and OPE2 traction units [25].

The electric locomotive has an open-type body, which provides good visibility and access to the running gear components during repair, maintenance, and lifting operations. The body rests on two two-axle bogies through central flat supports, and on the buffer beam sides through lateral supports with rubber cones (four per locomotive).

The body (Figure 2) consists of the following main welded components: main frame 1, cab 2, side walls 3, front walls 4, roofs 5, covers 6, track cleaner 7, and automatic couplers 8. These parts are assembled and welded separately, and then welded together (except for the covers, which are bolted to the roofs), resulting in a rigid structure. Inside this structure and partially on its exterior, the necessary equipment can be installed, and electrical and pneumatic systems can be mounted [2].

## 2.3. Motor Dumpcar Body

The motor dumpcars are designed with overturning cylinders located at the ends of the body and are intended for loading heavy rocks using excavators with a bucket capacity of up to  $12 \text{ m}^3$  [27].

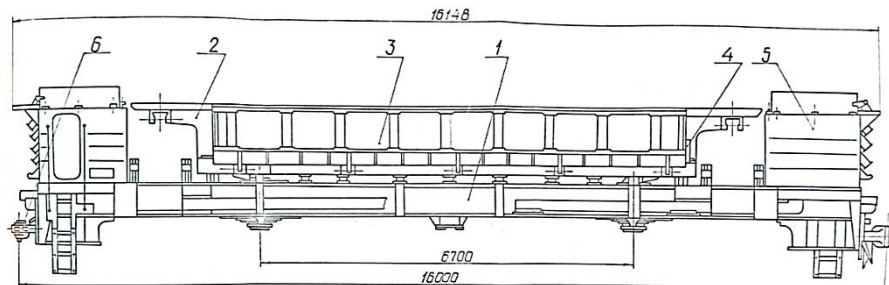
The bodies of motor dumpcars are designed for mechanized unloading of rock mass, as well as for transmitting



traction and braking forces to the train. The bodies of motor dumpcars (Figure 3) are transport containers with an open top and consist of a lower frame 1, an upper frame 2, a longitudinal side 3, a side opening mechanism 4, a machine compartment guard 5, and an automatic coupler installation 6.

The main body components are manufactured from low-alloy 09G2 steel, while the wall cladding sheets and their

frames are made of 15kp steel and St3kp steel, respectively. The bodies of the motor dump cars of these traction units have many standardized components and differ primarily in the arrangement and design of brackets, frames, and openings in the side guards and lower frame [25].



**Figure 3. Body of the PE2U traction unit motor dumpcar:**

1 - lower frame; 2 - upper frame; 3 - longitudinal side; 4 - side opening mechanism; 5 - guardrails; 6 - automatic coupler installation.

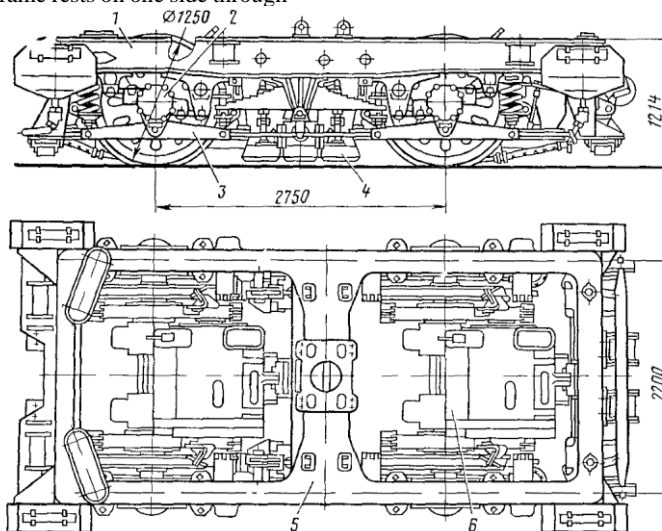
## 2.4. Bogie

The PE2, PE2M, PE2U, MPE2U, PE1, OPE2, OPE1A, OPE1B and PE3T traction units are equipped with two-axis disconnected jawless bogies with symmetrical traction motors and longitudinal balanced suspension. To enhance operational safety on railway tracks in open-pit mines with gradients up to 60%, the bogies of these traction units are equipped with pneumatic casing brakes and electromagnetic rail brakes, as well as track detachment sensors. Additionally, to reduce the wear of wheel pair tires, these bogies are fitted with flange lubricators. Balancers are suspended from the frameless-type axle boxes, on which the bogie frame rests on one side through

cylindrical springs, and on the other side - a leaf spring balancer. The bogie frame also rests on the middle sections of the balancer springs.

The bogies of traction units (Figure 4) are fully standardized. These bogies, equipped with DT-9N traction motors, differ from the bogies of the PE2 traction unit only in their wheel-motor blocks, which use the NB-406D motor [25-27]. The bogies of the PE2U traction unit employ the NB-511 motor [2].

The bogies of the control electric locomotives and motor dumpcars are interchangeable and have stronger safety beams in case of derailment.



**Figure 4. Traction unit bogie:**

1 - bogie frame; 2 - axle box; 3 - spring suspension; 4 - electromagnetic rail brake; 5 - pivot beam; 6 - traction motor.

## 2.5. Body supports

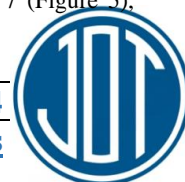
### 2.5.1. Central Support

Connections between the body and the bogie serve to transfer vertical, horizontal, longitudinal, and horizontal transverse forces between the body and the bogie. The vertical

load from the body to the bogie is transmitted by the central support and two lateral sliding supports.

The central support (pivot), in addition, serves to transmit horizontal longitudinal and horizontal transverse forces between the bogie and the body, and also acts as a kingpin around which the bogie can rotate in the horizontal plane.

The bodies of electric locomotives and motor dump cars have rigid supports consisting of a flat pivot 7 (Figure 5).



which fits into a socket (center plate) 1 of the bogie with a clearance that allows free rotation in the horizontal plane and limited rotation up to 3° in the vertical plane.

The pivot and center plate are made of cast steel. To increase the wear resistance of the friction surfaces of the pivot and center plate, replaceable bushings 5, 4 and flat collars 3, 2 made of thermally hardened steel 45 are provided. The bushings are installed using a press fit and, like the collars, are additionally welded with intermittent seams.

To protect against contamination entering the support, there is a felt seal 6 with a support ring 9, which is secured to the center plate through two half-rings 8 using screws.

On traction units PE2, PE2M, PE2U, MPE2U, PE1, OPE2, and OPE1A, the central supports have an almost identical design to the body supports of D100m and D94 electric locomotives. They differ by the presence of an oil pipeline connected to the support pivot, with a filler neck located on the outer side of the bogie frame [25].

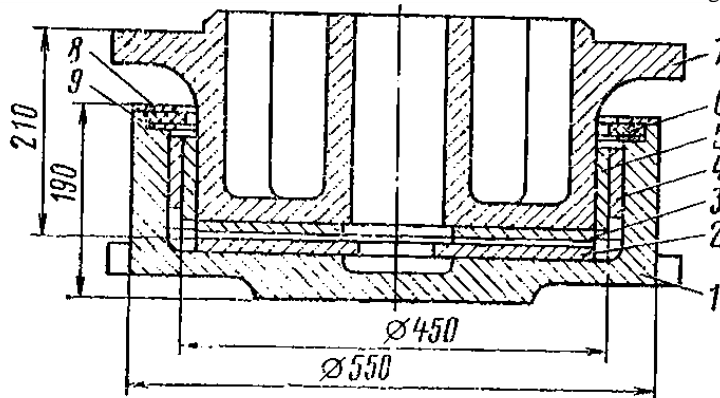


Figure 5. Central support

2.5.2. Lateral Support

The load on the hollow metal cone 2 (Figure 6, a) is transferred through the rubber cone 1. The cone is mounted on a center plate 4, which enters the bronze slide 7 with a spherical surface. The slide moves along the frame 9 of the support plate of the bogie frame. The bushing 5 is made of 110G13L steel, and the center plate is made of 45 steel and subjected to surface hardening, which ensures high wear resistance of this pair operating without lubrication. A spring 3 is installed to press the center plate 4 against the slide 7 when the bogie derails. The weight distribution of the traction units is adjusted by installing washers 13. The number of washers should not exceed ten under each support.

During relative movements between the car body and the bogie, the lower surface of slide 7 moves along the surface of

a plate welded to the upper sheet of the bogie frame. This plate, together with a shell welded to it, forms an oil bath. To reduce wear on the friction surfaces of the slide and the plate, axle oil according to GOST 610 is poured into this bath [25].

The oil bath of the support plate is covered with a lid 6, which moves along the shell 8 together with the pivot. The connection between the pivot and the lid is protected by a felt seal 12, as well as a labyrinth seal formed by a shell 11 and a flange 10, which is secured to the lid by screws.

Auxiliary supports 1 are installed on the bogie frame under the body of the motor dumpcar (Figure. 6, b), which bear the forces from the dumpcar body during unloading.

The adjustment of the 5<sup>+3</sup> mm distance from the auxiliary supports 1 to the corresponding pads on the dumpcars' lower frame is performed using washers 2 and 3 [2].

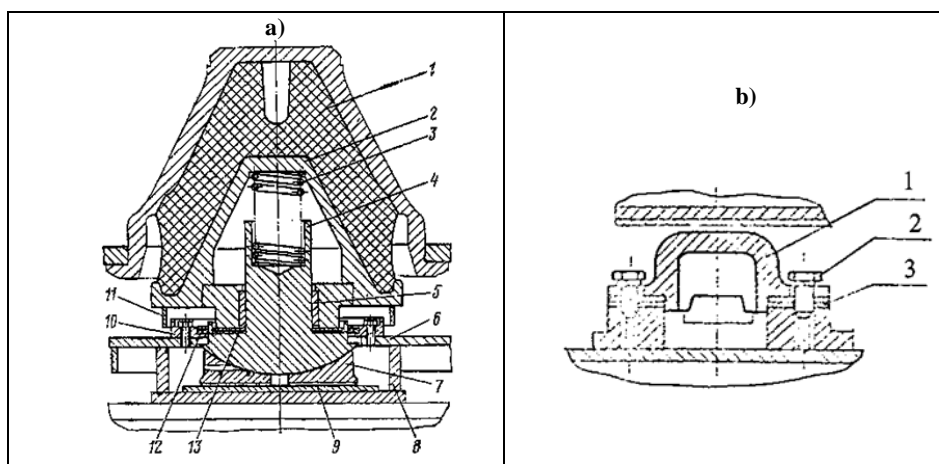


Figure 6. Body supports of the motor dumpcar: a) lateral support; b) auxiliary support





### 3. Traction units load-bearing structures

The load-bearing structures of traction rolling stock play a key role in ensuring the strength, reliability, and safety of railway vehicles, such as locomotives and multiple-unit rolling stock. These structures include the main elements that bear loads and ensure the structural integrity of the traction rolling stock [30].

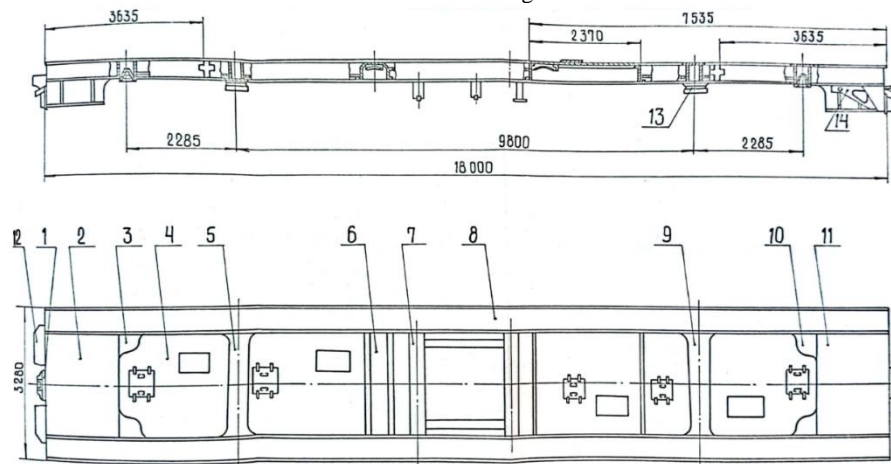
Requirements for load-bearing structures:

- The structures must withstand both static and dynamic loads that occur during movement;
- The durability of materials and components is crucial for ensuring the locomotive's long service life;

- The structures must ensure the safety of passengers and cargo in emergency situations;
- They must comply with the requirements of standards and regulatory documents.

#### 3.1. Control electric locomotive body frame

The body frame (Figure 7) of the control electric locomotive in traction units is the main element of the body, bearing all types of loads. It consists of two longitudinal beams 8, bolster beams 5, 9, buffer beams 2, 11, under-cabin beams 7, and several other beams on which pneumatic and electrical equipment, as well as hand brake brackets, are located. Lateral support brackets are installed in the corners between the longitudinal beams and the buffer beams.



**Figure 7. Body frame of the PE2U traction unit control electric locomotive:**

1 - bracket; 2, 11 - buffer beam; 3, 10 - lateral support bracket; 4 - floor decking; 5, 9 - bolster beam; 6 - reservoir beam; 7 - beam; 8 - longitudinal beam; 12 - visor; 13 - pivot; 14 - track cleaner bracket.

The body frame elements are designed to withstand a shock load of 250 tons along the axis of the automatic coupler. The longitudinal beams are made from two 36M I-beams connected by strips: upper and lower with a thickness of 10 mm (for OPE2 traction units, the upper strip is 16 mm and the lower is 20 mm), forming a box-shaped cross-section. Special cast brackets are welded to the walls of the I-beams for lifting the body with a crane using cables. Inside the longitudinal beam, a cast iron ballast is installed using a 6 mm diameter cable. To prevent longitudinal displacement, the ballast is secured by locking bolts screwed into plates on the beam walls.

The box-section bolster beams are welded from four sheets: an upper sheet 12 mm thick, a lower sheet 15 mm thick (for OPE2 traction units, the upper sheet is 16 mm and the lower sheet is 20 mm thick), and two vertical sheets 12 mm thick. To increase rigidity in OPE2 traction units, diaphragms and shells are welded into the bolster beams. The shells are used for transport and technological operations during the manufacture of the body frame, and also serve as part of the ventilation ducts.

A 16 mm thick flange is welded to the lower sheet of the bolster beam in the middle section (20 mm for OPE2 traction units) with a mounting hole for installing the central support 13 (pivot), and on the edges - special brackets that limit the angle of bogie rotation when it derails, allowing the bogies to

be lifted together with the body of the control electric locomotive.

Buffer beams are made of four plates: two vertical plates 15 mm thick (16 mm for OPE2), an upper plate 10 mm thick (16 mm for OPE2), and a lower plate 15 mm thick (20 mm for OPE2). Diaphragms are welded between the plates, and in the middle part of the lower plate, there is a box with welded cast stops, in which a draw yoke with a draft gear and a thrust plate of the automatic coupler device are installed. Two brackets are symmetrically welded to the longitudinal axis of the body frame on the buffer beam, which are hinged to the track cleaner. The front plate features a strike plate, hatches with removable covers for installing ballast in the longitudinal beams, two buffer light housings, and a hood made of an 8 mm thick plate to protect the end pneumatic valves and buffer lights from being hit by pieces of rock or ore.

Cast steel housings for lateral supports are welded into the bottom sheet of the box-section brackets 3 and 10. In the middle part of the body frame, brackets for mounting levers, a balancer, and a chain of the manual brake system are welded to the box-section beams. The space between the Z-shaped beams 6 is used for installing the main reservoir.

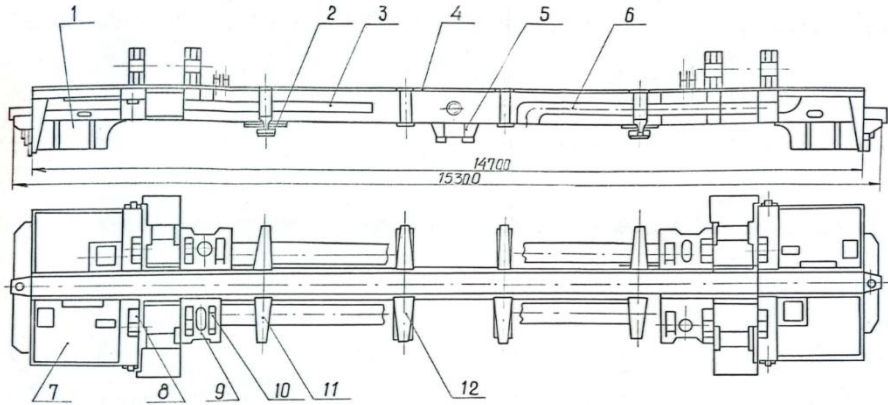
The body frame floor decking is made from a 2 mm thick sheet and has removable hatches that provide access to the second and third traction motors [2, 25].



### 3.2. Motor dumpcar lower frame

The lower frame (Figure 8) is the main element of the body, bearing all types of loads, and is made of 09G2 steel. The lower frame consists of a center sill 4, with cantilevered brackets 11 and 12 welded to it under the upper frame supports, a bracket 10 for the side opening mechanism,

brackets 8 and 9 for the tipping cylinders, special boxes 1 with impact brackets for installing automatic coupling devices, central supports 2, cones of side supports, restraining clamps limiting the angle of bogie rotation when it derails, platforms 7 for installing guardrails, a bracket 5 for the hand brake, air ducts 6, and troughs 3 for electrical wiring.



**Figure 8. Lower frame of the PE2U motor dumpcar:**

1 - buffer beam; 2 - pivot; 3 - electrical wiring troughs; 4 - center sill; 5 - bracket; 6 - traction motor air duct; 7 - guard platform; 8, 9 - tipping cylinder brackets; 10 - side opening mechanism brackets; 11, 12 - upper frame support brackets.

The center sill is made of two I-beams No. 55B2 with plates of sheet steel 16 mm and 20 mm thick and a 20 mm x 70 mm plate along the entire length of the beam. Flanges for installing pivot are welded to the bottom sheet from the outside.

Two pivot of central supports and a hand brake bracket 5 are attached to the lower plate of the center sill.

Two stops are installed on the upper plate of the center sill, limiting the longitudinal movement of the upper frame.

Air ducts for traction motors 6, electrical wiring troughs 3, and pneumatic main pipes are attached to the brackets of the lower frame.

Two hoods for installing buffer lights and one protective visor with holes for connecting units of the traction unit when replacing the automatic coupler are welded to the front plates of the lower frame. The platforms under the guards have support surfaces for the motor-ventilator and holes for air ducts, electrical and pneumatic installation [2, 25].

### 3.3. Bogie frame

The bogie frame (Figure 9) is designed to distribute the vertical load between individual wheelsets using spring suspension, absorb traction force, braking force, and lateral forces from the wheelsets, and transmit them to the body frame.

The bogie frames are welded from sheet steel and each consists of two side members, a center transom, and two end beams. The main load-bearing elements of the frame have box-shaped cross-sections, with the side members 8 and 18 and the end beams, front 23 and rear 14, welded from four sheets of rolled steel, while the center transom 19 is welded from five sheets: three vertical and two horizontals. Welded support brackets 2 and 9 are attached to the end beams, to

which the safety beams of the bogie are fastened, as well as brackets 10 for derailment detectors.

On the upper part of the frame, at the points where the side panels connect to the front beam, plates 22 with facings are welded for the side sliding supports, while on the rear beam, brackets 15 for auxiliary supports (for dump truck bodies) are attached. In the middle of the kingpin beam 19, curved in the vertical plane, there is a foot with a mounting hole for installing the center pivot of the central support. In the brackets 20 along the edges of the beam, rotation limiters for the bogie under the body are fastened, as well as small beams that prevent the body from separating from the bogies in emergency situations.

Cast brackets 3 and 4 are welded to the bottom of the side panels and beams for installing axle box rods, as well as brackets 6 for mounting springs and components of the electromagnetic rail brake drive. The traction motor suspensions are fastened in brackets 24 and 26, while the braking system suspensions are secured in brackets 17.

The welded brackets 5 on the outer sides of the sidewalls are designed for lifting the bogie with jacks when the wheelsets derail, while brackets 1 and 12 are for attaching sandbox units. At the end of the frame near the rear beam, machined plates 25 are installed for mounting brake cylinders, and brackets 11 and 13 for hand brake levers. The bogie's braking system levers are attached to brackets 16. Support brackets 7 and 21 for the electromagnetic rail drive levers are mounted on pipes welded into the sidewalls and on the lower plates of the center pivot beam.

All welded elements of the bogie frame of the traction unit are made of M16C steel [25]. The welded elements of the OPE1A traction unit bogie frame are made of 16D grade steel [23, 24]. The cast elements are made of 20L-III steel with a carbon content of up to 0.22%. To relieve stress after welding, the frames undergo annealing [25].



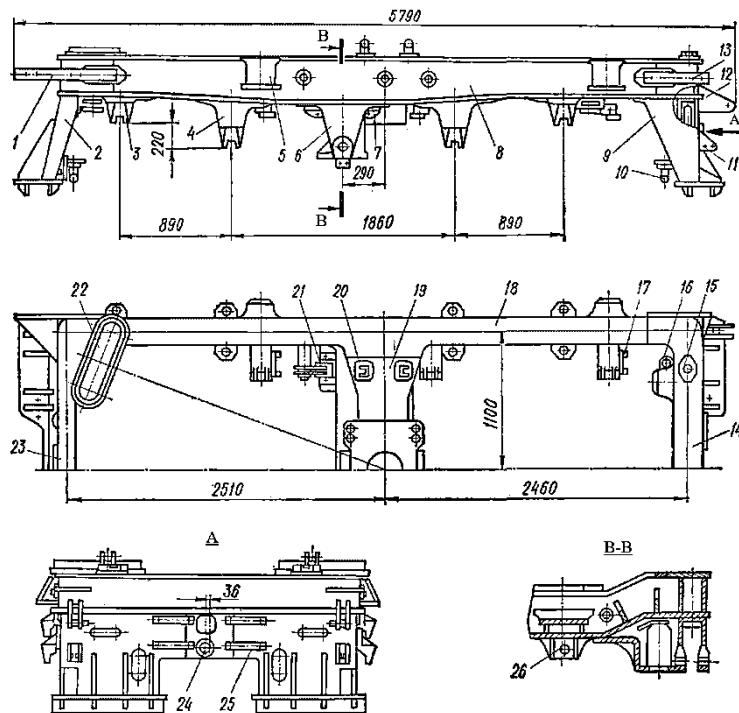


Figure 9. Bogie frame of PE2, PE2M, PE2U, MPE2U, OPE2, OPE1A, OPE1B, and PE3T traction units

#### 4. Conclusion

The analysis of industrial traction units and their load-bearing structures reveals the complexity and importance of these systems in mining operations. The study highlights several key points:

1. The majority of traction units in use in Uzbekistan's mining sector are approaching or have exceeded their designed service life, necessitating careful assessment and potential life extension measures.
2. Load-bearing structures, particularly the main frame and bogie frame, are critical components that determine the overall durability and safety of the traction units.
3. The design of these units, including the PE2, PE2M, PE2U, and MPE2U models, incorporates various specialized features to handle the demanding conditions of open-pit mining, such as high gradients and heavy loads.
4. The materials used in constructing load-bearing structures, primarily various grades of steel, are chosen for their strength and durability to withstand the harsh operating conditions.
5. Ongoing assessment of the residual life of these structures is crucial for ensuring safe operation beyond the established service life.
6. Future research should focus on developing advanced methods for assessing structural integrity and exploring innovative materials or designs to enhance the longevity and performance of industrial traction units.

This comprehensive analysis provides valuable insights for mining enterprises, manufacturers, and researchers

involved in the design, operation, and maintenance of industrial traction units. It underscores the need for continued research and development in this field to meet the evolving demands of the mining industry while ensuring safety and efficiency.

#### References

- [1] Abdurasulov, S., Zayniddinov, N., & Yusufov, A. (2023). O'zbekiston respublikasi tog'-kon sanoatida foydalanilayotgan tortish agregatlari parkining tahlili. *Journal of Research and Innovation*, 1(9), 16-24.
- [2] Агрегат тяговый постоянного тока без автономного питания типа ПЭУ. Руководство по эксплуатации. ЗТП.002.008 РЭ1.
- [3] Abdurasulov, S., & Zayniddinov, N. (2023). PE2M va PE2U tortish agregatlari rama konstruksiyalari parametrlari va o'ziga xosliklarining tahlili. *Journal of Research and Innovation*, 1(10), 8-19.
- [4] Abdurasulov, S. X., Zayniddinov, N. S. O. G. L., & Yusufov, A. M. O. G. L. (2023). Sanoat lokomotivlarining xizmat muddatini uzaytirishda bajariladigan asosiy ishlar. *International scientific journal of Biruni*, 2(3), 55-62.
- [5] П.15.01-2009. Локомотивы. Порядок продления назначенного срока службы: положение: утв. Советом по железнодорожному транспорту государств - участников Содружества 20-21.10.2010 № 53 (в ред. от 27.10.2016).
- [6] Khamidov, O., Yusufov, A., Jamilov, S., & Kudratov, S. (2023). Remaining life of main frame and extension of service life of shunting Locomotives on



railways of Republic of Uzbekistan. In E3S Web of Conferences (Vol. 365, p. 05008). EDP Sciences.

[7] Yusufov, A., Khamidov, O., Zayniddinov, N., & Abdurasulov, S. (2023). Prediction of the stress-strain state of the bogie frames of shunting locomotives using the finite element method. In E3S Web of Conferences (Vol. 401, p. 03041). EDP Sciences.

[8] Grishchenko, A. B., Yusufov, A. M., & Kurilkin, D. N. (2023). Forecasting the residual service life of the main frame and extending the service life of shunting locomotives JSC "UTY". In E3S Web of Conferences (Vol. 460, p. 06032). EDP Sciences.

[9] Зайниддинов, Н. С. (2010). Оценка остаточного ресурса рам тележек тепловозов (Doctoral dissertation, Doctoral dissertation, автореф. дис. на соиск. ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.22. 07 Подвижный состав железных дорог, тяга поездов и электрификация/НС Зайниддинов).

[10] Насыров, Р. К., & Зайниддинов, Н. С. (2009). Оценка остаточного ресурса несущих конструкций локомотивов промышленного транспорта. Известия Петербургского университета путей сообщения, (3), 113-122.

[11] Abdurasulov, S., Zayniddinov, N., Yusufov, A., & Jamilov, S. (2023). Analysis of stress-strain state of bogie frame of PE2U and PE2M industrial traction unit. In E3S Web of Conferences (Vol. 401, p. 04022). EDP Sciences.

[12] Zayniddinov, N., & Abdurasulov, S. (2022). Durability analysis of locomotive load bearing welded structures. Science and innovation, 1(A8), 176-181.

[13] Зайниддинов, Н. С., Хамидов, О. Р., & Абдурасулов, Ш. Х. (2023). Анализ причин появления трещин в рамных конструкциях локомотивов и меры их предотвращения. In Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы (pp. 164-170).

[14] Khamidov, O. R., Yusufov, A. M., Abdurasulov, S. X., & Jamilov, S. F. (2023). investigation of the stress-strain state of the bogie frame of shunting locomotives using the finite element method. In Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы (pp. 504-509).

[15] Abdulaziz, Y., Otabek, K., Nuriddin, Z., Shukhrat, J., & Sherzamin, A. (2023). Application of computer-aided design (cad) systems when solving engineering survey tasks. Universum: технические науки, (3-5 (108)), 5-9.

[16] Khamidov, O. R., Yusufov, A. M., Kodirov, N. S., & Abdurasulov, S. X. (2023). Determination of the resource of parts and assembly of the traction rolling stock using non-destructive testing methods. In Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы (pp. 510-514).

[17] Оганьян, Э. С. (2004). Критерии несущей способности конструкций локомотивов в экстремальных условиях нагружения (Doctoral dissertation, Моск. гос. ун-т путей сообщ. (МИИТ) МПС РФ).

[18] Волохов, Г. М. (2006). Остаточный ресурс несущих металлоконструкций тягового подвижного состава (Doctoral dissertation, Орловский государственный технический университет).

[19] Горобец, В. Л. (2009). Экспериментально-теоретические методы оценки ресурса несущих конструкций подвижного состава железнодорожного транспорта (Doctoral dissertation, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна).

[20] Зайниддинов, Н. С. (2010). Оценка остаточного ресурса рам тележек тепловозов (Doctoral dissertation, Doctoral dissertation, автореф. дис. на соиск. ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.22. 07 Подвижный состав железных дорог, тяга поездов и электрификация/НС Зайниддинов).

[21] Григорьев, П. С. (2016). Прогнозирование остаточного ресурса рам промышленных тепловозов (Doctoral dissertation, Моск. гос. ун-т путей сообщ. (МИИТ) МПС РФ).

[22] Гасюк, А. С. Оценка и прогнозирование технического состояния локомотивов по ресурсу их несущих конструкций: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гасюк Александр Сергеевич, 2022. – 162 с.

[23] Bondarev, O. M., Gorobets, V. L., & Myamlin, S. V. (2014). Methods and research concerning service life extension of supporting structures of traction rolling stock for industrial transport. Science and Transport Progress, (2 (50)), 130-151.

[24] Bondaryev, O. M., Dzichkovs'kyu, Y. M., Kryvchikov, O. Y., Yagoda, D. O., & Bondaryeva, V. S. (2012). Estimation of strength indices of parts of supporting structures of traction assemblies OPE1A and prolongation of their service life. Science and Transport Progress, (40), 17-27.

[25] Браташ В. А. Электровозы и тяговые агрегаты промышленного транспорта. — Москва: Транспорт, 1977. — 528 с.

[26] Раков В. А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза, 1976–1985 / В. А. Раков. – Москва: Транспорт, 1990.

[27] Электроподвижной состав промышленного транспорта: Справочник/ Л. В. Баллон, В. А. Браташ, М. Л. Бичуч и др.; под ред. Л. В. Баллона. - М.: Транспорт, 1987.- 296 с.

[28] "Промышленные будни" или поход по Алмалыкскому ГМК. (2020). <https://tashtrans.uz/ttf/topic/1022-%E2%80%9Cpromyshlennye-budni%E2%80%9D-ili-pohod-po-almalykskomu-gmk/>.

[29] Тбилисский электровозостроительный завод. (2021). [https://ru.wikipedia.org/wiki/Тбилисский\\_электровозостроительный\\_завод](https://ru.wikipedia.org/wiki/Тбилисский_электровозостроительный_завод).

[30] Abdurasulov, S. (2023). REQUIREMENTS FOR THE STRENGTH OF LOAD-BEARING STRUCTURES OF LOCOMOTIVES. Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent, 13(4), 44-48.





**Information about the authors**

Abdurasulov Sherzamin  
Khayitbayevich Ph.D. student of Tashkent state transport university  
E-mail: sherzamin.tstu@gmail.com  
Tel.: +998900210493

<https://orcid.org/0000-0001-5581-507X>

Zayniddinov Nuriddin  
Savranbek ugli Senior lecturer of the Department of "Road Survey and Design" of Tashkent State Transport University  
E-mail: Laziz\_22\_92@mail.ru  
Tel.: +998994022032

<https://orcid.org/0000-0003-2755-2609>

Yusufov Abdulaziz  
Makhamadali ugli Senior Lecturer at the Department of Locomotives and Locomotive Establishment, Tashkent State Transport University, Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD)

E-mail: abdulazizyusufovv@bk.ru  
Tel.: +998943088808

<https://orcid.org/0000-0001-8310-8225>

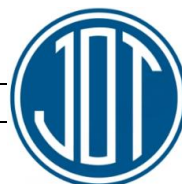
Jamilov Shukhrat  
Farmon ugli Senior Lecturer of the Department of Locomotives and Locomotive Establishment at Tashkent State Transport University  
E-mail: shuhratjamilov@mail.ru  
Tel.: +998 99 953 92 52

<https://orcid.org/0000-0001-8521-0370>

Khikmatov Farkhod  
Fazliddin ugli Acting Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD), Department of Wagons and Wagon facilities, Tashkent State Transport University

E-mail: farkhod.khikmatov@mail.ru  
Tel.: +998908068889

<https://orcid.org/0000-0003-3534-8421>



## Distribution of locomotives by node using the introduction of an intellectual system of planning

S.B. Sattorov<sup>1</sup>, Sh.U. Saidivaliev<sup>1</sup>, R.Sh. Bozorov<sup>1</sup>, M.S. Tashmatova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** This article considers a mathematical model that allows you to find the balance between the costs and the economy of the use and service of locomotives. Methods: optimization of the operation of the locomotive fleet is considered using linear programming and theory of tables. Results: the following are established to minimize the deadlines of locomotives and require their maximum loading, accurate planning of shunting work and movement of locomotives to the necessary sections. In order to ensure moderation in the among of Manyovr works and train works, it is very important to properly distribute locomotives. Timely delivery of locomotives to trains for departure requires the correct execution of the actions of the dispatchers. This in turn leads to minimization of the locomotives new working waiting time, and maximization of their use. Practical importance: the result of the work is of great importance for the effective management of the use of locomotives in rail transport, increasing its greater attractiveness for freight senders and passengers.

**Keywords:** locomotives, distribution, nodes, planning, logistics, efficiency, prediction, content in motion, management, infrastructure

## Rejalashtirishning intellektual tizimini joriy etish yordamida uzal bo'yicha lokomotivlarni taqsimlash

Sattorov S.B.<sup>1</sup>, Saidivaliyev Sh.U.<sup>1</sup>, Bozorov R.Sh.<sup>1</sup>, Tashmatova M.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada lokomotivlardan foydalanishning va xizmat ko'rsatishning xarajatlari va iqtisodi orasidagi balansni topishga imkoniyatini beradigan matematik model ko'rib chiqilgan. Usullar: lokomotiv parki ishining optimallashtirilishi chiziqli dasturlash va jadvallarning nazariyasi yordamida ko'rib chiqiladi. Natijalar: quyidagilar belgilandiki, lokomotivlarning muddatdan ziyod to'xtab turishini minimallashtirish va ularni maksimal yuklanishi, manyovr ishlarini aniq rejalashtirilishini va zaruriy uchastkalariga lokomotivlarning harakatlanishini talab etadi. Manyovr ishlari va poyezd ishlari orasida me'yorni ta'minlash maqsadida lokomotivlarni to'g'ri taqsimlash juda muhim. Jo'nash uchun poyezdlarga lokomotivlarni o'z vaqtida berilishi dispetcherlarning harakatlarini to'g'ri bajarilishini talab etadi. Bu o'z navbatida lokomotivlarning yangi ish kutish vaqtining minimallashtirilishiga, ulardan foydalanishning esa maksimalashtirilishiga olib keladi. Amaliy ahamiyati: ishning natijasi temir yo'l transportida lokomotivlardan foydalanishning samarali boshqarilishi uchun katta ahamiyatga ega bo'lib, yuk jo'natuvchilar va yo'lovchilar uchun yanada jozibadorligini oshiradi.

**Kalit so'zlar:** lokomotivlar, taqsimlash, uzellar, rejalashtirish, logistika, samaradorlik, bashoratlash, harakatdagi tarkib, boshqarish, infratuzilma

### 1. Kirish

Bozor iqtisodiyoti sharoitida temir yo'l transporti avtomobil, havo va suv transporti kabi transport turlari bilan raqobatdosh bo'lishiga to'g'ri keladi. Lokomotivlardan foydalanishning samarali boshqarilishi tashish uchun sarf-harajatlarni minimallashtirilishiga, yetkazib berishning tezligini va aniqligini yaxshilashga imkoniyat yaratadi, bu esa yuk jo'natuvchilar va yo'lovchilar uchun temir yo'l transportining yanada jozibadorligini oshiradi. Tashish talabi o'sib borayotgan sharoitda, lokomotivlarni samarali

boshqarilishi uzellar va magistrallar orqali o'tayotgan poyezdlarning sonini ko'paytirishga imkoniyat yaratadi. Bu o'z navbatida yuk aylanish va yo'lovchilar aylanishining o'sishiga olib keladi va natijada iqtisodning rivojlanishiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Asosiy muammolardan biri lokomotivlarning soni chegaralanganligi yoki ularning juda ham eskirishi, ularning harakatlanishidagi bir maromda bo'lmasligiga va manyovr ishlarining davomiyligiga ta'sir etadi. Lokomotiv parkining eskirishi ham foydalanish harajatlarining o'sishiga va tashish ishonchligini pasaytiradi. Lokomotivlarni uzeldagi

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7273-0449>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4461-4093>

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8655-0764>

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9856-1775>



vazifasi va yo'nalishlari bo'yicha taqsimlanishning noto'g'ri rejalashtirilishi harakat tarkibining muddatdan ziyod to'htab turishiga, alohida uchastkalarining o'ta yuklanishiga va transport zanjirida qiyin joylarni yuzaga kelishiga olib keladi. Harakat miqdori ko'p bo'lgan katta uzellarda poyezd operatsiyalarini bajarishda ushlanib qolishlar yuzaga keladi. Dispetcher va mashinistlar orasidagi kelishmovchiliklar, shuningdek boshqa tashkiliy masalalar yuklarni yetkazib berish vaqtini uzaytirishi mumkin. O'z navbatida uzelnig umumiy samaradorligiga salbiy ta'sir etadi.

## 2. Adabiyotlar tahlili va metodologiyasi

Lokomotivlarni taqsimlashni optimallashtirishning asosiy vazifasi:

1. Lokomotivlarning muddatdan ziyod to'htab turish vaqtini minimallashtirish, foydalanish harajatlarni kamaytirishga va uzelnig unumdorligini oshirishga imkoniyat yaratadi. O'z navbatida bu manyovr ishlarini aniq rejalashtirishga va lokomotivlarning kerakli uchastkalarga o'z vaqtida harakatlanishini talab etadi.

2. Tarkiblarni qayta tuzish, qayta buzish va poyezd ishlari bilan band bo'ladigan lokomotivlar o'rtasida balansini ta'minlash. Buning uchun manyovrlarda lokomotivlarning muddatdan ziyod to'htab turishini oldini olish va magistral marshrutlarida poyezdlarning to'xtovsiz yurishini ta'minlash maqsadida ushbu operatsiyalar o'rtasida lokomotivlarni to'g'ri taqsimlash zarur bo'ladi.

3. Jo'natish uchun poyezdlarni lokomotivlarni o'z vaqtida berish. Jo'natish uchun lokomotivlarni kutish vaqtini minimallashtirish uchun, harakatni boshqaradigan va lokomotivlarni qo'yib berish boshqaradigan dispetcherlarning to'g'ri harakatini talab etadi.

4. Lokomotivlarning samarali. Bu esa yangi ishni kutishida bo'lagn lokomotivlarning vaqtini minimallashtiradi va foydalanishdagi vaqtini maksimallashtiradi.

Harajatlarni, muddatdan ziyod to'htab turishini minimallashtirish, unumdorlikni maksimallashtirish va lokomotiv parkining ishini optimallashtirish maqsadida lokomotivlarni ratsional ishlatilishi chiziqli dasturlash va jadvallar nazariyasi usullar yordamida ko'rib chiqiladi. Lokomotivlarni ratsional ishlatilish masalasiga ta'sir etadigan asosiy o'zgaruvchilar va parametrlarni ko'rib chiqamiz:

O'zgaruvchilar:

$L_i$  —  $i$  marshruti uchun ajratilgan lokomotivlar soni;  $T_{ij}$  —  $j$  marshrutida  $i$  lokomotivning yo'ldagi vaqti;  $P_i$  —  $i$  lokomotivning unumdorligi (tonna-kilometrlarda o'lanadi);  $C_i$  —  $i$  lokomotivdan foydalanishning harajatlari (yoqilg'i, texnik xizmat ko'rsatish va amortizatsiyasi shu jumladan);  $D_i$  — lokomotivning muddatdan ziyod to'htab turishi vaqti;  $v_i$  —  $i$  lokomotivning tezligi.

Talabiy tashish xajmini ta'minlashda va turib qolishlarni minimallashtirishda lokomotivlardan foydalanishning umumiy harajatlarni minimallashtirish:

$$\sum_{i=1}^n (C_i \cdot L_i + \alpha \cdot D_i) \rightarrow \min \quad (1)$$

bu yerda  $\alpha$  — to'xtab turishlarning umumiy harajatlarga ta'sirini belgilaydigan vazn koeffitsienti;  $n$  — lokomotivlarning umumiy soni.

Chegaralanishlar:

1. Har bir marshrut shunday sondagi lokomotivlar bilan xizmat ko'rsatishi kerakki, ularning jami unumdorligi tashishlardagi talabni qondirishi kerak:

$$\sum_{i=1}^n P_i \cdot L_i \geq P_{min}, \quad (2)$$

bu yerda  $P_{min}$  — uzelda yuk aylanmasini ta'minlash uchun talab etilgan minimal unumdorlik.

2. Belgilangan jadvalni bajarilishini ta'minlash maqsadida lokomotivlarning marshrut bo'yicha harakatlanishi va muddatdan ziyod to'htab turishi, belgilangan limitdan ko'p bo'lishi kerak emas:

$$T_{ij} + D_i \leq T_{max}, \quad (3)$$

bu yerda  $T_{max}$  — marshrut va muddatdan ziyod to'htab turishi uchun belgilangan maksimal vaqt.

3. Uzelda ishlayotgan lokomotivlar soni mavjud park bilan chegaralangan:

$$\sum_{i=1}^n L_i \leq L_{ob}, \quad (4)$$

bu yerda  $L_{ob}$  — uzelda lokomotivlarning umumiy soni.

4. Lokomotivlarning tezligi turli marshrutlar uchun ruxsat etilgan qiymatlarga mos bo'lishi lozim:

$$v_i \geq v_{min}, \quad (5)$$

bu yerda  $v_{min}$  — ruxsat etilgan minimal tezlik.

Ushbu masalani yechish uchun quyidagi optimallashtirish masalalarini qo'llash mumkin:

- chiziqli dasturlash (Simplex usuli);

- tarmoq rejalashtirish modellari (tarmoqdagi oqim algoritmi);

- chegaralanishlarning murakkab tizimlarida global optimum izlash uchun genetik algoritmlar.

Temir yo'l uzeldagi manyovr va poyezd ishini sinxronlashtirish poyezdlar samarali va to'htovsiz harakatini ta'minlash, yo'llardan va lokomotivlardan foydalanishini optimallashtirish, shuningdek muddatdan ziyod to'htab turishlarni minimallashtirish uchun muhim masalalardan hisoblanadi. Ushbu masalani yechish uchun o'z ichiga vaqt, resurs va o'tkazish qobiliyati bo'yicha chegaralanishlarni hisobga oladigan, jadval va optimallashtirishning modelini qo'llash mumkin.

Asosiy o'zgaruvchilar va parametrlar:

$M_i$  —  $i$  manyovr operatsiyalarining soni;  $T_{mi}$  —  $i$  manyovr operatsiyalarini bajarish vaqti;  $N_i$  —  $i$  poyezd operatsiyalarining soni;  $T_{ni}$  —  $i$  poyezd operatsiyalarini bajarish vaqti;  $R_m$  — manyovr operatsiyalarini bajarish uchun resurslar (misol uchun lokomotivlar, yo'llar);  $R_n$  — poyezd operatsiyalarini bajarish uchun resurslar;  $C_i$  — uzelnig o'tkazish qobiliyati;  $\tau_i$  —  $i$  operatsiyalarni boshlanishidan avval kutish vaqti. Uzelda lokomotivlarning va vagonlarning muddatdan ziyod to'htab turish vaqtini, shuningdek resurslar va o'tkazish qobiliyati bo'yicha chegaralanishlarni hisobga olgandagi manyovr va poyezd operatsiyalarini bajarishning umumiy vaqtini minimallashtirish:

$$\sum_{i=1}^n (T_{mi} + \tau_{mi} + T_{ni} + \tau_{ni}) \rightarrow \min \quad (6)$$

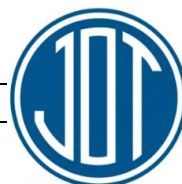
bu yerda  $\tau_{mi}$  va  $\tau_{ni}$  — muvofiq ravishda manyovr va poyezd operatsiyalarini bajarish uchun kutish vaqti.

Chegaralanishlar:

1. Manyovr va poyezd operatsiyalarini bajarish uchun chegaralangan sondagi resurslarni bir vaqtda ishlatish mumkin, shuningdek ular bir biri bilan ziddiyatda bo'lishi mumkin emas:

$$\sum_{i=1}^n R_m \cdot M_i + \sum_{i=1}^n R_n \cdot N_i \leq R_{ob}, \quad (7)$$

bu yerda  $R_{ob}$  — mavjud resurslarning umumiy soni (misol uchun, lokomotiv yoki yo'llarning soni).



2. Uzelning o'tkazish qobiliyati bir vaqtda bajarilishi mumkin bo'lgan manyovr va poyezd operatsiyalarining sonini chegaralaydi:

$$\sum_{i=1}^n (M_i + N_i) \leq C_i, \quad (8)$$

bu yerda  $C_i$  — bir vaqt birligida uzelda bajarilishi mumkin bo'lgan maksimal operatsiyalar soni.

3. Muddatdan ziyod to'htab turishlarni va ziddiyatli vaziyatlarni olidini olish maqsadida, operatsiyalarni bajarish vaqtini kelishish zarur:

$$T_{mi} + \tau_{mi} \leq T_{ni} + \tau_{ni}, \quad (9)$$

bu yerda  $T_{mi}$  — manyovr operatsiyalarni bajarish vaqti,  $T_{ni}$  — poyezd operatsiyalarini bajarish vaqti.

4. Operatsiyalar poyezdlarning kelish va jo'nash jadvaliga muvofiq bajarilishi lozim:

$$T_{mi} \geq S_{mi}, \quad T_{ni} \geq S_{ni}, \quad (10)$$

bu yerda  $S_{mi}$  va  $S_{ni}$  — manyovr va magistral operatsiyalarni bajarish uchun rejalashtirilgan vaqt.

Yechim barcha chegaralanishlarni va operatsiyalar orasidagi bog'liqlikni inobatga olgan holda chiziqli dasturlash yordamida topilishi mumkin.

Temir yo'l uzeldagi lokomotivlarni o'z vaqtida berilishi-tarkiblarning to'htovsiz harakatini ta'minlash uchun muhim vazifalardan hisoblanadi. Bunda minimal ushlanib qolishlarsiz poyezd operatsiyalarni bajarish uchun poyezdlarga lokomotivlarni berish koordinatsiyasini o'z ichiga oladi. Ushbu masala uchun jadvallar nazariyasining modelini va optimallashtirish usullarini qo'llash mumkin.

Asosiy va o'zgaruvchan parametrlar:

$L_i$  —  $i$  lokomotivi;  $T_{di}$  —  $L_i$  lokomotivni jo'nash joyiga berish vaqti;  $T_{si}$  —  $L_i$  lokomotivni berishning rejalashtirilgan vaqti;  $W_i$  —  $i$  lokomotivni kechikishi yoki kutishining vazn funksiyasi;  $D_i$  —  $i$  lokomotivni berilishining ushlanib qolishi (mavjud va rejalashtirilgan vaqtlarning farqi);  $P_i$  — belgilangan vazifadan oldin  $i$  lokomotivning muddatdan ziyod to'htab turish vaqti;  $C_i$  —  $i$  lokomotivning ishini foydalanish harajatlari;  $R_i$  —  $i$  lokomotivning unumdorligi (tonna-kilometrda).

Rejalashtirilgan operatsiyalarga o'z vaqtida berilishi ta'minlashdagi foydalanish harajatlari va lokomotivlarni berishdagi ushlanib qolishlarini minimallashtirish:

$$\sum_{i=1}^n (W_i \cdot D_i + C_i) \rightarrow \min, \quad (11)$$

bu yerda agar  $T_{di}$  berish vaqti rejalashtirilgan vaqtdan  $T_{si}$  ko'paygan bo'lsa, lokomotivni berishning ushlanib qolishi  $D_i = \max(0, T_{di} - T_{si})$

Chegaralanishlar:

1. Lokomotivlar belgilangan vaqt intervalida berish uchun imkoniyati bo'lishi kerak:

$$T_{di} \geq T_{dosti}, \quad (12)$$

bu yerda  $T_{dosti}$  — vazifalari bajarishga tayyor bo'lgan  $i$  lokomotivning vaqti.

2. Aniq vaqt davrida ishda band bo'lgan lokomotivlarning soni, uzeldagi jami xizmat ko'rsatadigan lokomotivlarning sonidan ko'p bo'lishi mumkin emas:

$$\sum_{i=1}^n L_i \leq L_{ob}, \quad (13)$$

bu yerda  $L_{ob}$  — uzelda bo'sh bo'lgan lokomotivlarning umumiy soni.

3. Lokomotivlarni berishdan avval ularning muddatdan ziyod to'htab turish vaqti minimallashtirilishi kerak:

$$P_i \leq P_{max}, \quad (14)$$

bu yerda  $P_{max}$  — operatsiyalardan avval muddatdan ziyod to'htab turishning maksimal ruxsat etilgan vaqti.

4. Lokomotivlar poyezdlarga jadvalga muvofiq eng kam farq bilan berilishi zarur:

$$T_{di} \leq T_{si} + \epsilon \quad (15)$$

bu yerda  $\epsilon$  — lokomotivni berishdagi ruxsat etilgan ushlanib qolishlar.

### 3. Natija va muhokama

Chiziqli dasturlash yordamida barcha chegaralanishlarga va harajatlarga, ushlanib qolishlarga mos bo'lgan,  $T_{di}$  lokomotivlarni berishning optimal momentlarini topish mumkin.

Temir yo'l uzeldagi lokomotivlarning aylanishini optimallashtirish-muddatdan ziyod to'htab turishlarini minimallashtirishga, texnik xizmat va foydalanishdagi harajatlarni kamaytirishga, shuningdek lokomotiv parkinging foydalanishining umumiy samaradorligini oshirishga qaratilgan masalalardan biridir. Ushbu masala uchun chiziqli dasturlash va jadvallar nazariyasining usullarini qo'llash mumkin.

Asosiy parametrlar va o'zgaruvchilar:

$L_i$  —  $i$  lokomotivi;  $T_{obi}$  —  $i$  lokomotivning aylanish vaqti (bitta yurishdan keyingi yurishi uchun qaytib kelishigacha bo'lgan vaqt);  $T_{texobsi}$  —  $i$  lokomotivga texnik xizmat ko'rsatish uchun zaruriy vaqt;  $T_{prosi}$  — reyslar orasidagi  $i$  lokomotivning muddatdan ziyod to'htab turishlar vaqti;  $C_i$  — bir aylanishdagi  $i$  lokomotivning foydalanish harajatlari;  $n_i$  —  $i$  lokomotivning davrdagi aylanishlarining soni;  $R_i$  —  $i$  lokomotivning aylanishdagi olingan foyda;  $N$  — uzeldagi ishlatilishi mumkin bo'lgan lokomotivlarning soni.

Lokomotivlarning maksimal aylanishini ta'minlashdagi to'xtab turish vaqtini minimallashtirish. Shuningdek texnik xizmat ko'rsatish va foydalanishning umumiy harajatlarni minimallashtirish maqsadidan iborat:

$$\sum_{i=1}^n (R_i \cdot n_i) - \sum_{i=1}^n (C_i + T_{obsi}) \rightarrow \max, \quad (16)$$

bu yerda  $R_i$  — lokomotivdan foydalanishda olingan foyda;  $C_i$  — foydalanish harajatlari,  $T_{obsi}$  — xizmat ko'rsatish vaqti.

Chegaralanishlar:

1. Lokomotivning aylanish vaqti o'z ichigacha yurish, texnik xizmat ko'rsatish va mumkin bo'lgan to'xtab turishlarni o'z ichiga oladi:

$$T_{obi} = T_{xodi} + T_{texobsi} + T_{prosi} \quad (17)$$

bu yerda  $T_{xodi}$  —  $i$  lokomotivning yurish vaqti.

2. Lokomotivlarning umumiy soni uzeldagi mavjud lokomotivlar sonidan ko'p bo'lishi mumkin emas:

$$\sum_{i=1}^n L_i \leq N, \quad (18)$$

bu yerda  $N$  — lokomotivlarning umumiy soni.

3. Lokomotivlar texnik xizmat ko'rsatilishini ma'lum intervalda o'tishi yoki ma'lum aylanmalardan so'ng bajarilishi kerak:

$$T_{texobsi} \leq T_{maxtexobs}, \quad (19)$$

bu yerda  $T_{maxtexobs}$  — texnik xizmat ko'rsatilishi orasidagi ruxsat etilgan maksimal vaqt.

4. Reyslar orasidagi lokomotivning to'xtab turish vaqti minimallashtirishi kerak:

$$T_{prosi} \leq T_{maxprosi}, \quad (20)$$

bu yerda  $T_{maxprosi}$  — lokomotivni to'xtab turishining ruxsat etilgan maksimal vaqti.

5. Lokomotivlardan foydalanishidan keladigan foyda ularni ishlatilishidagi sarflardan katta bo'lishi kerak:

$$R_i \cdot n_i \geq C_i + T_{texobsi}, \quad (21)$$

Har bir  $i$  lokomotiv uchun.





#### 4. Xulosa

Lokomotiv aylanmasini optimallashtirilishining matematik modeli lokomotivlardan foydalanishdagi bo'lgan harajatlar va foyda o'rtasidagi balansni aniqlash, muddatdan ziyod to'xtab turishlarni minimallashtirilish va temir yo'l uzeliida lokomotivlarning unumdorligini oshirish imkoniyatini beradi.

Ushbu tarzda, temir yo'l uzeliida lokomotivlarni taqsimlashning optimallashtirilishi butun transport tizimining samaradorligini oshirishda katta ahamiyatga bo'lib, uzelnig ishini yaxshilaydi, yuklarni va yo'lovchilarni tashishni to'xtovsiz bajarish imkoniyatini yaratadi.

Rejalashtirishning intellektual tizimini joriy etilishi uzeli bo'yicha yuk va yo'lovchilarni tashish uchun mo'ljallangan lokomotivlarni to'g'ri taqsimlashni optimallashtirilishini, shuningdek yo'llarning va lokomotivlarning holatini yaxshilash imkoniyatini beradi. Ushbu tizimlar lokomotivlarga bo'lgan talabni avvaldan bashoratlash va ulardan foydalanishning optimallashtirish imkoniyatini yaratadi.

#### Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Сатторов С.Б. Исследование способа размещения технических станций // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2017. № 4. С. 463-468.

[2] Сатторов С.Б. Обоснование размещения технических станций в зависимости от числа полурейсов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2018. № 2. С. 239-246.

[3] Сатторов С.Б., Котенко А.Г., Белозеров В.Л. Вопросы развития железнодорожной линии Ахангаран-Тукимачи-Сырдарьинская // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2019. Т. 16. № 3. С. 439-448.

[4] Ерофеев А.А. Интеллектуальная система автоматического управления технической станцией // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2020: Материалы Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф. – СПб., 2020. – С. 92–96.

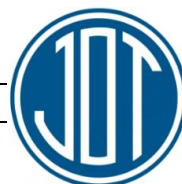
[5] Ерофеев А.А., Бородин А.Ф. Принципы формирования управляющих решений в интеллектуальной системе управления перевозочным процессом // Проблемы безопасности на транспорте: Материалы XI Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. / под общ. ред. Ю.И. Кулаженко. – Гомель: БелГУТ, 2021. – С. 11–14.

[6] Михеева Т. И., Михеев С. В., Богданова И. Г. Модели транспортных потоков в интеллектуальных транспортных системах // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №. 6. – С. 216.

[7] Жанказиев С. В. Интеллектуальные транспортные системы. – 2016.

#### Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Sattorov Samandar Baxtiyorovich	Toshkent davlat transport universiteti "Yuk transport tizimlari" kafedrası dotsenti. t.f.n. E-mail: satorovsamandar100@gmail.com Tel.: +99877 0735157 <a href="https://orcid.org/0000-0001-7273-0449">https://orcid.org/0000-0001-7273-0449</a>
Saidivaliyev Shuxrat Umarxodjayevich	Toshkent davlat transport universiteti "Yuk transport tizimlari" kafedrası dotsenti. t.f.f.d. (PhD). E-mail: shuxratxoja@mail.ru Tel.: +998974622129 <a href="https://orcid.org/0000-0002-4461-4093">https://orcid.org/0000-0002-4461-4093</a>
Bozorov Ramazon Shamil o'g'li	Toshkent davlat transport universiteti "Yuk transport tizimlari" kafedrası katta o'qituvchisi. t.f.f.d. (PhD). E-mail: ramazon-bozorov@mail.ru Tel.: +99891 2513377 <a href="https://orcid.org/0000-0001-8655-0764">https://orcid.org/0000-0001-8655-0764</a>
Tashmatova Muqaddas Sadirxodjayevna	Toshkent davlat transport universiteti "Yuk transport tizimlari" kafedrası katta o'qituvchisi. E-mail: toshmatova.2021@mail.ru Tel.: +998935151947 <a href="https://orcid.org/0000-0002-9856-1775">https://orcid.org/0000-0002-9856-1775</a>



## The study of indicators of the quality of traffic management in the conditions of the city of Jizzakh using GPS-tracks

A.A. Ernazarov<sup>1</sup><sup>a</sup>, J.Z. Tojiyev<sup>1</sup><sup>b</sup>, T.G. Bobobekov<sup>2</sup><sup>c</sup>




<sup>1</sup>Jizzakh Polytechnic Institute, Jizzakh, Uzbekistan

<sup>2</sup>Branch of Kazan (Volga Region) Federal University in the city of Jizzakh, Uzbekistan

**Abstract:** The article examines the problem of choosing rational criteria for the quality of traffic management in cities. Depending on the objectives of the analysis, the complexity of the network, and technical capabilities, the quality of traffic management can be assessed by indicators of the economic efficiency of the transport process, the level of accidents, environmental safety, and social attractiveness. The monitoring of the vehicle's speed mode has been carried out. The characteristics of the quality of traffic management were obtained using experimental studies on a section of the street and road network of the city of Jizzakh. Based on the results of processing the GPS track data, a histogram of the distribution of instantaneous speed and graphs of the car's movement in the coordinates "time-distance", "time-speed", "distance-speed" were constructed, which allow you to visually assess the driving mode throughout the route and identify potential "bottlenecks". Spatial and temporal characteristics such as average technical speed, specific time in motion, specific downtime, as well as energy indicators of the quality of traffic management were also calculated: acceleration noise, speed gradient, energy gradient. After dividing the experimental route into separate kilometer sections, changes in the characteristics of the quality of traffic management were analyzed as they approached the city center.

**Keywords:** traffic management, speed limit, average technical speed, speed change schedule, GPS tracks

## Исследование показателей качества организации дорожного движения в условиях города методом GPS-треков

Эрназаров А.А.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Тожиев Ж.З.<sup>1</sup><sup>b</sup>, Бобобеков Т.Г.<sup>2</sup><sup>c</sup>

<sup>1</sup>Джизакский политехнический институт, Джизак, Узбекистан

<sup>2</sup>Филиал Казанского (Приволжского) федерального университета в городе Джизаке, Узбекистан

**Аннотация:** В статье исследована проблема выбора рациональных критериев качества организации дорожного движения в городах. В зависимости от целей анализа, сложности сети, технических возможностей, качество организации дорожного движения может оцениваться по показателям экономической эффективности транспортного процесса, уровня аварийности, экологической безопасности и социальной привлекательности. Осуществлен мониторинг скоростного режима движения транспортного средства. Получены характеристики качества организации дорожного движения при помощи экспериментальных исследований на участке улично-дорожной сети города Джизака. По результатам обработки данных GPS-трека были построены гистограмма распределения мгновенной скорости и графики движения автомобиля в координатах «время–расстояние», «время–скорость», «расстояние–скорость», которые позволяют визуально оценить режим движения на протяжении всего маршрута и определить потенциальные «узкие места». Также были рассчитаны такие пространственно-временные характеристики, как средняя техническая скорость, удельное время в движении, удельное время простоя, а также энергетические показатели качества организации дорожного движения: шум ускорения, градиент скорости, градиент энергии. После разделения экспериментального маршрута на отдельные километровые участки были проанализированы изменения характеристик качества организации дорожного движения по мере приближения к центру города.

**Ключевые слова:** организация дорожного движения, скоростной режим, средняя техническая скорость, график изменения скорости, GPS-треки

### 1. Введение

Обеспечение высоких показателей качества организации дорожного движения (ОДД) является одной из главных задач транспортной отрасли,

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4188-2084>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6700-5285>

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0009-0000-3487-365X>



поскольку автомобильный транспорт обслуживает почти все сферы деятельности общества, это будет способствовать росту эффективности экономики в целом. Проблемы определения качества транспортной сети постоянно возникают в практике ОДД и обычно являются первым этапом инженерной деятельности по внедрению любых мероприятий в этой сфере. Задачи определения параметров качества ОДД в городах могут решаться как на уровне улично-дорожной сети (УДС), так и на локальном уровне.

Анализ критериев качества ОДД в городах является важным направлением для ученых в области автомобильного транспорта, поскольку это напрямую влияет на безопасность и комфортность движения автомобилей в городских условиях. В целом можно выделить два концептуальных подхода к оценке качества организации движения на УДС: использование частных критериев и использование интегральных критериев.

Частные критерии четко соответствуют определенным задачам исследования, их целевым установкам и не могут рассматриваться изолированно от них. В свою очередь, сами взгляды на цели и методы ОДД, их приоритетность постоянно эволюционируют. Как в научном, так и в практическом плане общей тенденцией развития методов проектирования транспортного планирования городов стало сосредоточение внимания на негативных эффектах, которые являются сопутствующими росту уровня автомобилизации. Главными проблемами признаются чрезмерная зависимость населения от индивидуального автомобиля, перегруженность городов автомобильным транспортом, особенно их центральной деловой части. Современные исследования свидетельствуют о существенном влиянии индивидуального транспорта на качество жизни населения городов, а также на состоянии окружающей среды [1-3]. Обязательным элементом при оценке качества дорожного движения становится оценка его влияния на городскую среду с учетом экологического и социального эффектов.

Интегральные критерии оценки качества ОДД представляют собой комплексные методы, которые содержат различные параметры, такие как плотность движения, Время задержки, скорость движения, Общее время поездки и другие. Полученные данные анализируются и суммируются в единый показатель, отражающий общее качество ОДД в городе. Интегральные критерии позволяют не только оценить текущий уровень ОДД, но и определить эффективность мер, предпринимаемых для улучшения дорожной инфраструктуры и повышения безопасности дорожного движения [4]. Однако интегральные критерии целесообразно использовать в комплексе с другими методами и инструментами для получения всесторонней информации об уровне ОДД и разработки эффективной стратегии его улучшения.

Анализ научных публикаций показывает, что организация дорожного движения является важной составляющей управления транспортной инфраструктурой в городах. Авторами предлагаются различные подходы к оценке качества ОДД в городах, включая экономические, технические, социологические и инженерные аспекты. Критерии качества организации дорожного движения могут быть определены на основе различных параметров, как-то безопасность,

комфортность, пропускная способность, устойчивость и экономичность. В зависимости от выбранных критериев ученые создают различные модели и инструменты для измерения качества ОДД в городах и развивают новые подходы к улучшению условий движения – от совершенствования светофорного регулирования [5] до использования технологий «умных городов» и современных интеллектуальных технологий, направленных на улучшение качества жизни и безопасности населения в городе [6].

Пропускная способность остается одним из главных критериев качества ОДД. Для обеспечения высокого уровня пропускной способности во многих исследованиях рекомендуется использовать современные информационные технологии, такие как системы динамического управления и облачные системы управления транспортом [7].

Поскольку параметры ОДД городов могут значительно влиять на показатели безопасности дорожного движения, они остаются важным критерием качества ОДД. Научные публикации показывают, что принятие мер по улучшению организации дорожного движения (например, улучшение инфраструктуры, сокращение автомобильного трафика, введение новых правил пользования индивидуальным транспортом и т. д.) может снизить риск аварий и повысить безопасность для всех пользователей УДС городов [8].

Интегральным критерием для оценки условий движения может выступать уровень обслуживания дороги (Level of Service, сокращенно LOS), разработанный в США и широко признанный специалистами многих стран [9]. На сегодня критерий LOS используется для оценки условий движения как в программах моделирования УДС, так и в узкоспециализированных программах проектирования перекрестков и развязок.

Так называемые энергетические критерии качества ОДД оценивают расход энергии, выделяемой во время движения автотранспорта. Такие критерии содержат, например, количественную оценку затрат энергии на проезд остановок общественного транспорта, наличие энергоэффективной дорожной инфраструктуры, организацию работы светофоров. Использование энергетических критериев позволяет разрабатывать более эффективные проекты улично-дорожной сети и создавать более комфортные условия для участников дорожного движения с точки зрения экономии топлива, снижения выбросов и повышения безопасности дорожного движения.

Некоторые авторы критерием качества ОДД считают комфортность движения, что может содержать такие параметры, как уровень шума, уровень вибрации, уровень загазованности, качество дорожного покрытия и доступность общественного транспорта [10].

Как показывают результаты многих исследований, изменение скорости автомобиля на дорогах города может быть важным показателем эффективности дорожного движения. Одна из методик оценки качества ОДД в городах базируется на анализе графиков изменения скорости автомобиля, которые получают путем использования данных, полученных с помощью GPS-трекеров, установленных на автомобилях, движущихся по городским улицам. К преимуществам этой методики относят то, что она учитывает все факторы, которые влияют на состояние транспортного



потока, поэтому использование данных GPS-треков навигационного оборудования транспортных средств позволяет осуществлять оценку и контроль качества ОДД в режиме реального времени и в то же время значительно снижать их трудоемкость. Анализ данных о скорости транспортных средств позволяет выявлять узкие места в городской дорожной сети, где возникают задержки движения, и предлагать меры по их устранению [11].

Эти публикации демонстрируют потенциал GPS-технологий для оценки качества ОДД в городах. В частности, анализ графиков изменения скорости автомобиля позволяет эффективно выявлять участки дорог, где возникают пробки и задержки движения, что может быть использовано для разработки мер по улучшению трафика в городе.

## 2. Методика исследования

С целью апробации методики исследования качества ОДД с использованием данных GPS-треков и оценки ее эффективности было решено провести ряд экспериментальных исследований на участке УДС города Джизака. Легковой автомобиль типа седан двигался как ездая лаборатория в транспортном потоке. Для записи GPS-треков использовался навигатор марки Pioneer 7014 и навигационное программное обеспечение Navitel.

Запись треков проводилась в формате gpx (текстовый формат хранения и обмена данными GPS, основанный на формате XML), что позволяет хранить информацию в произвольной форме, при которой обязательными являются только долгота и широта точек трека. Для первичной обработки треков и перевода полученных характеристик в формат Excel использовалась программа GPS Track Editor, которая отличается простым пользовательским интерфейсом (рис. 1).

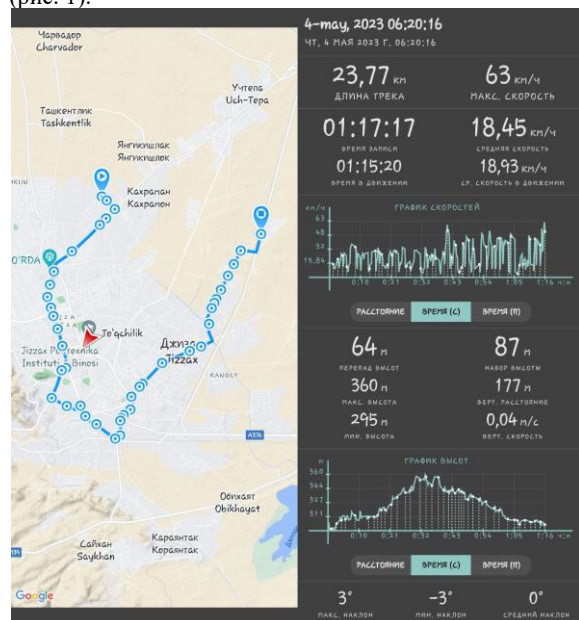


Рис. 1. Изображение и результаты обработки GPS-трека

Результатами первичной обработки трека программой стало получение с интервалом в 1 секунду

таких параметров, как время от начала записи трека (с); длины сегмента/секции (км); продолжительность движения (мин); мгновенная скорость движения (км/ч); мгновенное ускорение (м/с<sup>2</sup>). Для дальнейшей обработки данных, проведения расчетов и построения графиков была использована программа Excel. Такая методика обработки данных GPS-трека позволяет достаточно быстро представить параметры движения автомобиля исследуемым участком УДС города в форме графиков.

Начальными и конечными точками были, соответственно: «МСГ Кахрамон» и «СЭЗ Джизак». Следовательно, исследуемым участком УДС города был выбран маршрут от одного из самых отдаленных селитебных районов города до его центральной части, соответствующий маршруту ежедневной рабочей поездки условного жителя периферийного района в центр города. Это позволило дополнительно исследовать изменение показателей качества ОДД по мере приближения к центральной части города. Длина маршрута составляла 17,4 км, Исследование проводилось в будний день недели в промежутке времени между 10:00 и 11:00 часами.

Автомобиль выполнял движение в транспортном потоке с соблюдением всех требований Правил дорожного движения, превышение скорости от установленных 50 км/ч допускалось не более чем на 10 км/ч. В процессе движения не возникали какие-либо дополнительные задержки по причинам, не связанным с организацией дорожного движения (ДТП, проведение дорожных работ и т. п.), что могло бы повлиять на итоговые показатели движения.

## 3. Результаты исследования

После конвертации в программную среду Excel из полученного массива данных сразу могут быть построены графики, отображающие движение автомобиля по исследуемому маршруту. Например, можно построить графики изменения скорости движения во времени и по длине маршрута, а также гистограмму распределения мгновенных скоростей движения по секундным интервалам.

Наиболее чувствительным к дорожным условиям и состоянию транспортного потока параметром является мгновенная скорость автомобиля, поскольку она является непосредственным результатом процесса дорожного движения.

Можно увидеть, что большинство значений мгновенных скоростей движения находятся в интервале 0 ... 5 км/ч, что свидетельствует о значительном количестве простоев и задержек во время движения, связанных либо с регулированием дорожного движения, либо с высоким уровнем загрузки УДС города на отдельных участках маршрута. Для других интервалов также наблюдается неравномерность распределения скорости, имеется увеличение относительных частот на интервале значений 50-60 км/ч. Причиной этого является то, что водитель принудительно ограничивал максимальную скорость движения на отдельных участках УДС в условиях свободного движения, когда степень загрузки дороги была неизвестной.

На рис. 3 приведены графики движения автомобиля в координатах «время-расстояние», «время-скорость» и





«расстояние–скорость». Можно увидеть, что более стабильным режим движения является в начале маршрута, где движение осуществляется по магистральной улице общегородского значения, в то же время в пределах центральной части города наблюдаются частые изменения скоростного режима движения, остановки и движение в режиме «старт-стоп». Помимо более высоких средних значений скорости движения в начале маршрута, задержки движения здесь наблюдаются в виде простоев на подходах к регулируемым перекресткам. В конце маршрута задержки и даже простои возникают чаще, что обусловлено увеличением уровня загрузки дороги.

Во время движения на отдельных участках наблюдаются периодические снижения скорости до

нулевого значения. На графике «расстояние–скорость» они соответствуют местам расположения перекрестков, пешеходных переходов и других мест, где водитель вынужден снижать скорость движения автомобиля. Другие участки, где движение происходит с пониженной скоростью, могут показывать наличие узких мест УДС города, где из-за увеличения уровня загрузки дороги происходит снижение скорости движения транспортного потока. Для локализации узких мест УДС более информативной является диаграмма в координатах «расстояние–скорость», построенная для более коротких отрезков маршрута, в то же время по графикам в координатах «время–скорость» можно оценить продолжительность простоев и величину задержки в движении.

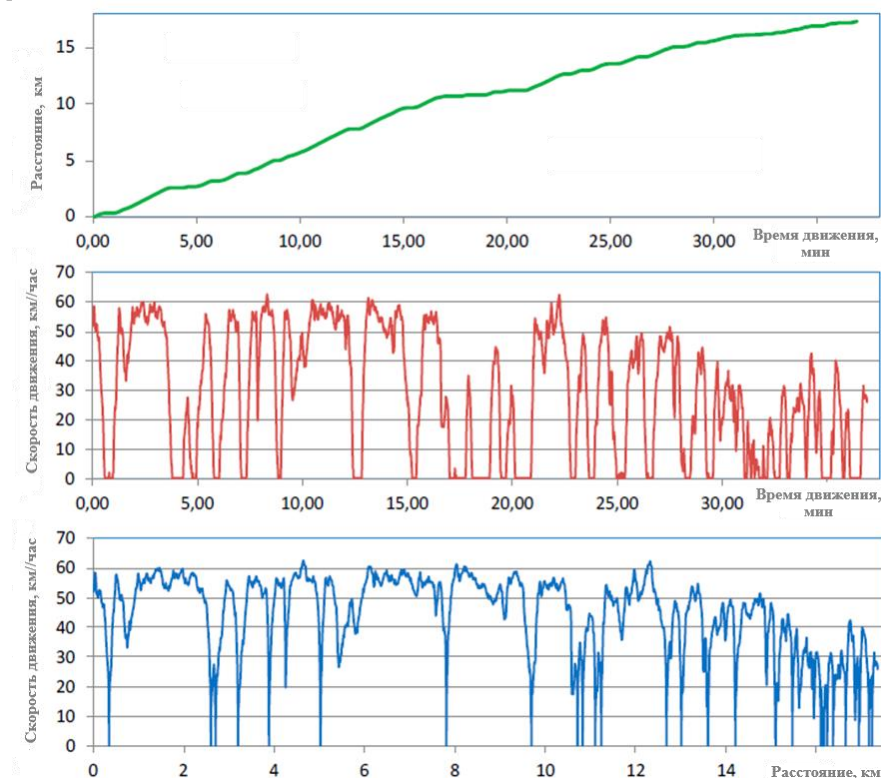


Рис. 2. Изображения и результаты обработки GPS-трека

Такие показатели, как средняя техническая скорость, удельное время движения (темп движения), удельное время простоя, могут непосредственно использоваться как критерии оценки ОДД. Их отличают универсальность, простота измерения, возможность стоимостной интерпретации для определения экономической эффективности процесса перевозок.

Поскольку по условиям эксперимента автомобиль двигался в условиях реального транспортного потока от начального пункта до конечного пункта и остановки происходили только по причинам, связанным с организацией дорожного движения, средняя техническая скорость по результатам поездки может быть получена по формулой:

$$V_T = 60 \cdot L_m / T \quad (1)$$

где  $L_m$  -расстояние, проехавшее автомобиль по маршруту, км;  $T$ -суммарное время движения, мин.

Удельное время в движении может быть найдено как, мин / км:

$$T_r = 60 / V_T, \quad (2)$$

где  $V_T$ -средняя скорость в движении (для интервалов, где скорость была не меньше 5 км/ч), км/ч.

Удельное время простоя определяем как, мин / км:

$$T_s = \sum t_s / L_m \quad (3)$$

где  $\sum t_s$ -суммарная продолжительность интервалов простоя, мин;

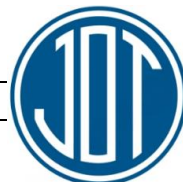
Полученные в результате обработки данных GPS-трека значения скорости, расстояния, времени движения и ускорение автомобиля для каждого секундного интервала позволяют также получить следующие показатели качества ОДД, как шум ускорения, градиент скорости, градиент энергии. Эти критерии оценивают важные свойства ОДД-стабильность режима движения [12].

Шум ускорения может быть найден как:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n j_i^2}, \quad (4)$$

где  $j_i$  - значение ускорения на  $i$ -м интервале измерения, м / с<sup>2</sup>;  $n$ -количество интервалов измерения.

Градиент скорости представляет собой отношение



шума ускорения к средней технической скорости и является более удобным показателем для оценки условий движения на УДС крупных городов. Этот критерий так же, как и шум ускорения, реагирует на колебания скорости, однако его изменения в большей степени обусловлены задержками во время движения.

Еще одним критерием, который может использоваться для оценки качества дорожного движения на УДС мост, есть градиент энергий, который в нашем случае может быть получен как:

$$G_E = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (j_i \cdot V_i - j_i \cdot V_i)^2}}{V_T} \tag{5}$$

где  $j_i \cdot V_i$ -значение произведения ускорения и скорости на  $i$ -м интервале измерения,  $m^2/c^3$ .

Рассчитанные по данным GPS-трека показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1  
Показатели качества ОДД на участке УДС города Джизака

Показатель	Единицы измерения	Значение
Потраченное время	мин.	36,9
Средняя техническая скорость	км/ч	28,2
Темп движения	мин/км	2,13

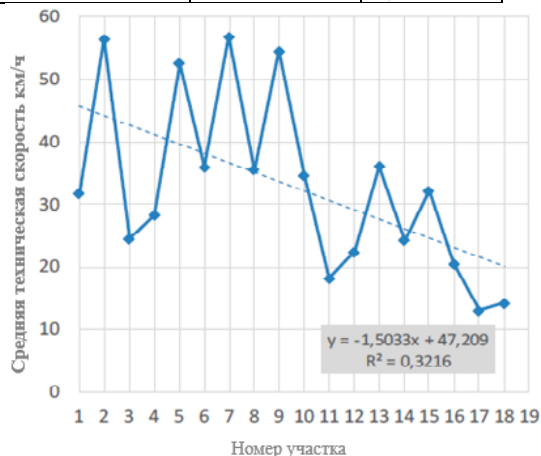


Рис. 3. Изменение технической скорости, удельного времени в движении и удельного времени простоя по километровым участкам маршрута

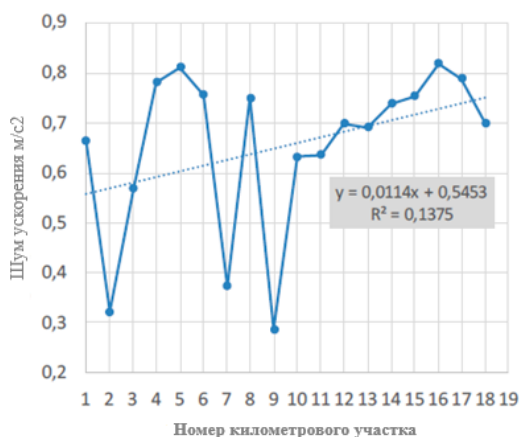


Рис. 4. изменение шума ускорения, градиента скорости и градиента энергии по километровым участкам маршрута

Можно увидеть значительные вариации средней

технической скорости, особенно в первой части

Удельное время в движении	мин/км	1,68
Удельный времени простоя	мин/ км	0,57
Шум ускорения	м / c <sup>2</sup>	0,84
Градиент скорости	c <sup>-1</sup>	0,12
Градиент энергии	м / c <sup>2</sup>	0,75

Как можно видеть, средняя техническая скорость по маршруту не превышает 30 км/ч, что достаточно низким показателем для легкового автомобиля. Полученное значение шума ускорения характеризует значительные колебания скорости движения и в целом характерны для участков УДС регулируемого движения. За показателем градиента энергии условия движения можно считать сложными, а уровень ОДД неудовлетворительным, что указывает на наличие длительных задержек и неравномерность движения.

Для дальнейшего исследования изменения характеристик качества одну меру приближения к центральной части города исследуемый маршрут был разбит на отдельные километровые участки и проведен расчеты на каждом из этих участков отдельно. Результаты анализа в виде графиков приведены на рис. 3 и рис. 4.



маршрута, что характерно для движения по Магистральной улице. Сравнительно высокие значения средней технической скорости наблюдаются для километровых участков, попадавших на прогоны проспекта Шарафа Рашидова, а относительно малые значения были получены на участках, где расположены регулируемые перекрестки. Наличие тренда к уменьшению средней технической скорости при приближении к центру города объясняется увеличением загрузки УДС в пределах центральной деловой части города и, как следствие, появлением дополнительных задержек движения автомобиля. Также по мере приближения к центру города наблюдается увеличение удельного времени в движении при незначительном росте удельного времени простоя. Также можно сделать предположение о наличии «узких мест».

Как видим, из рис.4, график изменения шума ускорения демонстрирует значительный разброс значений для первой половины маршрута, где движение происходило по магистральной улице с разгонами до максимально разрешенной скорости и относительно длительными остановками в зоне регулируемых пересечений. Хотя шум ускорения, помимо прочего, может характеризовать уровень комфорта труда водителя, такая чувствительность этого показателя делает его в целом неудобным для оценки качества ОДД на УДС крупных городов. Более целесообразным является использование в качестве критерия градиента скорости, который демонстрирует рост по мере приближения к центральной части города. Также на графиках можно увидеть резкий переход характера изменения рассчитанных показателей, что свидетельствует о качественных изменениях режима движения и может считаться условной границей центральной деловой части города.

#### 4. Заключение

Результаты оценки качества ОДД в городах зависят от многих факторов, в том числе и от выбора и методики получения соответствующих критериев, достоверность и эффективность которых могут изменяться в зависимости от конкретной задачи и особенностей транспортной инфраструктуры объекта исследования. Учитывая принятые критерии, ученые создают различные модели и инструменты для измерения качества ОДД в городах и развивают новые подходы к улучшению условий движения. Важными показателями качества дорожного движения, которые прежде всего влияют на технико-экономические показатели транспортного процесса перевозок, являются скорость и время сообщения по определенным маршрутам на УДС города. Качество условий труда водителя целесообразно оценивать, используя так называемые энергетические критерии качества дорожного движения.

Существует большое количество научных исследований, где качество ОДД в городах оценивалось по данным GPS-треков. В этих исследованиях используются аналитические методы и методы моделирования на основе данных GPS. Результаты показывают, что использование данных GPS значительно повышает точность оценки качества ОДД в городах.

Проведенные экспериментальные исследования в

целом подтвердили возможность использования этой методики для анализа условий движения на отдельных участках УДС и выявления потенциальных «узких мест». Однако, следует отметить, что на параметрах движения автомобиля, кроме внешних помех со стороны транспортного потока, могут влиять психофизиологические свойства водителя. Например, в условиях экспериментального движения он может иметь внутреннюю мотивацию к определенным результатам исследования. Это может повлиять на поведение исследователя во время проведения эксперимента, когда он подсознательно имитирует определенное поведение водителя во время вождения.

Результаты расчета указанных показателей по отдельным километровым участкам показали ухудшение качества ОДД при приближении к центральной части города. Также наблюдались колебания показателей градиента скорости и градиента энергии по участкам маршрутов, причиной чего могут быть пролегание экспериментального маршрута по магистральной улице общегородского значения с небольшим уровнем загрузки движением, что позволило транспортному средству в значительной степени использовать скоростной режим, и значительные задержки движения в зоне расположения регулируемых перекрестков.

#### Использованная литература / References

[1] Ernazarov A. The calculation of the amount of emissions of harmful substances by cars at urban intersections //Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent. – 2022. – Т. 12. – №. 1. – С. 51-54.

[2] Комарова М.В., Лихвойнен А.В., Розов А.А., Солодкова Е.В., Степанова А.А. ВЛИЯНИЕ РАЗВИТОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ЭКОНОМИКИ МЕГАПОЛИСОВ // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2021. – № 4-2. – С. 205-212;

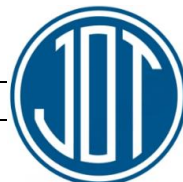
[3] Мишарин А. С. Транспорт больших городов: повысить комфорт и безопасность // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2011. №6 (37). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transport-bolshih-gorodov-povyisit-komfort-i-bezopasnost> (дата обращения: 27.10.2024).

[4] Ernazarov A. Efficiency of functioning of intersections with high-intensity traffic and pedestrian flows //Technical science and innovation. – 2022. – Т. 2022. – №. 1. – С. 192-197.

[5] Эрнзаров А. А. Закономерность образования задержек автотранспортных средств перед перекрестками //Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник, (2). – 2022. – Т. 7

[6] Балахонова Е. В. Инновационное развитие умных городов как необходимое условие достижения целей устойчивого развития // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2023. № 1. С. 37–55. doi:10.21685/2227-8486-2023-1-2

[7] Zhuravleva, Natalia & Volkova, Elena & Solovyev, Daniil. (2020). Smart technology implementation for road



traffic management. E3S Web of Conferences. 220. 01063. 10.1051/e3sconf/202022001063.

[8] Abdunazarov, Jamshid & Azizov, Kudratulla & Shukurov, Ilkhomjon. (2020). Method of Analysis of the Reasons and Consequences of Traffic Accidents in Uzbekistan Cities. International Journal of Safety and Security Engineering. 10. 483-490. 10.18280/ijssse.100407.

[9] Lako, Arian & Gjevori, Shkelqim. (2024). Road Maintenance Planning of the Fier-Vlore Road Axis, based on the Assessment and Forecast of AADT and Los Service Level. Qubahan Academic Journal. 4. 127-136. 10.58429/qaj.v4n1a269.

[10] Diyar Khan, Rafał Burdzik, Measurement and analysis of transport noise and vibration: A review of techniques, case studies, and future directions, Measurement, Volume 220, 2023, 113354, ISSN 0263-2241, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2023.113354>.

[11] Faghri, Ardeshir & Hamad, Khaled. (2001). Application of GPS in Traffic Management Systems. GPS Solutions. 5. 52-60. 10.1007/PL00012899.

[12] Yasunori IIDA, Fumitaka KURAUCHI, Hirofumi SHIMADA, TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM AGAINST MAJOR EARTHQUAKES, IATSS Research, Volume 24, Issue 2, 2000, Pages 6-17, ISSN 0386-1112, [https://doi.org/10.1016/S0386-1112\(14\)60024-8](https://doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60024-8).



## Информация об авторах/ Information about the authors

Эрназаров Азиз Алибаевич /Ernazarov Aziz Alibaevich	Джизакский политехнический институт, доцент кафедры «Инженерия транспортных средств». E-mail: aziz-ernazarov@mail.ru, Тел.: +998939404123 <a href="https://orcid.org/0000-0002-4188-2084">https://orcid.org/0000-0002-4188-2084</a>
Тожиёв Жамшид Зокир угли /Tojiyev Jamshid Zokir ugli	Джизакский политехнический институт, ассистент кафедры «Инженерия транспортных средств». E-mail: tojiyevjamshid1992@gmail.com Тел.: +998945731166 <a href="https://orcid.org/0000-0001-6700-5285">https://orcid.org/0000-0001-6700-5285</a>
Бобобеков Тимур Гопиржон угли /Bobobekov Timur Gopirjon ugli	Филиал Казанского (Приволжского) федерального университета в городе Джизаке Республики Узбекистан, ассистент кафедры «Точных наук и информационных технологий» E-mail: <a href="mailto:Optimus.praem.60@mail.ru">Optimus.praem.60@mail.ru</a> Тел.: +998916262555 <a href="https://orcid.org/0009-0000-3487-365X">https://orcid.org/0009-0000-3487-365X</a>





## Modeling the neutral state of the “human-operator” system

Kh.M. Kamilov<sup>1</sup><sup>a</sup>, S.S. Sulaymanov<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

In this article, a physical and mathematical model of the external forces involved in reducing the static loading of the body of workers and people using video terminals or computer monitors in a sitting position was developed. A theoretical analysis was conducted on the basis of the developed models, the equations of the balance conditions of the forces in the physical model made it possible to create a mathematical model. Through the analysis of the created mathematical model, the conditions for the minimum contraction force of the members of the human locomotor apparatus, that is, the muscles participating in the maintenance of the posture of the workers and people during the work process in the sitting position, were determined. The conditions obtained on the basis of the defined mathematical model are used in the development of the model of the course layout, which allows to ensure the "neutral position" of the human body, and to calculate the values of the project parameters.

Keywords:

musculoskeletal system, sitting position, muscles, forces, weightlessness, neutral position, human-operator system, chair

### 1. Introduction

One of the important characteristics of workers and people who work using video terminals or computer monitors is that they work mostly in a sitting position during their daily work (day) shift. Reducing the static load of the body in a sitting position depends on the external forces acting on the musculoskeletal system. External forces are balanced by internal muscle forces in maintaining a neutral body position in a sitting position. Therefore, it is very important to develop and substantiate the physical and mathematical model of the external forces involved in maintaining the neutral body position of a person in a sitting position [1,2].

It is known that the activation of the organs of the musculoskeletal system of the human body, that is, the muscles, occurs in different conditions. Muscles performing movement in body parts perform "dynamic" work. If the muscles of the musculoskeletal system are activated isometrically, that is, their length is constant during force generation, the members of the musculoskeletal system do not move and mechanical work is not performed. The activity of the muscles of the locomotor apparatus in this mode has an important aspect, although the muscles generate forces that resist external mechanical influences, but these forces serve to keep the body in a sitting, bent position. In such a "static" state, activated muscles do not perform mechanical work, but do not stop using energy for a moment [3]. The mechanical force generated by human muscles depends on their various physiological, mechanical, and morphological properties.

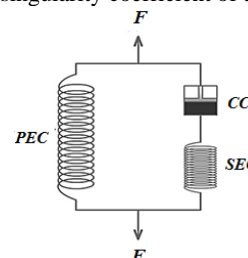
### 2. Methods and materials

Ishlab chiqarish muhiti va mehnat jarayoni (fizik, The mechanical model of the muscle, as a rule, completely corresponds to the three-element (component) universal (standard) Kelvin model (Picture. 1). Muscle fibers are

distinguished by their high viscosity, so in the model they are shown in the form of a damper. Viscous fluid deformation rate and stress level are characterized by a direct, proportional relationship. The relationship between the rate of deformation and the level of stress is described by the coefficient of viscous damping [4].


This element in the model is called the contractile component (CC). The second component of the model is the fascia surrounding the muscle and the connective tissue formations surrounding the muscle bundles, muscle fibers, myofibrils, etc. have elastic properties.

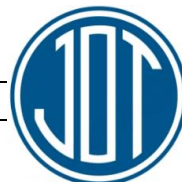
This component is called the parallel elastic component (PEC) because it is located parallel to the muscle fibers. In the model, PEC is imitated in the form of a spring representing a nonlinear relationship between force and stretch, and the law of connection between force and stretch depends on the coefficient of uniformity (elasticity) of the muscle fiber. The third component of the model is share. This component is also dominated by elastic properties, but the coefficient of elasticity (elasticity) of this component is large compared to the parallel elastic component. Muscle fibers are connected to tendons, that is, this component is located sequentially with respect to the contractile component, so it is called the sequential elastic component (SEC). In the model, SEC is simulated in the form of a spring representing a nonlinear connection between force and elongation, and the law of force-elongation coupling depends on the singularity coefficient of the tendon [4].



Picture 1. A three-component model of muscle

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0009-2998-3964>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5275-5200>



The force generated when the musculoskeletal system is activated, the reaction force generated by the muscle is expressed by the following formula for the universal (standard) Kelvin model [4]:

$$F + \frac{c}{k_{cc}} \cdot \frac{dF}{dt} = k_{sec} \cdot \left[ x + \frac{c}{k_{sec}} \cdot \left( 1 + \frac{k_{sec}}{k_{cc}} \right) \cdot \frac{dx}{dt} \right], \quad (1)$$

in this  $F$  – initial force, N;  $c$  – viscous damper coefficient N/m;  $k_{cc}$  – coefficient of unity of the contracting (contractile) component, N/m;  $k_{sec}$  – unit of the successive elastic component (SEC), N/m;  $x$  – initial muscle length, m;

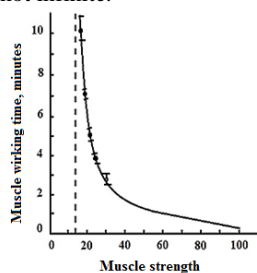
The bonds in this (1) formula are as time constants  $\tau_\varepsilon = \frac{c}{k_{cc}}$  and  $\tau_\sigma = \left( \frac{c}{k_{sec}} \right) \cdot \left( 1 + \frac{k_n}{k_{cc}} \right) = c \cdot \left( \frac{1}{k_{sec}} + \frac{1}{k_{cc}} \right)$  with set to, the output formula:

$$F + \tau_\varepsilon \frac{dF}{dt} = k_\varepsilon \cdot \left[ x + \tau_\sigma \cdot \frac{dx}{dt} \right] \quad (2)$$

This equation is A. Hill's equation is that the rate of contraction of a muscle by force of opacugaru represents a bond, and as seen from the equation, muscle strength changes slowly through  $\tau_\varepsilon$  the time constant to a new level.

A large number of biophysical studies have shown that the kupa, the contracting (contractile) component (CC) of the  $c$  squash dempfer coefficient is parallel to the elastic component (PEC), the successive elastic component (SEC) of the  $k$  bicrlık (elastic) coefficients of the muscle and tendon fibers of the temperature  $T$ , the contraction rate of  $v$  and the length  $x$  of the muscle  $c=f(T, v, x)$  and  $k_{cc, sec} = f(T, v, x)$ . In addition, an increase in the time of loading the muscles leads to a decrease in the strength that formed them.

As described in the Romert Hyperbola (Picture. 2) (data shown as the average value of the standard deviation (SD = standard deviation)), skeletal muscles can withstand sufficiently strong static loads only for a limited time. The absissa in this graph is given the maximum mechanical force (in percent) that is generated when the muscles contract or tense, while the ordinate ykuga is given the time to be in a contracted or tense position for the muscles to generate strength. For a load with a maximum value of less than 1500, the muscle fatigue time is much greater (not indicated on the graph), but still not infinite.



**Picture 2.** Muscle static mode force curve-Romert Hyperbola

Muscle fatigue is caused by metabolic changes in the muscles, deterioration of the mechanisms of its activation (braking, fatigue). Strength can be reduced due to several metabolic factors that make it difficult for muscle tendons to bond and separate. These factors are caused by the formation of lactic acid in the fibers, an increase in phosphate levels and a decrease in creatine phosphate.

Increasing blood pressure within a muscle to higher than maximum pressure limits blood flow, which reduces the amount of oxygen flow to the muscle (i.e. leads to muscle ischemia), and also slows down the process of releasing metabolic products from the muscle.

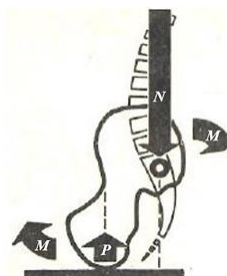
According to brugerr's theory, most diseases of the musculoskeletal system are not direct diseases associated with it, but the protection of the Central and peripheral nervous system [5]. These protective mechanisms are activated when there is not enough load on the structures of the musculoskeletal system. Such a constantly working non-rational load disrupts the potential for the restoration of "overloaded" structures, and only functional disorders develop at the initial stage. Subsequently, structural changes may develop if they are not eliminated. In the medical literature, it is noted that computer users have long-term static load syndrome, which can lead to curvature of the spine, hands, neck, back pain and other diseases, issues of the influence of static disorders of the human musculoskeletal system on the biomechanical properties of muscles are raised [6].

Currently, the study of these problems continues in two directions: the design of the workplace in which the computer is installed, and then its development in terms of ergonomic feasibility, as well as the study of a complex of external and internal reasons, the origin of various unpleasant situations during prolonged work at the computer, as well as issues of violation of the spatial.

According to a number of experts [7, 8, 9], if working conditions require maintaining the static state of the upper body for a long time, it is necessary to take into account the load on the muscle groups that provide it. G.G. According to demirchoglyan [6], working too much in front of the computer can cause neck pain, back pain, osteochondrosis and various other diseases, so that the chair for workers in front of the computer should be equipped with shovels, lower back and armrests and adjusted in a comfortable position. No matter how comfortable it is for a person to sit in front of a computer, the "working day" in front of the screen should not exceed six hours, and at the same time, breaks and short-term physical education exercises should be performed every two hours. Consideration of the "sitting" biomechanics of the posture of work directly depends on the location of the column of the spine, the determination of the mechanism for creating a mechanical load on the discs between the spine when deviating from the rational position when working at a computer [8].

Rock S.M. [5] in his opinion, the configuration in a sitting position is characterized by balanced physiological curves of the column of the spine, the axis of the spine is decisive as the support of the human body. According to the author, three wheels form a biomechanical basis for the optimal configuration of the shovel and lumbar part.

In the correct working position, the load on the front and rear parts of the discs between the spine is approximately the same [10].



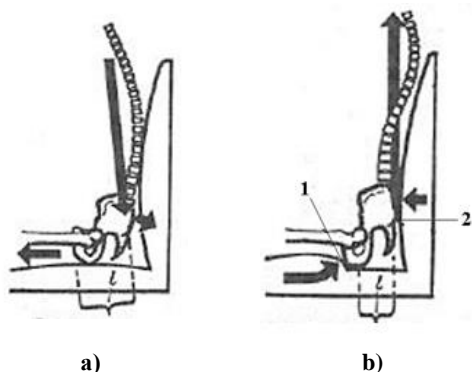
**Picture 3.** Formation of torque  $M$  in a sitting position

$M$ - torque,  $N$ - elasticity strength,  $P$ - base strength reaction

A number of authors [9] tend to consider the movements of the column of the spine as deformations of a solid, in which the force of elasticity  $N$  occurs, arising from the electromagnetic interaction between atoms and molecules of substances, seeking to restore the previous shape of the body, and contradicting the force of pressure on the  $P$  support of the spinal column.

In users of videoterminals or computer monitors, the position of tilting the body forward is most often observed, in this position they bend forward, and the upper part of the body, bending the center of gravity, brings the eyes closer to the reference surface on the monitor. In a sitting position without a backrest, the weight that falls on the lumbar region increases due to the forces arising from the weight of the body in the upper parts. As a result, the moment of a person's transformation into the pelvis is affected, which, when the muscles relax, leads to the rotation of the pelvis, moving forward and turning the body back. In this position, the forces acting on the lumbar region increase, which leads to a load of discs between the spine. The effect of this moment can be neutralized to some extent by means of a backrest [10].

Depending on the results of the video chrometry [2], video terminals or computer monitors can withstand 85-90% of the day (daytime) time zone change, while their angle of inclination should not exceed  $20^{\circ}$ .



**Picture 4. Impact of seat profile on posture**  
a - flat seat (there is a slip); b - recessed seat (no slip); 1-base pad; 2-swing.

In a flat seat course, the weight of the upper body creates a rotational moment that affects the pelvis, which causes the torso to move forward and the spine column to bend; this position is uncomfortable and often leads to injury or pain in the lower back and pelvis. The seat has a base cushion course, reducing the forward movement of the torso. The backrest in the lumbar area holds the pelvis in an anatomically correct position [10].

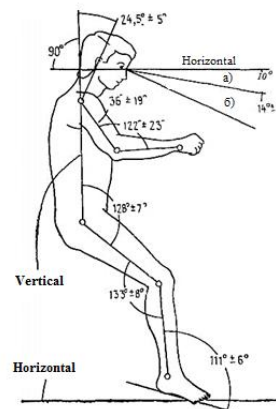
Studying the dynamics of the working position while sitting with the body bent back, it should be noted that the weight of the upper body parts affects the spine as a result of the fact that during labor activity, users of videoterminals or computer monitors do not lean on the back of their course.

Video terminals or computer monitors can display information on the screen about what is happening to the disk, which moves along the disk in the direction opposite to the direction of rotation of the disk, which leads to an increase in the mass of the disk. when a torque occurs on the axis of rotation, its braking occurs, and when it occurs, braking occurs on the axis of rotation. These muscles are located in the area of the intervertebral disc, that is, between the nuclei of the spinal column, and therefore their strength

is less than gravity. Thus, when the body rotates relative to the axis of rotation (axis of rotation), the angle of inclination of the axis of rotation relative to the axis of rotation is equal to the modulus of the abscissa of the center of mass, as a result of which the angle of inclination of the axis of rotation becomes equal to the angle of inclination of the axis of rotation.

It is known that a change in the state of a person's posture (lying, standing, sitting, bent, squatting, etc.) leads to a change in the direction of the vectors of the gravitational forces (gravity forces) of the biosensors of the musculoskeletal apparatus. The result is also a change in the load on the muscles, which are activated in ensuring a certain position of the musculoskeletal system. Regardless of the state of the torso in the inertial counting system, the gravitational forces of the biozvenos of the musculoskeletal apparatus are always involved, and they are considered external forces of influence. Therefore, in any posture, a certain group of muscles of the musculoskeletal apparatus of a person is influenced by statistical loading. The greater the weight of the biosvenos of the musculoskeletal apparatus, that is, the surface on which they receive the force of gravity, the less the static force that arises from the isometric contraction of the muscles.

In the case of "weightlessness", which leads to a sharp decrease in the effect of the forces of Biozvenolar gravity, the perceived form of the human torso, the "neutral position" of the torso clearly demonstrates this. The shape that a person receives in a state of "weightlessness" (Picture 5) resembles the 900 turn position of The Shape of the torso that a person swimming in water receives, the reason is that in the water the gravitational forces acting on the muscles of a person are sharply reduced, and the muscles switch to a mode in the form of a "neutral position".

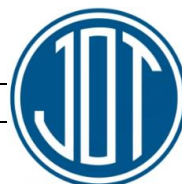


**Picture 5. The body's acceptance of a "neutral position" in balance**

a)  $g=9,8 \text{ m/s}^2$  when the direction of vision; b)  $g=0$  when the direction of vision

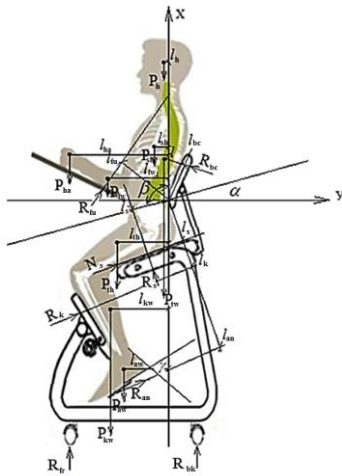
This condition is also known as a condition that helps define contours called "Light chairs". This "neutral" condition may be a condition in which there is a minimum muscle strength that affects parts of the body that are in balance [11].

Reducing the load on the muscles of the human musculoskeletal system associated with the state of the body allows you to dramatically reduce the static load on the posture of users of videoterminals or computer monitors in a sitting position. That is why it is necessary to ensure the balance of the reaction forces of the gravitational and course



parts of the biosvenos of the human body musculoskeletal apparatus sitting on the stool in order to bring the state of the torso, which users of videoterminals or computer monitors receive for a long time during the daily work (day) shift, closer to the "neutral state". This can be ensured by analyzing the equilibrium conditions of the reaction forces (which provide the state of the torso) of the individual base parts of the course of their resistance, that is, in the opposite direction to the gravitational forces of their biosvenos in the sitting position in the course of users of videoterminals or computer monitors. Therefore, a physical (statistical) model has been developed that allows users of videoterminals or computer monitors to carry out a theoretical analysis of the conditions of ensuring that their sitting position is close to a "neutral position" and its mathematical model has been created.

In the following view, a physical model of the "man-operator" system was developed.



Picture 6. Physical model of the "human-operator" system

In the development of the physical model of the "human-operator" system, the following assumptions were made:

- the right and left parts of the human body, divided according to the saggital plane, have equal weight values;
- the values of the weights of the right leg and arm and the left leg and arm are equal;
- the internal friction forces of the joints of the biosensors of the musculoskeletal apparatus are not involved in maintaining or changing balance;
- the participation of the strength of the muscles of the musculoskeletal system in ensuring the "neutral position" pose of the human body has a minimum value or is close to zero;
- the change in the position of the human head does not form the tension of the muscles of the lower biosvenos of the musculoskeletal apparatus;
- in the "neutral position" pose, the coordinates of the Centers of gravity of the right and left biosvenos of a person do not change in relation to the counting point, axes and planes;
- individual parts of the chair and the work table are fully accepted for the weights of the biosvenos of the musculoskeletal system.

It is known that the mathematical model of the equilibrium condition of ensuring the neutral state of the "human-operator" posture while sitting at the human course is represented by the following equations:

$$\sum_{i=1}^n F_{xi} = 0 \quad \sum_{i=1}^n F_{yi} = 0 \quad \sum_{i=1}^n M_{oi} = 0 \quad (3)$$

To determine the equilibrium conditions of the "human-operator" body based on the developed physical model, it is necessary to write the equation of forces acting on the horizontal (abssissa) axis in the form:

$$\begin{aligned} -P_h - P_{tw} - P_{sh} - P_{fw} - P_{ha} - P_{th} - P_{kw} - P_{aw} \\ + R_{fu} \sin \alpha_{fu} + R_{bc} \sin \alpha_{bc} + \\ + N_s \sin \alpha_s + R_k \sin \alpha_k + R_s \cos \alpha_s + R_{an} \cos \alpha_{an} \\ + R_{fr} + R_{bk} = 0, \quad (4) \end{aligned}$$

in this  $P_h$  – head weight strength,  $P_{tw}$  – thorax (chest) weight strength,  $P_{sh}$  – shoulder weight strength,  $P_{fw}$  – forearm weight strength,  $P_{ha}$  – hand weight strength,  $P_{th}$  – thigh weight strength,  $P_{kw}$  – knee weight strength,  $P_{aw}$  – ankle weight strength,  $R_{fu}$  – forearm underarm trigger reaction force,  $R_{bc}$  – backrest reaction force,  $N_s$  seat-human friction force,  $R_k$  – knee brace reaction force,  $R_s$  – seat reaction force,  $R_{an}$  – ankle awns spring heap reaction,  $R_{fr}$  – front base wheel reaction force,  $R_{bk}$  – back base wheel reaction force,  $N$ .

(4) from the formula, the conditions for the balance of the external forces of the "human-operator" in a sitting position on the course on the vertical plane are given.

The forearm underarm trigger reaction force, equal to or greater than the sum of the shoulder, forearm and hand weight forces, ensures that they are in balance without the participation of muscle forces, i.e.:

$$R_{fu} \geq (P_{sh} + P_{fw} + P_{ha}) \cos \alpha_{fu} \quad (5)$$

The resistance force of the seat reaction force of the stool is equal to or greater than the vertical organizer of the sum of the forces of the head, torso, thigh, calf and stem weight, sharply reduced the participation of muscle strength in ensuring their balance:

$$R_s \geq (P_h + P_{tw} + P_{th} + P_{kw} + P_{aw}) \cos \alpha_{fu} \quad (6)$$

The resistance force of the stool backrest is equal to or greater than the horizontal organizer of the sum of the weight forces of the head, torso, shoulder, forearm and palm provides a sharp decrease in the strength of the muscles involved in this posture:

$$R_{bc} \geq (P_h + P_{th} + P_{kw} + P_{fw} + P_{ha}) \sin \alpha_c \quad (7)$$

The sum of the reaction force of the knee brace and the resistance force of the seat to the glide of the torso does not require that the head, torso, thigh, calf and stem be equal to or greater than the sum of the weight forces, that the muscles involved in maintaining the posture are in a tense pull and contraction mode, that is,:

$$(R_k + N_s) \geq (P_h + P_{tw} + P_{th} + P_{kw} + P_{aw}) \sin \alpha_s \quad (8)$$

The deformation force of the spring stirrup, which compensates the weight force of the STEM and calf, is equal to or greater than the vertical organizer of the sum of the forces of the weights of the calf and the stem, sharply reduces the strength of the muscles that hold the position of the legs:

$$R_{an} \geq (P_{kw} + P_{aw}) \cos \alpha_s \quad (9)$$

The equilibrium formula of the forces acting in the direction perpendicular to the vertical (ordinate) axis in the physical model is expressed as follows:

$$-R_{bc} \cos \alpha_s + (R_k + N_s) \cos \alpha_s + R_{an} \cos \alpha_s = 0 \quad (10)$$

(10) the formula expresses the conditions under which the balance of the "neutral position" sitting "human-operator" is provided in the horizontal plane.





The course of the reaction force of the knee brace, the strength of the seat's resistance to gliding on the torso, the sum of the deforming force of the spring stirrup armrest greater than or equal to the reaction force of the dispatcher provides a sharp reduction in the strength of the muscles involved in maintaining the posture:

$$R_k + N_s + R_{an} \geq R_{bc} \quad (11)$$

The moments of force acting on the posture of the "man-operator" in a sitting position in the chair of the "neutral position" are expressed as follows:

$$R_{an} \geq (P_h + P_{tw} + P_{th} + P_{kw} + P_{aw}) \quad (12)$$

The balance conditions of the torques are expressed by the balances of the clockwise and counterclockwise torques, and the fulfillment of these conditions requires the minimum values of the muscle forces involved in maintaining the body position of the "human-operator":

$$\begin{aligned} & -P_h \cdot l_h - P_{sh} \cdot l_{sh} - P_{tw} \cdot l_{tw} - P_{fw} \cdot l_{fw} - P_{ha} \cdot \\ & l_{ha} - P_{th} \cdot l_{th} - P_{kw} \cdot l_{kw} - P_{aw} \cdot l_{aw} - R_{bc} \cdot l_{bc} + R_{fu} \cdot \\ & l_{fu} - N_s \cdot l_s - R_k \cdot l_k + R_{an} \cdot l_{an} + R_{fr} \cdot l_{fr} + R_{bk} \cdot \\ & l_{bk} = 0 \quad (13) \end{aligned}$$

$$R_{fu} \cdot l_{fu} \geq P_{sh} \cdot l_{sh} + P_{fw} \cdot l_{fw} + P_{ha} \cdot l_{ha} + R_{bc} \cdot l_{bc} \quad (14)$$

$$P_{fr} \cdot l_{fr} \geq P_h \cdot l_h + P_{tw} \cdot l_{tw} + P_{kw} \cdot l_{kw} + P_{aw} \cdot l_{aw} + N_s \cdot l_s - R_k \cdot l_k + R_{an} \cdot l_{an} + R_{bk} \cdot l_{bk}$$

### 3. Conclusion

A theoretical analysis was conducted on the basis of the developed models, the equations of the balance conditions of the forces in the physical model made it possible to create a mathematical model. Through the analysis of the created mathematical model, the conditions for the minimum force of contraction of the muscles of the human locomotor apparatus involved in maintaining the body position during the work process while sitting were determined. The conditions obtained on the basis of the defined mathematical model are used in the development of the model of the course layout, which allows to ensure the "neutral position" of the human body, and to calculate the values of the project parameters.

### References

[1] Sulaymanov S., Kamilov X. Developing a method for attesting of working condition (In example of «uzbekistan railways» joint-stock company single dispatching center) //Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2019. – T. 11. – №. 7. – pp. 865-869.

[2] Sulaymanov S., Kamilov K. M. Analysis of video monitoring of results of labor activities of train dispatcher (as a traffic dispatcher of the single dispatch center of the joint-stock company "Uzbekistan temir yollari.") //Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers. – 2019. – T. 15. – №. 2. – pp. 198-201.

[3] German, I. A physical organism is a human being. Per. S Engl.: Nauchnoe izdanie / I. German // Dolgoprudny: Izdatelsky Dom "Intellect". - 2011. - pp. 344-369. ISBN 978-5-91559-057-0.

[4] Sulaymanov, S.S., Narziev, Sh.M. Sports injuries: socio-economic consequences, accounting, forecasting, prevention [Text]: monograph / S.S. Sulaymanov, Sh.M. Narziev // - Tashkent: Thought. - 2020. - pp. 62-96.

[5] Rok, S.M. Functional diseases of the musculoskeletal system and their correction by the Brugger method [Text] / Ts.M. Rok // Physical therapy and Massage. - 2003. - No. 3. – pp. 28-32.

[6] Kozyukov, E.V. Biomechanical determination of the spatial position of the spinal column in children [Text] / E.V. Kozyukov // Spine surgery. – 2004. - No. 1. – pp. 74-77.

[7] Shulyak, A.S. The influence of prolonged computer work on human health / A.S. Shulyak // Youth and medical science in the XXI century: proceedings of the xvth Scientific and Practical Conference of Students and young scientists with international participation on April 16-18, 2014 / Edited by I.V. Sheshunov, N.K. Mazina, Yu.V. Kislitsyna – Kirov: Kirov State Medical Academy. 2014. – pp. 456-457.

[8] Nosko, N.A. Study of the formation of the human vertebral column [Text] / N.A. Nosko // Physical education of various population groups, physical rehabilitation, health and therapeutic physical culture. – 2002. - No. 2. – pp. 53-57.

[9] Nechaev, V. I. Functional anatomy of the spine through the eyes of a chiropractor and a normal anatomist [Text] / V.I. Nechaev // Physical education of various population groups, physical rehabilitation, health and therapeutic physical culture. – 2006. - No. 4. – pp. 86-89.

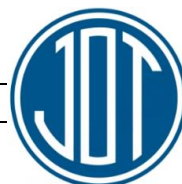
[10] Aruin, A. S., Zatsiorsky, V.M. Ergonomic biomechanics /A.S. Aruin, V.M. Zatsiorsky // Book. – 1989. No.3442. - - Moscow: Mashinostroenie. – pp. 60-92. - ISBN 5-217-00509-2.

[11] Kremer, K., Chaffin, D, Ayoub, M. The human factor. In 6 t. t. 5. Ergonomic fundamentals of workplace design: Translated from English / K. Kremer, D. Chaffin, M. Ayub, etc. // - Moscow: Mir. 1992. – pp. 43-45.

### Information about the authors

Khasan Kamilov Associate Professor of the Department of "Technosphere Security" of Tashkent State Transport University, (PhD), E-mail: [xasan-kamilov@mail.ru](mailto:xasan-kamilov@mail.ru) Tel.: +998977209944 <https://orcid.org/0009-0009-2998-3964>

Sunnatulla Sulaymanov Professor of the Department of "Technosphere Security" of Tashkent State Transport University, Doctor of Philosophy, Professor. E-mail: [ssulayman@mail.ru](mailto:ssulayman@mail.ru) Tel.: +998977755179 <https://orcid.org/0000-0001-5275-5200>



## Methodological basis for the use of additives for the production of complex modified cement binders

V.M. Soy<sup>1</sup>, N.R. Mukhammadiev<sup>1</sup><sup>a</sup>, D.F. Abdullaeva<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** The results of theoretical and experimental research on the development of a scientifically based methodology for prescribing plasticizing chemical additives and mineral fillers in the selection of compositions of complex modified concrete (CMC) at the stage of their design are presented. A classification of plasticizing additives is proposed according to the degree of reduction in the surface tension of water upon their introduction and the activity of mineral additives according to the indicator of reduced hydration activity, which makes it possible to obtain highly economical BMPs with the required properties.

**Keywords:** concrete, classification of additives, modification, plasticizer, mineral filler, surface tension, adsorption centers, hydration activity

## Методологические основы применения добавок для получения комплексно-модифицированных цементных вяжущих

Цой В.М.<sup>1</sup>, Мухаммадиев Н.Р.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Абдуллаева Д.Ф.<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

**Аннотация:** Приведены результаты теоретико-экспериментальных исследований по разработке научно обоснованной методики назначения пластифицирующих химических добавок и минеральных наполнителей при подборе составов комплексно-модифицированных бетонов (КМБ) на этапе их проектирования. Предложена классификация пластифицирующих добавок по степени снижения поверхностного натяжения воды при их введении и активности минеральных добавок по показателю приведенной гидратационной активности, позволяющие получать высокоэкономичных КМБ с требуемыми показателями свойств.

**Ключевые слова:** бетон, классификация добавок, модификация, пластификатор, минеральный наполнитель, поверхностное натяжение, центры адсорбции, гидратационная активность

### 1. Введение

В настоящее время бетон окончательно утвердился в качестве основного строительного материала в мировой практике строительства. Этому способствовали такие его основные достоинства, как широкий комплекс свойств, высокая технологичность, доступность сырьевой базы, архитектурная привлекательность, универсальность применения, экологичность и экономичность [1].

Вместе с тем за последние десятилетия наблюдается революционный характер развития бетоноведения, проявляющийся в появлении новых видов бетона с уникальными свойствами, получившими название бетонов нового поколения (БНП).

К бетонам нового поколения относятся high performance concrete (HPC), отличительной чертой которых является достижение ими максимальных показателей технологичности, прочности, плотности и долговечности [2]. Согласно [3], HPC – это инженерный материал, в котором одно или несколько его


специфических свойств улучшены путем обоснованного подбора компонентов, проектирования состава и ухода за твердеющим бетоном.

Ярким примером композитов нового поколения являются современные бетоны, реализованные в Научно-исследовательском институте бетона и железобетона (НИИЖБ, Россия) [4]. В этих материалах блестяще реализуются потенциальные функциональные свойства компонентов бетонных смесей и бетонов. Чрезвычайно высокие возможности бетона и железобетона реализованы авторами в технологиях reactive powder concrete (RPC), а также macrodefect free concrete (MDC) [4].

Во Франции и США в практике строительства широко применяется технология ультрафункциональных бетонов (UHPC), которые отличаются высокой прочностью на сжатие ( $\sigma_c$  200 МПа) и на изгиб ( $\sigma_b$  50 МПа) [5, 6].

К разряду БНП относится и self-compacting concrete (SCC). В таких бетонах кардинально решена главная технологическая задача, связанная с минимизацией материальных, энергетических и трудовых ресурсов при достижении заданных свойств бетона [6, 7].

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0004-2390-6961>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3691-1079>



В отечественной практике бетоноведения к бетонам нового поколения относятся и многокомпонентные высококачественные бетоны (МВБ), разработанные коллективом авторов под руководством д.т.н., проф. А.И. Адылходжаева [8]. Эти бетоны содержат в своем составе золу-уноса ТЭС, суперпластифицирующую добавку JK-08 и отличаются высокими прочностными и эксплуатационными свойствами.

## 2. Методология исследования

Как известно, подбор составов традиционных бетонов без добавок не составляет большого труда, методики их расчета являются классическими и приведены в учебниках и учебных пособиях по строительному материаловедению [9]. Отличительной особенностью модифицированных бетонов (МБ) является наличие в их составе пластифицирующей химической добавки или тонкодисперсного минерального наполнителя, методика назначения составов с их использованием также отражено в учебных и научных публикациях [10, 11].

Что касается комплексно-модифицированных бетонов (КМБ), то необходимо отметить, что несмотря на большое количество научных трудов, посвященных этому виду бетонов, вопрос разработки методики подбора их состава с назначением рационального вида минеральных наполнителей в комплексе с пластифицирующими химическими добавками практически остается неизученным.

Авторами статьи впервые сделана попытка разработки научно обоснованной методики выбора минеральных наполнителей и пластифицирующих химических добавок для КМБ.

По предлагаемой методике оценка пластифицирующих химических добавок производится по критерию, представляющему собой степень снижения поверхностного натяжения воды при их введении.

В основу такого подхода положена способность пластифицирующей добавки снижать показатель поверхностного натяжения воды при определенной температуре раствора. По нашему мнению, технологические параметры приготовления, количество вводимого наполнителя и свойства активируемого наполненного вяжущего и бетона существенно зависят от химического состава, строения и пластифицирующей способности вводимой добавки.

Для экспериментальных исследований были приняты следующие виды местных и наиболее доступных пластифицирующих химических добавок и соответствующие им пределы дозировок в процентах от массы цемента (на сухое вещество): лигносульфонат технический (ЛСТ) – (0,10-0,25)%, кубовая жидкость натрий-карбоксиметилцеллюлозы (КНЖ) – (0,3-0,9)%, сточные воды капролактама (СВК) – (0,3-0,9)%, суперпластификатор С-3 – (0,3-0,9)% [12].

На первом этапе исследований изучалось влияние химических добавок на степень снижения поверхностного натяжения воды по методике [11]. В результате проведенных экспериментов были получены изотермы поверхностного натяжения водных растворов химических добавок в зависимости от их дозировки (рис. 1), представляющие собой семейство

ниспадающих кривых с явно выраженной зоной перехода от вертикального к наклонному и горизонтальному участкам.

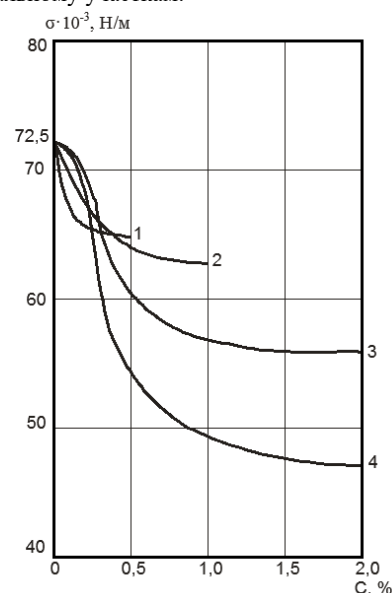
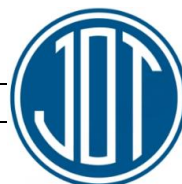


Рис. 1. Изотермы (при  $t = 200\text{C}$ ) поверхностного натяжения  $\sigma$  химических добавок в зависимости от их концентрации  $C$  в водном растворе  
1, 2, 3, 4 – химические добавки ЛСТ, КЖН, СВК, С-3

Такой вид кривых на рис. 1 объясняется тем, что, в соответствии с уравнением Гиббса [13], при увеличении концентрации химических добавок возрастает их содержание на межфазной поверхности, приводящее к снижению поверхностного натяжения водных растворов. Причем при малых концентрациях химических добавок эффект снижения поверхностного натяжения водных растворов более значителен, чем при повышенных дозировках. Характерная же область на изотермах, относящаяся к переходу от вертикального к горизонтальному участку снижения величины  $\sigma$ , свидетельствует о предельном насыщении адсорбционного слоя молекулами химических добавок, которая, как было установлено, соответствует области их рациональных концентраций.

Таким образом, изотермы изменения поверхностного натяжения от концентрации водных растворов химических добавок могут быть положены в основу их характеристики по степени пластифицирующей способности и, следовательно, по их поверхностно-активным свойствам – чем ниже расположена изотерма поверхностного натяжения, тем сильнее проявляется пластифицирующая способность добавки. Более того, области рациональных дозировок химических добавок можно охарактеризовать относительным показателем поверхностного натяжения, представляющим собой отношение величины поверхностного натяжения при предельном насыщении адсорбционного слоя молекулами химической добавки к поверхностному натяжению раствора без добавки. В частности, для исследуемых добавок показатель составляет следующие значения: ЛСТ – 0,90-0,92; КНЖ – 0,88-0,90; СВК – 0,78-0,80; С-3 – 0,67-0,70.



### 3. Результаты

Анализ полученных значений относительного показателя поверхностного натяжения позволяет предложить классификацию химических добавок по эффекту пластификации с учетом их поверхностно-активных свойств, приведенную в табл. 1.

Таблица 1

#### Классификация пластифицирующих химических добавок по поверхностно-активным свойствам

Относительный показатель поверхностного натяжения $\bar{\sigma}$ , отн. ед.	Характеристика добавки по эффекту пластификации
$\bar{\sigma} > 0,95$	Слабый пластификатор
$0,85 < \bar{\sigma} \leq 0,95$	Средний пластификатор
$0,75 < \bar{\sigma} \leq 0,85$	Сильный пластификатор
$\bar{\sigma} \leq 0,75$	Суперпластификатор

Применительно к исследуемым химическим добавкам относительный показатель поверхностного натяжения позволяет расположить изученные нами добавки в следующий убывающий ряд по эффекту пластификации: С-3 > СВК > КНЖ ≥ ЛСТ, характеризующий снижение их пластифицирующей способности.

Целесообразность такой классификации пластифицирующих химических добавок заключается в том, что их эффективность оценивается по конкретному численному значению показателя – относительному показателю поверхностного натяжения, аналог которого может быть использован и при научно-обоснованном выборе для цементных бетонов дисперсных минеральных наполнителей.

В предлагаемой методике выбора минеральных добавок для КМБ используется классификация наполнителей для цементных бетонов по показателю их гидратационной активности [14-16], позволяющему наиболее точно оценить вклад поверхностной активности минеральных наполнителей на ход течения процессов, протекающих в гидратируемой системе.

В основе определения показателя гидратационной активности минеральных наполнителей используются экспериментально полученные графические зависимости распределения на их поверхности центров адсорбции  $q$  в зависимости от константы кислотности  $pK_a$ , показанные на рис. 2 для базальтового наполнителя (1) и золы-уноса ТЭС (2).

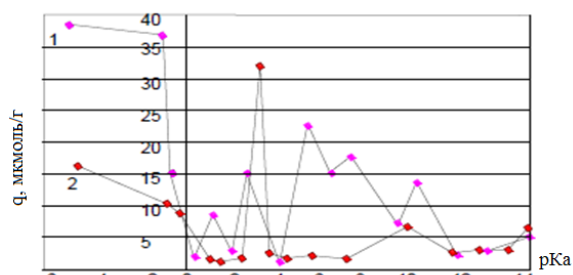


Рис. 2. Распределение центров адсорбции  $q$  на поверхности базальтового наполнителя (1) и золы-уноса ТЭС (2) в зависимости от константы кислотности  $pK_a$

Таблица 2  
Содержание центров адсорбции на поверхности минеральных наполнителей

№ п/п	Минеральный наполнитель	Количество центров $P_i \cdot 10^3$ , мг-экв/г, в диапазонах значений $pK_a$				Общее количество центров, мг-экв/г
		- 4... 0	0... 7	7... 13	$\geq 13$	
		$P_{ol}$	$P_{kb}$	$P_{ob}$	$P_{kl}$	
1	Песок кварцевый	8,04	9,11	8,75	1,88	27,78
2	Песок барханный	4,12	7,08	9,95	1,07	22,22
3	Глиеж	13,22	16,47	10,08	2,87	42,64
4	Базальт	23,41	22,15	11,16	1,96	58,68
5	ОЭП	41,18	5,48	9,34	1,14	57,14
6	ОМП	6,61	23,88	16,37	4,32	51,18
7	Зола-уноса ТЭС	43,14	27,61	11,77	5,32	87,84
8	ЦП	102,08	24,88	12,62	2,14	141,72

Примечания. 1. Сокращения: ОЭП – отходы электроплавильного производства; ОМП – отходы медеплавильного производства; ЦП – цеолитсодержащая порода. 2. Общее количество центров составляет  $P = P_{kb} + P_{kl} + P_{ol} + P_{ob}$ . 3. ЦП – цеолитсодержащая порода

Для оценки поверхностных свойств минеральных наполнителей представляется целесообразным использовать обобщенное критерия – показателя приведенной гидратационной активности  $P_{pga}$ , рассчитываемого по формуле

$$P_{pga} = P_{kb} + P_{kl} + 0,33P_{ol} - 0,1P_{ob}, \quad (1)$$

где  $P_{kb}$ ,  $P_{kl}$ ,  $P_{ol}$ ,  $P_{ob}$  – количество центров адсорбции соответственно в областях  $0 \leq pK_a < 7$ ;  $pK_a \geq 13,0$ ;  $-4 < pK_a < 0$ ;  $7,0 \leq pK_a < 13$  в 10-3 мг-экв/г.

Данный критерий, характеризующий кислотно-основные свойства поверхности минеральных наполнителей, позволяет научно-обосновано классифицировать минеральные наполнители по степени их воздействия на цементные системы.

В общем случае предлагается следующая классификация минеральных наполнителей по критерию  $P_{pga}$  – показателю приведенной гидратационной активности, характеризующему потенциальную их эффективность в цементных системах, оцениваемую сокращением расхода цемента (табл. 3).





**Таблица 3**  
Классификация минеральных наполнителей по показателю приведенной гидратационной активности  $R_{pга}$

№ п/п	Тип минерального наполнителя	Значения критерия $R_{pга}$ , отн. ед.	Сокращение расхода цемента, %
1	Слабоактивный	$0 \leq R_{pга} < 10$	До 10
2	Среднеактивный	$10 \leq R_{pга} < 25$	10-20
3	Сильноактивный	$25 \leq R_{pга} < 50$	20-30
4	Суперактивный	$R_{pга} \geq 50$	30-50

Для использованных в исследованиях минеральных наполнителей показатели приведенной гидратационной активности  $R_{pга}$  приведены в табл. 4.

**Таблица 4**  
Значения критерия  $R_{pга}$  для минеральных наполнителей

№ п/п	Минеральный наполнитель	Значения $R_{pга}$ , отн. ед.				Преобразованные данные	Критери
		$R_{ol}$	$R_{kb}$	$R_{ob}$	$R_{kl}$		
1	Песок Кварцев	8,04	9,11	8,75	1,88	2,65	12,77
2	Песок барханный	4,12	7,08	9,95	1,07	1,36	8,52
3	Глиеж	13,22	16,47	10,08	2,87	4,36	22,39
4	Базальт	23,41	22,15	11,16	1,96	7,72	30,71
5	ОЭП	41,18	5,48	9,34	1,14	13,59	19,28
6	ОМП	6,61	23,88	16,37	4,32	2,18	28,74
7	Зола-уноса	43,14	27,61	11,77	5,32	14,23	46,68
8	ЦП	102,0	24,88	12,62	2,14	33,68	59,44

Примечание: ОЭП – отходы электроплавильного производства; ОМП – отходы медеплавильного производства; ЦП – цеолитсодержащая порода

Сравнительный анализ приведенных в табл. 4 минеральных наполнителей по критерию  $R_{pга}$  позволяет выполнить для них ранжировку эффективности в цементных системах и охарактеризовать их по степени активности: песок барханный – слабоактивный; песок кварцевый, глиеж, ОЭП – среднеактивные; базальт, ОМП, зола-уноса Ангреной ТЭС – сильноактивная и цеолитсодержащая порода – суперактивная.

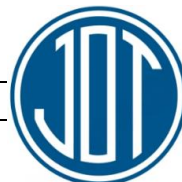
Разработанная классификация минеральных наполнителей по предложенному критерию оценки кислотно-основных свойств поверхности минеральных наполнителей  $R_{pга}$  показала высокую сходимость полученных данных с результатами ранее выполненных исследований с позиции оценки их эффективности при проектировании различных видов цементных бетонов и растворов, что позволило положить ее в основу разработанной методики научно обоснованного выбора этих добавок для получения рациональных составов КМБ [16].

## 4. Заключение

Предложенная классификация пластифицирующих добавок по относительному показателю поверхностного натяжения и минеральных наполнителей по их поверхностно-активным свойствам позволила ранжировать такие модификаторы соответственно по пластифицирующему эффекту и активности, которая служит основанием для научно-обоснованного выбора модификаторов при получении, в частности, высокоэкономичных КМБ с требуемыми показателями свойств.

## Использованная литература / References

- [1] Ушеров-Маршак А.В. Современный бетон и его технологии / Сб. «Бетон и железобетон». СПб, Изд. «Славутич», 2009, с. 20-24.
- [2] Aitchin P.-C., Neville A. High-Performance Concrete Demystified. Coner. Intern. 1993, Vol. 15, №1, p. 21-26.
- [3] Edvard G., Nawy P. Fundaments of High Performanse Concrete. Sec. ed. Willy. 2001. – 302p.
- [4] Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. 2-ое изд.- М.: 1998. – 768 с.
- [5] Walraven J. Concrete for a new centure / Proc. of the 1st fib congress, 2006, p. 11-22.
- [6] Баженов Ю.М. Технология бетонов XXI века / Академические чтения РААСН. Новые научные направления строительного материаловедения. Часть 1. Белгород, 2005. С.9-20.
- [7] Hillemeiez B., Buchenau G., Herr R. Spezialbeton, Betonkalander 2006/1, Ernst Sbh, p. 534-549.
- [8] Адилходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. и др. Инновационные материалы и технологии в строительстве/ Монография под общ ред.



Адильходжаева А.И., Т.: «Фан ва технология», 2016. – 292 с.

[9] Рыбьев И.А. Строительное материаловедение / Учеб. Пособие для ВУЗов –М: Высшая школа, 2004. – 701 с.

[10] Баженов Ю.М. Технология бетона/ Ю.М.Баженов.-М.:Изд.АСВ,2011. – 524 с.

[11] Дворкин Л.В. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. -К.: «Будивельник», 1991. – 136 с.с.

[12] Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1998. – 768 с.

[13] Хаскова Т.Н. Коллоидная химия: Поверхностные явления и дисперсные системы: Учебное пособие / Т.Н.Хаскова, П.М. Кругляков. – Пенза, ПГАСА, 2003. – 152 с. с.

[14] Adylkhodzhaev A.I., Makhamataliev I.M., Kadyrov J. A., Ruzmetov F.Sh. To the Question of the Influence of the Intensity of Active Centers on the Surface of Mineral Fillers on the Properties of Fine-Grained Concrete. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), Volume-8 Issue-9S2, July 2019, ISSN: 2277-3075 (Online), p. 219-222.

[15] Adylkhodzhaev A.I., Makhamataliev I.M., Tsov V. M., Turgaev J.F., Ruzmetov F.Sh. Assessment of Reinforcement Corrosion in High-Filled Ash-Containing Concrete. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), Volume-8 Issue-12, October 2019, ISSN: 2278-3075 (Online), p. 4464-4466.

## Информация об авторах/ Information about the authors

Soy Vladimir Михайлович Ташкентский государственный транспортный университет, кафедра «Строительство зданий и промышленных сооружений», доктор технических наук, профессор.  
E-mail: Volodya\_tsoy@inbox.ru  
Tel.: +998909521576

Mukhammadiev Nematjon Мухаммадиев Нематжон Рахматович Ташкентский государственный транспортный университет, кафедра «Строительство зданий и промышленных сооружений», кандидат технических наук, доцент.  
E-mail: nemat.9108@mail.ru,  
Tel.: +998909111106  
<https://orcid.org/0009-0004-2390-6961>

Abdullaeva Djamilya Фазилидиновна Ташкентский государственный транспортный университет, кафедра «Строительство зданий и промышленных сооружений», докторант.  
E-mail: abdullaeva\_j@tstu.uz  
<https://orcid.org/0000-0003-3691-1079>



## Development of a methodology for predicting the properties of multicomponent high-quality concrete taking into account the surface properties of mineral fillers and structural simulation modeling

V.M. Soy<sup>1</sup>, N.R. Mukhammadiev<sup>1</sup><sup>a</sup>, D.F. Abdullaeva<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** The results of theoretical and experimental research on the development of a scientifically based methodology for prescribing plasticizing chemical additives and mineral fillers in the selection of compositions of complex modified concrete (CMC) at the stage of their design are presented. A classification of plasticizing additives is proposed according to the degree of reduction in the surface tension of water upon their introduction and the activity of mineral additives according to the indicator of reduced hydration activity, which makes it possible to obtain highly economical BMPs with the required properties.

**Keywords:** concrete, classification of additives, modification, plasticizer, mineral filler, surface tension, adsorption centers, hydration activity

## Разработка методики прогнозирования свойств многокомпонентных высококачественных бетонов с учетом поверхностных свойств минеральных наполнителей и структурно-имитационного моделирования

Сой В.М.<sup>1</sup>, Мухаммадиев Н.Р.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Абдуллаева Д.Ф.<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

**Аннотация:** Приведены результаты теоретико-экспериментальных исследований по разработке научно обоснованной методики назначения пластифицирующих химических добавок и минеральных наполнителей при подборе составов комплексно-модифицированных бетонов (КМБ) на этапе их проектирования. Предложена классификация пластифицирующих добавок по степени снижения поверхностного натяжения воды при их введении и активности минеральных добавок по показателю приведенной гидратационной активности, позволяющие получать высокоэкономичных КМБ с требуемыми показателями свойств.

**Ключевые слова:** бетон, классификация добавок, модификация, пластификатор, минеральный наполнитель, поверхностное натяжение, центры адсорбции, гидратационная активность

### 1. Введение

Установлено, что для производства плит пустотного настила методом непрерывного безопалубочного формования необходимо использовать бетонные смеси жесткостью около 90 с, что гарантирует сохранение изделием своей формы непосредственно после завершения вибровоздействия на бетонную смесь. Поэтому пространственный каркас следует формировать соответственно принципу подбора рационального зернового состава компонентов.


При подборе состава бетона были приняты во внимание вопросы обеспечения минимального расхода цемента из условий снижения энергоемкости и стоимости смеси, обеспечения удобоукладываемости и снижения дефектов, связанных с обрушением массива, а также с качеством лицевой поверхности [1].

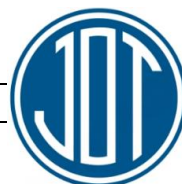
Эффективное производство изделий по данной технологии во многом зависит от полноты вовлечения местных сырьевых материалов. При подборе составов бетонов был использован накопленный опыт оптимизации из условий минимальной пустотности с заменой части традиционного сырья грунтами различной природы и плотности.

Целенаправленная оптимизация зернового состава бетонных смесей была осуществлена за счет наполнителей.

Анализ результатов исследований авторов [1-3] показал, что минеральные наполнители, имеющие центры адсорбций интенсивностей лежащих в области рКА от - 4 до 7 и более 13 способствуют каталитической активизации гидратации цемента. Активные центры минеральных наполнителей в областях рКА от 7 до 13 способствуют ускорению адсорбирования молекул воды из цементного теста, отвлекают тем самым от более глубокого участия в химических взаимодействиях с

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0004-2390-6961>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3691-1079>



вяжущим и тем самым способствуют снижению скорости протекания гидратационных процессов в цементном вяжущем.

Учитывая выше изложенное, нами был предложен новый критерий- «показатель приведенной гидратационной активности», который по нашему мнению позволяет точнее оценить вклад поверхностной активности минеральных наполнителей на ход течения процессов взаимодействий и превращений, протекающих в гидратируемой среде.

**Таблица 1**  
Содержание центров адсорбции поверхности минеральных наполнителей

№ п/п	Наименование минерального наполнителя	Кол-во центров, 10 <sup>3</sup> мг-экв/м <sup>2</sup>				Общее кол-во центров
		0...4	0...7	7...12,8	>12,8	
		P <sub>ol</sub>	P <sub>kb</sub>	P <sub>об</sub>	P <sub>kl</sub>	
1.	Песок Кварцевый	8,04	9,11	8,75	1,88	27,78
2.	Песок барханный	4,12	7,08	9,95	1,07	22,22
3.	Глиеж	13,22	16,47	10,08	2,87	42,64
4.	Базальт	23,41	22,15	11,16	1,96	58,68
5.	Цеолит содержащая порода	102,08	24,88	12,62	2,14	141,72

Предложенный показатель обозначается символом  $P_{pга}$  и определяется по формуле:

$$P_{pга} = P_{kb} + P_{kl} + 0,33P_{ol} - 0,1P_{об}, \text{ где (1)}$$

$P_{kb}$ ,  $P_{kl}$ ,  $P_{ol}$ ,  $P_{об}$  – количество центров адсорбции в областях  $0 < pKa < 7$ ;  $pKa > 13,0$ ;  $-4 < pKa < 0$ ;  $7 < pKa < 13,0$  в 10-3 мг-экв/г. соответственно.

## 2. Методология исследования

Данный критерий, характеризующий кислотно-основные свойства поверхности минеральных наполнителей, позволяет научно-обосновано классифицировать минеральные наполнители по степени их воздействия на цементные системы. В общем случае предлагается следующая классификация минеральных наполнителей по критерию  $P_{pга}$  - показателю приведенной гидратационной активности (табл.2).

**Таблица 2**

Классификация минеральных наполнителей по показателю приведенной гидратационной активности  $P_{pга}$

№ п/п	Вид минерального наполнителя	Значения критерия $P_{pга}$	Потенциальная эффективность в цементных системах, экономия цемента в %
1.	Слабоактивные	от 0 < до <10	До 10%
2.	Среднеактивные	от 10 < до <25	10-20%
3.	Сильноактивные	от 25 < до <50	20-30%
4.	Суперактивные	Свыше до >50	До 50%

Для принятых к исследованию минеральных наполнителей подсчет данного критерия т.е показателя приведенной гидратационной активности представлен в (табл.3).

Сравнительный анализ минеральных наполнителей по критерию  $P_{pга}$  позволяет прогнозировать их эффективность в цементных системах и характеризовать их по степени активности как к примеру: песок барханный-слабоактивный; песок кварцевый, глиеж, ОЭП-средне активный; базальт, ОМП, зола-уноса Ангресской ТЭС- сильно активный и цеолитсодержащую породу – супер активный.

**Таблица 3**

Критерий  $P_{pга}$  в минеральных наполнителях

№ п/п	Наименование минерального наполнителя	Преобразованные данные		Критерий $P_{pга}$	Еу, МПа
		0,33P <sub>об</sub>	0.1P <sub>ol</sub>		
1.	Песок Кварцевый	2,65	0,87	12,77	200
2.	Песок барханный	1,36	0,99	8,52	180
3.	Глиеж	4,36	1,01	22,39	120
4.	Базальт	7,72	1,12	30,71	290
5.	Цеолит содержащая порода	33,68	1,26	59,44	300





Разработанный Патент № IAP 07520 позволяет определить состав наполненных цементных систем с местными минеральными наполнителями, что дает возможность с помощью структурно имитационного

Конструктивные слои из смесей щебеночно-гравийно-песчаных, соответствующих ГОСТ 25607-94 и ГОСТ 3344-83

Материал слоя	Нормативные значения модуля упругости, $E$ , МПа	
Щебеночно-гравийные смеси (С) для покрытий: - непрерывная гранулометрия (ГОСТ 25607) при максимальном размере зерен: $C_1$ - 40 мм	300/280	
	$C_2$ - 20 мм	290/265
Смеси для оснований - непрерывная гранулометрия: $C_3$ - 80 мм	280/240	
	$C_4$ - 80 мм	275/230
	$C_5$ - 40 мм	260/220
	$C_6$ - 20 мм	240/200
	$C_7$ - 20 мм	260/180
Шлаковая щебеночно-песчаная смесь из неактивных и слабоактивных шлаков (ГОСТ 3344)	$C_1$ - 70 мм	275
	$C_2$ - 70 мм	260
	$C_4$ - 40 мм	250
	$C_6$ - 20 мм	210

Рис.1. Геометрические и физические параметры объекта моделирования

Макроструктура бетона строение бетона, видимое глазом или при небольшом увеличении. В макроструктуре бетона различают структурные элементы: крупный заполнитель, песок, цементный камень, воздушные поры. Иногда макроструктура бетона условно принимается из двух составляющих: крупного заполнителя и цементно-песчаного раствора.

Матрица- составляющая двухкомпонентной системы бетона, представляющая растворную часть (на рис.2 основное поле «пластины», изображенное светлыми точками).

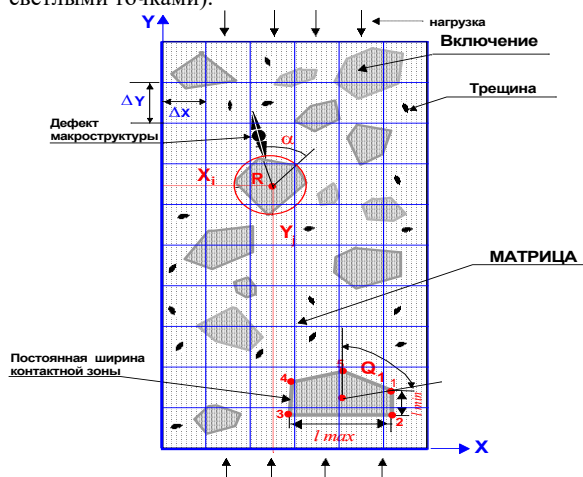


Рис. 2. Моделируемый объект и его компоненты

Физические параметры матрицы: - модуль упругости  $E_m$ , коэффициент Пуассона  $\mu_m$ , критические коэффициенты интенсивности напряжений при нормальном разрыве  $K_{Ic}^I$  и плоском сдвиге  $K_{Ic}^II$  - фиксированные величины.

Начальные дефекты макроструктуры бетона и его компонентов (НДС) - поры с коллинеарными трещинами (рис.2).

Геометрические параметры НДС: -  $r_{ij}$  - радиус поры с координатами  $X_i, Y_j$  - const,  $l_{oij}$  - начальная длина трещины = 0,184г,  $\alpha_{ij}$  - ориентация трещины относительно вектора нагрузки, случайная - величина, подчиняющаяся закону произвольного распределения в интервале от 0 до  $2\pi$ ,  $X_i, Y_j$  - координаты НДС, □ - независимые случайные величины, распределенные

моделирования проектировать бетоны с необходимыми физико- механическими свойствами для технологии безопалубочного формования.

по равномерному закону по площади пластины (моделируемого образца);  $N$  - количество начальных дефектов в поле образца  $N_{\min} = 30$ ).

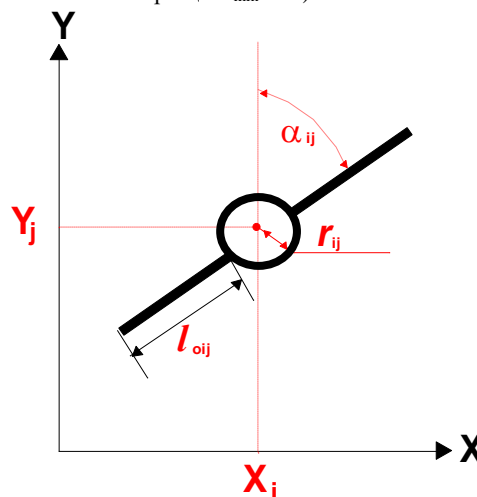


Рис. 3. Геометрические параметры НДС

Включения - зерна крупного заполнителя. Моделируются выпуклыми многогранниками (рис. 4). Геометрические параметры:

-  $R_{ij}$  - радиус описанной вокруг многоугольника окружности- const;  $n_{ij}$  - число вершин многоугольника ( $n \leq 6$ );  $\Theta_k^m$  - ориентация k-ой вершины многоугольника m-го включения относительно вектора нагрузки - случайная величина, распределенная по равномерному закону на интервале от 0 до  $2\pi$ ;  $X_i^M, Y_j^M$  координаты центра описанной окружности M-го включения; □ - концентрация включений:

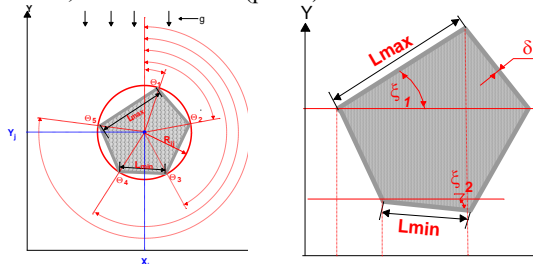
$$\varphi = \frac{\sum_{m=1}^M S_m^B}{S_{об}} \quad (2)$$

Где  $S_m^B$  - площадь m-го включения,  $S_{об}$  - площадь образца;  $K_\Phi$  - коэффициент формы:

$$K_\Phi = \frac{L'_{\max}}{L'_{\min}} \quad (3)$$



где  $L'_{\max} = L_{\max} \cdot \cos \xi_1$ ,  $L'_{\min} = L_{\min} \cdot \cos \xi_2$ ;  $L_{\max}$ ,  $L_{\min}$  – максимальная и минимальная стороны многоугольника включения, соответственно (рис. 4).



**Рис. 4. Геометрические параметры включения**  
Физические параметры включения:

$E_b$  – модуль упругости – const;  $\mu_b$  – коэффициент Пуассона – const;  $K_{lc}^b$  – коэффициент интенсивности напряжений при нормальном разрыве;  $K_{lc}^s$  – коэффициент интенсивности напряжений при плоском сдвиге – const.

### 3. Заключение

Использование структурно-имитационного моделирования позволило смоделировать поведение многокомпонентных систем на уровне микроструктуры и предсказать их свойства с высокой точностью. Данная методика позволяет эффективно подбирать состав бетонных смесей для получения оптимальных показателей прочности, морозостойкости, стойкости к коррозии и долговечности материала, что является важным для применения бетонов в различных строительных проектах с повышенными требованиями к качеству и долговечности.

Таким образом, разработанная методика способствует улучшению процесса проектирования бетонных композиций, повышая их надежность и эксплуатационные свойства. Внедрение предложенной методики в производственную практику позволит создать высококачественные бетоны с оптимальными характеристиками для широкого спектра строительных и инженерных задач.

### Использованная литература / References

- [1] Ушеров-Маршак А.В. Современный бетон и его технологии / Сб. «Бетон и железобетон». СПб, Изд. «Славутич», 2009, с. 20-24.  
[2] Aitchin P.-C., Neville A. High-Performance Concrete Demystified. Coner. Intern. 1993, Vol. 15, №1, p. 21-26.  
[3] Edvard G., Nawy P. Fundamentals of High Performanse Concrete. Sec. ed. Willy. 2001. – 302p.

[4] Batrakov V.G. Modified concrete. Theory and practice. 2nd ed. - M.: 1998. – 768 p.

[5] Adylkhodzhaev A.I., Makhamataliev I.M., Tsov V. M., Turgaev J.F., Umarov K.S. Theoretical bases of optimization of concrete microstructure with application of the improved of mathematical planning of experiments. International Journal of Advanced Science and Technology (IJAST), Volume-8 Issue-9S2, July 2019, ISSN 2207-6360. (Online), p. 210-219.

[6] Баженов Ю.М. Технология бетонов XXI века / Академические чтения РААСН. Новые научные направления строительного материаловедения. Часть 1. Белгород, 2005. С.9-20.

[7] Hillemeiez B., Buchenau G., Herr R. Spezialbeton, Betonkalendar 2006/1, Ernst Sbh, p. 534-549.

[8] Адълходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. и др. Инновационные материалы и технологии в строительстве/ Монография под общ ред. Адълходжаева А.И., Т.: «Фан ва технология», 2016. – 292 с.

[9] Рыбьев И.А. Строительное материаловедение / Учеб. Пособие для ВУЗов –М: Высшая школа, 2004. – 701 с.

[10] Баженов Ю.М. Технология бетона/ Ю.М.Баженов.-М.:Изд.АСВ,2011. – 524 с.

### Информация об авторах/ Information about the authors





Soy Vladimir Tashkentский государственный транспортный университет, кафедра Цой Владимир «Строительство зданий и Михайлович промышленных сооружений», доктор технических наук, профессор.  
E-mail: Volodya\_tsoy@inbox.ru  
Tel.: +998909521576

Mukhammadiev Tashkentский государственный транспортный университет, кафедра Nematjon «Строительство зданий и Rakhmatovich промышленных сооружений», кандидат технических наук, доцент.  
Нематжон Рахматович E-mail: nemat.9108@mail.ru,  
Tel.: +998909111106  
<https://orcid.org/0009-0004-2390-6961>

Abdullaeva Tashkentский государственный транспортный университет, кафедра Djamilya Faziliddinovna «Строительство зданий и Абдуллаева промышленных сооружений», докторант.  
Джамиля Фазилидиновна E-mail: abdullaeva\_j@tstu.uz  
<https://orcid.org/0000-0003-3691-1079>



## The share of transport vehicles in changing the atmospheric composition

A.A. Mukhitdinov<sup>1</sup><sup>a</sup>, D.Sh. Turgunov<sup>1</sup><sup>b</sup>, M.Z. Numanov<sup>1</sup><sup>c</sup>, J.A. Ravshanbekov<sup>1</sup><sup>d</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** This article describes one of today's global problems, the share of vehicles in atmospheric air pollution. The scientific and practical results of evaluating the environmental characteristics of the car are given through the methods of testing and calculation. The growth dynamics of vehicles over the years, traffic congestion and the amount of harmful gases emitted at the intersection are shown by the test. The quality of the object of research was a passenger car with gasoline ICE, and the exhaust gases (CO, CH, NOx and CO<sub>2</sub>) were measured in the mode of engine operation. Through this test, the OBD is to analyze to what extent the car is environmentally friendly, the role and importance of the equipment used in the construction of the car, the share of light vehicles in the damage to the atmosphere. The results of conducted scientific research serve as a basis for achieving our main goal.

**Keywords:** exhaust gas graph, SCANMATIC device, INFRAKAR gas analyzer, number of cars

## Atmosfera tarkibini o'zgarishida transport vositalarining ulushi

Muxitdinov A.A.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Turgunov D.Sh.<sup>1</sup><sup>b</sup>, Numanov M.Z.<sup>1</sup><sup>c</sup>, Ravshanbekov J.A.<sup>1</sup><sup>d</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada bugungi kundagi global muammolardan biri atmosfera xavosini zararlantirishda transport vositalarining ulushi haqida yoritilgan. Sinov va hisob uslublari orqali avtomobilning ekologik xususiyatini baxolovchi ilmiy va amaliy natijalar berilgan. Transport vositalarining yillar kesimida o'sish dinamikasi, tirbandlik va chorraxada chiqayotgan zararli gazlarning miqdori sinov orqali ko'rsatilgan. Tadqiqot ob'ekti sifatida benzinli IYD yengil avtomobil olingan bo'lib, dvigatel salt ishlash rejimidagi chiqindi gazlari (CO, CH, NOx va CO<sub>2</sub>) o'lchangan. Bu sinov orqali EBB avtomobilni ekologik bezararlik xususiyati qay darajada ushlab turishini, avtomobil konstruksiyasida qo'llanilgan jixozlarni ro'li va ahamiyati, atmosfera tarkibining zararlantirishida yengil transport vositalari ulushini taxlil qilishdan iborat. Olib borilgan ilmiy tadqiqotlarning natijalari asosiy ko'zlangan maqsadimizga erishish uchun asos sifatida xizmat qiladi.

**Kalit so'zlar:** chiqindi gazlar grafigi, SCANMATIC qurilmasi, INFRAKAR gazanalizator, avtomobillar soni

### 1. Kirish


Xar bir davlat kabi yurtimizda xam atmosfera xavosini sifatini va tarkibini yaxshilash, monitoring qilish bo'yicha keng qamrovli islohotlar olib borilmoqda. Amaliyotga joriy qilingan bir qancha tadbirlar va natijalarni ko'rishimiz mumkin. Xususan, Prezidentimiz tomonidan (PQ-171 31.05.2023, PF-5024 21.04.2017, PF-5863 30.10.2019, PQ-76 30.12.2021) tasdiqlangan qaror va farmoishlar amalda o'z tasdiqini topgan.


Tadqiqot dolzarbligiga kelsak, transport vositalaridan chiqayotgan zararli gazlarni miqdori pasaytirish, ekologik bezararlik ko'rsatkichlarini oshirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar bugungi kunga qadar davom etib kelmoqda. Yurtimizda transport vositalaridan foydalanish darajasi axoli o'rtasida kundan kunga oshib bormoqda. Ayniqsa yengil avtomobillar bo'yicha talab yuqori xisoblanadi. Chiqindi gazlar asosan tirbandliklar bo'lgan joylarda, chorraxalarda


ko'p xosil qilinadi. Ishlab chiqaruvchi korxonalar tomonidan xar bir avtomobil uchun belgilangan masofa orqali (80 – 100 ming km) uning ekologik bezararlik ko'rsatkichi xalqaro va milliy standartlarga javob beradi. Ammo ekspluatatsiyada muddatidan o'tgan yengil avtomobillardan foydalanib kelinmoqda. Ayrim avtomobillar masalan, damas, matiz va boshqalarda katalitik neytralizator, chiqindi gazlar aylanmasi (EGR sistemasi) ko'llanilmagan. Bu esa gazlar miqdorini oshishiga olib keladi.

Tadqiqot maqsadimiz esa foydalanishda bo'lgan, benzin yonilg'isida xarakatlanadigan yengil avtomobillardan chiqayotgan zararli gazlar miqdorini taxlil qilishdan iborat. Avtomobilning tirbandlikdagi xolatida xamda chorraxadagi salt ishlash rejimida sinov ishlari amalga oshirilgan.

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5360-8624>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0005-5856-0830>

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7580-5968>

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0009-0009-8234-3974>



## 2. Adabiyotlar tahlili

Faoliyatimiz davomida, yurtimizda va boshqa rivojlangan mamlakatlardagi ko'plab soxa mutaxassislarining ilmiy tadqiqot ishlari o'rganilib chiqildi.

B.I. Bazarov tomonidan zararli moddalarning massasi xisob uslubi berilgan bo'lib, asosan ma'lum bir rusumdagi

transport vositasining atmosferasiga chiqayotgan kunlik yoki yillik massasini formula orqali aniqlagan[1].

Zararli gazlarni kamaytirish bo'yicha meyoriy xalqaro standartlar ishlab chiqilgan [8]. Avtomobilning ekologik klassiga javob berish, xar bir transport vositasi uchun qat'iy amal qiladigan meyorga aylanib qolgan. Bu standartga yurtimiz xam a'zo bo'lgan.

1-jadval

Avtomobil ishlab chiqarilgan yili va mamlakat bo'yicha ekologik sinfi

Avtomobil ishlab chiqaradigan mamlakat	Avtomobil ishlab chiqarilgan yillar			
	Ekologik sinflar uchun texnik reglamentlarning tegishli talablari			
	EVRO 2	EVRO 3	EVRO 4	EVRO 5
YI mamlakatlari, benzin	1997 – 2000	2001 – 2004	2005 yildan	01.10.2009 yildan
YI mamlakatlari, dizel	1997 – 2001	2002 – 2004	2005 yildan	01.10.2009 yildan
AQSh	1996 – 2000	2001 – 2003	2004 yildan	-
Yaponiya	1998 – 2004	2005 – 2010	2011 yildan	-
Xitoy	2004 – 2007	2008 yildan	2011 yildan	-
Koreya	2001 – 2002	2003 – 2005	2006 yildan	-
Ukraina, M kategoriyali	2006 yildan	2010 yildan	2014 yildan	-
Ukraina, N kategoriyali	2007 yildan	2010 yildan	2014 yildan	-
Belarussiya	2006 – 2007	2008 yildan	2014 yildan	-
O'zbekiston	2007 – 2009	2010 yildan	2012 yildan	-
Qozog'iston	2006 – 2011	2012 yildan	2014 yildan	-
Rossiya	2006 – 2007	2008 yildan	2013 yildan	2014 yildan
Turkiya	-	-	2009 yildan	-
Eron	2009 yildan	-	-	-

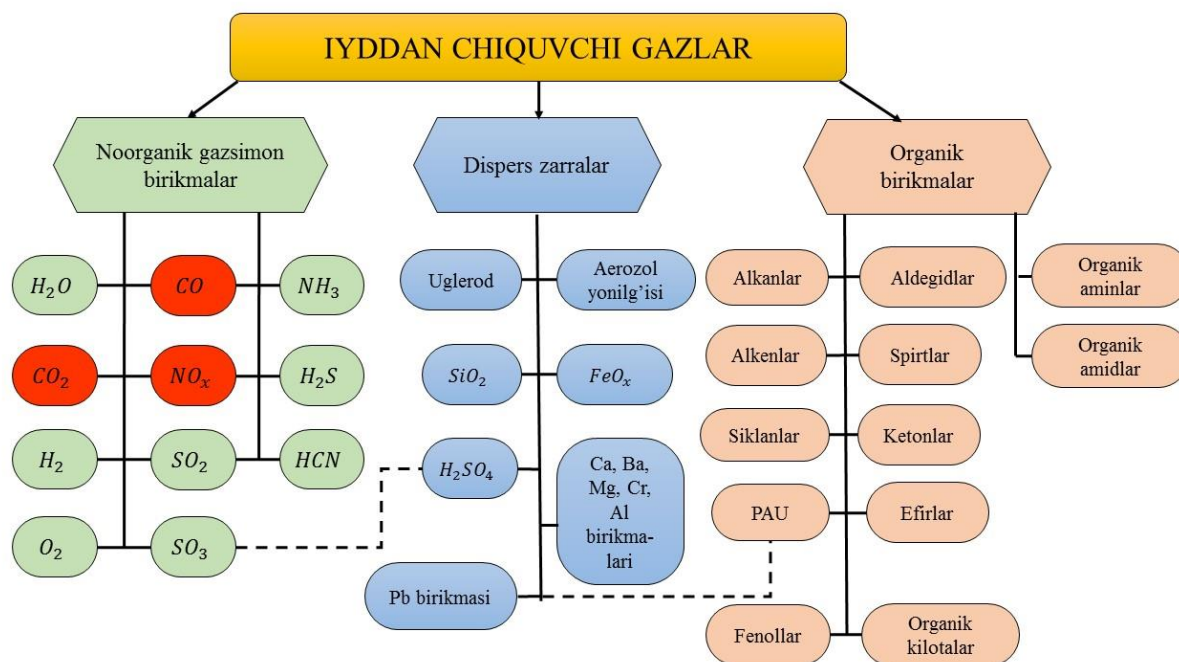
Avtomobil chiqindi gazlarini kamaytirishga oid soxa mutaxassislarining ko'plab ilmiy tadqiqot faoliyatlari amaliyotga joriy qilingan va o'z natijalarini bermoqda. Yurtimizda xam shu soxadagi olimlarimizning ko'plab tadqiqotlarini misol keltira olamiz.

Tao Qiu, Yakun Zhao va boshqalar. Mualliflar E20 va boshqa yonilg'ildan foydalangan xolda IYD li va elektr gipridli avtomobillarning chiqindi gazlari tadqiqot qilingan. Xarakat sikli (WLTC) dan foydalangan, ikki xil transport

vositalarining chiqindi gazlari taqqoslangan[2, 3]. Bu usuldan ko'plab mutaxassislar foydalanib kelmoqda.

Xarakat sikli uslubi va bu orqali chiqindi gazlarni baxolash, chorroxadagi tirbandlikning ta'siri, OBD orqali tadqiq qilish xozirgi kundagi dolzarb uslublardan biridir[4, 5, 6].

Ichki yonuv dvigatellaridan quyidagi 3 guruxga bo'lingan gazlar chiqadi[7]. Biz 1 guruxga mansub bo'lgan 3 ta gazlar xamda chala yongan yonilg'ilarni o'lchadik(1-rasm).



1 – rasm. IYoDning chiqindi gazlari tarkibi



### 3. Tadqiqot metodologiyasi

Tajriba – sinov ishlari quyidagi ketma-ketlikda salt ishlash rejimida amalga oshirildi. Dvigatelning sovitish suyuqligi harorati 85-90°C ga keltiriladi, INFRAKAR gazanalizator sensorlari dvigatelga sozlanadi va avtomobil

akkumulator elektr tarmog'iga, gazanalizator elektr tarmog'i ulanib (12V va 220V ishlashga mo'ljallangan) ishga tushiriladi. Qurilmaning o'lchash aniqligi va o'lchashdagi xatoliklari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Qurilmaning o'lchash aniqligi va o'lchashdagi xatoliklari

№	O'lchov parametrlari Parameters of measurement	«InfraKAR M2» -qurilma I aniqlik sinfi «InfraKAR M2» - device I accuracy class	O'lchashdagi xatoligi, % Measurement error
1.	CO	0 – 10 %	±5
2.	CH	0 – 5000 ppm	±5
3.	CO <sub>2</sub>	0 – 25 %	±5
4.	NO <sub>x</sub>	0 – 2000 ppm	±5
5.	n	0 – 10000 ayl/min 0 – 10000 rpm	±2.5
6.	λ	0 – 2	-

2-jadvaldagi o'lchov parametrlarining izoxi: **CO** – uglerod oksidi; **CH** – uglevodorod; **CO<sub>2</sub>** – uglerod (II) oksidi; **NO<sub>x</sub>** – azot oksidi; **n** – dvigatel tirsakli valining aylanishlar soni; **λ** – xavoning ortiqchalik koeffitsenti.

SCANMATIC qurilmasi ham OBD-II razyomiga ulanib, kompyuterdan SCANMATIC ilovasiga start beriladi va sinovchi uchun kerak bo'lgan parametrlar olinadi. Barcha kerakli sinov uskunaari sinov ob'ektiga sozlangandan so'ng, Dvigatel tirsakli valining burchak tezligi ( $\omega_e$ ) minimumdan maksimumgacha 500 rad/s interval oralig'ida (750÷3000) sinov ishlari amalga oshiriladi.  $\omega_e$  ni haydovchi gaz pedalini bosish orqali boshqaradi,  $\omega_e$  xar bir qiymati uchun 30 sekundan keyin chiqindi gazlar tarkibi gazanalizator orqali

o'lchanadi. Har bir sinov oldidan gazoanalizator chiqindi gazni qabul qiluvchi zondi, atmosfera havosida tutgan xolda gazanalizator parametrlari 0 holatga keltirilishi va mashinaning ovoz sundiruvchi (glushitel) ichkarisiga 300 mm dan kam bo'lmagan masofaga sozlanishi kerak.

Yuqorida aytganimizdek, avtomobilning tirbandlikdagi xamda chorroxada salt ishlash rejimini inobatga olgan xolda dvigatelning 750 ayl/min dagi chiqindi gazlarini o'lchadik.

Tajriba uchun yengil avtomobil *Cobalt LTZ* olindi. Avtomobilning asosiy parametrlari 3-jadvalda berilgan. Dvigatelga ortiqcha yuklamasiz xolda salt ishlash rejimida ushlab turildi.

3-jadval

Avtomobilning asosiy parametrlari

№	Ko'rsatkichlar Indicators	Nomlanishi/Qiymati Name/Value
1	Avtomobil ishlab chiqarilgan yili Year of manufacture of the car	2022
2	Dvigatel turi Type of engine	Benzinli Gasoline
3	Benzin markasi Gasoline brand	A – 92
4	Dvigatel litraji, sm <sup>3</sup> Engine liter, sm <sup>3</sup>	1485
5	Quvvat, kVt (l. s.) Power, kW (hp)	78(106)
6	Moment, Nm Torque, Nm	141
7	Uzatmalar qutisi turi Type of gearbox	AUQ Automatic Gearbox
8	EVRO standart EURO standard	EVRO – 4 EURO – 4

### 4. Taxlil va natijalar

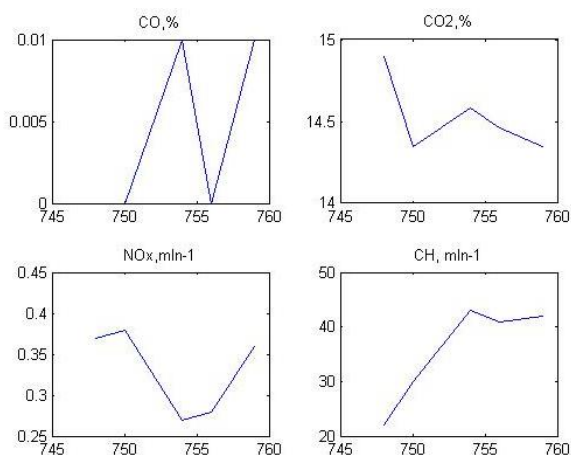
O'tkazilgan tajriba natijalarini grafik ko'rinishida ishlab chiqdik. MatLab R2014a programmasidan foydalangan xolda 2-rasm xolatida ishlab chiqdik. Dvigatel salt ishlash rejimida o'lchangan.



4-jadval

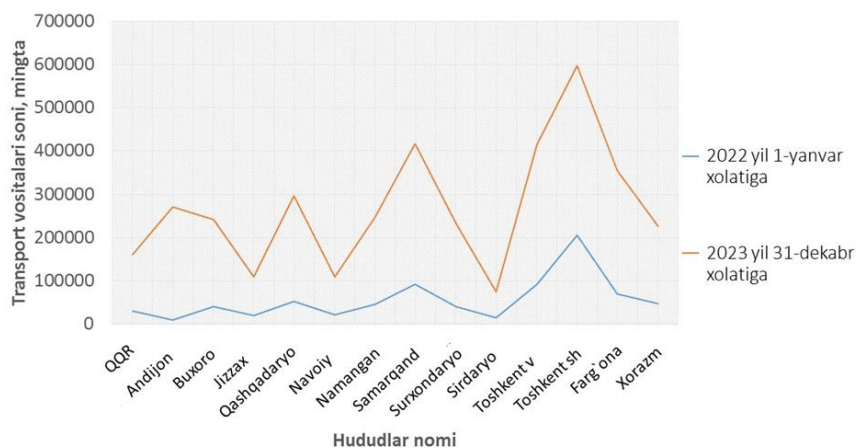
Yurtimizda mavjud transport vositalarining soni to'g'risidagi ma'lumotlar

T/r	Xududlar	2022 yil 1-yanvar xolatiga	2023 yil 31-dekabr xolatiga
1	QQR	30749	161926
2	Andijon	10303	271885
3	Buxoro	41566	241855
4	Jizzax	20066	109657
5	Qashqadaryo	52362	297305
6	Navoiy	22377	109274
7	Namangan	46968	247032
8	Samarkand	93106	417165
9	Surxondaryo	41210	233675
10	Sirdaryo	14984	75116
11	Toshkent v.	92802	414645
12	Toshkent sh.	206741	597931
13	Farg'ona	70690	354858
14	Xorazm	48392	226721
<b>Jami</b>		<b>792316</b>	<b>3759045</b>



2-rasm. Chiqindi gazlarni dvigatel tirsakli valining aylanishlar soni bilan bog'liqligi

Yurtimizda mavjud transport vositalarining soni to'g'risidagi ma'lumotlar xam olindi(4-jadval) va grafiki ishlab chiqildi (3-rasm).



3-rasm. Jismo niy shaxslarga tegishli benzinda xarakatlanadigan avtotransport vositalarining soni

2022 yilda mavjud yengil va yuk avtotransport vositalarining benzin yonilg'i turi bo'yicha ma'lumot xam olindi(5-jadval).

5-jadval

2022 yilda mavjud yengil va yuk avtotransport vositalarining benzin yonilg'i turlari

T/r	Hududlar	Transport turi	Soni
1	QQR	Yengil	36760
		Yuk	2167
2	Andijon	Yengil	42550
		Yuk	2726
3	Buxoro	Yengil	79336
		Yuk	1815
4	Jizzax	Yengil	15770
		Yuk	349
5	Qashqadaryo	Yengil	101253
		Yuk	2370
6	Navoiy	Yengil	34221
		Yuk	1963
7	Namangan	Yengil	41560
		Yuk	4108

8	Samarqand	Yengil	113553
		Yuk	2505
9	Surxondaryo	Yengil	63575
		Yuk	1538
10	Sirdaryo	Yengil	10004
		Yuk	1411
11	Toshkent v.	Yengil	173042
		Yuk	7871
12	Toshkent sh.	Yengil	449615
		Yuk	12016
13	Farg'ona	Yengil	58979
		Yuk	4276
14	Xorazm	Yengil	58896
		Yuk	1191
<b>Jami</b>		<b>Yengil</b>	<b>1279114</b>
		<b>Yuk</b>	<b>46306</b>



## 5. Xulosa va takliflar

Transport vositalarining sonini o'sish dinamikasi 3-rasmda aks etilgan bo'lib, bunda fakat bir yillik 2022-2023 yillar oralig'i olingan. Axoli orasida transport vositasidan foydalanish darajasi yildan yilga oshib bormoqda. Bu esa o'z navbatida chiqindi gazlarni miqdorini sun'iy oshishiga sabab bo'ladi.

Bizning maqsadamiz ichki yonuv dvigatelli avtomobillarni sonini kamaytirish emas, zararli gazlarni miqdori kamaytirish xamda avtotransportdan samarali foydalanishdir.

Biz 2022 yilda ishlab chiqarilgan yengil avtomobil ustida tadqiqot o'tkazdik. Albatta bu avtomobilning ekologik bezararlik ko'rsatkichlari yuqori, lekin bu tajriba orqali sinov o'tkazish uslubini ishlab chiqdik. Bu orqali keyingi barcha rusumli yengil avtomobillarda ko'llash xamda chiqindi gazlar miqdorini taqqoslash kabi ishlarni amalga oshirish.

Zararli gazlarni kamaytirish bo'yicha qo'yidagicha taklif beramiz. Sifatli yonilg'idan foydalanish, dvigatelning ekologik parametrlarini takomillashtirish, zararli gazlarni kamaytiruvchi katalitik-neytralizatoridan foydalanish, ekspluatatsiyadagi avtotransport vositalarini ekologik ko'rsatkichlarini oshirishdir.

## Foydalangan adabiyotlar / References

[1] B.I. Bazarov "Экологическая безопасность автотранспортных средств". Tashkent, "Chinor ENK" 216 bet, 2012

[2] Qiu, T.; Zhao, Y.; Lei, Y.; Chen, Z.; Guo, D.; Shi, F.; Wang, T. "Experimental Research on Regulated and Unregulated Emissions from E20-Fuelled Vehicles and Hybrid Electric Vehicles". Atmosphere 2024, 15, 669. <https://doi.org/10.3390/atmos15060669>

[3] Dan Tan, Yunshan Ge, Jianwei Tan. "Methodology to Evaluate CO2 Emissions of Light-Duty Vehicle for Real World Driving from Multiple Laboratory Testing" October 16th, 2023. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3289336/v1>

[4] Kutlimuratov, K., Khakimov, S., Mukhitdinov, A., & Samatov, R. (2021). Modelling traffic flow emissions at signalized intersection with PTV vissim. E3S Web of

Conferences, 264, 02051. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402051>

[5] Seo, J., Park, J., Park, J., Park, S., Emission factor development for light-duty vehicles based on real-world emissions using emission map-based simulation, Environmental Pollution, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116081>

[6] Fredy Rosero, Xavier Rosero, Zamir Mera "Developing Fuel Efficiency and CO2 Emission Maps of a Vehicle Engine Based on the On-Board Diagnostic (OBD) Approach" Nov 27, 2023. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.1002>

[7] Dvigateli vnutrennego sgoraniya. T. IV-14 / L.V. Grexov, N.A. Ivashenko, V.A. Markov i dr.; Pod obsh. red. A.A. Aleksandrova i N.A. Ivashenko. 2013. 784 s.

[8] <https://infotables.ru/avtomobili/1214-ekologicheskij-klass-avtomobilya>

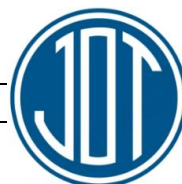
## Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Muxitdinov Akmal Anvarovich Toshkent davlat transport universiteti "Transport vositalari muhandisligi" kafedrasida professori. t.f.d (DSc), E-mail: [akmalmukhitdinov@gmail.com](mailto:akmalmukhitdinov@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0001-5360-8624>

Turgunov Diyor Sherbekovich Toshkent davlat transport universiteti "Transport vositalari muhandisligi" kafedrasida tayanch doktoranti. E-mail: [turgunovdiyor90@gmail.com](mailto:turgunovdiyor90@gmail.com) Tel: +998974142416 <https://orcid.org/0009-0005-5856-0830>

Numanov Muxammadali-Shoxruxbek Zokirjon o'g'li Toshkent davlat transport universiteti "Transport vositalari muhandisligi" kafedrasida tayanch doktoranti. E-mail: [numanovshox@mail.ru](mailto:numanovshox@mail.ru) Tel: +998993264992 <https://orcid.org/0000-0002-7580-5968>

Ravshanbekov Jaxongir Alisher o'g'li Toshkent davlat transport universiteti "Transport vositalari muhandisligi" kafedrasida assistenti. E-mail: [mrridjohn@gmail.com](mailto:mrridjohn@gmail.com) Tel: +998936449423 <https://orcid.org/0009-0009-8234-3974>



## Development of an information system for the educational quality control department and strategies for its successful implementation

M.M. Rasulmuhamedov<sup>1</sup><sup>a</sup>, A.M. Boltaboeva<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** This article provides a detailed analysis of the development of an information system for the educational quality control department and strategies for its successful implementation. The functional capabilities of the information system and the factors contributing to its success are also examined. Furthermore, the role of the information system in enhancing educational quality and management efficiency is discussed.

**Keywords:** educational quality, information system, control department, implementation strategies, data analysis, system design, risk management, user interface, database, educational management

## Ta'lim sifatini nazorat qilish bo'limi uchun axborot tizimini ishlab chiqish va uni muvaffaqiyatli joriy etish strategiyalari

Rasulmuhamedov M.M.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Boltaboyeva A.M.<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ta'lim sifatini nazorat qilish bo'limi uchun axborot tizimini ishlab chiqish va uni muvaffaqiyatli joriy etish strategiyalari batafsil tahlil qilinadi. Shuningdek, axborot tizimining funksional imkoniyatlari va muvaffaqiyat omillari ham ko'rib chiqiladi. Axborot tizimining ta'lim sifati va boshqaruv samaradorligini oshirishdagi roli haqida to'xtalib o'tiladi.

**Kalit so'zlar:** ta'lim sifati, axborot tizimi, nazorat qilish bo'limi, joriy etish strategiyalari, ma'lumotlarni tahlil qilish, tizimni loyihalash, risklarni boshqarish, foydalanuvchi interfeysi, ma'lumotlar bazasi, ta'lim boshqaruvi

### 1. Kirish

Zamonaviy jamiyatda ta'lim sifati nafaqat shaxsning rivojlanishi, balki mamlakatning iqtisodiy va ijtimoiy taraqqiyoti uchun ham asosiy omillardan biri hisoblanadi [1]. Ta'lim sifati jamiyatning kelajagini belgilovchi muhim ko'rsatkich bo'lib, uning nazorati va boshqaruvi alohida e'tiborni talab etadi [2]. Shu sababli, ta'lim sifatini nazorat qilish bo'limlari zamonaviy boshqaruv tizimida markaziy o'rin egallaydi.

An'anaviy usullar bilan ta'lim sifatini nazorat qilish ko'pincha samarasiz bo'lib, katta hajmdagi ma'lumotlarni qo'lda qayta ishlash vaqti va resurslarning ko'p sarflanishiga olib keladi [3]. Bu esa ta'lim sifatini real vaqt rejimida monitoring qilish va tezkor qarorlar qabul qilish imkoniyatini cheklaydi. Axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi ushbu muammolarni hal qilishda muhim rol o'ynaydi.

Axborot tizimlari yordamida ta'lim sifatini nazorat qilish bo'limlari ma'lumotlarni tezkor yig'ish, tahlil qilish va qaror qabul qilish jarayonlarini avtomatlashtirishi mumkin [4]. Bu esa nafaqat ma'lumotlarning ishonchligini oshiradi, balki resurslarni samarali taqsimlashga ham yordam beradi [5]. Shu nuqtai nazardan, ta'lim sifatini nazorat qilish bo'limi uchun axborot tizimini ishlab chiqish va uni muvaffaqiyatli joriy etish masalasi dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Ushbu maqolada biz ta'lim sifatini nazorat qilish bo'limi uchun axborot tizimini ishlab chiqish zarurati, uning afzalliklari, ishlab chiqish bosqichlari va muvaffaqiyatli joriy etish strategiyalari haqida batafsil to'xtalib o'tamiz. Maqola doirasida xalqaro tajriba va milliy qonunchilikka asoslangan tavsiyalar ham keltiriladi.

### 2. Tadqiqot metodologiyasi

Ta'lim sifatini nazorat qilish jarayoni ko'plab muammolarga ega. An'anaviy usullar bir qator cheklovlarga ega bo'lib, ular quyidagilardan iborat:


1. Ma'lumotlarning tarqoq bo'lishi: Ma'lumotlar turli manbalarda saqlanadi va yagona bazaga ega emas [6]. Bu esa ularni yig'ish va tahlil qilishni qiyinlashtiradi.

2. Qo'lda ishlash jarayonlari: Ko'plab jarayonlar qo'lda amalga oshiriladi, bu esa xatolarga va vaqtning ko'p sarflanishiga olib keladi [7].

3. Real vaqt rejimida ma'lumotlarning mavjud emasligi: Ma'lumotlar kechiktirib yig'iladi, bu esa tezkor qaror qabul qilishga to'sqinlik qiladi [8].

4. Ma'lumotlarning ishonchligi masalalari: Qo'lda kiritilgan ma'lumotlarda xatolar va nomuvofiqliklar bo'lishi mumkin [9].

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8404-3013>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0001-7098-4215>





Axborot tizimini joriy etish ta'lim sifatini nazorat qilish bo'limining samaradorligini oshirishga quyidagi yo'llar bilan yordam beradi:

1. Ma'lumotlarni markazlashtirish: Barcha ma'lumotlar yagona, markaziy ma'lumotlar bazasida saqlanadi [10]. Bu ularning tahlilini va boshqaruvini osonlashtiradi.

2. Jarayonlarni avtomatlashtirish: Ma'lumotlarni yig'ish, saqlash va tahlil qilish jarayonlari avtomatlashtiriladi, bu esa xatolar sonini kamaytiradi va vaqtni tejaydi.

3. Real vaqt rejimida monitoring: Tizim real vaqt rejimida ma'lumotlarni kuzatish imkonini beradi, bu esa tezkor qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlaydi [2].

4. Ma'lumotlarning ishonchligini oshirish: Avtomatlashtirilgan tizimlar xatolarni minimallashtiradi va ma'lumotlarning ishonchligini oshiradi.

5. Resurslarni samarali taqsimlash: Tizim yordamida resurslarni ta'lim muassasalari o'rtasida samarali taqsimlash mumkin [4].

Ko'plab rivojlangan mamlakatlar ta'lim sifatini nazorat qilishda axborot tizimlaridan foydalanish orqali yuqori natijalarga erishgan. Masalan:

- Finlandiya: Ta'lim tizimida axborot tizimlari keng joriy etilgan bo'lib, bu ta'lim sifatini doimiy ravishda monitoring qilishga yordam beradi [5].
- Singapur: Axborot texnologiyalari yordamida ta'lim jarayonini boshqarish va sifatini nazorat qilish amalga oshiriladi [6].

O'zbekiston Respublikasi ta'lim sohasida axborot tizimlarini joriy etishga alohida e'tibor qaratmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Ta'lim sifatini oshirish bo'yicha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarorida axborot tizimlarini joriy etish masalasi alohida ta'kidlangan [1].

Globalizatsiya va axborot texnologiyalarining rivojlanishi sharoitida ta'lim sifati xalqaro standartlarga mos kelishi zarur. Axborot tizimlari bu jarayonda muhim vosita hisoblanadi [7].

Yuqorida keltirilgan muammolarni hal qilish va ta'lim sifatini oshirish uchun axborot tizimini ishlab chiqish va joriy etish zaruriyati dolzarb masaladir. Bu nafaqat ta'lim sifatini nazorat qilish bo'limining samaradorligini oshiradi, balki butun ta'lim tizimining rivojlanishiga xizmat qiladi.

## 2.1. Axborot tizimini ishlab chiqish bosqichlari

Axborot tizimini muvaffaqiyatli ishlab chiqish va joriy etish bir nechta muhim bosqichlarni o'z ichiga oladi. Har bir bosqich o'ziga xos vazifalar va maqsadlarga ega bo'lib, ularning to'g'ri amalga oshirilishi tizimning umumiy muvaffaqiyatiga ta'sir qiladi.

### 1-bosqich. Talablarni tahlil qilish

*Manfaatdor tomonlarni aniqlash*, bunda identifikatsiya qilish va ehtiyojlarni o'rganish kerak bo'ladi. Identifikatsiya: Tizimdan foydalanadigan barcha foydalanuvchi guruhlarini aniqlash kerak: o'qituvchilar, talaba, ota-onalar, boshqaruv organlari va texnik xodimlar [3]. Ehtiyojlarni o'rganish: Har bir guruhning tizimdan kutayotgan funksional imkoniyatlari va ehtiyojlarini tahlil qilish muhim.

*Funksional talablarni belgilash*, bunda asosiy va qo'shimcha funktsiyalar tashkil topadi. Asosiy funktsiyalar: Tizim qanday asosiy vazifalarni bajarishi kerakligini aniqlash: ma'lumotlarni yig'ish, tahlil qilish, hisobotlar

tayyorlash va boshqalar [5]. Qo'shimcha funktsiyalar: Foydalanuvchi qulayligi uchun qo'shimcha imkoniyatlarni belgilash, masalan, mobil ilovalar, elektron pochta bildirishnomalari.

*Texnik talablarni aniqlash*, bunda infratuzilma, dasturiy platform va xavfsizlik talablari o'rganiladi. Infratuzilma: Tizim ishlashi uchun zarur bo'lgan serverlar, tarmoqlar va boshqa texnik vositalarni aniqlash [7]. Dasturiy platforma: Tizimning dasturiy ta'minoti qaysi platformada ishlashi kerakligini belgilash (veb-ilova, mobil ilova va hokazo). Xavfsizlik talablari: Ma'lumotlarning himoyasi uchun zarur bo'lgan xavfsizlik choralarini va standartlarini aniqlash.

### 2-bosqich. Tizimni loyihalash

*Arxitektura yaratish* talab qilinadi. Tizim arxitekturasi: Tizimning umumiy arxitekturasi ishlab chiqiladi, bu uning komponentlari va ularning o'zaro aloqasini aniqlaydi [10]. Modullarning aniqlanishi: Tizimning alohida modullari (ma'lumotlar bazasi, foydalanuvchi interfeysi, tahlil vositalari) aniqlanadi va ularning vazifalari belgilanadi.

*Ma'lumotlar bazasi dizayni* yaratilishi kerak. Ma'lumotlar modeli: Ma'lumotlar bazasining konseptual modeli yaratiladi, bu ma'lumotlar qanday saqlanishini va ularning o'zaro bog'liqligini ko'rsatadi [2]. Jadvallar va aloqalar: Ma'lumotlar bazasidagi jadvallar va ularning o'zaro aloqalari aniqlanadi [3]. Optimallashtirish: Ma'lumotlar bazasining samaradorligini oshirish uchun indekslar va boshqa texnikalar qo'llaniladi.

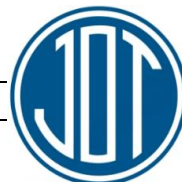
*Foydalanuvchi interfeysi dizayniga* alohida yondashish kerak. Ergonomika: Interfeys foydalanuvchilar uchun qulay va intuitiv bo'lishi kerak [5]. Dizayn prinsiplari: Ranglar, shriftlar va boshqa dizayn elementlari bir xil uslubda bo'lishi kerak [6]. Moslashuvchanlik: Interfeys turli quurilmalarda (kompyuter, planshet, smartfon) to'g'ri ko'rinishi kerak.

### 3-bosqich. Dasturlash va integratsiya

Modullarni dasturlash quyidagi yo'llar bilan amalga oshiriladi:

- Kodlash: Tizimning alohida modullari dasturlash tillarida yoziladi [8].
  - Standartlarga rioya qilish: Dasturlash jarayonida kodlash standartlari va eng yaxshi amaliyotlarga rioya qilinadi [9].
  - Versiya nazorati: Kodning versiyalari nazorat qilinadi, bu jamoaviy ishlashni osonlashtiradi [10]. Sinovdan o'tkazish dasturlashning asosiy qismidir, sinovlar quyidagi yo'llar bilan amalga oshiriladi:
  - Birlamchi sinovlar: Har bir modul alohida sinovdan o'tkaziladi (unit testing).
  - Integratsion sinovlar: Modullar birlashtirilgandan so'ng, ularning o'zaro ishlashi sinovdan o'tkaziladi.
  - Foydalanuvchi sinovlari: Foydalanuvchilar ishtirokida tizimning ishlashi sinovdan o'tkaziladi (beta testing).
- Integratsiya quyidagi yo'llar bilan amalga oshiriladi:
- Mavjud tizimlar bilan bog'lanish: Tizim boshqa dasturiy ta'minot va tizimlar bilan integratsiya qilinadi.
  - API va Web Services: Integratsiya uchun ochiq API lar va web servislar yaratiladi.
  - Ma'lumotlar ayirboshlash: Turli formatlardagi ma'lumotlarni ayirboshlash imkoniyatlari ta'minlanadi.

### 4-bosqich. Joriy etish



Pilot loyihalar yaratish. Kichik miqyosda sinash: Tizimni dastlab bir nechta ta'lim muassasasida sinovdan o'tkazish [7]. Fikr-mulohazalarni yig'ish: Foydalanuvchilardan olingan fikrlar asosida tizimni takomillashtirish.

Foydalanuvchilarni o'qitish. Treninglar: Foydalanuvchilar uchun maxsus treninglar va seminarlar tashkil etish [9]. Qo'llanmalar va videolarlar: Tizimdan foydalanish bo'yicha qo'llanmalar va videolarliklar yaratish.

Ma'lumotlarni migratsiya qilish. Ma'lumotlarni tayyorlash: Eski tizimlardan ma'lumotlarni tozalash va formatlash. Ko'chirish jarayoni: Ma'lumotlarni yangi tizimga ko'chirish va ularning to'g'ri saqlanishini tekshirish. Verifikatsiya: Ma'lumotlarning to'g'riligini va to'liqligini tekshirish.

#### 5-bosqich. Texnik qo'llab-quvvatlash va yangilash

Qo'llab-quvvatlash xizmatini amalga oshirish. Texnik yordam: Foydalanuvchilarga texnik muammolarni hal qilishda yordam berish. Muammolarni kuzatish: Tizimdagi muammolarni qayd etish va ularni hal qilish jarayonini boshqarish.

Tizimni yangilash ishlarini olib borish. Yangi funksiyalar qo'shish: Foydalanuvchilarning ehtiyojlariga ko'ra tizimni takomillashtirish [6]. Xavfsizlik yangilanishlari: Xavfsizlikni ta'minlash uchun tizimni muntazam yangilab turish. Versiya nazorati: Yangilanishlar tarixi va ularning ta'sirini nazorat qilish.

## 2.2. Muvaffaqiyatli joriy etish strategiyalari

Axborot tizimini muvaffaqiyatli joriy etish uchun strategik yondashuv zarur. Quyida bu jarayonda e'tibor berilishi lozim bo'lgan asosiy strategiyalar batafsil ko'rib chiqiladi.

#### 1-qadam. Loyihaning bosqichma-bosqich amalga oshirilishi

Rejalashtirish va prioritetlash. Loyihaning ko'lamini aniqlash: Tizimning qamrab oladigan funksional imkoniyatlarini belgilash [8]. Prioritetlarni belgilash: Asosiy funksiyalarni birinchi navbatda joriy etish, qo'shimcha imkoniyatlarni keyingi bosqichlarda qo'shish [9].

Pilot loyihalarni amalga oshirish. Sinov guruhlarini tashkil etish [10]. Fikr-mulohazalarni yig'ish: Foydalanuvchilarning tajribasi va fikrlarini yig'ib, tizimni takomillashtirish.

#### 2-qadam. Foydalanuvchilarni jalb qilish

O'qitish va treninglar. Trening dasturlari: Foydalanuvchilar uchun maxsus o'quv dasturlari tashkil etish. Qo'llanmalar va resurslar: Tizimdan foydalanish bo'yicha qo'llanmalar va onlayn resurslar yaratish.

Motivatsiya va rag'batlantirish. Inson omili: Foydalanuvchilarning tizimga qiziqishini oshirish uchun motivatsion choralar ko'rish. Rag'batlantirish dasturlari: Yangi tizimdan faol foydalangan xodimlarni mukofotlash.

#### 3-qadam. Aloqa va ochiq muloqot

Ichki aloqa. Jamoa uchun yig'ilishlar: Loyihaga jalb qilingan barcha tomonlar bilan muntazam yig'ilishlar o'tkazish. Axborot almashinuvi: Loyihaning holati, yutuqlari va muammolari haqida xabardor qilish [7].

Tashqi aloqa. Foydalanuvchilarni xabardor qilish: Tizimning joriy etilishi haqida barcha manfaatdor tomonlarni xabardor qilish. Jamoatchilik bilan aloqalar:

Tizimning afzalliklari va imkoniyatlari haqida ommaga ma'lumot berish.

#### 4-qadam. Risklarni boshqarish

Risklarni identifikatsiya qilish. Potentsial xatarlarni aniqlash: Loyihaning har bir bosqichida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan xatarlarni aniqlash. Risklarning ta'sirini baholash: Har bir riskning loyihaga ta'sir darajasini baholash.

Risklarni mitigatsiya qilish. Oldini olish choralari: Risklarni kamaytirish uchun profilaktik choralarni ishlab chiqish. Favqulodda rejalar: Noma'lum vaziyatlarda tezkor choralar ko'rish uchun rejalar tuzish [3].

#### 5-qadam. O'ichovlar va baholash

Samaradorlik ko'rsatkichlarini belgilash. KPI (Kalit Ko'rsatkichlar): Tizimning samaradorligini o'lchash uchun aniq ko'rsatkichlarni belgilash. Maqsadlar va natijalar: Loyihaning maqsadlari va ularning amalga oshirilish darajasini baholash.

Doimiy monitoring va tahlil. Ma'lumotlarni kuzatish: Tizim ishlashini doimiy ravishda kuzatish va ma'lumotlarni yig'ish [6]. Tahlil va hisobotlar: Yig'ilgan ma'lumotlar asosida tahlillar o'tkazish va rahbariyatga hisobotlar taqdim etish.

#### 6-qadam. Qonunchilik va standartlarga muvofiqlik

Huquqiy talablar. Ma'lumotlarni himoya qilish qonunlari: Tizim milliy va xalqaro ma'lumotlarni himoya qilish qonunlariga mos kelishi kerak [8]. Litsenziyalar va sertifikatlar: Tizim uchun zarur bo'lgan litsenziyalar va sertifikatlarni olish.

Standartlar va me'yorlar. ISO standartlari: Axborot xavfsizligi va sifat menejmenti bo'yicha xalqaro standartlarga rioya qilish. Ta'lim standartlari: Ta'lim sifati bo'yicha milliy standartlarga moslashish.

## 3. Natija va muhokama

Axborot tizimining funksional imkoniyatlari uning samaradorligi va foydalanuvchilar uchun qulayligini belgilaydi. Quyida tizimning asosiy funksional imkoniyatlari batafsil yoritiladi.

#### 1. Ma'lumotlarni yig'ish va saqlash

- Avtomatik ma'lumotlar yig'ish
- Elektron jurnallar: O'qituvchilar tomonidan elektron jurnal orqali baholar va davomat ma'lumotlarini kiritish [2].
- Anketalar va so'rovnomalar: Talabalar va ota-onalardan onlayn so'rovnomalar orqali fikr-mulohazalar yig'ish [3].
- Ma'lumotlar bazasi
- Markazlashgan bazalar: Barcha ma'lumotlarni yagona bazada saqlash, bu ularning xavfsizligini va tezkor kirishni ta'minlaydi.
- Zaxira nusxalarini yaratish: Ma'lumotlarning yo'qolishining oldini olish uchun muntazam zaxira nusxalari yaratish.

#### 2. Tahlil va hisobotlar

- Tahliliy vositalar
- Dashboardlar: Rahbariyat va foydalanuvchilar uchun qulay grafik interfeys orqali ma'lumotlarni vizual tahlil qilish [6].
- Ma'lumotlar Miningi: Katta hajmdagi ma'lumotlardan foydali axborotlarni aniqlash uchun data mining texnologiyalaridan foydalanish [7].
- Hisobotlarni generatsiya qilish



o Standart hisobotlar: Ta'lim sifati, o'zlashtirish darajasi va boshqa ko'rsatkichlar bo'yicha avtomatik hisobotlar tayyorlash.

o Moslashtirilgan hisobotlar: Foydalanuvchilarning ehtiyojlariga mos ravishda maxsus hisobotlarni generatsiya qilish.

### 3. Foydalanuvchi huquqlari va xavfsizlik

• Ruxsatnomalar tizimi

o Rol bazasidagi kirish: Foydalanuvchilarga ularning roli va vazifalariga mos ravishda kirish huquqlarini berish.

o Audit kuzatuv: Foydalanuvchilarning tizimdagi faoliyatini kuzatish va qayd etish.

• Ma'lumotlarni himoya qilish

o Shifrlash: Ma'lumotlarni shifrlash orqali ularning xavfsizligini ta'minlash.

o Xavfsizlik devorlari: Tizimga noxush kirishlarning oldini olish uchun xavfsizlik devorlarini o'rnatish.

### 4. Integratsiya va moslashuvchanlik

• Boshqa tizimlar bilan integratsiya

o API va web servislari: Boshqa dasturiy ta'minot va tizimlar bilan oson integratsiya qilish uchun ochiq interfeyslar yaratish.

o Moliyaviy tizimlar bilan bog'lanish: Moliyaviy hisob-kitoblarni avtomatlashtirish uchun moliyaviy tizimlar bilan integratsiya.

• Moslashuvchanlik va skalabillik

o Modullik: Tizimning modulli arxitekturasi uni kengaytirish va yangilashni osonlashtiradi.

o Skalabillik: Tizim katta hajmdagi ma'lumotlar va foydalanuvchilar soniga mos ravishda kengayishi mumkin.

### 5. Foydalanuvchi interfeysi va qulaylik

• Intuitiv interfeys

o Qulay navigatsiya: Foydalanuvchilar uchun oson tushunarli menyu va navigatsiya tizimi.

o Ko'p til qo'llab-quvvatlashi: Turli tillarda interfeysni taqdim etish imkoniyati.

• Mobil ilovalar

o Mobil qo'llanish: Smartfon va planshetlar uchun moslashtirilgan ilovalar yaratish.

o Push xabarnomalar: Muhim ma'lumotlar haqida foydalanuvchilarga tezkor xabarnomalar yuborish.

• Muvaffaqiyat omillari

o Rahbariyat qo'llab-quvvatlashi: Tizimni joriy etishda yuqori rahbariyatning faol ishtiroki muhim.

o Madaniy o'zgarishlar: Yangi tizimga moslashish uchun tashkilot madaniyatini o'zgartirish [3].

o Resurslarni ta'minlash: Moliyaviy va inson resurslarini yetarli darajada ta'minlash [4].

Doimiy takomillashtirish: Foydalanuvchilarning fikr-mulohazalari asosida tizimni doimiy ravishda yangilab borish.

## 4. Xulosa

Ta'lim sifatini nazorat qilish bo'limi uchun axborot tizimini ishlab chiqish va uni muvaffaqiyatli joriy etish ta'lim tizimining samaradorligi va sifatini oshirish uchun muhim ahamiyatga ega. Ushbu jarayon bir nechta asosiy omillarga tayanadi:

Birinchidan, axborot tizimining joriy etilishi ta'lim sifatini nazorat qilish bo'limining kundalik faoliyatini sezilarli darajada yangillashtiradi. Ma'lumotlarning

avtomatik yig'ilishi va tahlil qilinishi, hisobotlarning tezkor tayyorlanishi va qaror qabul qilish jarayonlarining optimallashtirilishi orqali vaqt va resurslar tejiladi. Bu esa xodimlarning diqqatini strategik vazifalarga qaratishga imkon beradi.

Ikkinchidan, tizimning muvaffaqiyatli joriy etilishi uchun puxta rejalashtirish va strategik yondashuv zarur. Loyihaning bosqichma-bosqich amalga oshirilishi, foydalanuvchilarni jalb qilish va ularni o'qitish, risklarni boshqarish va samaradorlik ko'rsatkichlarini belgilash kabi strategiyalar loyiha muvaffaqiyatini ta'minlaydi. Shuningdek, tizimning milliy qonunchilik va xalqaro standartlarga muvofiqligini ta'minlash ham muhimdir.

Uchinchidan, axborot tizimining funksional imkoniyatlari uning samaradorligini belgilaydi. Ma'lumotlarni yig'ish va saqlash, tahlil va hisobotlar, foydalanuvchi huquqlari va xavfsizlikni ta'minlash, integratsiya va moslashuvchanlik kabi funksiyalar tizimning keng qamrovli va foydalanuvchilar uchun qulay bo'lishini ta'minlaydi. Bu esa tizimdan foydalanuvchilarning qoniqishini oshiradi va uni kundalik ish jarayoniga organik ravishda kiritadi.

To'rtinchidan, muvaffaqiyat omillari, jumladan, rahbariyatning qo'llab-quvvatlashi, madaniy o'zgarishlar va resurslarning yetarli darajada ta'minlanishi tizimning uzoq muddatli barqarorligini kafolatlaydi. Doimiy takomillashtirish va foydalanuvchilar bilan muloqot tizimning zamonaviy talablar va ehtiyojlarga mos ravishda rivojlanishiga xizmat qiladi.

Yakuniy natijada, ta'lim sifatini nazorat qilish bo'limi uchun axborot tizimining ishlab chiqilishi va joriy etilishi butun ta'lim tizimining samaradorligi va sifatini oshirishga, shuningdek, o'quvchilar, o'qituvchilar va boshqaruv organlari o'rtasidagi muloqotni kuchaytirishga xizmat qiladi. Zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish orqali ta'lim jarayonini raqamli transformatsiya qilish, uni global talablarga moslashtirish va mamlakatning raqobatbardoshligini oshirish imkoniyati mavjud.

Kelajakda ushbu tizimlarni sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar tahlili kabi ilg'or texnologiyalar bilan boyitish orqali ta'lim sifatini yanada oshirish, individual o'quv dasturlarini yaratish va ta'lim jarayonini shaxsiylashtirish mumkin bo'ladi. Bu esa ta'lim tizimining innovatsion rivojlanishiga va mamlakatning ijtimoiy-iqtisodiy taraqqiyotiga sezilarli hissa qo'shadi.

## Foydalangan adabiyotlar / References

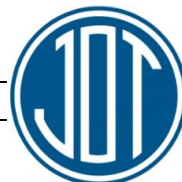
[1] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori. (2019). Ta'lim sifatini oshirish bo'yicha chora-tadbirlar to'g'risida.

[2] UNESCO. (2018). Education Management Information Systems (EMIS) Development. UNESCO Publishing.

[3] World Bank. (2020). Improving Education Quality through Information Systems. World Bank Reports.

[4] Anderson, J. (2019). Information Systems in Education Management. Oxford University Press.

[5] Davlat Ta'lim Standartlari. (2020). Ta'lim sifatini nazorat qilish bo'yicha yo'riqnoma. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi.



[6] Heeks, R. (2018). Information Systems and Developing Countries: Failure, Success, and Local Improvisations. The MIT Press.

[7] Chapman, D. W., & Mahlck, L. O. (2004). Adapting Technology for School Improvement: A Global Perspective. International Institute for Educational Planning.

[8] O'zbekiston Respublikasi Axborot Texnologiyalari Vazirligi. (2021). Axborot tizimlarini joriy etish bo'yicha metodik qo'llanma.

[9] BECTA. (2007). Impact of Information Systems on Educational Outcomes. British Educational Communications and Technology Agency.

[10] Gartner, Inc. (2020). Best Practices for Implementing Educational Information Systems. Gartner Research.]

## Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Rasulmuhamedov  
Muxamadaziz  
Muxamadaminovich

Toshkent davlat transport universiteti  
"Transportda axborot tizimlari va texnologiyalari" kafedrasida dotsenti.  
f.m.f.d (PhD)

E-mail:  
prof.rasulmukhamedov@gmail.com  
Tel.: +998901205980

<https://orcid.org/0000-0001-8404-3013>

Boltaboyeva  
Arofat  
Mansurboy  
qizi

Toshkent davlat transport universiteti  
"Transportda axborot tizimlari va texnologiyalari" kafedrasida magistranti

E-mail:  
arofatboltaboyeva950@gmail.com  
Tel.: +998910572200

<https://orcid.org/0009-0001-7098-4215>





# Intellectual approaches to optimizing data flow in freight documentation processes

A.B. Tukhtakhodjaev<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** To enhance the efficiency of freight transportation services on railways, there is a growing need to automate and optimize documentation circulation processes. This study investigates the possibilities of optimizing data flow by utilizing artificial intelligence and data analysis methods.

**Keywords:** freight transportation, documentation circulation, data flow, optimization, intellectual approaches, artificial intelligence

## Yuk tashish hujjat aylanishi jarayonlarida ma'lumotlar oqimini optimallashtirishning intellektual yondashuvlari

Tuxtaxodjaev A.B.<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Temir yo'llarda yuk tashish xizmatlarining samaradorligini oshirish maqsadida hujjat aylanishi jarayonlarini avtomatlashtirish va optimallashtirish zarurati tug'ilmoqda. Sun'iy intellekt va ma'lumotlarni tahlil qilish usullaridan foydalanib, ma'lumotlar oqimini optimallashtirishning imkoniyatlari tadqiq etiladi.

**Kalit so'zlar:** yuk tashish, hujjat aylanishi, ma'lumotlar oqimi, optimallashtirish, intellektual yondashuvlar, sun'iy intellekt

### 1. Kirish

Globalizatsiya va raqamli texnologiyalarning tezkor rivojlanishi natijasida logistika va transport sohalari oldida yangi imkoniyatlar va muammolar paydo bo'lmoqda. Temir yo'llarda yuk tashish xizmatlari xalqaro savdo va milliy iqtisodiyot uchun strategik ahamiyatga ega bo'lib, ularning samaradorligi ko'p jihatdan hujjat aylanishi jarayonlarining qanday tashkil etilganiga bog'liq. An'anaviy hujjat aylanishi usullari ko'pincha qog'ozbozlik, vaqt sarfi va xatoliklarga olib keladi, bu esa transport xizmatlarining sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi [1].

Yuqori raqobatbardoshlik va mijozlar talablarining o'sishi sharoitida yuk tashish jarayonlarini optimallashtirish zarurati ortib bormoqda. Hujjat aylanishi jarayonlarida ma'lumotlar oqimini samarali boshqarish nafaqat operatsion xarajatlarni kamaytiradi, balki xizmat ko'rsatish sifatini ham oshiradi. Shu nuqtai nazardan, intellektual yondashuvlar va zamonaviy texnologiyalarni qo'llash muhim ahamiyat kasb etadi [2].

Sun'iy intellekt, katta ma'lumotlar tahlili va avtomatlashtirilgan tizimlar hujjat aylanishi jarayonlarini optimallashtirishda keng imkoniyatlarni ochib beradi. Bu texnologiyalar yordamida ma'lumotlarni real vaqt rejimida qayta ishlash, xatoliklarni aniqlash va ularni bartaraf etish, shuningdek, resurslardan samarali foydalanish imkoniyatlari yaratiladi [8]. Natijada, temir yo'llarda yuk tashish xizmatlarining tezligi, aniqligi va ishonchliligi oshadi.

Ushbu maqolada yuk tashish hujjat aylanishi jarayonlarida ma'lumotlar oqimini optimallashtirishning

intellektual yondashuvlari o'rganiladi. Birinchi bo'limda mavjud jarayonlarning tahlili va ularning muammolari ko'rib chiqiladi. Ikkinchi bo'limda esa intellektual texnologiyalarni qo'llash orqali ma'lumotlar oqimini optimallashtirish usullari va ularning afzalliklari batafsil yoritiladi.

### 2. Tadqiqot metodologiyasi

#### Yuk tashish hujjat aylanishi jarayonlarining tahlili.

Yuk tashish jarayonlarida hujjat aylanishi transport operatsiyalarining muhim qismidir. Hujjatlar orqali yukning qayerdan qayerga yetkazilishi, yuk egasi, transport vositasi va boshqa muhim ma'lumotlar qayd etiladi [3]. Hozirgi kunda temir yo'llarda yuk tashish hujjat aylanishi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

1. Buyurtma berish. Yuk jo'natuvchi kompaniya yuk tashish uchun buyurtma beradi. Bu bosqichda yukning xususiyatlari, miqdori va yetkazib berish manzili aniqlanadi [2].

2. Hujjatlarni tayyorlash. Yuk hujjatlari, jumladan, yuk qabul qilish dalolatnomasi, yo'l varaqasi va boshqa kerakli hujjatlar tayyorlanadi [3].

3. Ma'lumotlarni kiritish. Hujjatlardagi ma'lumotlar tizimga qo'lda kiritiladi. Bu yerda inson omili tufayli xatoliklar yuzaga kelishi mumkin.

4. Tasdiqlash va muvofiqlashtirish. Hujjatlar tegishli idoralar tomonidan tasdiqlanadi va muvofiqlashtiriladi. Bu jarayon vaqt talab qilishi mumkin.

5. Arxivlash va saqlash. Hujjatlar qog'oz yoki elektron shaklda arxivlanadi va saqlanadi [5].

 <https://orcid.org/0009-0001-0640-559X>



**An'anaviy hujjat aylanishi jarayonlarining muammolari.** Ushbu jarayonlarning har birida samaradorlikni pasaytiruvchi omillar mavjud. Quyidagi jadvalda an'anaviy hujjat aylanishi jarayonlarining asosiy muammolari va ularning oqibatlari ko'rsatilgan.

Jadval 1

**An'anaviy hujjat aylanishi jarayonlarining muammolari**

Jarayon bosqichi	Muammolar	Oqibatlar
Buyurtma berish	Ma'lumotlarni noto'g'ri kiritish	Noto'g'ri yuk tashish rejalari
Hujjatlarni tayyorlash	Qog'oz hujjatlarning yo'qolishi yoki zarar ko'rishi	Ma'lumotlarning yo'qolishi, huquqiy muammolar
Ma'lumotlarni kiritish	Qo'lda kiritish tufayli xatoliklar	Xato ma'lumotlar, kechikishlar
Tasdiqlash va muvofiqlashtirish	Uzoq vaqt talab qiluvchi byurokratik jarayonlar	Vaqt sarfi, xizmat sifati pasayishi
Arxivlash va saqlash	Qog'oz hujjatlarni saqlash uchun katta joy kerakligi	Xarajatlarning oshishi, qiyinchiliklar

An'anaviy usullarda hujjat aylanishi ko'pincha qog'oz shaklida amalga oshiriladi, bu esa quyidagi muammolarga olib keladi:

1. Vaqt sarfi. Hujjatlarni qo'lda tayyorlash va kiritish ko'p vaqt talab qiladi [1]. Bu esa yuk tashish jarayonlarining umumiy vaqtini uzaytiradi.

2. Xatoliklar. Inson omili tufayli ma'lumotlarni noto'g'ri kiritish yoki xatoliklar yuzaga kelishi ehtimoli yuqori [4]. Bu esa noto'g'ri rejalashtirish va resurslardan samarasiz foydalanishga olib keladi.

3. Xarajatlar. Qog'oz hujjatlarni chop etish, saqlash va arxivlash qo'shimcha xarajatlarni talab etadi [2]. Bundan tashqari, yo'qolgan yoki zarar ko'rgan hujjatlarni tiklash qo'shimcha resurslarni talab qiladi.

4. Moslashuvchanlikning pastligi. Jarayonning an'anaviyligi sababli o'zgarishlarga tezkor javob berish qiyin. Bu esa bozor talablariga moslashishni qiyinlashtiradi.

5. Ma'lumotlar almashinuvi qiyinchiliklari. Turli bo'limlar va tashkilotlar o'rtasida ma'lumotlarni tez va aniq almashish qiyin [3]. Bu esa jarayonning umumiy samaradorligini pasaytiradi.

Yuqoridagi muammolarni bartaraf etish uchun hujjat aylanishi jarayonlarini optimallashtirish va avtomatlashtirish zarurati tug'iladi. Intellektual yondashuvlar va zamonaviy texnologiyalarni qo'llash orqali bu muammolarni hal qilish mumkin.

**Ma'lumotlar oqimini optimallashtirish uchun intellektual yondashuvlar.** Yuk tashish hujjat aylanishi jarayonlarida ma'lumotlar oqimini optimallashtirish uchun intellektual yondashuvlar va zamonaviy texnologiyalarni qo'llash zarurati tug'ilmoqda [1]. Ushbu yondashuvlar hujjat aylanishi jarayonlarini avtomatlashtirish, samaradorligini oshirish va xatoliklarni kamaytirish imkonini beradi. Quyida asosiy intellektual yondashuvlar va ularning afzalliklari batafsil yoritiladi.

**Sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish.** Sun'iy intellekt (SI) va mashinaviy o'rganish (MO) texnologiyalari ma'lumotlarni avtomatik ravishda qayta ishlash va tahlil qilish imkonini beradi [7]. Ushbu texnologiyalar yordamida quyidagi vazifalar amalga oshiriladi:

1. Ma'lumotlarni avtomatik kiritish va qayta ishlash. SI yordamida hujjatlarda mavjud ma'lumotlarni avtomatik

ravishda tizimga kiritish mumkin. Bu jarayon qo'lda kiritishdan ko'ra tezroq va aniqroq bo'ladi.

2. Xatoliklarni aniqlash va tuzatish. MO algoritmlari ma'lumotlardagi nomuvofiqliklarni aniqlash va avtomatik tuzatish imkonini beradi. Masalan, yuk hajmi va vazni o'rtasidagi nomutanosiblikni aniqlash mumkin.

3. Prognozlash va optimallashtirish. SI yordamida yuk tashish jarayonlarini prognozlash va resurslardan samarali foydalanish uchun optimal rejalashtirish amalga oshiriladi.

**Katta ma'lumotlar tahlili.** Katta ma'lumotlar (Big Data) tahlili orqali katta hajmdagi ma'lumotlarni real vaqt rejimida qayta ishlash va ulardan foydali axborot olish mumkin [8]. Bu yondashuv quyidagi afzalliklarni taqdim etadi:

1. Tezkor qaror qabul qilish. Ma'lumotlarni tezkor tahlil qilish orqali muammolarni aniqlash va ularga tezda javob berish mumkin.

2. Jarayonlarni optimallashtirish. Katta ma'lumotlar tahlili orqali jarayonlarning zaif joylarini aniqlash va ularni yaxshilash imkoniyati yaratiladi.

**Bulutli texnologiyalar va integratsiya.** Bulutli texnologiyalar ma'lumotlarni saqlash, ulashish va qayta ishlashni osonlashtiradi [6]. Bulutli tizimlar yordamida, tashkilot ichidagi barcha xodimlar va hamkorlar ma'lumotlarga istalgan joydan va qurilmadan kirishlari mumkin, hamda bulutli xizmatlar o'zgaruvchan ehtiyojlarga mos ravishda resurslarni oshirish yoki kamaytirish imkonini beradi.

**Raqamli hujjat aylanishi tizimlari.** Raqamli hujjat aylanishi tizimlari hujjatlarni elektron shaklda boshqarish va ulashishni ta'minlaydi [2]. Bu tizimlar hujjatlarni elektron imzo orqali tez va ishonchli tasdiqlash imkonini beradi, hamda elektron hujjatlar shifrlanadi va ularning o'zgarishlari qayd etiladi, bu esa xavfsizlikni oshiradi.

**Intellektual yondashuvlarning afzalliklari.** Quyidagi jadvalda intellektual yondashuvlarning hujjat aylanishi jarayonlariga ta'siri ko'rsatilgan.

Jadval 2

**Intellektual yondashuvlarning afzalliklari**

Yondashuv	Afzalliklari
Sun'iy intellekt va MO	Ma'lumotlarni avtomatik qayta ishlash, xatoliklarni kamaytirish
Katta ma'lumotlar tahlili	Tezkor tahlil, jarayonlarni optimallashtirish
Bulutli texnologiyalar	Ma'lumotlarga keng kirish, moslashuvchanlik
Raqamli hujjat aylanishi tizimlari	Hujjatlarni elektron boshqarish, xavfsizlik va kuzatuvchanlik

**Intellektual yondashuvlarni joriy etish amaliyoti.** Intellektual yondashuvlarni muvaffaqiyatli joriy etish uchun quyidagi amaliy choralar ko'rilishi lozim [6]:

1. Texnologik infratuzilmani yangilash. Zamonaviy dasturiy ta'minot va apparat vositalarini joriy etish.
2. Xodimlarni o'qitish. Yangi tizimlar bilan ishlash uchun xodimlarning malakasini oshirish.
3. Jarayonlarni qayta ko'rib chiqish. Hujjat aylanishi jarayonlarini optimallashtirish va soddalashtirish.

**Intellektual yondashuvlarni joriy etishdagi qiyinchiliklar.** Intellektual yondashuvlarni joriy etishda qiyinchiliklar yuzaga kelishi mumkin. Investitsion xarajatlar, ya'ni yangi texnologiyalarni joriy etish uchun dastlabki katta mablag' talab etiladi [6]. Texnologik murakkabliklar, ya'ni yangi tizimlarni mavjud tizimlar bilan integratsiya qilish murakkab bo'lishi mumkin. Xavfsizlik



masalalari, ya'ni ma'lumotlarning himoyasini ta'minlash uchun qo'shimcha choralar ko'rish zarur.

### 3. Natijalar

Intellektual yondashuvlarni joriy etish natijasida quyidagi natijalarga erishish mumkin:

1. Samaradorlikning oshishi. Hujjat aylanishi jarayonlarining tezlashishi va xatoliklarning kamayishi.
2. Xarajatlarning kamayishi. Operatsion xarajatlarning pasayishi va resurslardan samarali foydalanish.

Xizmat sifatining yaxshilanishi. Mijozlarga xizmat ko'rsatish darajasining oshishi va ularning qoniqishining ortishi.

### 4. Xulosa

Yuqorida keltirilgan tadqiqotlar va tahlillar asosida shuni xulosa qilishimiz mumkinki, temir yo'llarda yuk tashish hujjat aylanishi jarayonlarida ma'lumotlar oqimini optimallashtirish hozirgi zamonning dolzarb masalalaridan biridir. An'anaviy hujjat aylanishi usullari ko'plab muammolarga olib kelmoqda, jumladan:

- Vaqt va resurslarning samarasiz sarflanishi. Hujjatlarni qo'lda tayyorlash va ma'lumotlarni kiritish ko'p vaqt va inson resurslarini talab qiladi.

- Xatoliklarning yuqori darajasi. Inson omili tufayli ma'lumotlarni noto'g'ri kiritish yoki xatoliklar yuzaga kelishi ehtimoli yuqori.

- Xarajatlarning oshishi. Qog'oz hujjatlarni saqlash, chop etish va ularga ishlov berish qo'shimcha moliyaviy xarajatlarni talab qiladi.

- Moslashuvchanlikning pastligi. An'anaviy usullar tez o'zgaruvchan bozor talablariga moslashishda qiyinchiliklar tug'diradi.

Intellektual yondashuvlar va zamonaviy texnologiyalarni qo'llash orqali ushbu muammolarni hal etish mumkinligi aniqlandi. Xususan:

- Sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish texnologiyalari ma'lumotlarni avtomatik qayta ishlash, xatoliklarni aniqlash va ularni bartaraf etish imkonini beradi. Bu esa jarayonlarning samaradorligini oshiradi va inson omilini kamaytiradi.

- Katta ma'lumotlar tahlili yordamida jarayonlarning zaif tomonlarini aniqlash, jarayonlarni optimallashtirish va resurslardan samarali foydalanish imkoniyatlari yaratiladi.

- Bulutli texnologiyalar va raqamli hujjat aylanishi tizimlari ma'lumotlarga keng kirish, xavfsizlik va moslashuvchanlikni ta'minlaydi.

Intellektual yondashuvlarni joriy etish natijasida quyidagi natijalarga erishish mumkin:

1. Samaradorlikning oshishi. Hujjat aylanishi jarayonlari tezlashadi, vaqt va resurslar tejraladi.

2. Xatoliklarning kamayishi. Ma'lumotlarni avtomatik qayta ishlash tufayli xatoliklar sezilarli darajada kamayadi.

3. Xarajatlarning kamayishi. Qog'oz hujjatlar o'rniga raqamli hujjatlar qo'llanilishi operatsion xarajatlarni kamaytiradi.

4. Xizmat sifatining yaxshilanishi. Tezkor va aniq xizmat ko'rsatish mijozlar qoniqishini oshiradi.

5. Tezkor qaror qabul qilish. Real vaqt rejimida ma'lumotlarni tahlil qilish orqali boshqaruv qarorlarini tez va aniq qabul qilish imkoniyati yaratiladi.

Umuman olganda, temir yo'llarda yuk tashish hujjat aylanishi jarayonlarida ma'lumotlar oqimini optimallashtirish uchun intellektual yondashuvlarni qo'llash muhim ahamiyatga ega. Bu nafaqat transport xizmatlarining samaradorligini oshiradi, balki milliy iqtisodiyotning rivojlanishiga ham ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Zamonaviy texnologiyalarni joriy etish orqali temir yo'l transporti tizimi global raqobat sharoitida o'zining ustunliklarini saqlab qolishi va yanada rivojlanishi mumkin.

### Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Abdullayev A. "Logistika tizimlarida ma'lumotlar oqimini boshqarish". Toshkent: Logistika nashriyoti, 2020.

[2] Karimov B. "Sun'iy intellekt va uning transport sohasidagi qo'llanilishi". Transport va logistika jurnali, 2021, №3, 45-52-betlar.

[3] Smith J. "Intelligent Approaches to Data Flow Optimization in Freight Transportation". International Journal of Logistics, 2019, Vol. 22, Issue 4, pp. 345-360.

[4] Lee K., Park S. "Digital Transformation in Railway Freight Documentation". Journal of Transportation Technologies, 2020, Vol. 10, pp. 150-162.

[5] O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi rasmiy sayti: [www.mintrans.uz](http://www.mintrans.uz)

[6] Chen Y. "Application of Machine Learning in Logistics Data Management". Logistics Research, 2018, Vol. 11, Issue 2, pp. 89-101.

[7] Ivanov D. "Big Data Analytics in Railway Freight Transportation". Procedia Computer Science, 2019, Vol. 159, pp. 1086-1095.

[8] Wang L., Zhang X. "Optimizing Data Flow in Supply Chain Management Using AI Techniques". International Journal of Supply Chain Management, 2021, Vol. 6, Issue 3, pp. 23-35.

### Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Tuxtaxodjaev Adham Bahodirovich / Tukhtakhodjaev Adham Bahodirovich	Toshkent davlat transport universiteti "Raqamli transformatsiya bo'limi" boshlig'i. E-mail: <a href="mailto:adham.s.dr@gmail.com">adham.s.dr@gmail.com</a> Tel.: +998903345333 <a href="https://orcid.org/0009-0001-0640-559X">https://orcid.org/0009-0001-0640-559X</a>
---	---



## Concrete mixture

I.M. Makhamataliev<sup>1</sup><sup>a</sup>, V.M. Soy<sup>1</sup><sup>b</sup>, N.R. Mukhammadiev<sup>1</sup><sup>b</sup>,  
G.B. Malikov<sup>1</sup><sup>c</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** concrete mix for the production of precast concrete structures for the construction of buildings and structures for housing, public, industrial and transport purposes, containing cement, crushed stone, sand, chemical additive - superplasticizer C-3, still bottoms of the production of Na-carboxymethyl cellulose (KOH), mineral filler and water, as a chemical additive is used superplasticizer based on polycarboxylate esters MasterGlenium ACE 430, and as a mineral filler - basalt fibers with a diameter of 17 µm and a length of 6-12 mm with the following ratio of components, wt.

**Keywords:** span structure, process line, prestressed state, adhesion, formwork, steam heating, reinforcement bundle

### 1. Introduction

The invention relates to the field of the building materials industry and can be used in the preparation of concrete mixtures for the manufacture of precast concrete and reinforced concrete structures.

Concrete mixtures are known that contain: cement, crushed stone, sand, superplasticizer, mineral additives and water [1,2]. In these concrete mixtures, fly ash from thermal power plants and screenings from crushed granite rocks are used as mineral additives. The use of these mineral fillers reduces the consumption of cement in concrete, but they are expensive, since their production and delivery require large energy and transport costs. In addition, fly ash is a man-made waste obtained from burning coal in thermal power plants, as a result of which it does not have a stable composition and properties, which certainly has a negative effect on the quality of the resulting concrete.

A concrete mixture is known that contains the following components, wt.%: cement - 17.41-18.37, crushed stone - 40.79-41.42, sand - 32.22-32.64, superplasticizer C-3 - 0.098-0.110, mineral filler - 0.96-1.91, water - the rest [3], where dusty waste from the production of asphalt concrete, formed during the heating and drying of fillers and captured by the aspiration system (finely dispersed mineral product of gas purification - TMPG), is used as a mineral filler.

The disadvantage of this composition of the concrete mixture is that the mass use of mineral filler TMPG in construction is not possible, since this mineral filler is used mainly for the preparation of asphalt concrete. In addition, the introduction of TMPG into the composition of concrete will contribute to a sharp increase in the water demand of the concrete mixture and, as a consequence, a significant decrease in the strength of the concrete.

A concrete mixture is known that contains the following components, wt.%: cement - 17.41-18.37, crushed stone - 40.79-41.42, sand - 32.22-32.64, superplasticizer C-3 - 0.098-0.110, mineral filler - crushed concrete scrap to a specific surface of 2200-2500 cm<sup>2</sup>/g - 0.96-1.91, water - the rest [4].

The disadvantage of this concrete mix composition is that obtaining a mineral filler in the form of concrete scrap

crushed to a specific surface of 2200-2500 cm<sup>2</sup>/g requires significant energy costs associated with the processes of crushing and grinding solid construction waste, which will significantly reduce the efficiency of using this mineral additive in the composition of concrete. In addition, the high degree of dispersion of the mineral filler leads to a significant increase in the water demand of the concrete mix, and this, as is known, contributes to an increase in the porosity of concrete and, as a consequence, is the reason for insufficiently high strength and frost resistance of concrete. The closest in essence, i.e. the prototype of the invention is a concrete mixture containing the following components, wt.%: cement - 13.64-17.29, crushed stone - 40.84-41.16, sand - 32.00-32.43, superplasticizer C-3 - 0.049-0.054, still bottoms of the production of Na-carboxymethylcellulose (KOH) - 0.049-0.054, mineral filler - 1.91-5.81, water - the rest [5], where zeolite-containing rock crushed to a specific surface of 2500-3000 cm<sup>2</sup>/g is used as a mineral filler.

The disadvantages of the prototype are the relatively low rates of the concrete mixture hardening process, which leads to an increase in the time it takes for concrete to gain stripping strength and a decrease in the turnover of forms in the production of factory-made structures, as well as relatively low: concrete compressive strength and frost resistance of concrete. The purpose of the invention is to accelerate the hardening process of concrete mixture, increase the tensile strength and frost resistance of concrete.

### 2. Methodology and materials

The set goal is achieved by the fact that in the composition of the concrete mixture, including cement, crushed stone, sand, chemical additive - superplasticizer based on naphthalene sulfonates C-3, still residues of the production of Na-carboxymethyl cellulose (KOH), mineral filler and water, as a chemical additive is used superplasticizer based on polycarboxylate esters MasterGlenium ACE 430, and as a mineral filler - basalt fibers with a diameter of 17 µm and a length of 6-12 mm with the following ratio of components, wt.%:

cement	13.64 - 17.29
crushed stone	40.84 - 41.16

<sup>a</sup>  <https://orcid.org/0009-0002-5945-2565>

<sup>b</sup>  <https://orcid.org/0009-0004-2390-6961>

<sup>c</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-3691-1079>





sand	32.00 - 32.43
superplasticizer MasterGlenium ACE 430	0.049 - 0.054
KOH	0.049 - 0.054
mineralfiller	0.96 – 1.91
water	the rest

The effect of using MasterGlenium ACE 430 as a superplasticizer in a concrete mix is that the molecules of this superplasticizer are quickly adsorbed on the surface of cement particles and promote accelerated dispersion of the latter due to electrostatic and steric repulsion forces. The molecular structure of the polymers of polycarboxylate ethers of the MasterGlenium ACE 430 superplasticizer has a significant effect on the strength of concrete at the early stages of hardening. The unique molecular structure of the MasterGlenium ACE 430 superplasticizer promotes a multiple increase in the contact surface of cement particles with water compared to the molecules of the C-3 superplasticizer, which completely cover the cement surface and prevent water from accessing them, slowing down the hydration process of the cement binder.

As a result of the effect of the MasterGlenium ACE 430 superplasticizer molecules on the cement binder particles, an earlier release of hydration heat, acceleration of hydration product formation, and, as a consequence, an earlier increase in the strength of cement concrete are observed. The introduction of basalt fiber into the concrete as a micro-reinforcing mineral additive helps to increase the resistance of concrete to deformations without destruction in the most critical period of hardening, i.e. in the first 2-6 hours after laying the concrete mix. In addition, basalt fiber in the composition of cement concrete takes on tensile stresses from external loads and significantly increases the tensile strength of concrete. The positive effect on the frost resistance of concrete when using basalt fiber should be associated with the involvement of a certain amount of air bubbles by the fiber, which allow free water in the concrete structure to expand and contract in cycles of alternate freezing and thawing.

Thus, the claimed concrete mix composition is novel and involves an inventive step, since the applicant did not find any technical solutions similar to those of the proposed invention when searching through sources of patent and scientific and technical documentation.

To experimentally verify the claimed concrete mix composition, comparative studies were conducted on two competing compositions (the prototype and the proposed composition).

According to the prototype, the concrete mix was prepared as follows. The zeolite-containing rock crushed to

a specific surface area of 2500 cm<sup>2</sup>/g was mixed with cement until homogeneous for 45-60 s, after which this mixture was added to the pre-mixed crushed stone and sand. Then 2/3 of the mixing water was added to the mixer together with an aqueous solution of superplasticizer C-3 and the mixture was mixed for 60-90 s, then the remaining water was added and the final mixing of the mixture was performed.

The stated composition of the concrete mixture was prepared as follows. Basalt fibres with a diameter of 17 µm and a length of 12 mm were mixed with cement until a homogeneous state was obtained for 45-60 s, after which pre-mixed crushed stone and sand were added to this mixture. Then 2/3 of the mixing water was added to the mixer together with an aqueous solution of MasterGlenium ACE 430 superplasticizer and still water from the production of Na-carboxymethylcellulose (KOH) in the ratio (1:1) specified in the application, the mixture was mixed for 60-90 s, then the remaining water was added and the final mixing of the mixture was performed.

The following were used in the experimental studies: Portland cement grade CEM0 52.5N produced by JSC Akhangarancement (GOST 31108-2020), coarse aggregate - crushed stone of fraction 5-10 mm from the Eyvalek quarry, with an average density of 1400 kg / m<sup>3</sup> (GOST 26633-2012), fine aggregate - river quartz sand from the May quarry with a fineness modulus M<sub>kr</sub> = 0.68 and an average density of 2000 kg / m<sup>3</sup> (GOST 26633-2012), basalt fiber with a diameter of 17 µm and a length of 6-12 mm produced by JV LLC MEGA INVEST INDUSTRIAL (Jizzakh region), polycarboxylate superplasticizer MasterGlenium ACE 430, produced by BASF (Germany), which is a cloudy beige liquid with a density 1.06±0.02 g/cm<sup>3</sup>, zeolite-containing rock of the Beltau deposit (Navoi region).

### 3. Results

The obtained concrete mixtures were used to form standard-size 15x15x15 cm cube samples in the amount of 6 pieces for compression testing. The samples were stored under normal temperature and humidity conditions for 28 days, after which they were tested for compression. (GOST 28570-90). Frost resistance of concrete was determined using the standard method according to (GOST 10060.1-95). The ratio of concrete mixture components and the obtained sample test results are given in Table 1.

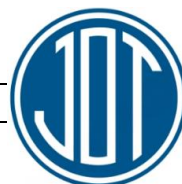


Table 1

Ratio of components of concrete mixtures and obtained results of tests of concrete mixture samples and concrete specimens

Type of superplasticizer and mineral filler	Degree of cement filling, %	Concrete mix composition: numerator -- kg per 1 m <sup>3</sup> of mix, denominator -- wt. %							Compressive strength, MPa			Tensile strength, MPa	Frost resistance, brand
		Cement	Filler	Sand	Crushed stone	Superplasticizer	KOH	Water	At the age of, days				
									1	3	28		
Concrete mix according to prototype													
Superplasticizer C-3, zeolite-containing rock	10	416/17,29	46/1,91	780/32,43	990/4,16	1,31/0,054	1,31/0,054	170/7,07	14,1	29,9	46,8	2,7	F20
	20	370/15,49	92/3,85	770/32,24	978/4,095	1,25/0,052	1,25/0,052	175/6,86	15,6	31,7	51,8	3,3	F20
	30	324/13,64	138/5,81	760/32,00	970/4,084	1,17/0,049	1,17/0,049	180/7,07	24,4	31,0	47,5	2,9	F20
Concrete mix on request													
Superplasticizer MasterGlenium ACE 430, basalt-fiber	2	461/19,16	1,0/0,04	780/32,43	990/4,16	1,31/0,054	1,31/0,054	170/7,07	22,5	40,4	57,2	5,7	F30
	3	460/19,10	1,6/0,06	770/32,00	978/4,095	1,25/0,052	1,25/0,052	172/7,16	24,4	42,6	60,8	6,2	F30
	4	459/19,04	2,2/0,10	760/31,50	970/4,024	1,17/0,049	1,17/0,049	175/7,27	24,6	43,4	61,4	6,5	F30

## 4. Conclusion

The analysis of the obtained results (Table 1) shows that for the proposed composition of the concrete mix in all 3 examples there is an increase in the compressive strength of concrete compared to the composition of the concrete mix according to the prototype by 15-20%. At the same time, the increase in the strength of concrete in the early stages of hardening (1 and 3 days) also exceeds the indicators by an average of 10-15%. The tensile strength of concrete obtained according to the proposed composition exceeds the indicators of concrete according to the prototype by 1.8-2.0 times, and the frost resistance of concrete increases by 50%. In addition, the energy costs required to obtain mineral filler from zeolite-containing rocks are reduced, since grinding zeolite-containing rocks to a specific surface of 2500-3000 cm<sup>2</sup>/g requires grinding them in the most common ball mills for at least 1 hour. Thus, the proposed composition of the concrete mixture allows for the full achievement of the set goals: ensuring acceleration of the hardening process of the concrete mixture, increasing the tensile strength and frost resistance of the concrete.

## References

- [1] Pashchenko V.A. Factory production of reinforced concrete bridge structures. - M: Transport, 1972. - P.248.
- [2] Kolokolov N.M. et al. Construction of bridges. - M: Transport, 1975. -P.100.
- [3] Patent SU No. 1601298 A1, priority date 29.02.1988, publication date 23.10.1990, authors: Musokhranov V.V., Agranovich G.Yu., Cherkasov K.A., Borodkin O.A.
- [4] Batrakov V.G. Modified concrete. Theory and practice. 2nd ed. - M.: 1998. – 768 p.
- [5] Adylkhodzhaev A.I., Makhamataliev I.M., Tsov V. M., Turgaev J.F., Umarov K.S. Theoretical bases of optimization of concrete microstructure with application of the improved of mathematical planning of experiments. International Journal of Advanced Science and Technology

(IJAST), Volume-8 Issue-9S2, July 2019, ISSN 2207-6360. (Online), p. 210-219.

[6] Баженов Ю.М. Технология бетонов XXI века / Академические чтения РААСН. Новые научные направления строительного материаловедения. Часть 1. Белгород, 2005. С.9-20.

[7] Hillemeiez B., Buchenau G., Herr R. Spezialbeton, Betonkalendar 2006/1, Ernst Sbh, p. 534-549.

## Information about the authors

Makhamataliev Irkin Muminovich  
Tashkent State Transport University,  
Department of Construction of  
Buildings and Industrial Structures,  
Doctor of Technical Sciences,  
Professor.  
E-mail: [nemat.9108@mail.ru](mailto:nemat.9108@mail.ru)  
<https://orcid.org/0009-0002-5945-2565>

Soy Vladimir Mikhaylovich  
Tashkent State Transport University,  
Department of Construction of  
Buildings and Industrial Structures,  
Doctor of Technical Sciences,  
Professor.  
Tel.: +998909521576

Mukhammadiev Nematjon Rakhmatovich  
Tashkent State Transport University,  
Department of Construction of  
Buildings and Industrial Structures,  
Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor.  
E-mail: [nemat.9108@mail.ru](mailto:nemat.9108@mail.ru),  
Tel.: +998909111106  
<https://orcid.org/0009-0004-2390-6961>

Malikov Ganisher Bakhromkulovich  
Tashkent State Transport University,  
Department of Bridges and Tunnels,  
doctoral student.  
E-mail: [ganisherm@inbox.ru](mailto:ganisherm@inbox.ru)  
Tel.: +998901893094  
<https://orcid.org/0000-0003-3691-1079>



## Research on methods for greening the street network of Yashnabad district

K.N. Musulmanov<sup>1</sup><sup>a</sup>, S.R. Omonova<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** In order to improve the ecology of the city and the quality of life of the population of Yashnabad district, by studying greening methods to increase the importance of greening the street and road network, it is possible to increase ecological sustainability, improve air quality, and strengthen the health of the city's residents.

**Keywords:** landscaping, assortment, nursery, planting border

## Yashnobod tumanining ko'cha-yo'l tarmog'ini ko'kalamzorlashtirish usullarini tadqiq etish

Musulmanov K.N.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Omonova S.R.<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Yashnobod tumani, shahar ekologiyasi va aholining hayot sifatini yaxshilash maqsadida, ko'cha-yo'l tarmog'ini ko'kalamzorlashtirishning ahamiyatini oshirish maqsadida ko'kalamzorlashtirish usullarini o'rganib chiqqan holda, ekologik barqarorlikni oshirish, havo sifatini yaxshilash va shahar aholisining salomatligini mustahkamlash mumkin.

**Kalit so'zlar:** ko'kalamzorlashtirish, assortiment, ko'chatxona, ekish chegarasi

### 1. Kirish

Bugungi kunda shaharsozlikdagi asosiy muammolardan biri - ko'kalamzorlashtirish ishlarini ilmiy asosda tashkil etishdir. Ko'kalamzorlashtirish — shahar hududida yashil tabiat zonalarini yaratish uchun olib boriladigan ishlar majmui. Yashil zonalar xiyobon va bog'lardan tashkil topadi, mikroiklimni sog'lomlashtiradi, shamol tezligini pasaytiradi, chang va to'zonlarni tutib qoladi, havodagi zararli gaz va tutunlarni yutadi, shahardagi shovqinlarni kamaytiradi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti va hukumat qarorlarida aholi yashash xududlarini obodonlashtirishga alohida e'tibor qaratiladi. Hozirda ko'kalamzorlashtirish ishlarini olib borishda bir qancha ilmiy tashkilotlar, nihol o'stiriladigan ko'chatxonalar faoliyat ko'rsatmoqda. Ko'kalamzorlashtirishda qo'llaniladigan manzarali daraxtlar va butalar turlarini kengaytirish, o'lkamiz sharoitlariga moslasha oladigan nav va shakllarini izlab topish, ilmiy darajada asoslangan texnologiya bo'yicha parvarishlashni tadqiq etish - bugungi kunning dolzarb masalalaridan sanaladi.

O'zbekistonda mavjud ko'kalamzorlashtirish materiallari assortimenti cheklangan bo'lib, uni ko'paytirish va yaxshilash muhimdir. Ko'chatxonalarda nobop, har qayerdan olib kelingan o'simliklarni ekish va ko'paytirish yaramaydi. Shaharlarda ekishga mos bo'lgan, chidamli va ko'p yillik, manzarali daraxtlardan jo'ka, kashtan, eman, chinorlar, zarang, o'tkir bargli zarang, lola daraxti, katalpa kabilarni ekishga alohida e'tiborni qaratmoq lozim. Tez o'suvchi daraxt turlaridan terak turlari, oq qayin, tollar,

ayniqsa, majnuntol, janubiy viloyatlar uchun esa safora, gledichiya, oq akasiya, aylant, yashil zarang, chinor va boshqalar diqqatga sazovordir. Shaharlar va turar joy massivlarini bezatishda, monumental ko'kalamzorlashtirishda ko'pgina manzarali shaklga ega bo'lgan: piramidasimon, sharsimon, shoxlari osilib turuvchi (majnuntolsimon), ustunsimon, yaproq bargli va boshqalar katta ahamiyatga ega.[1]

### 2. Tadqiqot metodologiyasi

**Tadqiqotning dolzarbligi:** Avtomobil yo'llarini ko'kalamzorlashtirish inson uchun qulay muhit yaratadi. Bu tabiat bilan uyg'unlikni keltirib chiqaradi, joyning qiymatini va unumdorlikni oshirishga yordam beradi. Daraxtlarning soyasi odamlarning kayfiyatiga ta'sir qiladi. Ko'kalamzorlashtirish atrof-muhitni saqlash va himoya qilish imkoniyatini beradi. Yashil maydonlarni ko'paytirish ekologik muammolarni hal qilishga olib keladi.

Iсси kunlarda shahar yo'llariga daraxt ekilgan joylar daraxt ekilmagan joylarga qaraganda 6 daraja sovuqroq bo'ladi. Tadqiqotlar doimiy ravishda tabiatda bo'lish insonning ruhiy salomatligi uchun foydali ekanligini ko'rsatadi. Shuningdek, u hududga qiymat qo'shadi. Shaharlarda go'zal bog'lar va yashil maydonlar sayyohlar va mehmonlarni o'ziga jalb qiladi.

**Tadqiqotni o'tkazish uslubiyati va uslublariga quyidagilar kiradi:**

1. Empirik Tadqiqot: O'simliklarni joylashtirish va ko'kalamzorlashtirish jarayonlarini o'rganish uchun amaliy

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8906-9909>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0006-7853-0767>



tadqiqotlar o'tkazish. Bu o'simliklar qanday muhitda yaxshiroq o'sishini ko'rsatadi

2. So'rovnomalar: Aholini so'rab, ko'kalamzorlashtirish bo'yicha fikr va talablarini aniqlash. Bu yo'l bilan shahar aholisining xohish-istaklari haqida ma'lumot to'plash mumkin.

3. Gis (Geografik Axborot Tizimi): Shahar hududining xaritalarini tahlil qilib, ko'kalamzorlashtirish uchun eng mos joylarni aniqlash.

4. Biologik va Ekologik Tahlil: O'simliklarning turli xil turlari va ularning ekologik sharoitlarga munosabati haqida tadqiqot o'tkazish. Bu, shuningdek, shahar iqlimiga mos keladigan o'simliklarni tanlashda yordam beradi.

5. Model Tahlillari: Ko'kalamzorlashtirishning iqtisodiy va ekologik ta'sirlarini modellashtirish. Bu, kelajakda shahar rejalashtirishda yordam beradi.

6. Eksperimental Tadqiqotlar: Turli xil ko'kalamzorlashtirish usullarini sinovdan o'tkazish, masalan, turli o'simliklarni yoki ko'kalamzorlashtirish texnologiyalarini sinab ko'rish.

#### Tadqiqot ishining maqsadidan kelib chiqib, quyidagilar asosiy vazifalari sifatida belgilandi:

Yashnobod tumani ko'cha-yo'l tarmog'ining ko'kalamzorlashtirilgan qismlarini o'rganish tahlil qilish hamda bugungi kundagi mavjud holat va muammolarni o'rganish;

Shaharning ko'cha-yo'l tarmog'ida yo'l qoplamalarimizni quyosh nurlaridan himoya qilish rejasini ishlab chiqish orqali taklif va tavsiyalar berish.

Yashnobod tumani ekish mumkin bo'lgan daraxtlar haqida taklif va tavsiyalar berish.

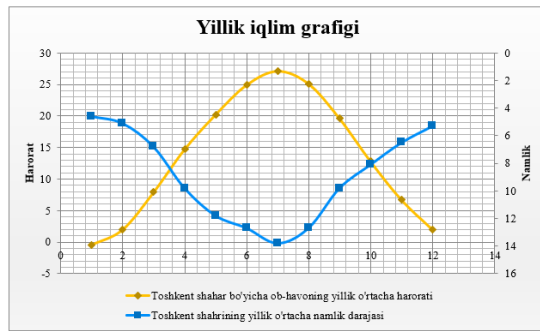
#### Yashnobod tumanining iqlim sharoiti.

**Iqlim.** Shahar iqlimi kontinentaldir, qishi sovuq, yozi esa issiq va quruq bo'ladi. Iqlim elementlarining tavsifini meteorologiya stansiyasi ma'lumotlarining tahlilidan olish mumkin.

Toshkent ob-havosi yozda issiq va barqarordir. Yilning eng issiq oyi – iyul, o'rtacha havo harorati 27 gradus. Yozgi havo haroratining eng yuqori ko'rsatkichi 44,6 gradusga teng bo'lib, 1997 yil kuzatilgan. Qish ob-havosi nisbatan beqaror va o'zgaruvchan. Eng sovuq oy – yanvardagi o'rtacha havo harorati – 0,6 gradusga teng, eng past havo harorati esa –29,5 gradusga (1930–1931) teng.

Toshkent havosining o'rtacha yillik nisbiy namligi 58% bo'lib, qish oylarida 73–74% dan yozda 40–44% gacha o'zgaradi. Eng past nisbiy namlik 5% ga teng bo'lib, 1938 yil noyabrda va 1961 yil fevralda kuzatilgan. Yoz oylarida havodagi nisbiy namlik miqdori kunduzlari kam hollarda 80% dan ortadi va havo dim bo'ladi. Masalan, 1970 yilning 21 iyulida havo harorati 19,6° bo'lganda nisbiy namlikning 90% ga yetgani aniqlangan (1-chizma).

**Tuproqlari.** Toshkent o'zining geografik o'rniga ko'ra, bo'z tuproqlar zonasida joylashgan. Shaharning katta qismi – Chirchiq daryosining to'rtinchi va uchinchi qayir usti terrasalarida joylashgan qismi tipik bo'z tuproqlar bilan tavsiflanadi.



**1-chizma. Toshkent shahridagi yillik iqlim grafigi**

Bahor va kuz fasllari nisbatan ertaroq keladi, bunday holat shaharning dengiz va okeanlardan uzoq joylashganligi tufayli atmosfera havosining tezda isishi va sovushi bilan izohlanadi.

O'rtacha yillik harorat — +14,8 C°;

O'rtacha yillik shamol tezligi — 1,4 m/s;

O'rtacha yillik havo namligi — 56 %.

#### Yashnobod tumani ko'cha-yo'l tarmog'ining ko'kalamzorlashtirilgan qismining mavjud holatining tahlili

Yashnobod tumanini tahlil qilish natijasida ma'lum bir hududlarda ekilgan daraxtlarga agrotexnik yordam ko'rsatilmagani ma'lum bo'ldi. Jumladan, daraxtlarni butash, ularga shakl berish, 1 yil davomida sug'orib borish o'z vaqtida amalga oshirilmagan. Ba'zi joylarda deyarli daraxtlar ekilmagan.

Hozirda yo'l qoplamalarini issiq iqlimdan saqlash va havoni tozaligini saqlash maqsadida yaproq bargli daraxtlarga alohida e'tibor qaratilmoqda.



**1-rasm. Yashnobod tumani hududi**

#### Yashnobod tumanidagi asosiy ko'cha-yo'llar ro'yxati:

1. Sodiq Azimov ko'chasi
2. Shahrisabz ko'chasi
3. Qorasuv ko'chasi
4. Parkent ko'chasi
5. Ohangaron ko'chasi
6. Muxtor Ashrafiy ko'chasi
7. Mirzo Ulug'bek ko'chasi
8. Mahtumquli ko'chasi
9. Jarqo'rg'on ko'chasi
10. Istiqbol ko'chasi
11. Aviaszolar ko'chasi
12. Farg'ona yo'li ko'chasi

Tadqiqotni o'tkazish uchun Yashnobod tumanidagi asosiy ko'cha-yo'l tarmoqlari tanlab olinib, ko'kalamzorlashtirilganlik holatini tahlil qilish uchun QGIS texnologiyasi orqali amalga oshirildi (2-rasm).

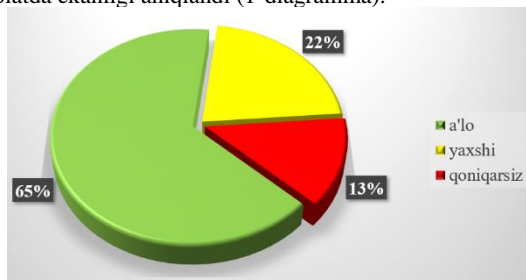




Tumandagi mavjud daraxtlarning holati  
 — a'lo  
 — yaxshi  
 — qoniqarsiz  
 Yashnobod tumani xaritasi

## 2- rasm. Yashnobod tumanining asosiy shahar yo'l-ko'chalarini daraxtlarning holati bo'yicha ma'lumot xaritasi

Ushbu kiritilgan ma'lumotlar shuni ko'rsatdiki Yashnobod tumanidagi asosiy yo'llari umumiy holat bo'yicha 65% a'lo, 22% yaxshi hamda 13% qoniqarsiz holatda ekanligi aniqlandi (1-diagramma).



1-diagramma. Yashnobod tumanidagi asosiy yo'llar bo'yicha umumiy holat

Hozirgi kunda avtomobil yo'llarini ko'kalamzorlashtirish maqsadida turli xil manzarali daraxtlardan foydalanilmoqda. Ularni tanlashda joyning geologik holatini hisobga olish kerak.

Hozirgi kunda urfga aylanib borayotgan pavlovniya daraxtini ko'p yerga ekilayotganini guvohi bo'lishimiz mumkin. Lekin ushbu daraxt avtomobil yo'llarimizga tog'ri kelmaydi. Sababi unga avvalo yaxshi o'sishi uchun ko'p suv talab etiladi, hamda uning ildiz tizimi yonga qarab o'sish oqibatida avtomobil yo'limizga zarar yetkazib uni buzilishiga olib kelishi mumkin.

Misol tariqasida Yashnobod tumanida joylashgan avtomobil yo'lining ko'kalamzorlashtirilgan qismiga ekilgan pavlovniya daraxtini olishimiz mumkin. Yer sharoiti mos bo'lmaganligi hamda muntazam suv berilmaganligi sababli yashab ketaolmagan (3-rasm).



a) Pavlovniya daraxtining holati (29.04.2023)



b) Go'zal katalpa hamda eman daraxtlari (15.04.2024)



## 3-rasm. a) va b) 1 yil oraliq bilan to'g'ri tanlanmagan va to'g'ri tanlangan manzarali daraxtlar holati

Shaharlarda iqlim sharoitini hamda energiyani tejash uchun shahar o'rmonlari yaratilishi kerak. Shahar o'rmonlari - bu ko'chalarda, hovlilarimizda, bog'larimizda va yirik shaharlarimiz atrofida joylashgan daraxtlar va boshqa o'simliklar.

Shahar o'rmonlari kislorod ishlab chiqaradi, havoni ifloslantiruvchi moddalarni o'zlashtiradi va chang kabi zarrachalarni ushlaydi. Torontodagi shahar o'rmonlari shahar ichidagi sanoat tomonidan ishlab chiqarilgan yillik chiqindilarning to'rtidan bir qismini yo'q qiladi - bu har yili atmosferadan 1900 metrik tonna havo ifloslanishini olib tashlaydi. Taqqoslash uchun, Torontodagi shahar o'rmonlari tomonidan har yili olib tashlanadigan zarrachalar miqdori bir milliarddan ortiq avtomobil yoki 100 000 ta yakka tartibdagi uylar tomonidan chiqarilgan miqdorga teng.

Shahar o'rmonlari tomonidan ta'minlangan ifloslanishni olib tashlash orqali taqdim etiladigan bilvosita imtiyozlarga pul qiymatini qo'yish mumkin. Ifloslanishni bartaraf etish qiymati ifloslanishning tashqi xarajatlariga asoslanadi, bu esa havoning ifloslanishi aholiga ta'siri orqali jamiyatga yetkazadigan iqtisodiy zararining oldini oladi. Bundan tashqari, biz shahar o'rmonlari tomonidan qo'lga kiritilgan ifloslanishning narxini texnologiyadan foydalangan holda bir xil miqdorda olib tashlash uchun qanday xarajat qilishiga nisbatan qo'yishimiz mumkin. Ushbu usullardan foydalangan holda, biz taxmin qilishimiz mumkinki, Torontodagi shahar o'rmonlari tomonidan kamaytirilgan havo ifloslanishi yiliga 19 million dollar tejaydi - har bir daraxt uchun 2 dollardan sal kam.[2]

Bu o'rmonlar ko'plab foyda keltiradi, landshaftni yaxshilaydi, ifloslanishni kamaytiradi va isitish-sovutish xarajatlarini nazorat qilishga yordam beradi. Yashil olam, ayniqsa, diqqinapas shahar havosini 2-8 darajaga salqinlashtiradi. Bitta daraxt yiliga 15 ming litrgacha suvni tuproqda saqlaydi. Daraxtlarning atrof muhitga berayotgan foydasi tufayli megapolislar har yili 150 million dollarga



yaqin mablag' tejaydi. Demak, yashillikning ko'payishi ham daromadni tejashda, ham insonlar salomatligini saqlashda, bu orqali insonlar yomon ekologiya sababli yo'liqadigan xastaliklarning oldini olib, ularning ham karmoniga foyda keltirishda muhim ahamiyatga ega. Daraxtlarni inshoot atrofida to'g'ri joylashtirish issiq mavsumda konditsionerga bo'lgan ehtiyojni uchdan bir qismga, salqin mavsumda esa isitish talablarini to'rtidan bir qismga kamaytirishi mumkin. Darhaqiqat, yosh sog'lom daraxtning yillik sof sovutish effekti kuniga yigirma soat ishlaydigan o'n ta xonali konditsionerga teng [3].

#### Daraxt ekish chegarasi.

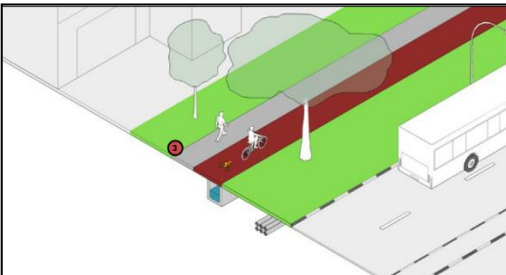
Shahar sharoitida avtomobil yo'llarini ko'klamzorlashtirishda joylardan unumli foydalanishga Singapur tajribasini misol qilib olish mumkin (4-rasm). [4]



4-rasm. 1-o'simliklarni ekish joyi,  
2-yer osti kommunikatsiya tizimlari

1) Uning odatiy kengligi 2 m. Daraxt ekishga xalaqit bermaslik uchun daraxt ekish chegarasida hech qanday og'irlik (masalan, yer osti xizmatlari) bo'lmasligi kerak. Daraxt o'tqazish bo'yidan qo'shni qurilish uchastkasiga o'tish uchun zarur bo'lgan xizmatlar yer sathidan kamida 2,0 m pastda, iloji bo'lsa va yo'l bo'yidagi mavjud daraxtlardan uzoqda yotqizilishi kerak.

2) Bu yer osti xizmatlarini (masalan, suv va gaz quvurlari) yotqizish uchun ajratilgan yo'l chetining qismidir. Uning kengligi yo'lning zaxira kengligiga qarab farq qilishi mumkin.



5-rasm. 3-yashil buffer zona

Bufet zona - bu ikki yoki undan ortiq yer uchastkalari o'rtasida joylashgan, odatda mamlakatlarga tegishli neytral zonal hudud (5-rasm).

Bu yo'l zaxirasining bir qismi emas. Yo'l chetini ko'klamzorlashtirishda muhim ahamiyatga ega. Uning kengligi yo'l toifasiga mos ravishda ta'minlanishi kerak.

#### O'rganilayotgan hududimizga to'g'ri keladigan manzarali daraxtlar bo'yicha tavsiyalar:[5]

1. **Jo'ka** – Jo'kadoshlar oilasining vakillari daraxt va buta o'simliklar bo'lib, uning tarkibida 40 turkum va 400 dan ortiq turlari bor.
  - 300 – 400 yilgacha yashaydi;
  - Tez o'sadi va balandligi 20-30 m atrofida;
  - Turli tuproqlarda o'sishga qodir va qattiq sovuq va yoz qurg'oqchiligiga bardosh bera oladi;
  - Havoni mukammal darajada tozalaydi, changni ushlab turadi va zararli gazlarni zararsizlantiradi va shamoldan ishonchli himoya qiladi;
  - May oyida gullaydi hamda asal hidini tarqatadi.
2. **Go'zal katalpa** – Shimoliy Amerikada tug'ilgan bog'dorchilik ekini bo'lib, u bo'shashgan oq to'pgullar bilan keng tarqalgan daraxtdir.
  - Bo'yi 35 metr, diametri 1,5 metrga yetadi;
  - Sovuqqa hamda qurg'oqchilikka chidamli
  - Xar hil shakl bersa bo'ladi;
  - Aprel-may oylarida gullaydi, noyabr oyining boshlarida to'kiladi (10 yildan so'ng gullaydi).
3. **Eman** – ochiq yerda o'sganda shoxlari yon tomonga o'sib, keng shox-shabba hosil qiladigan daraxtdir. Uning piramidasimon, sharsimon shox-shabbali, majnunol singari manzarali shakllari bor.
  - balandligi 35-40 metr;
  - diametri 1-1,5 m ga yetadi;
  - Yer tanlamaydi, sovuqqa va qurg'oqchilikka chidamli;
  - Ildizi o'q ildiz;
  - Yong'oqlar sentyabr oyida yetiladi.
4. **Oddiy shumtol** - Zaytundoshlar (Oleacea) oilasiga mansub bo'lib, yaxshi o'suvchi, turli xil zararkunanda kasalliklarga chidamli, manzaraviylik xususiyatlarga boy turkum hisoblanadi.
  - Sho'rlanishga sovuqqa va issiqqa chiqamli;
  - Yorug'sevar O'zbekistonning hamma hududlariga ekish mumkin;
  - Balandligi 25 metr, tez o'sadigan manzarali daraxt;
  - Mevasi bir urug'li bo'lib, kuzda yetiladi. [6,7]

### 3. Xulosa

Yashnobod tumanini tahlil qilish natijasida ma'lum bir hududlarda ekilgan daraxtlarga agrotexnik yordam ko'rsatilmagan. Jumladan, daraxtlarni butash, ularga shakl berish, 1 yil davomida sug'orib borish o'z vaqtida amalga oshirilmagan. Ba'zi joylarda deyarli daraxtlar ekilmagan.

Tumanning asosiy-yo'l ko'chalarini ko'klamzorlashtirish uchun ajratilgan maydonlarning 65% a'lo, 22% yaxshi hamda 13% qoniqarsiz holatda ekanligini ko'rsatdi.

Hozirda yo'l qoplamalarini issiq iqlimdan saqlash va havoni tozaligini saqlash maqsadida yaproq bargli daraxtlarga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Hududlarda shahar o'rmonlarini yartishimiz kerak. Chunki daraxtlarni inshoot atrofida to'g'ri joylashtirish issiq mavsumda konditsionerga bo'lgan ehtiyojni uchdan bir qismga, salqin mavsumda esa isitish talablarini to'rtidan bir qismga kamaytirishi mumkin.

## Foydalangan adabiyotlar / References

[1] A.Qayimov Aholi yashash joylarini ko'kalamzorlashtirish. Toshkent, 2013 y.

[2] Alexander, C. McDonald, C. Urban Forests: The Value of Trees in the City of Toronto. Special Report. 2014 y.

[3] Alexander, C. DePratto B. The Value of Urban Forests in Cities Across Canada. Special Report – TD Economics. 2014 y.

[4] Walking and cycling design guide. 2.5. Roadside Verge. Singapore. 2018 y. P. 29-30.

[5] TDAU E.T.Berdiyev, F.B.Ubaydullayev. O'quv qo'llanma "Manzarali daraxtlarni ko'paytirish". 2020-yil

[6] Бердиев Э. Т., Холмуротов М.З. Вегетативное размножение калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) в Ташкентском оазисе//Актуальные проблемы устойчивого развития лесного комплекса:

Международная научно-практическая конференция, посвященная. 2018. Т. В. 130-135.

[7] Жураев Ж. М., Холмуротов М. З., Халилова К. А. Биоэкологические особенности софоры японской и значение её в пчеловодстве //Новая наука: теоретический и практический взгляд. Материалы международной научно-практической конференции. 2020. Т. S. 104-107.

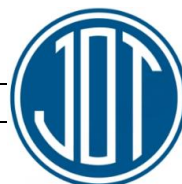
## Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

---

Musulmanov Kuvonch Nasrulloevich /	Toshkent davlat transport universiteti "Shahar yo'llari va ko'chalari" kafedrası mudiri. PhD, Dotsent E-mail: kuvonchbek.musulmanov@gmail.com Tel.: +998977677442 <a href="https://orcid.org/0000-0001-8906-9909">https://orcid.org/0000-0001-8906-9909</a>
------------------------------------	---

---

Omonova Sadoqat Rustam qizi / Omonova Sadokat Rustam kizi	Toshkent davlat transport universiteti "Shahar yo'llari va ko'chalari" kafedrası magistranti. E-mail: sadoqatomonova97@gmail.com Tel.: +998903535105 <a href="https://orcid.org/0009-0006-7853-0767">https://orcid.org/0009-0006-7853-0767</a>
--	--





## Assessment of the public transport coverage rate by researching the population density (on the example of the Jizzakh city)

J.N. Abdunazarov<sup>1</sup>, A.O. Nishonov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jizzakh polytechnic institute, Jizzakh, Uzbekistan

<sup>2</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** The study of population mobility serves to plan the urban transport system with high precision. It also allows for short-term and long-term mobility forecasting of the transport system plan, considering the population growth, and the basis of the city's transport master plan.

**Keywords:** population mobility, urban transport system, public transport, population density, public transport coverage level

## Shahar aholi zichligini tadqiq etish orqali jamoat transporti qamrovi darajasini baholash (Jizzax shahri misolida)

Abdunazarov J.N.<sup>1</sup>, Nishonov A.O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jizzax politexnika instituti, Jizzax, O'zbekiston

<sup>2</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Aholi harakatchanligini tadqiq etish shahar transport tizimini yuqori aniqlikda rejalashtirish uchun xizmat qiladi. Shuningdek, aholi soni ortib borishini inobatga olgan transport tizimi rejasini qisqa va uzoq muddatlar uchun harakatchanlikni bashoratlash va shahar transport bosh rejasini asoslash imkonini beradi.

**Kalit so'zlar:** aholi harakatchanligi, shahar transport tizimi, jamoat transporti, aholi zichligi, jamoat transporti qamrov darajasi

### 1. Kirish


Mamlakatimiz rivojlanishining hozirgi bosqichi iqtisodiy jarayonlarni boshqarishda yangicha yondashuvlarni amalga oshirish, makro va mikro darajada samarali boshqaruv siyosatini yuritish hamda iqtisodiyot tarmoqlarida uning zamonaviy mexanizmlarini tadbqiq etib borish zaruriyatini keltirib chiqarmoqda. Shuning uchun ham, bugungi kunda mamlakatimiz iqtisodiy siyosatida «faoliyat ko'rsatayotgan korxonalarini jadal modernizatsiya qilish va texnik qayta jihozlashni ta'minlash, yuksak innovatsion texnologiyalar asosida ishlaydigan yangi va zamonaviy ishlab chiqarishlarni tashkil etishga ustuvor ahamiyat berilmoqda».

Iqtisodiyot tarmoqlarida moliyaviy-xo'jalik faoliyatining barqarorlik darajasi turlicha bo'lganligi uchun ularda kechuvchi boshqaruv jarayonlarning amal qilish mexanizmlari ham turlicha bo'ladi. Shuning uchun har bir tarmoqning o'ziga xos xususiyatlaridan kelib chiqib boshqaruvning samarali mexanizmlaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi.

Bunday tarmoqlardan biri transport tizimi bo'lib, uning rivojlanishi iqtisodiyotning boshqa tarmoq va sohalaridagi xo'jalik subyektlari bilan iqtisodiy hamkorlik aloqalarining yo'lga qo'yilishi, yangi tarmoqlarning paydo bo'lishi va rivojlanishiga zamin yaratadi. Bunda avtomobil transporti yetakchi o'rinni egallaydi.

Hozirgi kunda avtomobil transporti tizimining milliy iqtisodiyotdagi ahamiyatini hisobga olgan holda, hukumatimiz ushbu tarmoqning rivojlanishi uchun barcha zaruriy chora-tadbirlarni ishlab chiqmoqda. Alohida ta'kidlash joizki, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 1-fevraldagi "O'zbekiston Respublikasi transport vazirligi faoliyatini tashkil etish to'g'risida" gi PQ-4143 sonli qarori[1], 2021-yil 9-avgustdagi O'zbekiston Respublikasining "Transport to'g'risida" gi Qonuni [2], Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 30-iyuldagi 636-son qaroriga muvofiq "Avtomobil transportida yo'lovchilarni va yuklarni shaharda, shahar atrofida, shaharlararo va xalqaro yo'nalishlar bo'yicha tashish faoliyatini litsenziyalash yuzasidan davlat xizmatlari ko'rsatishning MA'MURIY REGLAMENT"i[3] qabul qilingan bo'lib, avtomobil, temiryo'l, havo va daryo transportida yo'lovchilar va yuk tashishni tartibga soluvchi qonuniy va normativ-huquqiy hujjatlar hisoblanadi. Transport infratuzilmasi mamlakat ichki iqtisodiy faoliyatini rivojlantirishda hal qiluvchi rol o'ynaydi. Ayni paytda yo'l va transport xizmatlari mamlakatlararo savdo, eksport-import aloqalarini ham qo'llab-quvvatlaydi. Mamlakatning iqtisodiy barqarorligi uchun avtomobil transportini modernizatsiya qilish va xalqaro yo'lovchi hamda yuk tashish faoliyatining qulayligini oshirish muhim. Shu munosabat bilan, yangi avlod avtobuslari va avtomobillari orqali yo'lovchi tashishni avtomatlashtirish loyihalari amalga oshirilmoqda.

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7721-4766>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0001-3739-5101>





Shahar jamoat transporti har qanday shaharning ijtimoiy-iqtisodiy hayotini rivojlantirishda zarur vosita bo'lib xizmat qiladi. Aholi sonining o'sishi, urbanizatsiya sur'atlarining tezlashgani shaharlarda transportga, jumladan yangi transport turlariga talabning oshishiga olib kelmoqda. Shahar jamoat transporti rivoji umumiy rivojlanishdan orqada qolganda jamiyat rivojiga to'sqinlik qiladi va transport vositalari taraqqiyoti sur'atlarini jadallashtirish zaruriyatini vujudga keltiradi. Shahar jamoat transportining rivojlanish darajasi shahar aholisining bu xizmat turiga bo'lgan talab darajasidan orqada qolmoqda. Buning asosiy sabablari shahar aholisining o'sishi, urbanizatsiya jarayonining tezlashishi, ShJT faoliyatining o'z-o'zini mablag' bilan to'la qoplay olmasligi, moddiy-texnik ta'minotdagi uzilishlar va kamchiliklar, shuning bilan birga boshqa noiqtisodiy muammolarning mavjudligi yanada keskinroq sezilmoqda.

Bugungi kunda shahar transporti oldidagi asosiy muammo shundan iboratki, jamoat transporti xizmatlariga bo'lgan talab taklifdan ancha yuqori va xususiy tashuvchilarning faol ishtirokiga qaramasdan, ushbu soha aholi ehtiyojlarini qondirishda nisbatan samarasiz bo'lib qolmoqda.

Yo'lovchi tashish tizimida xizmat ko'rsatishni yanada takomillashtirish, barcha mulkchilik shaklidagi yo'lovchi tashuvchilar o'rtasida oshkora raqobat uchun qulay sharoit yaratish, ko'rsatilayotgan xizmatlarning sifat standartlariga mos bo'lishi va yo'nalishlarda harakat jadvallariga rioya etish darajasini oshirish, yo'lovchi transporti xodimlari moddiy manfaatdorligini kuchaytirish, noishlab chiqarish va ma'muriy-boshqaruv xarajatlarini kamaytirish maqsadida 2006-yil 11-yanvarda O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Toshkent shahrida yo'lovchi transportini tashkil etish tizimini yanada takomillashtirish to'g'risida" gi № PF-3713sonli farmoni [5], bundan tashqari ishlab chiqarish, transport va muhandislik - kommunikatsiya infratuzilmasi tarmoqlarining respublika iqtisodiyoti tarmoqlari va hududlarini istiqbolda rivojlantirish borasida amalga oshirilayotgan dasturlar bilan uzviy bog'liq holda ildam rivojlanishini ta'minlash hamda buning negizida yangi ish joylarini yaratish, aholining bandligi va turmush darajasi uzluksiz o'sib borishini ta'minlash maqsadida O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2010-yil 21-dekabrda "2011-2015-yillarda infratuzilmani, transport va kommunikatsiya qurilishini rivojlantirishni jadallashtirish to'g'risida" gi PQ-1446-sonli qarori [4] qabul qilindi.

## 2. Tadqiqot metodologiyasi

Shaharlarda aholi o'sishi bilan unga ko'rsatiladigan transport xizmatlariga bo'lgan talab ham ortadi. Shahar transport tizimini takomillashtirish uchun rivojlanayotgan shaharlarda metro, tramvay, avtobus kabi jamoat transporti turlarini optimallashtirish va ularning yo'nalishlarini aholi zich joylashgan hududlarga ko'proq yo'naltirish kerak. Transport yo'laklarining kengaytirilishi va tez harakatlanuvchi yo'lovchi xizmatlarining tashkil etilishi aholi harakatchanligini samarali oshiradi. Transport infratuzilmasining yaxshi tashkil etilishi iqtisodiy barqarorlikni ta'minlashga, yangi ish o'rinlarini yaratishga va shaharlarning jozibadorligini oshirishga yordam beradi. Aholi zichligi yuqori bo'lgan hududlarda harakatchanlikni ta'minlashda JT faoliyatini mukammal darajada tashkil etish

muhim rol o'ynaydi. O'zbekistonda JT sohasini rivojlantirish bo'yicha izchil ishlar olib borilishiga qaramay aholi soni ortishi kunlik transportga bo'lgan ehtiyojni yanada orttirmoqda. So'nggi 10 yillik aholi demografik o'zgarishlariga e'tibor qaratadigan bo'lsak, respublikamiz aholisi 2014-yil 1-yanvar holatidagi 30492800 nafardan 2023-yil 1-yanvar holati bo'yicha 36024900 nafarga yetgan, ya'ni aholi bu davr ichida 5532100 nafarga yoki 15 % ga o'sganini ko'rishimiz mumkin (1-jadval) [10]. O'sish ko'rsatkichiga e'tibor qaratadigan bo'lsak, aholi so'nggi 10 yilda yiliga o'rtacha 1,7 % ga o'sganligini ko'rishimiz mumkin. Bu orqali aholimizning keyingi 5, 10, 20 va 30 yil mobaynida o'rtacha o'sish ko'rsatkichlarini bashorat qilishimiz mumkin bo'ladi. O'sish ko'rsatkichlarini aniqlash bizga bashoratlangan davrlarda aholining doimiy harakatchanligini ta'minlashda yuzaga keladigan transport miqdoriga bo'lgan talabni bashoratlash imkonini beradi. 1 murakkab foiz stavkasini hisoblash formulasi orqali kelajakdagi davrlarda aholining hozirgi kundagi miqdoriga ko'ra kelajakda o'sish ko'rsatkichlarini hisoblanadi.

$$A_n = A(1 + r)^n, \quad (1)$$

bu yerda,

$A_n$  – n yillikdagi kutilayotgan aholi soni;

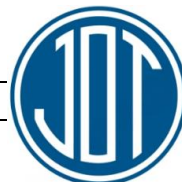
$A$  – aholi o'sish ko'rsatkichini hisoblashda joriy holatdagi soni;

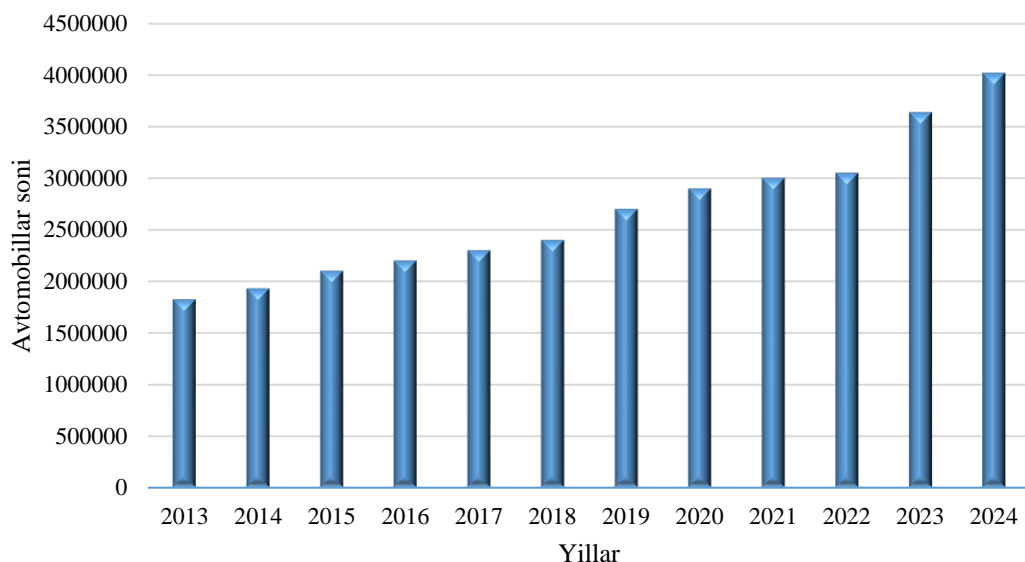
$r$  – o'rtacha o'sish ko'rsatkichi;

$n$  – o'sish ko'rsatkichi hisoblanadigan yillar soni.

Demak, 2023-yil 1-yanvar holatiga ko'ra 36024900 nafar aholimiz mavjudligini va har yili o'rtacha 1,7 % ga o'sish ko'rsatkichini inobatga oladigan bo'lsak, keyingi 5,10, 20 va 30 yillar mobaynida aholi soni mos ravishda 37383500, 39622200, 44509900 va 50000500 nafarga yetishi mumkinligini bashoratlash mumkin.

Kelajakdagi aholi sonini o'sish ko'rsatkichlariga mos ravishda, shaharlardagi harakatchanlikni ta'minlashdagi transport miqdoriga bo'lgan talabni ham ortishini inobatga oladigan bo'lsak, 1 formuladan foydalangan holda hozirgi kundagi transport miqdori ko'rsatkichlariga ko'ra kelajakda zarur bo'ladigan transport miqdorini bashoratlash mumkin bo'ladi. Lekin, hozirgi kundagi aholi harakatchanligini tahlil qiladigan bo'lsak, asosiy qatlam shaxsiy avtomobildan foydalangan holda harakatni amalga oshirib kelmoqda. Respublika statistika qo'mitasining 2022-yil 24-sentabrda bergan ma'lumotiga ko'ra O'zbekistonda har 1000 kishiga 90 ta avtomobil to'g'ri kelmoqda [10]. Respublikadagi so'nggi 10 yil davomida jismoniy shaxslarga tegishli avtomobillar miqdoriga e'tibor qaratadigan bo'lsak, doimiy o'sib kelmoqda. So'nggi 2022-yil davriga ko'ra jismoniy shaxslarga tegishli avtomobillar soni 3051734 tani tashkil qilmoqda (1-rasm) [7, 8]. Transport xizmatlarida sifat standartlariga rioya qilish, yo'nalishlardagi qatnov jadvallariga amal qilish, yo'lovchilarga sifatli xizmat ko'rsatish hamda shahar transport xodimlarining ish sharoitini yaxshilash aholi qoniqishini oshirishga xizmat qiladi. Transport sohasida raqobat muhiti yaratish va xususiy sektorning faol ishtirokini kengaytirish sohani rivojlantirish uchun muhim omil hisoblanadi. Shu orqali yangi transport turlari va yo'nalishlarini ishlab chiqish imkonini oshadi. Shu bilan bir qatorda, yo'lovchi talabini tahlil qilish va transport vositalarini ehtiyojga mos tarzda taqsimlash ham juda muhim.





1-rasm. O'zbekiston Respublikasida jismoniy shaxslarga tegishli bo'lgan avtomobillar soni

1-jadval

## Doimiy aholi soni-Jami (yil boshiga; ming kishi)

Yillar Hududlar	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	O'sish miqdori	O'sish ko'rsat- kichi, %
O'zbekiston Respublikasi	30492,8	31022,5	31575,3	32120,5	32656,7	33255,5	33905,2	34558,9	35271,3	36024,9	5532,1	15,0
Qoraqalpog'iston Respublikasi	1736,5	1763,1	1791,1	1817,5	1842,3	1869,8	1898,3	1923,7	1948,5	1976,2	239,7	12,0
Andijon	2805,5	2857,3	2910,5	2962,5	3011,7	3066,9	3127,7	3188,1	3253,5	3322,7	517,2	15,2
Buxoro	1756,4	1785,4	1815,2	1843,5	1870,2	1894,8	1923,9	1947,1	1976,8	2009,7	253,3	12,4
Jizzax	1226,8	1250,1	1276,1	1301,0	1325,0	1352,4	1382,1	1410,5	1443,4	1475,5	248,7	16,5
Qashqadaryo	2895,3	2958,9	3025,6	3088,8	3148,4	3213,1	3280,4	3335,4	3408,3	3482,3	587	16,5
Navoiy	901,1	913,2	927,9	942,8	958,0	979,5	997,1	1013,6	1033,9	1055,5	154,4	14,4
Namangan	2504,1	2554,2	2603,4	2652,4	2699,6	2752,9	2810,8	2867,5	2931,1	2997,5	493,4	16,1
Samarqand	3445,6	3514,8	3583,9	3651,7	3720,1	3798,9	3877,4	3947,7	4031,3	4118,2	672,6	16,0
Surxondaryo	2308,3	2358,3	2411,5	2462,3	2514,2	2569,9	2629,1	2680,8	2743,2	2806,5	498,2	17,3
Sirdaryo	763,8	777,1	790,6	803,1	815,9	829,9	846,3	860,9	878,6	896,6	132,8	14,5
Toshkent	2725,9	2758,3	2794,1	2829,3	2861,2	2898,5	2941,9	2975,9	2939,7	2993,4	267,5	8,8
Farg'ona	3386,5	3444,9	3505,3	3564,8	3620,2	3683,3	3752,0	3820,0	3896,4	3976,3	589,8	14,5
Xorazm	1684,1	1715,6	1746,9	1776,7	1805,0	1835,7	1866,5	1893,3	1924,2	1958,1	274	13,7
Toshkent sh.	2352,9	2371,3	2393,2	2424,1	2464,9	2509,9	2571,7	2694,4	2862,4	2956,4	5532,1	19,8

Respublikada mavjud avtomobillarning tarkibiga ko'ra tahlil qiladigan bo'lsak, 2022-yil 1-yanvar holatiga ko'ra jismoniy shaxslarga tegishli avtomobillar soni 3268470 tani tashkil qilganini ko'rishimiz mumkin. Bunda mavjud

avtobuslar soni 6854 tani va mikroavtobuslar soni 8946 tani tashkil etmoqda va mos ravishda avtobuslar mavjud avtomobillar sonining atigi 0.20%ini va mikroavtobuslar 0.27%ini tashkil qilganligini ko'rishimiz mumkin (2-jadval).



O'zbekistonda jismoniy shaxslarga tegishli avtomobillar turi va soni

Yil	Jami avt. soni	Avtomobillar turi					Har yili avt. o'sish ko'rsatkichi, %
		yengil	yuk	avtobus	mikroavtobus	maxsus avt.	
2009	1417758	1307087	81145	28121	-	1405	-
2010	1530112	1411149	88901	28462	-	1600	7,9
2011	1640918	1518009	93621	27633	-	1655	7,2
2012	1728867	1612401	89357	25590	-	1519	5,4
2013	1840012	1712854	98843	5752	20117	2446	6,4
2014	1946130	1818713	101982	5411	17352	2672	5,8
2015	2109185	1974182	110164	5831	16188	2820	8,4
2016	2191231	2057331	111105	5415	14309	3071	3,9
2017	2273419	2133507	116339	5629	13982	3962	3,8
2018	2440276	2272185	143442	5869	14459	4321	7,3
2019	2553889	2379418	150363	6160	15992	4461	4,6
2020	2667502	2486651	157284	6451	17525	4601	4,2
2021	2781115	2593884	164205	6742	18058	4741	4,2
2022	3268470	3051734	1959734	6854	8946	5152	17,5
2023	3637119	3396520	219628	6666	8961	5344	11,2
2024	4020744	3759045	240917	6297	9102	5383	10,5

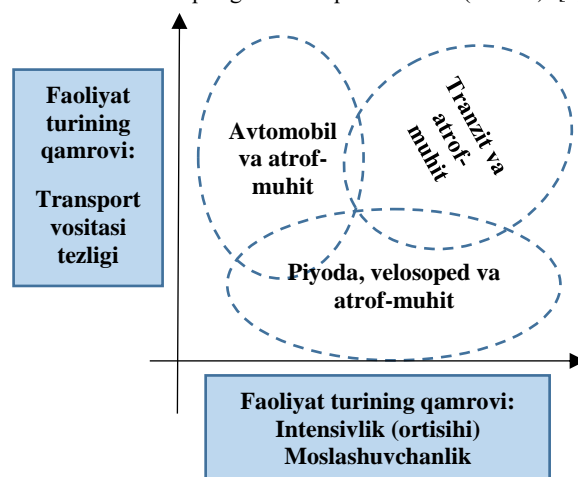
### 3. Natijalar

Yuqoridagi 1 va 2-jadvallarda ko'rsatilgan statistik ma'lumotlarga ko'ra ko'rsatilgan davrdagi respublikamizning doimiy aholi miqdori va avtomobillashish jarayonini ko'rishimiz mumkin. So'nggi yillardagi avtomobillashish jarayoniga e'tibor qaratadigan bo'sak, yengil avtomobillar soni keskin ortib bormoqda. Ammo jamoat transport vositalaridagi o'sish ko'rsatkichi deyarli katta miqdorni tashkil etmaganligi inobatga olinsa, shaharlardagi mavjud transport muammolarini yanada ortishi va aholi harakatchanligi qiyinlashishi tabiiy.

Aholiga tezkor va qulay harakatchanlikni taqdim etish uchun aholining doimiy mobil qatlamini aniqlash lozim bo'ladi. Doimiy mobil qatlamni aniqlagan holda, transportga bo'lgan talabni aniqlashimiz zarur bo'ladi. Aniqlangan transport talabi va aholining mobil qatlamiga ko'ra JTga bo'lgan ehtiyojlarni aniqlash, shu bilan bir qatorda aholining doimiy tashrif buyurishlar manzillariga ko'ra, JTni rejalashtirish va faoliyatini takomillashtirish bo'yicha takliflar ishlab chiqilishiga erishiladi.

Respublikamiz shaharlaridagi aholi zichligiga e'tibor qaratadigan bo'lsak, asosiy miqdor viloyatlarning markaziy shaharlarga to'g'ri kelganini ko'rishimiz mumkin. Shaharlarning aksariyati rivojlanayotgan kichik shaharlar ekanligini inobatga oladigan bo'lsak, bu shaharlarda hozirdan aholi harakatchanligini tadqiq etgan holda qulay transport infratuzilmasini shakllantirish muhim ahamiyat kasb etadi. Bunda kichik, o'rta va katta shaharlar transport tarmog'i hududiga ko'ra transport vositalarining erkin harakatini ta'minlash, jamoat transportining shahar aholi yashash punktlarini to'liq qamrab olishi muhim ro'l

o'ynaydi. Bunda shahar hududida avtomobillar, jamoat transporti vositalari va shaxsiy harakatchanlik vositalari (velosiped, elektrosamokat, moped, elektr skuterlar va h.k.) uchun moslashuvchan va albatta atrof-muhit uchun kam zararli bo'lishi maqsadga muvofiq hisoblanadi (2-rasm). [6]



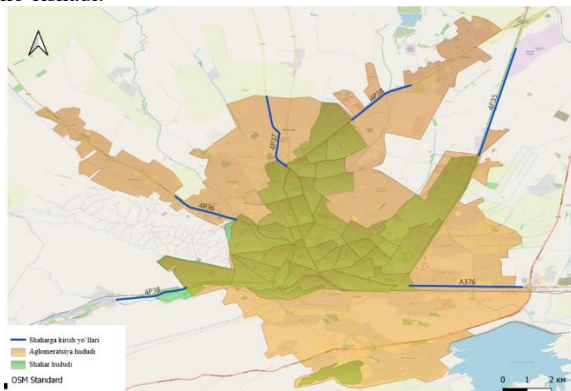
2-rasm. Jamoat transporti va shahar hududidan foydalanish shaklining o'zaro bog'liqligi

Shahar transport tizimi rejasini asoslashda jamoat transporti avtobus yo'nalishlari shahar aholi zichligiga nisbatan qay darajada qamrab olinganligiga ko'ra ahamiyatli hisoblanadi. Jizzax shahri misolida oladigan bo'lsak, Jizzax shahri – O'zbekiston Respublikasining Jizzax viloyatining ma'muriy, iqtisodiy va madaniy markazi hisoblanadi (3-rasm). Sangzor daryosi bo'yida, 460 m balandlikda joylashgan. Maydoni 0,10 ming km<sup>2</sup>. Aholisi 2024-yil 1-



yanvar ma'lumotiga ko'ra doimiy aholi soni 195,8 ming kishini tashkil etadi. Shulardan 97,8 ming kishi bu erkaklar va 98,0 kishi ayollarni tashkil etadi. Shahar ichki harakatchanligini shahar aholisi va 6 ta kirish yo'llari orqali kirib keluvchi transport va yo'lovchi oqimi tashkil qiladi.

Shaharda kunlik 195000 dan ortiq mobil qatlam mavjud bo'lib, ushbu harakatchanlikni ta'minlash uchun shaharda 16 ta shahar ichi avtobus yo'nalishlari, 1 ta shahar atrofi avtobus yo'nalishi, 7 ta yo'nalishli taksilar va yo'nalishsiz taksi xizmatlari mavjud. Shuningdek, shaharning geografik joylashuviga ko'ra asosiy ma'muriy bino inshootlar bir-biriga yaqin joylashganligi sababli yo'nalishsiz taksi xizmatlari ham arzon hisoblanadi va aksariyat aholi qatlami yo'nalishsiz taksi orqali manzillariga yetib olishni avval ko'rishadi.



**3-rasm. Jizzax shahar va aglomeratsiya hududi**

Jizzax shahrida jami 34 ta mahalla mavjud, lekin, bu hududlar aholisi umumiy harakatchanlikni tashkil qilmaydi, ya'ni, shaharga yondosh hududlar va shahar hududiga yaqin joylashgan aholi yashash punktlarida yashovchi aholi ham inobatga olinadi. Jizzax aglomeratsiya hududi bo'yicha jami 67 ta mahallalarga tegishli bo'lgan demografik, statistik ma'lumotlar bilan birgalikda tahlil qilinadi. Shu sababli aglomeratsiya hududidan 6 ta yo'l orqali kirib keluvchi oqim ham birgalikda o'rganiladi. Shahar hududida asosiy aholi zich joylashgan hududlar Zargarlik, Toshloq, O'ratepalik, Sayiljoyi, Jizzaxlik, Qassoblik, H.Olimjon, A.Navoiy va Ittifoq mahallalariga to'g'ri keladi (3-jadval, 4-rasm).

**3-jadval**

**Jizzax aglomeratsiyasi hududida joylashgan mahallalar ro'yxati**

No	MFY nomi	ID raqami	Aholi soni (nafar)	Aholi zichligi (aholi/m <sup>2</sup> )
<b>Jizzax shahar hududida joylashgan MFYlar</b>				
1	Zilol	101	12783	0,0052
2	Zargarlik	102	12219	0,0118
3	Olmazor	103	11761	0,0057
4	Ittifoq	104	10562	0,0118
5	A.Temur	105	9763	0,0024
6	Qaliya	106	9629	0,0091
7	U.Xatamov	107	9411	0,0014
8	Qipchoq	108	8522	0,0026
9	Qahramon	109	8411	0,0022
10	Bunyodkor	110	6781	0,0021
11	Kimyogar	112	6389	0,0088
12	O'ratepalik	113	6377	0,0065
13	Sayiljoyi	114	6141	0,0042

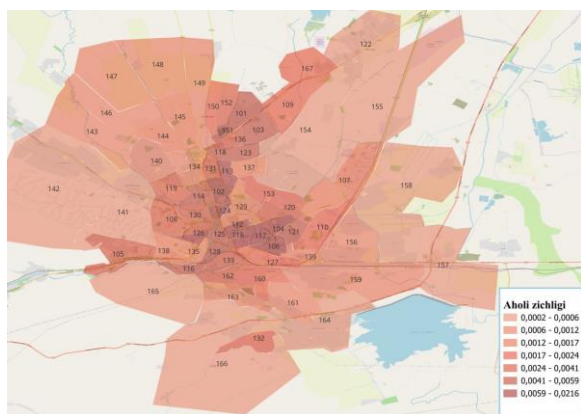
14	Madaniyat	115	6113	0,0081
15	Xayrabod	116	5874	0,0042
16	Bobur	117	5680	0,0068
17	Oqqo'rg'onlik	118	5315	0,0058
18	Do'stlik	120	5027	0,0026
19	Yoshlik	121	4954	0,0047
20	Hamzaobod	123	4680	0,0046
21	Toshloq	124	4422	0,0079
22	A.Navoiy	125	4348	0,0042
23	Navruz	126	4212	0,0059
24	M.Ulug'bek	127	4051	0,0022
25	Hamid Olimjon	128	3751	0,0043
26	Ko'tarma	129	3649	0,0014
27	A.Abdujabbarov	130	3516	0,0025
28	Qassoblik	131	3332	0,0040
29	Sayhan	132	3304	0,0017
30	Tinchlik	133	3072	0,0031
31	Jizzaxlik	134	2840	0,0016
32	Sangzor	135	2752	0,0017
33	Xalqabod	136	2641	0,0040
34	Ravalliq	137	2401	0,0017
35	Bunyod	138	2357	0,0015
36	Suloqli	139	1536	0,0012

**Jizzax shahar hududiga yondosh joylashgan MFYlar**

1	Chamanzor MFY	111	6743	0,0019
2	Sovungarlik MFY	119	5295	0,0030
3	Uchtepa MFY	122	4929	0,0006
4	Jizzaxlik MFY	140	4388	0,0010
5	Gandumtosh MFY	141	5225	0,0005
6	Kuyovboshi MFY	142	7564	0,0003
7	Ziyokor MFY	143	5399	0,0008
8	Toshkentlik MFY	144	2833	0,0012
9	Yaxtanlik MFY	145	4495	0,0014
10	Xavastlik MFY	146	6338	0,0011
11	Saroylik MFY	147	8304	0,0010
12	Taraqqiyot MFY	148	4409	0,0006
13	Toshkentlik MFY	149	5499	0,0010
14	Qatortol MFY	150	3236	0,0020
15	Qo'shko'prik	151	5242	0,0216
16	Mulkanlik MFY	152	5398	0,0036
17	Yakkaqayrag'och	153	5245	0,0023
18	Ravalliq MFY	154	2401	0,0002
19	Toqchilik MFY	155	8672	0,0004
20	Suloqli MFY	156	4138	0,0008
21	Xalqabod MFY	157	7388	0,0005
22	Nurafshon MFY	158	5578	0,0003
23	Olmachi MFY	159	7093	0,0007
24	Katta qishloq MFY	160	4840	0,0018
25	Yoshlik MFY	161	3665	0,0010
26	Xayrabod MFY	162	5089	0,0030
27	Tuyoqli MFY	163	3514	0,0015
28	Fayzabod MFY	164	4411	0,0005
29	Sharilloq MFY	165	4658	0,0004
30	Oqtosh MFY	166	5232	0,0002
31	Qahramon MFY	167	8411	0,0021







**4-rasm. Jizzax aglomeratsiyasi aholi zichligi bo'yicha issiqlik xaritasi**

Zichligi yuqori bo'lgan barcha hududlardan jamoat transporti yo'nalishlari o'tgan bo'lib, ushbu hududlarda aholi uchun yo'lovchi tashish xizmati yo'lga qo'yilgan va

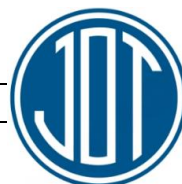
aholi harakatchanligini ta'minlashda asosiy vosita hisoblanadi. Shahar jamoat transporti tarmog'i yo'nalishlarining asosiy qismi ham aynan shu mahallalar joydlashgan hududdagi avtomobil yo'llari orqali o'tkazilgan. Shaharda 17 ta avtobus Jamoat transporti yo'nalishlari asosiy qismi Sh.Rashidov ko'chasidan o'tgan. Jizzax shahri misolida olib borilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, aholi zichligi yuqori bo'lgan hududlarda transport xizmatlarining notekis taqsimlanishi mavjud muammolarni yanada keskinlashtiradi. Shu sababli, shahar transport tizimining barcha aholi qatlamlari ehtiyojlariga moslashuvini ta'minlash, yo'lovchilar oqimini tartibga solish va ekologik barqarorlikka e'tibor qaratish ustuvor yo'nalishlardan biri bo'lib qolmoqda.

Transport tizimining rivojlanishi shaharlarda nafaqat iqtisodiy, balki ijtimoiy va ekologik barqarorlikka ham katta ta'sir ko'rsatadi. Shaharlarda transport tizimini rejalashtirish aholining haftaning ish kunlari va dam olish kunlari uchun alohida ko'rilishi, transport tizimi samaradorligini oshiradi va aholining hayot sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.

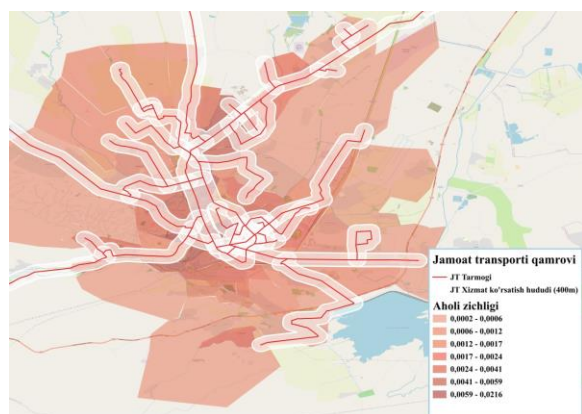
**4-jadval**

**Jizzax aglomeratsiyasi hududida jamoat transporti qamrovi darajasi**

№	MFY ID raqami	JT ning qamrov maydoni ( $m^2$ )	MFY larning maydoni ( $m^2$ )	JT ning qamrov darajasi
1	101	1608038,288	2470019,714	0,65
2	102	1034434,04	1036754,581	1
3	103	1699507,669	2054153,227	0,83
4	104	830383,228	897338,397	0,93
5	105	3381191,025	4102728,902	0,82
6	106	1043690,107	1053252,023	0,99
7	107	4007160,679	6641234,915	0,60
8	108	1924200,597	3275037,559	0,59
9	109	3229457,479	3799006,949	0,85
10	110	1453284,477	3266424,936	0,44
11	111	1607048,131	3625113,964	0,44
12	112	704308,584	724576,52	0,97
13	113+118+131	2265674,926	2365674,926	0,96
14	114	762552,169	1469428,65	0,52
15	115+117	1585673,945	1585768,621	1
16	116	102820,426	1399775,905	0,10
17	119	1398485,086	1794026,672	0,78
18	120	1083165,95	1904365,31	0,57
19	121	1060798,863	1065036,482	1
20	122	4946062,621	8901632,966	0,56
21	123	590720,633	1021008,975	0,59
22	124+125	1586724,829	1589569,76	1
23	126	376366,171	709638,904	0,53
24	127+139	3195926,191	3135678,653	1
25	128	405975,046	864945,141	0,47
26	129	1951637,982	2672942,723	0,73
27	130	644188,39	1407637,503	0,46
28	132+166	506934,965	29027424,45	0,02
29	133+160+162+163	664899,452	7805733,949	0,08
30	134	1429340,57	1827321,741	0,78



31	135+138	1895483,778	3181025,59	0,60
32	136	484586,169	667144,797	0,73
33	137	807099,194	1423838,358	0,57
34	140	2315432,586	4305542,468	0,54
35	141	2202519,067	9653720,948	0,23
36	142	3624686,469	26126794,32	0,14
37	143	660383,349	7170882,017	0,09
38	144+145+146+147+148	8214258,932	27006642,74	0,30
39	149+150+151+152	6003077,681	9099380,976	0,66
40	153+154	3174604,69	13264850,71	0,24
41	155	1339901,045	24028920,74	0,06
42	156+157+158	5384263,971	36441734,85	0,15
43	159+161	4821645,372	14309846,98	0,34
44	164	5327448,714	8994195,838	0,60
45	165	284527,439	11685215,51	0,03
46	167	2799902,138	4072863,061	0,69
O'rtacha				26,23



5-rasm. Jamoat transporti tarmog'i qamrovi

#### 4. Xulosa

Respublikamiz markaziy shaharlarda aholi soni ortishi bilan shahar transport hududlarida aholi zichligi ham ortadi va avtomobilash jarayoni ham yuqori suratlarda rivojlanadi. Natijada, shaharlarda transportga bo'lgan ehtiyoj ortib, shahar transport tizimini rejasini asoslab, aholi harakatligini ta'minlashning ilmiy yechimlarini topishni taqozo etadi.

Oldindan shahar aholisi va avtomobilash jarayonining o'sish ko'rsatkichlarini bashoratlash bir vaqtda ham avtomobillarga bo'lgan ehtiyojni, ham yo'llarga tushadigan transport yuklamasini aniqlash imkonini beradi. Bu o'z navbatida shaharlarda transport tizimini turli muddatlar uchun rejalashtirish imkonini beradi. Shuningdek, shaharlarda demografiya jarayoni tezlashishi bilan ularning harakatligini ta'minlashda jamoat transporti tizimining o'rni ortib boradi. Bu rivojlanayotgan shaharlarda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan transport muammolarini kamaytirish va uning oldini olish bo'yicha chora-tadbirlar ishlab chiqishga, harakat xavfsizligini ta'minlashga asosiy vosita hisoblanadi.

Tadqiqod ishi doirasida amalga oshirilgan tahliliy natijalar yordamida olingan natijalar Jizzax shahri mmisolida ko'rib chiqilgan bo'lib, shahar jamoat transporti

aglomeratsiya hududining 26,23 foiz qismi uchun ta'minlanganini ko'rishimiz mumkin. Bu shahar aholisining deyarli 75 foizi harakatligini ta'minlashda shaxsiy transport vositalari, shaxsiy harakatlikni ta'minlovchi transport vositalaridan foydalanayotgani yoki piyoda harakatlanayotganini ko'rishimiz mumkin.

Shahar transport tizimini rejalashtirishda aholining haftaning ish kunlari va dam olish kunlari uchun alohida ko'rishimiz shahar transport tizimini rejalashtirish jarayonining samaradorlik ko'rsatkichlari oshishiga yordam beradi.

#### Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 1-fevraldagi "O'zbekiston Respublikasi transport vazirligi faoliyatini tashkil etish to'g'risida" gi PQ-4143 sonli qarori.
- [2] O'zbekiston Respublikasining 2021-yil 9-avgustdagi O'RQ-706 son "Transport to'g'risida" gi Qonuni.
- [3] O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 30-iyuldagi 636-son qaroriga muvofiq "Avtomobil transportida yo'lovchilarni va yuklarni shaharda, shahar atrofida, shaharlararo va xalqaro yo'nalishlar bo'yicha tashish faoliyatini litsenziyalash yuzasidan davlat xizmatlari ko'rsatishning MA'MURIY REGLAMENT"i.
- [4] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2010-yil 21-dekabrda "2011-2015-yillarda infratuzilmani, transport va kommunikatsiya qurilishini rivojlantirishni jadallashtirish to'g'risida" gi PQ-1446-son qarori.
- [5] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2006-yil 11-yanvardagi PF-3713 son "Toshkent shahrida yo'lovchi transportini tashkil etish tizimini yanada takomillashtirish to'g'risida" gi farmoni.
- [6] Jasim, I. A., Al-Jaberi, A. A., Al-Maliki, L. A., Al-Ansari, N., & Al-Mamoori, S. K. (2022). Do the population density and coverage rate of transit affect the public transport contribution? Cogent Engineering, 9(1), 2143059.



[7] Abdunazarov, J. (11 2021). DEVELOPMENT OF A MODEL FOR ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS TAKING INTO ACCOUNT THE LEVEL OF AUTOMOBILIZATION AND POPULATION IN THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN.

[8] Abdunazarov, J., Shukurov, I., Nishonov, A., & Shaumarov, S. (2023). Analysis of existing problems of ensuring traffic safety in major cities of Uzbekistan. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (pp. 012039).

[9] <https://lex.uz/>

[10] <https://stat.uz/uz/>

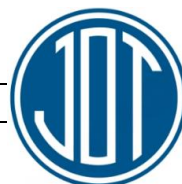
## Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Abdunazarov Jamshid  
Numuxamatovich / Abdunazarov Jamshid  
Numukhamatovich

Jizzax politexnika institute  
"Transport logistikasi" kafedrası  
professori t.f.d (DSc)  
E-mail: jamshid1986\_86@list.ru  
Tel.: +998905153367  
<https://orcid.org/0000-0002-7721-4766>

Nishonov Azizbek Orziqul o'g'li / Nishonov Azizbek Orzikul ugli

Toshkent davlat transport universiteti "Transport intellektual tizimlari muhandisligi" kafedrası tayanch doktoranti  
E-mail: nishonov\_azizbek@lilst.ru  
Tel.: +998974309353  
<https://orcid.org/0009-0001-3739-5101>



# Application of the experimental mathematical planning method for optimizing the composition of modified fine-grained concrete

A.I. Adilkhodjaev<sup>1</sup><sup>a</sup>, A.N. Baymurzaev<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** The creation and analysis of a mathematical model that accurately describes the influence of input variables - the ratio of raw material components of the concrete mixture - on the compressive strength of high-quality fine-grained concrete at 28 days of normal hardening. This model is considered as the final target functions of.

**Keywords:** mathematical modeling, raw material components, compressive strength, high-quality fine-grained concrete, regression equation, input factors, orthogonal central planning, expression level, horizontal target function, maximum value

## Modifikatsiyalangan mayda donador beton tarkibini optimallashtirish uchun eksperimentni matematik rejalashtirish usulini qo'llash

Adilkhodjaev A.I.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Baymurzaev A.N.<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

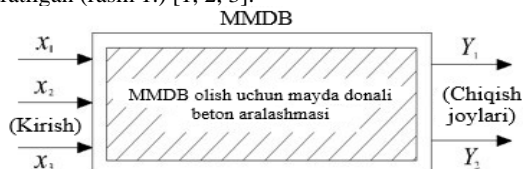
**Annotatsiya:** Yuqori sifatli mayda donali betonning normal qotishining 28 kunligida siqilishga bo'lgan mustahkamligiga ta'sir ko'rsatuvchi kirish o'zgaruvchilari - beton aralashmasining xomashyo tarkibiy qismlari nisbatlarining ta'sirini aniq tavsiflovchi matematik modelni yaratish va tahlil qilish. Ushbu model ning yakuniy maqsadli funksiyalari sifatida qaraladi.

**Kalit so'zlar:** matematik modellashtirish, xomashyo tarkibiy qismlari, siqilishga chidamliligi, yuqori sifatli mayda donali beton, regressiya tenglamasi, kirish omillari, ortogonal markaziy rejalashtirish, ifoda sathi, maqsad funksiyasining gorizontali, maksimal qiymat

### 1. Kirish

Eksperimentni rejalashtirish - bu qo'yilgan masalani talab etilgan aniqlik bilan hal qilish uchun zarur va etarli bo'lgan tajribalar soni va o'tkazilish sharoitlarini tanlash jarayonidir. Eksperimentni rejalashtirishning matematik usulining maqsadi matematik empirik modellarni yaratishdir, ular kiruvchi o'zgaruvchan omillarning - beton aralashmasining xomashyo tarkibiy qismlari nisbatlarining - yuqori sifatli mayda donali betonning (YuSMDB) fizik-mexanik xususiyatlariga ta'sirini aks ettiradi va bu xususiyatlar chiquvchi maqsadli funksiyalar sifatida qaraladi.

Eksperimentni rejalashtirishning matematik usuli kiruvchi o'zgaruvchan omillarning chiqadigan ob'ektiv funksiyalar sifatida ko'rib chiqiladigan mayda donador betonning fizik-mexanik xususiyatlariga ta'sirini aks ettiruvchi matematik empirik modellarni yaratishga qaratilgan (rasm 1.) [1, 2, 3].



1-rasm. Eksperimental tizimning tuzilishi

Empirik modellarni tavsiflash uchun ob'ektiv funksiyalarni aniqlash. Eksperimental modelning chiqish ob'ektiv funksiyalari sifatida quyidagilar tanlandi:


- $Y_1$  - mayda donador beton qorishmaning harakatchanligi (D, mm);
- $Y_2$  - 28 kunlik normal qattiqlashuv davrida 100x100x100 mm o'lchamdagi MMDB kub namunalarining bosimga mustahkamligi (R28, MPa).

MMDB zichligi va mustahkamligiga, shuningdek beton aralashmaning harakatchanligiga ta'sir qiluvchi kiruvchi o'zgaruvchan omillar sifatida xom ashyoning sarflari tanlandi: S, S, Q, UK, GQK, ACE 388 superplastifikator (C388) va polipropilen yupqa dispresli tolalar (PYuT).

### 2. Tadqiqot metodologiyasi

1. MMDB zichligi, mustahkamligi va chidamliligiga ta'sir qiluvchi kirish omillarini tanlash. Tajribalar sonini kamaytirish uchun eksperimental tadqiqotlar va ilmiy-texnik adabiyotlarni tahlil qilish natijasida GQK, C388 va PYuT xarajatlari 10%, 1% va 1,5% sement og'irligidan mos ravishda doimiy va teng tanlangan. Mayda donador beton qorishmaning harakatchanligiga va MDB ning bosim

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5729-5178>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0003-3966-1746>





kuchiga ta'sir qiluvchi kirish omillari quyidagi shaklida tanlangan (1-jadval):

- x1 – nisbatlar S/S 0,36dan 0,40 miqdorgacha
- x2 – nisbatlar UK/S 0,45 dan 0,55 miqdorgacha;
- x3– nisbatlar Q/KM 0,8 dan 1,2 miqdorgacha.

1-jadval

**Birinchi darajali rejalashtirish uchun kirish omillarining darajalari va ularning o'zgarish intervallari**

Kirish omillari		O'zgarish darajalari			O'zgarish oralig' i δ
Tabiiy shaklda	O'zgaruvchilar shaklda	- 1	0	+ 1	
S/S	x <sub>1</sub>	0,36	0,38	0,40	0,02
UK/S	x <sub>2</sub>	0,45	0,50	0,55	0,05
Q/KM	x <sub>3</sub>	0,8	1	1,2	0,2

Birinchi tartibli rejalashtirishda N zarur tajribalar soni formula bilan aniqlanadi (1):

$$N = 2^k = 2^3 = 8, \quad (1)$$

Bu erda k = 3 – kirish omillari soni.

1-tartibdagi ortogonal Markaziy rejalashtirish usuli yordamida hisoblangan modifikatsiyalangan mayda donador betonning kompozitsiyalari 2-jadvalda va 28 kunlik normal qattiqlashuvda (25 ± 5 °C haroratda va 95% namlikda) beton qorishmalarining harakatchanligi va betonning bosim kuchining qiymatlari 3 va 4-jadvallarda keltirilgan.

2-jadval

**1-darajali ortogonal Markaziy rejalashtirish usuli bilan hisoblangan MMDB tarkibi**

№	O'zgaruvchilar shaklda			Tabiiy shaklda		Beton qorishmalarining tarkibi, kg/m <sup>3</sup>									
	x1	x2	x3	SS	UK S	Q KM	S	UK	GQK	Q	S	S388	PYu T		
1	+1	+1	+1	0,40	0,55	1,2	551	303	55	1092	221	5,51	8,27		
2	-1	+1	+1	0,36	0,55	1,2	564	310	56	1117	203	5,64	8,46		
3	+1	-1	+1	0,40	0,45	1,2	580	261	58	1079	232	5,80	8,70		
4	-1	-1	+1	0,36	0,45	1,2	594	267	59	1105	214	5,94	8,91		
5	+1	+1	-1	0,40	0,55	0,8	643	353	64	848	257	6,43	9,64		
6	-1	+1	-1	0,36	0,55	0,8	660	363	66	871	238	6,60	9,90		
7	+1	-1	-1	0,40	0,45	0,8	675	304	67	837	270	6,75	10,12		
8	-1	-1	-1	0,36	0,45	0,8	694	312	69	860	250	6,94	10,41		

3-jadval

**Mayda donador beton qorishmalarining harakatchanligi**

№	Tabiiy shaklda			Harakatchanlik D, mm						dispersiya S <sub>i</sub> <sup>2</sup> xatolar
	S/S	UK/S	Q KM	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	Y <sub>ii</sub> <sup>sr</sup> = D <sub>i</sub> <sup>sr</sup>	D <sub>ii</sub>	(Y <sub>ii</sub> <sup>sr</sup> - Y <sub>ii</sub> ) <sup>2</sup>	
1	0,40	0,55	1,2	95	100	95	96,667	103,96	53,193	8,333
2	0,36	0,55	1,2	90	90	95	91,667	83,54	66,043	8,333
3	0,40	0,45	1,2	105	100	105	103,333	103,96	0,393	8,333
4	0,36	0,45	1,2	85	85	80	83,333	83,54	0,043	8,333
5	0,40	0,55	0,8	115	120	120	118,333	116,88	2,112	8,333
6	0,36	0,55	0,8	80	80	75	78,333	96,46	328,576	8,333
7	0,40	0,45	0,8	120	125	125	123,333	116,88	41,646	8,333
8	0,36	0,45	0,8	105	105	110	106,667	96,46	104,176	8,333
Max S <sup>2</sup> = 8,333			Σ(Y <sub>ii</sub> <sup>sr</sup> - Y <sub>ii</sub> ) <sup>2</sup> = 596,181						ΣS <sub>i</sub> <sup>2</sup> = 66,667	

4-jadval

**28 kun mobaynida MMDB namunalarning bosimga mustahkamligi**

№	Tabiiy shaklda			Bosimga mustahkamlik R28 MMDB, MPa						Dispersiya S <sub>i</sub> <sup>2</sup> xatolar
	S/S	ZU S	Q KM	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	Y <sub>2i</sub> <sup>sr</sup> = R <sub>2i</sub> <sup>sr</sup>	R <sub>i</sub>	(Y <sub>2i</sub> <sup>sr</sup> - Y <sub>2i</sub> ) <sup>2</sup>	
1	0,40	0,55	1,2	65,2	66,0	64,4	65,20	65,49	0,08	0,64
2	0,36	0,55	1,2	70,4	71,2	70,8	70,80	69,97	0,68	0,16
3	0,40	0,45	1,2	64,4	64,8	64,0	64,40	65,49	1,19	0,16
4	0,36	0,45	1,2	69,6	71,6	70,4	70,53	69,97	0,31	1,01
5	0,40	0,55	0,8	62,2	62,6	62,4	62,40	61,41	0,99	0,04
6	0,36	0,55	0,8	67,6	66,8	64,8	66,40	65,89	0,26	2,08
7	0,40	0,45	0,8	61,8	61,6	62,0	61,80	61,41	0,16	0,04
8	0,36	0,45	0,8	63,2	64,4	64,4	64,00	65,89	3,57	0,48
Max S <sup>2</sup> = 2,08			Σ(Y <sub>2i</sub> <sup>sr</sup> - Y <sub>2i</sub> ) <sup>2</sup> = 7,24						ΣS <sub>i</sub> <sup>2</sup> = 4,61	

2. Tajribalarning takrorlanuvchanligi gipotezasi (dispersiyalarning bir xilligi bo'yicha) Koxran mezonni G<sub>pass</sub> yordamida sinovdan o'tkazildi. Kohren mezonining hisoblangan qiymati (2) quyidagi formula bo'yicha hisoblab chiqilgan :

$$G_{pacc} = \max S^2 / \sum S_i^2 \quad (2)$$

Koxran mezonining kritik qiymati G<sub>kr</sub> = G<sub>α</sub> (f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>) qiymatlarga qarab [4] topilgan:

- xisoblagichning erkinlik darajasi f<sub>1</sub> = k - 1 = 3 - 1 = 2;
- maxraj f<sub>2</sub> = N = 8;
- ahamiyat darajasi α = 0,05.

Shunda: G<sub>kr</sub> = 0,5157.

Mayda donador beton qorishmaning harakatchanlik qiymatlarini hisobga olgan holda biz quyidagilarni olamiz:



$$S_{li}^2 = \sum S_i^2 = 66,667 \text{ ba } \max S^2 = 8,333 \rightarrow G_{pacc} =$$

$$\frac{S_{\max}^2}{\sum S_i^2} = \frac{8,333}{66,667} = 0,125 \text{ ba } G_{pacc} = 0,125 < G_{kp} = 0,5157$$

Shunday qilib, dispersiyalarning bir xilligi gipotezasi qabul qilinadi.

Kunlik modifikatsiyalangan mayda donador betondan namunalarning bosimga mustahkamlik qiymatlarini hisobga olingan holda biz quyidagilarni olamiz:

$$S_{li}^2 = \sum S_i^2 = 4,61 \text{ ba } \max S^2 = 2,08 \rightarrow G_{pacc} = \frac{S_{\max}^2}{\sum S_i^2}$$

$$= \frac{2,08}{4,61} = 0,4512 \text{ ba } G_{pacc} = 0,4512 < G_{kp} = 0,5157$$

Shunday qilib, dispersiyalarning bir xilligi gipotezasi qabul qilinadi.

3. 1-tartibli regressiya tenglamalarini tuzish

#### 5-jadval

##### 1-tartibli regressiya tenglamalarining koeffitsientlar

Y <sub>j</sub> \ b <sub>i</sub>		b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>12</sub>	b <sub>23</sub>	b <sub>31</sub>	b <sub>123</sub>
		Y <sub>1</sub>	D, mm	100,21	10,21	-3,96	-6,46	1,04	4,38
Y <sub>2</sub>	R <sup>28</sup> MMDB, MPa	65,69	-2,241	0,508	2,041	-0,692	-0,158	-0,242	0,292

Hisoblash natijalariga ko'ra quyidagi regressiya tenglamalari (3) va (4) olingan:

$$Y_1 = 100,21 + 10,21x_1 - 3,96x_2 - 6,46x_3 + 1,04x_1x_2 + 4,38x_2x_3 - 3,96x_3x_1 - 4,79x_1x_2x_3 \quad (3)$$

$$Y_2 = 65,69 - 2,241x_1 + 0,508x_2 + 2,041x_3 - 0,692x_1x_2 - 0,158x_2x_3 - 0,242x_3x_1 + 0,292x_1x_2x_3 \quad (4)$$

Regressiya tenglamalari koeffitsientlarining ahamiyati Student mezoniga muvofiq tekshirildi ( $t_{\alpha} / (f_2)$ ).

b<sub>j</sub> koeffitsienti muhim hisoblanadi, agar:  $t_{bj} \geq t_{\alpha} (f_2)$  (5) bu erda  $t_{\alpha} (f_2)$  – Student taqsimotining kritik qiymati.

Muhim darajada  $\alpha = 0,025$  va erkinlik darajalari  $f_2 = N \times (k - 1) = 8 \times (3 - 1) = 16$ , 3.2-jadvalga asosan  $t_{0,025} (16) = 2,1199$  qiymatini topamiz [5].

Regressiya tenglamasining b<sub>j</sub> koeffitsientlari uchun Student mezonining  $t_{bj}$  qiymatlari formula (6) yordamida aniqlandi:

$$t_{bj} = \frac{|b_j|}{S_{b_j}} \quad (6)$$

Regressiya tenglamasining koeffitsientlarining dispersiyasini baholash (7) formula bilan aniqlandi:

$$S_{b_j} = \sqrt{\frac{S_{li}^2}{N}} \quad (7)$$

$S_{li}^2 = \sum S_i^2 = 0,753$  va  $N = 8$  bo'lgan regressiya tenglamasi uchun biz quyidagilarni olamiz:

$$S_{b_j} = \sqrt{\frac{S_{li}^2}{N}} = \sqrt{\frac{0,753}{8}} = 0,3068 \quad (8)$$

Regressiya tenglamasi koeffitsientlarining ahamiyatini tekshirish uchun Student mezonining qiymatlari (3) 5-jadvalda keltirilgan.

#### 6-jadval

##### Regressiya tenglamasi koeffitsientlarining ahamiyatini tekshirish uchun Student mezonining qiymatlari (3)

j	0	1	2	3	4	5	6	7
b <sub>j</sub>	100,21	10,21	-3,96	-6,46	1,04	4,38	3,96	-4,79
b <sub>j</sub>	100,21	10,21	3,96	6,46	1,04	4,38	3,96	4,79
t <sub>bj</sub>	34,713	3,536	1,371	2,237	0,361	1,516	1,371	1,660

Koeffitsientlarning ahamiyatini tekshirgandan so'ng, ahamiyatsiz koeffitsientlar bekor qilindi, natijada tenglama paydo bo'ldi: (9)

$$Y_1 = 100,21 + 10,21x_1 - 6,46x_3 \quad (9)$$

$S_{li}^2 = \sum S_i^2 = 4,61$  va  $N = 8$  (4) bo'lgan regressiya tenglamasi uchun biz quyidagilarni olamiz.

$$S_{b_j} = \sqrt{\frac{S_{li}^2}{N}} = \sqrt{\frac{4,61}{8}} = 0,759$$

Regressiya tenglamasi (4) koeffitsientlarining ahamiyatini tekshirish uchun Student mezonining qiymatlari 7-jadvalda keltirilgan

#### 7-jadval

##### Regressiya tenglamasi koeffitsientlarining ahamiyatini tekshirish uchun Student mezonining qiymatlari (4)

j	0	1	2	3	4	5	6	7
b <sub>j</sub>	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>12</sub>	b <sub>23</sub>	b <sub>31</sub>	b <sub>123</sub>
b <sub>j</sub>	65,69	2,241	0,508	2,041	0,692	0,158	0,242	0,292
t <sub>bj</sub>	86,548	2,953	0,669	2,689	0,912	0,208	0,319	0,385

Koeffitsientlarning ahamiyatini tekshirgandan so'ng, ahamiyatsiz koeffitsientlar bekor qilindi, natijada tenglama hosil bo'ldi (10):

$$Y_2 = 65,69 - 2,241x_1 + 2,041x_3 \quad (10)$$

4. (9) va (10) tenglamalarning muvofiqlikini tekshirish

Modelning adekvatligi haqidagi gipotezani tekshirish  $S_{2ad}$  (11) adekvatlik dispersiyasi va  $F_{rass}$  Fisher mezonlari (12) hisoblashlariga asoslanadi.

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum (Y_i^{cp} - Y_i^-)^2}{N - m}$$

$$F_{pacc} = \frac{S_{ad}^2}{S_{li}^2}$$

Bu erda:  $Y_i$  – regressiya tenglamasidan hisoblangan javob qiymati;  $N$  – barcha mumkin bo'lgan sinovlar soni,  $N = 8$ ;

$m$  – baholangan regressiya koeffitsientlari soni;  $m = 3$ .

$F_{rass}$  ning hisoblangan qiymati  $f_1 = N = 8$  va  $f_2 = N - m = 8 - 3 = 5$  erkinlik darajalari raqamlari bilan aniqlangan 6-jadvaldagi  $F_{tabl} (f_1, f_2)$  qiymati bilan taqqoslandi [5]. Shunday qilib, kritik qiymat:  $F_{tabl} (8, 5) = 3,6875$ .

Regressiya tenglamasi uchun (10):

$$S_{ad}^2 = 596,181 / 8 - 3 = 119,236 \text{ va } S_{li}^2 = \sum S_i^2 = 66,667$$

$$\rightarrow F_{pacc} = \frac{S_{ad}^2}{S_{li}^2} = 1,789 \text{ ba } F_{pacc} = 1,789 < F_{rass} = 3,6875$$

Shuningdek, tenglama (10) amaliy tajriba natijalarini qanoatlantiradi.

Regressiya tenglamasi uchun (11):

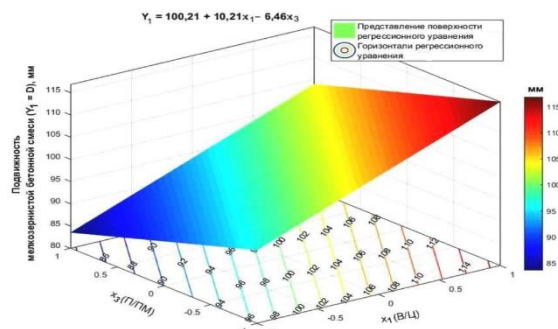
$$S_{ad}^2 = 7,24 / 8 - 3 = 1,448 \text{ va } S_{li}^2 = \sum S_i^2 = 4,61$$

$$\rightarrow F_{pacc} = \frac{S_{ad}^2}{S_{li}^2} = 0,3141 \text{ ba } F_{pacc} = 0,314 < F_{rass} = 3,6875$$

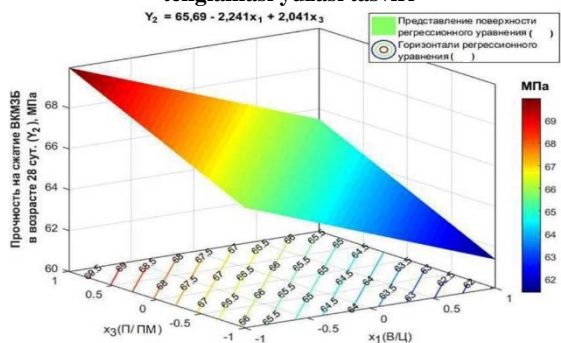
Shuningdek, tenglama (11) ham amaliy tajriba natijalarini qanoatlantiradi.

Matlab kompyuter dasturidan foydalanib, (10) va (11) regressiya tenglamalari uchun ob'ektiv funktsiyani ifodalash yuzasi tasvirlari olindi, ular 2 va 3-rasmlarda keltirilgan.





2–rasm. 1–tartibli mayda donador beton qorishmasining harakatchanligining regressiya tenglamasi yuzasi tasviri



3–rasm. 1–tartibli MMDB (9) bosimga mustahkamligining regressiya tenglamasi yuzasining tasviri

### 3. Xulosa

1–tartibli regressiya tenglamalari yordamida olingan tajribani matematik rejalashtirish natijalaridan quyidagi xulosalar chiqarish mumkin:

1. Mexanik faollashtirilgan GQK, past kalsiyli UK, ACE 388 superplastifikatori va polipropilen tolalarni o‘z ichiga olgan organo–mineral modifikatorlarni o‘z ichiga olgan modifikatsiyalangan mayda donador betonlar 1–darajali tajribani rejalashtirishning maqsadli funksiyalariga ega :mayda donador beton qorishmasining harakatchanligi ( D, mm) va regressiya tenglamalari (10) va (11) bo‘yicha  $x_1$  ( C/S ) va  $x_3$  ( Q/KM ) o‘zgaruvchilarga qarab, 28 kunlik normal qattiqlashuv S/KM ( $R^{28}$  MMDB, MPa) davrida MMDB dan namunalarning bosimga kuchi.

2. (10) va (11) regressiya tenglamalaridan kelib chiqadiki C/S ( $x_1$ ) nisbatning pasayishi va Q/KM ( $x_3$ ) nisbatning oshishi bilan mayda donador beton qorishmaning harakatchanligi pasayadi va eksperimental beton namunalarning bosimga mustahkamligi oshadi. Ko‘rib chiqilgan qiymatlar oralig‘ida UK ( $x_2$ ) nisbati ta‘siri ahamiyatsiz va shuning uchun uni e‘tiborsiz qoldirish mumkin.

## Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Lam Van Tang, Boris Bulgakov, Sofia Bazhenova, Olga Aleksandrova, Anh Ngoc Pham, Tho Dinh Vu. Effect of Rice Husk Ash and Fly Ash on the Workability of Concrete Mixture in the High-Rise Construction // E3S Web of Conferences 33, 02029 (2018). DOI: 10.1051/e3sconf/20183302029.
- [2] Штигалский В.Н. Оптимизация составов цементобетона. Кишинев: Штиинса. 1981, 180 с.
- [3] Танг Ван Лам, Булгаков Б.И., Александрова О.В. Математическое моделирование влияния сырьевых компонентов на прочность высококачественного мелкозернистого бетона при сжатии // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Выпуск 9(108). С. 999-1009. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.9.999-1009.
- [4] Болшев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: Изд. Наука. 1983, 416 с.
- [5] Гусев Б.В., Файвусович А.С. Основы математической теории протсессов коррозии бетона. М.: Научный мир. 2006, 40
- [6] Абомелик Т.П. Методология планирования эксперимента. Ульяновск, 2006. 37 с.
- [7] Астахова Л.Г. Лекции по дисциплине «Математическая теория планирования эксперимента». Владикавказ, 2013. 96 с.
- [8] Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1983. 416 с.
- [9] Рапопорт П.Б., Рапопорт Н.В., Кочетков А.В. и др. Проблемы долговечности цементных бетонов // Строительные материалы. 2011. № 5. С. 38–41.
- [10] Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2011. 524 с.

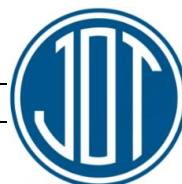
## Mualliflar to‘g‘risida ma‘lumot/ Information about the authors

Adilxodjaev Anvar Ishanovich

Toshkent davlat transport universiteti rektorining strategik va istiqbolli vazifalarni amalga oshirish bo‘yicha maslahatchisi  
e-mail: [anvar1950@mail.ru](mailto:anvar1950@mail.ru)  
Tel.: +998998704117  
<https://orcid.org/0000-0001-5729-5178>

Baymurzaev Alisher Nukusbay uli

Toshkent davlat transport universiteti “Bino va sanoat inshootlari qurilishi” kafedrasida doktoranti  
e-mail: [baymurzaev1818@gmail.com](mailto:baymurzaev1818@gmail.com)  
Tel.: +998913018882  
<https://orcid.org/0009-0003-3966-1746>



## Increasing the capacity of intermediate stops of city buses

D.F. Yoldoshev<sup>1</sup><sup>a</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** One of the important factors of improving the quality of service in public transport is the study of the flow of passengers, bus travel times at intermediate stops and their organizers. In the article, the authors analyzed the methods of calculating the flow of passengers, the formation of bus travel times at intermediate stops, and developed indicators representing the distribution of travel times and their constituents.

**Keywords:** imitasion model, public transport, intermediate station, carrying capacity, distribution law, theoretical frequency, empirical frequency

## Shahar yo'nalishli avtobuslari oraliq bekatlarining o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish

Yoldoshev D.F.<sup>1</sup><sup>a</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Jamoat transportlarida hizmat sifatini oshirishning muhim omillardan biri bu yo'lovchilar oqimi, oraliq bekatlarda avtobuslar harakat vaqtlari va ularni tashkil etuvchilarini tadqiq etishdir. Maqolada mualliflar tomonidan yo'lovchilar oqimi, oraliq bekatlarda avtobuslar harakat vaqtlarining shakillanishini xisoblash usullari tahlil qilingan bo'lib harakat vaqtlari va ularni tashkil etuvchilarining taqsimlanishini ifodalovchi ko'rsatkichlari ishlab chiqilgan.

**Kalit so'zlar:** imitasion model, jamoat transporti, oraliq bekat, o'tkazuvchanlik qobiliyati, taqsimot qonuni, nazariy chastota, empirik chastota

### 1. Kirish

O'zbekiston Respublikasi transport tizimidagi asosiy vazifalardan biri transport infratuzilmasini rivojlantirish xisoblanadi. Infratuzilmaning muhim elementlaridan biri shahar yo'nalishli avtobuslarning oraliq bekatlari bo'lib, yo'lovchilarga ishonchli transport xizmatlarini ko'rsatish, yo'llarning o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish va yo'l harakati ishtirokchilarining xavfsizligiga ijobiy ta'sirini oshirish hozirgi kundagi muhim vazifalardan biri xisoblanadi.

Shahar yo'nalishli avtobuslar oraliq bekatlaridagi texnologik jarayonlarni samarali tashkil etishning asosiy maqsadi - transportning ekologiyaga zararini, yo'lovchilarni bekatlarda avtobuslarni kutish vaqtlarini, ko'cha yo'l tarmoqlaridagi vujudga kelayotgan ziddiyatli vaziyatlar, tirbandliklar va yo'l transport hodisalarini kamaytirish, shuningdek yo'lovchilar xavfsizligi va komfortabillikni yuqori darajada ta'minlashdan iboratdir.

Transport tarmog'ida bekatlarning joylashuvi, holati va ishlash sifati ko'p jihatdan shahar aholisining jamoat transporti xizmat ko'rsatish darajasini ham belgilaydi. Bugungi kunda Toshkent shahrida 2.4 mingta yo'nalishli avtobuslarning oraliq bekatlari mavjud bo'lib aholiga ishonchli transport xizmatlarini ko'rsatishda funksional vazifalarini turli darajada bajarib kelmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 16-fevral kunidagi "Jamoat transporti tizimini isloh qilish chora-tadbirlari to'g'risida"gi 59-son qarori ijrosi bo'yicha keltirilgan

zamonaviy avtobuslar, shuningdek "Toshshahartransxizmat" AJ tasarrufidagi mavjud avtobuslar bilan birgalikda 157 ta yo'nalishda 1800 dan ortiq avtobuslar yo'lovchilarga xizmat ko'rsatmoqda.

Shuningdek transport infratuzilmani rivojlantirish bo'yicha belgilangan rejada Toshkent shahrida 2022-2025 yillarda zamonaviy standart talablarga javob beradigan aqilli bekatlarni qurish rejalashtirilgan. Bundan tashqari jamoat transporti xizmat sifatini yaxshilash maqsadida savdo-maishiy xizmat tipidagi bekatlar tashkil etishni to'xtatish, tirbandlik keltirib chiqarayotgan, chorrahaga yaqin joylashgan bekatlarni ko'chirish, rekonstruksiya qilish ishlari xam rejalashtirilgan.

### 2. Tadqiqot metodologiyasi

Rivojlangan mamlakatlar transport sohasi olimlarining izlanishlari kesimida, shahar yo'nalishli avtobuslar oraliq bekatlarining o'tkazuvchanlik qobiliyati va uni aniqlashning ko'plab usullari ishlab chiqilgan.

Mazkur olimlar tomonidan olib borilgan tadqiqotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, yo'nalishli avtobuslar bekatlarning o'tkazuvchanlik qobiliyatiga asosan quyidagi omillar salbiy ta'sir etishi aniqlashgan:

- transport vositasining to'lganlik darajasi, yo'lovchi oqimi sust vaqtlarda yo'nalishli avtobuslar bekatda kam vaqt turishi, tig'iz paytlarda esa aksincha ko'p turishi;
- avtobus bekatlariga yo'lovchilarni kelish intensivligi;

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6042-2737>





- yo'nalishli avtobuslar harakat intervali, avtobus bekatlarning o'tkazuvchilik qobiliyatini cheklab qo'yishi;
  - yo'nalishli avtobuslar haydovchilarning individual xususiyatlari bilan bog'liq inson omili;
  - avtobus salonidagi chiptachilar harakati;
  - avtobus bekatlarida yo'nalishsiz taksi yoki aholining shaxsiy transport vositalarini avtobus bekatini hududida qoldirishi kabi bir qancha tasir etuvchi omillar.
- Bekatlarning o'tkazuvchiligini shahar ichi muntazam avtobus yo'nalishlarida quyidagicha aniqlash mumkin. (Semchugova G)

$$B_{ortkaz} = \frac{60}{t_{o'x\ turish}} \cdot A \quad (1)$$

bu yerda:

$B_{ortkaz}$  - bekatning o'tkazuvchilik qobiliyati;

$t_{o'x\ turish}$  - transport vositasining o'rtacha to'xtash vaqti (yo'lovchilarni chiqishi tushishi) minut;

$A$  - bekatga bir vaqtning o'zida joylashtirilishi mumkin bo'lgan o'rtacha transport vositalar soni.

Bekatning tirbandliklarsiz yo'nalishli avtobuslar bir biriga xalaqit bermasdan harakat vaqtida o'tkazuvchanlik qobiliyati inobatga olgan holda umumiy avtobus bekatning o'tkazuvchilik qobiliyatini quyidagicha aniqlash mumkin. (Dimova I.P.)

$$P = P_{bek} \cdot k_{ishonch} \cdot \gamma \cdot k_{o'zgar} \quad (2)$$

bu yerda:

$P_{bek} = \frac{3600}{t_{xizm}}$  bekatning tirbandliklarsiz yo'nalishli avtobuslar bir biriga xalaqit bermasdan harakat vaqtida o'tkazuvchanlik qobiliyati.

$t_{xizm}$  - avtobus bekatida avtobusga xizmat ko'rsatish vaqti

$$t_{xizm} = t_{bek.ketish} + t_{yo'lovchi\ tush} + t_{bek.chiqish} \quad (3)$$

$$t_{bek.ketish} = S_{ort} + N_{Yo'.A} + L_b + B_{ch} \quad (4)$$

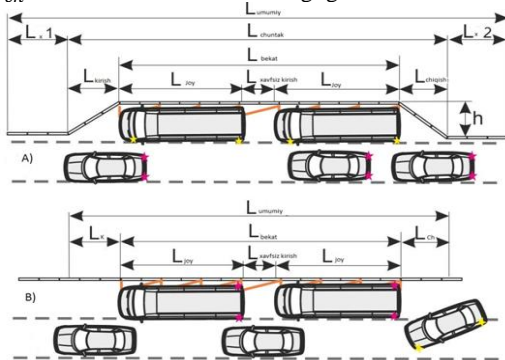
bu yerda:

$S_{ort}$  - Yo'nalishli avtobus o'rtacha yo'lovchi sig'imi

$N_{Yo'.A}$  - Yo'nalishli avtobus harakat intensivligi

$L_b$  - bekatlar orasidagi masofa

$B_{ch}$  - avtobus bekatini chuntak kengligi



1-rasm. Avtobus bekatining geometrik ko'rsatkichlari (Dimova I.P.)

Lumumiy- bekatning umumiy uzunligi,  $Lx1, Lx2$  bekatga kirish chiqishda xavfsiz boshqarish (manyovur) masofasi,  $Lch$  - chuntak uzunligi,  $Lbekat$  - bekatning asosiy qism uzunligi,  $Ljoy$  - bitta transport vositasi uchun ajratilgan joy uzunligi,  $Lx$  - xavfsiz-bekatda yo'nalishli avtobuslar orasidagi xavfsiz masofa,  $h$  - chuntak chuqurligi

Yo'lovchilarni transport vositasiga chiqish va tushish vaqtini quyidagicha aniqlash mumkin

$$t_{yo'lovchi\ tush}^{ch} = S_{ort} - S_{ort}^2 + A_{chiq} - A_{chiq}^2 + A_{kirish} - A_{kirish}^2 \quad (5)$$

$A_{chiq} A_{kirish}$  - transport vositasiga chiqqan va kirgan yo'lovchilar soni.

Transport vositasini bekatdan chiqib ketishi vaqtini quyidagicha aniqlash mumkin

$$t_{bek.chiqish} = S_{ort} + N_{Yo'.A} + N_{boshqa} + B_{ch} + B_{qat.qism.eni}$$

$N_{boshqa}$  - Boshqa transport vositalar harakat intensivligi

$B_{qat.qism.eni}$  - qatnov qismi eni

Yo'lovchilar tashish marshrutidagi manzillarda avtomobilni turib qolish vaqtlarini shakllanishi ham o'ziga xos xususiyatlarga ega. Marshrutning boshlang'ich va oxirgi bekatlarida avtobusni turib qolish vaqti asosan uning uchun belgilangan harakatlanish jadvalida ko'rsatilgan vaqt doirasida bo'ladi. Boshlang'ich yoki oxirgi bekatlarda i- tipdagi avtobusni turib qolish vaqti ( $t_T^{bosh}$  yoki  $t_T^{ox}$ ) mobaynida haydovchi ma'lum qatnov-reys bajarilganini dispetcherlik jurnalida va boshqa hujjatlarda qayd etadi ( $t_{hujj}^{bosh}$  yoki  $t_{hujj}^{ox}$ ), avtobus salonidan yo'lovchilarni tushirish ( $t_{yo'lovchi\ tush}^{bosh}$ ,  $t_{yo'lovchi\ tush}^{ox}$ ) va salonni yo'lovchilar bilan ma'lum darajada to'lguncha kutib turadi, ( $t_{yo'lovchi\ tush}^{bosh}$ ,  $t_{yo'lovchi\ tush}^{ox}$ ), ma'lum bir muddat davomida o'ziga dam beradi, ovqatlanadi ( $t_{damovqat}^{bosh}$ ,  $t_{damovqat}^{ox}$ ), avtobusni bekat maydonida harakatlanishiga ham ma'lum vaqt sarf bo'ladi ( $t_{har}^{bosh}$ ,  $t_{har}^{ox}$ ). Shunday qilib, avtobusning marshrutni boshlang'ich va oxirgi bekatida turib qolish vaqti quyidagicha ifodalanadi:

$$t_T^{bosh} = t_{yo'lovchi\ tush}^{bosh} + t_{hujj}^{bosh} + t_{yo'lovchi\ tush}^{bosh} + t_{damovqat}^{bosh} + t_{har}^{bosh}; \quad (6)$$

$$t_T^{ox} = t_{yo'lovchi\ tush}^{ox} + t_{hujj}^{ox} + t_{yo'lovchi\ tush}^{ox} + t_{damovqat}^{ox} + t_{har}^{ox}; \quad (7)$$

Ta'kidlash lozimki yuqorida keltirilgan tenglamadagi ayrim elementlar avtobusni bekatda turib qolish vaqti mobaynida o'zaro parallel ravishda (bir vaqtda) bajarilishi va shu tufayli ularni har biri alohida element sifatida vaqt egallamasligi mumkin. Masalan, haydovchi bekatda ma'lum muddat davomida dam oladi va ovqatlanadi, bu vaqtda yo'lovchilar esa avtobusga chiqib, salonni to'ldira boshlaydilar. Ammo boshqa bir holatlarda esa har bir element alohida bajariladi. Masalan, oldin haydovchi dam oladi va ovqatlanadi, keyin esa avtobusni yo'lovchilar chiqishi uchun bekatga qo'yadi.

Marshrutni oraliq bekatlarida, aniqlik - raqamli oraliq bekatda avtobusni turib qolish vaqti ( $t_o^n$ ) esa uni bekat bandligi tufayli bekatga kirishni kutib qolish vaqti ( $t_{kir.kut}^n$ ), avtobusdan yo'lovchilarni tushirish vaqti ( $t_{yo'lovchi\ tush}^n$ ), avtobusga yo'lovchilarni chiqarish vaqti ( $t_{yo'lovchi\ chiq}^n$ ) va uni bekatdan chiqishni kutib qolish vaqti ( $t_{chiq.kut}^n$ ) (agar bekatni chiqish yo'lakchasi band bo'lsa) va avtobusni bekatga kirgandan chiqib ketguncha harakatlanish vaqtlari ( $t_{har}^n$ ) dan iborat bo'ladi, ya'ni

$$t_o^n = t_{kir.kut}^n + t_{yo'lovchi\ tush}^n + t_{yo'lovchi\ chiq}^n + t_{chiq.kut}^n + t_{har}^n \quad (8)$$

bu yerda  $n$  - 1-chi va  $n_{ox}$  oxirgi bekat raqamlaridan iborat to'plamga tegishlidir, ya'ni  $n \in \{x1 \div n_{ox}\}$ . Tashish marshrutining yuk jo'natish yoki qabul qilish manzillarida,



avtobus to'xtash bekatlarida yuz beradigan jarayonlarni tizimli tahlil etish, ularni tarkibini aniqlash va tashkil etuvchi elementar jarayonchalarga ajratish uchun graflar nazariyasining holatlar grafi (graf sostoyaniy) tushunchasi va yondashuvdan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Bunda yondashuv yuk jo'natish (qabul qilish) manziliga yoki avtobus to'xtash bekatiga kirib kelgan avtomobil shu manzildan (bekatdan) chiqib ketgungacha bajariladigan va bir-birlaridan mazmuni, shakli va texnologiyasi bilan farq qiluvchi elementar jarayonlar tarkibini aniqlashga imkon beradi. Elementar jarayonlarni har birini asosiy obyekt bo'lmish "avtomobil-haydovchi" elementini ma'lum bir holatda bo'lishini, masalan, hujjatlarni rasmiylashtirish, yuk o'rtilish jarayonida turib qolish, avtomobilni yuk bilan birgalikdagi og'irligini o'lchash yoki avtobusni bekatga kirishni kutib turishi, bekatga kirishdagi harakatlanishi, yo'lovchilarni salondan tushib ketishi jarayonida turib qolishi, yo'lovchilarni salonga chiqarish jarayoni va shu kabi har bir holatda bo'lishini taqozo etadi.

### 3. Natija

Oraliq bekatlarda sarflanadigan vaqtlar kattaligi avtobusning yo'nalishi bo'ylab umumiy sarflanadigan vaqtini belgilashda, shuningdek, harakat intervalini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega. Yo'nalishli avtobuslarning oraliq bekatlarda sarflaydigan vaqtlarining ulushlari bo'yicha taqsimlanishi o'zgarib ko'payib ketsa avtobus marshrut vaqti cho'zilib ketadi, natijada oraliq interval o'zgarib ketadi, natijada avtobusning ish rejimidan va belgilangan harakat jadvalidan chiqish holatlari kuzatiladi. Mazkur masalaning ilmiy yondashuvi, avtobuslarning oraliq bekatlarda sarflaydigan vaqtlarini tashkil etuvchi parametrlarning taqsimlanish qonunlarini aniqlashni taqozo etadi.

Toshkent shahridagi yo'nalishli avtobuslar harakat vaqtlarining taqsimlanishi bo'yicha sinov tadqiqot ishlari olib borildi. Olib borilgan sinov tadqiqot ishlari natijasi bo'yicha, avtobuslarning umumiy harakat vaqtining o'rtacha 35 % oraliq bekatlarda turishga sarflanishi ma'lum bo'ldi. Oraliq bekatlarda turish vaqtlarining meyoridan ortib ketishiga yo'lovchilarning avtobuslarga tartibsiz chiqish va tushishlaridagi kutishlar sabab bo'lmoqda. Avtobuslarning harakat jadvallari ishlab chiqilishida xisob natijalari bo'yicha oraliq bekatlarda turish vaqtlari yo'lovchilar oqimini inobatga olgan holda o'rtacha 30-45 soniya etib belgilanadi. Sinov tadqiqot natijalarida yo'lovchilarning oraliq bekatlardagi tartibsiz harakatlari sababli mavjud holat 40 soniyadan 153 soniyagacha yetmoqda.

Sinov tadqiqotlari bekat band bo'lganda avtobuslarning bekatga kirish uchun sarflangan vaqtlar, yo'lovchilarning avtobusdan tushishlari va chiqishlari uchun sarflangan o'rtacha vaqtlarining xisoblari bo'yicha amalga oshirildi.

Bitta oraliq bekatda avtobuslarning sarflaydigan vaqtlari bo'yicha tadqiqot ishlarini amalga oshirish uchun Toshkent shahri eng gavjum bekatlaridan biri – "Oloy bozori" bekatini tanlab olindi. Toshkent shahridagi "Oloy bozori" oraliq bekatini (93-sonli avtobus yo'nalishi) orqali harakatlanuvchi avtobuslarda, haftaning ish kunida, yog'ingarchiliksiz (quruq) kunda, ertalabki "tig'iz soat"da o'tkazildi.

Sinov tadqiqot natijalarini inobatga olgan holda nazariy chastotalarni xisoblash orqali qiymatlar asosida o'rganilayotgan ko'rsatkichlarning taqsimlanish qonunlari aniqlandi va "xi kvadrat" ( $\chi^2$ ) meyori asosida ularni tanlab olingan gipotezaga mosligi tekshirildi. Izlanishlarning keyingi vazifasida empirik chastotalarning (gistogramma bosqichlari 2,3,4– rasm.) tegishli nazariy chastotalardan (nazariy chastotalar qiymatlari 2,3,4– rasm.) qanchalik farq qilishi baholandi.

1-jadval

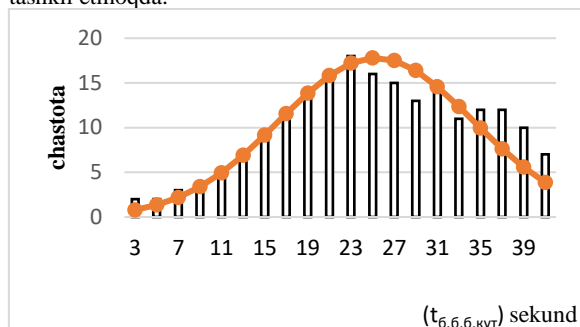
Bekat band bo'lganda kutish uchun sarflangan vaqt empirik chastotalarning va nazariy chastotalar hisoblari

$x_i$	$n_i$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	Z i	f(z i)	$n'_i$	$n_i$	$n'_i$	$\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$
3	2	6	18	-2,49	0,02	0,80	4	2,15	1,5860
5	2	10	50	-2,27	0,03	1,36	3	2,19	0,2960
7	3	21	147	-2,05	0,05	2,19	3	3,38	0,0425
9	3	27	243	-1,82	0,08	3,38	5	4,95	0,0005
11	5	55	605	-1,60	0,11	4,95	7	6,90	0,0014
13	7	91	1183	-1,38	0,15	6,90	9	9,15	0,0025
15	9	135	2025	-1,15	0,21	9,15	11	11,55	0,0260
17	11	187	3179	-0,93	0,26	11,55	14	13,86	0,0013
19	14	266	5054	-0,71	0,31	13,86	16	15,84	0,0017
21	16	336	7056	-0,48	0,35	15,84	18	17,21	0,0364
23	18	414	9522	-0,26	0,39	17,21	16	17,79	0,1806
25	16	400	10000	-0,04	0,40	17,79	15	17,50	0,3578
27	15	405	10935	0,19	0,39	17,50	13	16,38	0,6977
29	13	377	10933	0,41	0,37	16,38	14	14,59	0,0236
31	14	434	13454	0,63	0,33	14,59	11	12,36	0,1491
33	11	363	11979	0,85	0,28	12,36	12	9,96	0,4176
35	12	420	14700	1,08	0,22	9,96	12	7,64	2,4904
37	12	444	16428	1,30	0,17	7,64	17	13,21	1,0862
39	10	390	15210	1,52	0,12	5,57			
41	7	287	11767	1,75	0,09	3,87			
								Xi kvadrat ( $\chi^2$ )	7,3974

$$x_v = 25.34; \sigma = 8.9; \sum \chi^2 = 7.3; h=2$$



Shahar yo'nalishli avtobuslarining tadqiqot obyektidagi oraliq bekatda bekat band bo'lganda kutish uchun sarflangan, eng ko'p aniqlangan ( $t_{6.6.kyr}$ ) - vaqt 23 sekundni tashkil etmoqda.

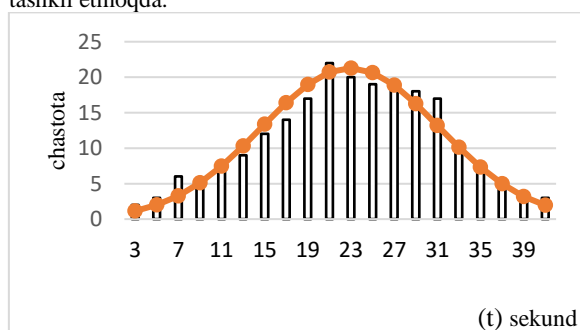


2-rasm. Bekat band bo'lganda kutish uchun sarflangan vaqtning taqsimlanishi

$$\chi^2 = (0.05; 15) = 7.2 < 11.1$$

bu yerda: 0.05 – ishonchlilik ehtimoli darajasi; 15 – erkinlik darajasi qiymati.

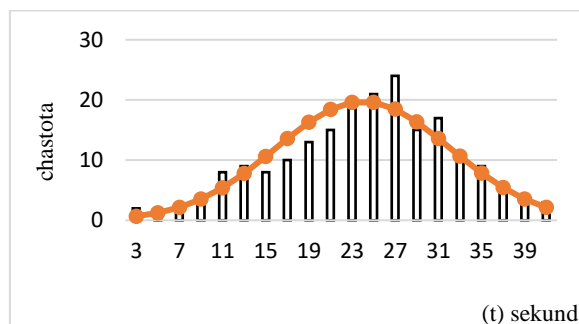
Ushbu vaqt Puasson qonuniyatiga boysunishi gipotezasi ilgari surildi.  $\sum \chi^2_{kuz} \geq \chi^2$  dan kelib chiqib qonuniyat qanoatlantirilganligi sababli Puasson taqsimoti gipotezasini qabul qilish mumkin. Yo'nalishli avtobuslarining bekat band bo'lganda kutish uchun sarflaydigan vaqtlarining taqsimlanishi gistogrammasi va uni tekislovchi normal taqsimlanish egri chizig'i 2-rasmida keltirilgan. Yo'lovchilarning bitta oraliq bekatlarda avtobusdan tushishlari uchun sarflangan vaqtlari bo'yicha olingan ma'lumotlardan ma'lumki avtobusdan tushishlari uchun sarflaydigan, eng ko'p aniqlangan ( $t_{tush}$ ) - vaqt 21 sekundni tashkil etmoqda.



3- rasm. Yo'lovchilarning avtobusdan tushishlari uchun sarflangan vaqtning taqsimlanishi

Yo'lovchilarning avtobusdan tushishlari uchun sarflangan vaqt ko'rsatkichlari  $x_v = 22.9$ ;  $\sigma = 8.24$ ;  $\sum \chi^2 = 6.47$ ;  $h=2$ . Yo'lovchilarning bitta oraliq bekatlarda avtobusdan tushishlari uchun sarflaydigan, eng ko'p aniqlangan ( $t_{tush}$ ) - vaqt 21 soniyani tashkil etmoqda.

Yo'lovchilarning bitta oraliq bekatlarda avtobusga chiqishlari uchun sarflangan vaqtlari bo'yicha olingan ma'lumotlardan ma'lumki avtobusdan tushishlari uchun sarflaydigan, eng ko'p aniqlangan ( $t_{chiq}$ ) - vaqt 27 sekundni tashkil etmoqda.



4-rasm. Yo'lovchilarning bitta oraliq bekatlarda avtobusga chiqishlari uchun sarflaydigan vaqtlarining taqsimlanishi

$$\chi^2 = (0.05; 15) = 7.2 < 11.1$$

Yo'lovchilarning avtobusdan chiqishlari uchun sarflangan vaqt ko'rsatkichlari  $x_v = 24.1$ ;  $\sigma = 8.07$ ;  $\sum \chi^2 = 6.47$ ;  $h=2$ . Yo'lovchilarning bitta oraliq bekatlarda avtobusga chiqishlari uchun sarflaydigan, eng ko'p aniqlangan ( $t_{chiq}$ ) - vaqt 27 soniyani tashkil etmoqda.

Yo'nalishli avtobuslarining tadqiqot obyektidagi bitta oraliq bekatda sarflaydigan vaqtlari  $\sum \chi^2_{kuz} \geq \chi^2$  dan kelib chiqib qonuniyat qanoatlantirilganligi sababli Puasson taqsimoti gipotezasini qabul qilish mumkin. Tadqiqot obyektida yo'nalishli avtobuslar uchun ajratilgan harakat bo'lagi bo'lganligi sababli bekatdan chiqib asosiy harakat oqimiga qo'shilish uchun sarflangan vaqtni 0 ga teng deb qabul qilamiz. Tadqiqot obyektida avtobuslar sarflaydigan vaqtining o'rtachalashgan hisobini aniqlanib, quyida keltirildi. Avtobusni bekatga kirgandan chiqib ketguncha harakatlanish vaqtlari ( $t_{bh}$ ) 12.79 soniya deb qabul qilindi:

$$t_o^i = t_{okk}^i + t_{ok}^i + t_{so}^i + t_{ir}^i + t_{ich}^i + t_{ae}^i + t_{och}^i + t_{ao}^i$$

$$t_{ob} = 25,34 + 22,9 + 24,1 + 12,79 \approx 85$$

Jamoat transportlari harakatining har bir xisobga olinmagan ushlanib qolishlari avtobusning yo'nalishdagi harakat vaqtiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Tadqiqot natijasida oraliq bekatlardagi ortiqcha ushlanib qolishlarining ulushi avtobuslarning bekatga kirishni kutish vaqtlari hamda yo'lovchilarning avtobusga chiqishlari va tushishlari vaqtlariga to'g'ri kelishi aniqlandi. Avtobuslarning marshrut vaqtlarining rejadan chiqib ketishiga, oraliq bekatlarning o'tkazuvchanligiga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi bunday omillarni harakat jadvalini ishlab chiqishda hisobga olish maqsadga muvofiq. Harakat jadvalini ishlab chiqishda oraliq bekatlarda avtobuslarning ortiqcha ushlanib qolishlarini tashkil qiluvchilarini har birini hisobga olish, avtobuslarning harakat intervalini ta'minlash, yo'lovchilarga xizmat ko'rsatishning ishonchligini, shuningdek oraliq bekatlarning o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirishga erishish mumkin.

## 4. Xulosa va takliflar

1. Avtobus bekatining yo'l qatnov qismidan ajratilgan (cho'ntak) ko'rinishda bo'lishi jamoat transportlarining marshrut davomidagi oraliq bekatlarida to'xtashlarining boshqa harakat qatnashchilariga salbiy ta'sirini sezilarli darajada kamaytiradi. Bu esa jamoat transportlari bilan sodir bo'lishi mumkin bo'lgan yth larining oldini olishga, bekatdagi yo'lovchilarning havfsizligi ta'minlanishiga ijobiy ta'sir ko'rsatibgina qolmay umumiy bekatda sarflanadigan vaqtlarni optimallashtirish orqali marshrutdagi avtobuslarning oraliq intervallari



ta'minlanishiga erishiladi. To'xtash joylari tashkil etilishda, avvalambor, foydalanuvchilar (yo'lovchilar) ehtiyojlarini hisobga olinishi kerak. Shuningdek, jamoat transporti, jamoatchilikni rivojlantirish va transportni boshqarish vazifalarini ko'rib chiqish orqaligina oraliq intervallarni ta'minlash mumkin.

Yuqorida tadqiqot natijalari va aniqlangan muammolar yechimi sifatida quyidagi takliflar taklif etiladi:

- transport vositalar harakatini va sonini yo'lovchilar oqimiga mos ravishda taqsimlash;
- yo'nalishli avtobuslar harakat intervalini taminlash. Avtobus bekatlarning o'tkazuvchilik qobiliyatini oshiradi;
- yo'nalishli avtobuslar haydovchilarning ish faoliyatini nazoratga olish (avtobus bekatlariga kirish va chiqish talablariga rioya etishni taminlash);
- avtobus salonida chiptachi xarakati;
- atrofida mashinalar qo'yilishi cheklanish kerak kamida 50 metrga;
- toshkent shahrida avtobus bekatlari namunaviy loyihasini yo'lovchilar, shu jumladan, aholining imkoniyati cheklangan guruhlari uchun qulay shart-sharoitlar yaratilishini inobatga olgan holda ishlab chiqish zarur.

2. Toshkent shahridagi yo'nalishli avtobuslar harakat vaqtlarining taqsimlanishi bo'yicha sinov tadqiqot ishlari olib borildi. Olib borilgan sinov tadqiqot ishlari natijasi bo'yicha, avtobuslarning umumiy harakat vaqtining o'rtacha 35 % oraliq bekatlarda turishga sarflanishi ma'lum bo'ldi. Sinov tadqiqot natijalarida yo'lovchilarning oraliq bekatlardagi tartibsiz harakatlari sababli mavjud holat 40 soniyadan 153 soniyagacha yetmoqda.

3. Ko'p hollarda oraliq bekatlarda yo'nalishli avtobuslar harakat vaqtlarining taqsimlanishi (taqsimoti) Puasson qonuniga bo'ysunishi aniqlandi. yo'nalishli avtobuslar harakat vaqtlarining tashkil etuvchilari bo'yicha kuzatuvlarning statistik ma'lumotlarini qayta ishlash natijasida xizmat ko'rsatish davomiyligi normal taqsimotga ega ekanligi aniqlandi.

## Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 02.02.2022-yildagi "Toshkent shahri jamoat transporti tizimini yanada rivojlantirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi PQ-111-son. (lex.uz/docs/5847479)
- [2] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 16-fevral kuni dagi "Jamoat transporti tizimini isloh qilish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-59-son <https://lex.uz/docs>
- [3] Е.Ю. Семчугова. Пропускная способность остановочных пунктов городского пассажирского транспорта. М.Г. Тупика // Евразийское Научное Объединение. – 2020. – №2-3(60). – С. 196–198.
- [4] И.П. Димова, Я.А. Борщенко. Повышение эффективности функционирования остановочных пунктов. Известия ТулГУ. Технические науки. 2015. Вып. 6. Ч. 1. 25стр.
- [5] Липенков А. В. Повышение эффективности функционирования городского пассажирского транспорта на основе управления пропускной способностью остановочных пунктов. Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Орел – 2015.
- [6] Butayev Sh.A. va b. Tashish jarayonlarini modellashtirish va optimallashtirish. T., "Fan", 2009.-294b.
- [7] scholar.google.com
- [8] Elibrary.ru
- [9] www.elsevier.com
- [10] www.sciencedirect.com

## Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Yo'ldoshev Davron Furqat o'g'li Tashkent davlat transport universiteti "Transport logistikasi" kafedrasida t.f.f.d. (Phd)  
E-mail: [davron.yoldoshev@bk.ru](mailto:davron.yoldoshev@bk.ru)  
Tel.: (+99897) 4114169  
<https://orcid.org/0000-0002-6042-2737>





## Experimental study of the hydraulic hinged mechanism of a high-clearance tractor for horticulture and viticulture

B.J. Astanov<sup>1</sup>, Yu.A. Shermukhamedov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Mechanics and seismic stability of structures AS RUz, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** In the article, presents the program and methodology of laboratory and field tests of the hydraulic attachment mechanism of a high-clearance tractor for horticulture and viticulture. Transients of pressure changes in the GTS during lifting of loads of 1000 and 1500 kg are obtained. Statistical processing of the test results was carried out. The obtained average values of the experimental research results allow us to assess the compliance of the parameters of the experimental tractor with the requirements of the technical specification, as well as to verify the adequacy of theoretical models to experimental data.

**Keywords:** high-clearance tractor, hydraulic hinged system, kinematic scheme, methodology, program

## Экспериментальное исследование гидравлического навесного механизма высококлиренсного трактора для садоводства и виноградарства

Астанов Б.Ж.<sup>1</sup>, Шермухамедов Ю.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз имени М.Т.Уразбаева, Ташкент, Узбекистан

<sup>2</sup>Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

**Аннотация:** В статье приводится программа и методика лабораторно-полевых испытаний гидравлического навесного механизма высококлиренсного трактора для садоводства и виноградарства. Получены переходные процессы изменения давления в ГНС при поеме грузов 1000 и 1500 кг. Проведена статистическая обработка результатов испытаний. Полученные средние значения результатов экспериментальных исследований позволяют оценить соответствия параметров опытного трактора требованиям технического задания, а также проверки адекватности теоретических моделей экспериментальным данным.

**Ключевые слова:** высококлиренсный трактор, гидравлическая навесная система, кинематическая схема, методика, программа

### 1. Введение

На сегодняшний день в республике практически отсутствует отечественная специализированная техника для работы внутри садов и виноградников с традиционной и интенсивной агротехнологиями возделывания [1]. Традиционная обработка почвы под сады и виноградники часто не дает желаемого результата, так как при многократных проходах почва не только рыхлится, но и уплотняется, разрушается её структура. В такой ситуации, отсутствие в республике специализированного трактора для садоводства и виноградарства, адаптированного к местным условиям, не дает возможности поднять уровень механизации в садах и виноградниках, следовательно, не позволяет повысить производительность труда в этих отраслях [2].

Поэтому, обоснование и расчет параметров отечественного садово-виноградникового трактора и его создание является одной из актуальных задач в

процессе комплексной механизации выращивания фруктов и винограда.

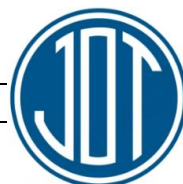
В Конструкторско-технологическом центре сельскохозяйственного машиностроения предложена конструкция портального высококлиренсного трактора (Рис.1).

На высококлиренсном портальном тракторе в качестве гидравлического навесного оборудования применим плоский рычажный семизвенный механизм с вращающимися кинематическими парами звеньев. ГНС управляется раздельно-агрегатным гидравлическим приводом трактора, основными элементами которого являются: масляный бак, насос, распределитель, силовой цилиндр и гидролинии. ГНС современных портальных тракторов должен обеспечить грузоподъемность до 1,8 т (17,658 кН).

Целью проведения лабораторно-полевых испытаний транспортных средств является определение параметров гидравлической навесной системы.

Программа испытаний: определение параметров гидравлической навесной системы.

 <https://orcid.org/0000-0003-1939-2529>



Методика испытаний: определение грузоподъемности гидравлической навесной системы трактора; определение времени перемещения оси навесного устройства с грузом и без груза из нижнего в крайнее верхнее положение, соответствующее полному ходу поршня гидроцилиндра; определение минимального расстояния оси подвеса от опорной поверхности в нижнем положении; определение стабильности положения поднятого груза.

Перечень средств измерений и погрешность отдельных приборов и аппаратуры приведены в таблицах 1 и 2.

## 2. Методология исследования

Лабораторно-полевые испытания проводятся на

опытно-полевых участках ООО «КТЦСМ».

Для определения давления в гидросистеме на опытном образце трактора применена специальная аппаратура, состоящая из диафрагменных датчиков, соединенных кабелем с аналогово-цифровым преобразователем ЭВМ (рис. 2).



Рис. 1. Общий вид портального трактора

Таблица 1

Перечень средств измерений

№	Измеряемый параметр	Средства измерений
1	Температура окружающего воздуха	Термометры стеклянные по ГОСТ 215, ГОСТ 2823
2	Атмосферное давление	Барометры, анероиды и измерительные преобразователи давления по ГОСТ 22520.
3	Температура масла в гидросистеме	Термопреобразователи сопротивления по ГОСТ 6651 в комплекте с измерительными преобразователями по ГОСТ 13384.
4	Масса поднимаемого груза	Весы технические по ГОСТ 23676.
5	Время опыта	Секундомеры и хронометры механические и электронные по ГОСТ 5072.
6	Линейные размеры	Рулетки металлические.
7	Угловые размеры	Угломер по ГОСТ 5378
8	Давление рабочей жидкости	Манометры по ГОСТ 2465, ГОСТ -11161, Тензометрический датчик давления

Погрешность расчетов не должна превышать  $\pm 1\%$ .

Таблица 2

Погрешности средств измерений

№	Наименование параметра	Обозначение параметра	Предел основной абсолютной погрешности ( $\pm$ )
1	Температура, °C	$T$	1,0
2	Атмосферное давление, КПа	$P_{окр}$	0,10
3	Масса, kg	$m_z$	0,50
4	Время опыта, s	$\tau$	0.20
5	Линейные размеры, мм	$h$	0,01h
6	Угловые размеры, град.	$\beta$	1,0
7	Давление в гидросистеме, МПа	$\rho$	0,02 $\rho_{max}$



Рис. 2. Аппаратура для измерения давления в гидросистеме трактора

В качестве диафрагменных датчиков давления применяли датчики модели SS302 фирмы Sensor Sensor (рис.2) с диапазоном измерения от 0 до 40 Мпа с точностью 0,5%, которые установили у входного и выходного канала рабочего гидроцилиндра, приводящего в действие механизм изменения базы трактора.

Сигналы, поступающие от диафрагменных датчиков через аналогово-цифровой преобразователь по кабелю, передавались непосредственно на ЭВМ и обрабатывались по специальной программе Arduino.

При помощи планирования эксперимента можно достичь необходимой достоверной точности результатов используя минимальное количество опытов. Вопросам планирования опытов, подготовки и

проведению эксперимента посвящен ряд работ [3-8].

Критерием достоверности данных, полученных из эксперимента является, суммарная погрешность, составляющие которых должны учитываться при каждом наблюдении и на всех стадиях измерений. Суммарная погрешность состоит из погрешностей измерительных приборов и погрешности записи, которые зависят от метрологических характеристик измерительно-регистрающей аппаратуры [8].

В работах [5, 7] количество повторных опытов ставится в зависимости от стандарта измерений и заданной надежности результатов.

Стандартное или среднеквадратичное отклонение является мерой точности среднего арифметического значения неоднократно измеренной величины. Он

определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(a_i - \bar{a})^2}{n-1}}, \quad (1)$$

где  $a_i$  – результат юбого измерения;  $\bar{a}$ – средняя арифметическая измерений;  $n$ – количество измерений.

Под надежностью подразумеваются вероятность получения тех же результатов при новых измерениях той же величины или вероятность тех же результатов при повторении опыта в аналогичных условиях. Чем больше относительные колебания результатов и чем большую наежность опыта желательно получить, тем больше должно быть повторностей. Эта зависимость приведена в виде таблицы 3 [3, 4].

Таблица 3

Ошибка, $\Delta$	Необходимое количество опытов (измерений)							
	Надежность опыта, $H$							
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,99	0,999
3,0	1	1	1	1	2	3	4	5
2,0	1	1	1	2	3	4	5	7
1,0	2	2	3	4	5	7	11	17
0,5	3	4	6	9	13	18	31	50
0,4	4	6	8	12	19	27	46	74
0,3	6	9	13	20	32	46	78	127
0,2	13	19	29	43	70	99	171	277
0,1	47	72	169	266	273	387	668	1089
0,05	183	285	431	659	1084	1540	2659	43387
0,01	4543	7090	10732	16436	27171	38416	66358	108307

Для того, чтобы по данной таблице подобрать минимальное количество опытов, необходимо задаться надежностью  $H$  и ошибкой  $\Delta$ , взятой в долях стандарта  $\sigma$ .

В случае отсутствия данных по которым можно было устновить значение стандартного отклонения принимается [5, 6 ], что предельная ошибка приближенно равна наибольшей возможности статистической итога

$$\Delta_n \approx \pm 3\sigma, \quad (2)$$

Надежность  $H$  для измерений, связанных с конструкцией машин [5] рекомендует брать равной 0,9, а при измерении величин, являющихся основой дальнейших расчетов - 0,99. На основании полученных данных по таблице 3 определим количество повторных опытов:

- при определении параметров механизмов изменения базы и бесступенчатого изменения клиренса трактора  $H=0,9$ ;  $p=2$ ;

- при сравнении экспериментальных исследований динамики ГНС с экспериментальными  $H=0,95$ ;  $p=3$ .

Основные результаты экспериментальных исследований обработаны по правилам статистической обработки [3-6]. При этом определялись следующие значения:

среднее арифметическое значение:

$$\bar{\sigma} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (3)$$

где  $n$ – число опытов;  $x_i$  – значение  $i$ -го опыта;

дисперсия:

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}; \quad (4)$$

коэффициент вариации:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} 100\%; \quad (5)$$

возможное отклонение среднего арифметического значения:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}; \quad (6)$$

относительное погрешность оценки среднего арифметического значения в процентах:

$$\sigma_{\bar{x}}\% = \frac{\sigma_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100, \quad (7)$$

максимальное отклонение  $\sigma_{max}$ .

Гидросистема опытного образца трактора с регулируемым клиренсом состоит из гидронасоса НШ-32, гидрораспределителя Р80, двух рабочих гидроцилиндров Ц90-200, гидробака, фильтров, шлангов и труб высокого давления. У входного и выходного канала рабочих гидроцилиндров, приводящих в действие ГНС, размещены диафрагменные датчики (рис. 3).

### 3. Результаты

В результате проведения экспериментальных исследований ГНС опытного трактора получены следующие показатели (таблицы 4...6):

Анализ результатов статистических данных ГНС при подъеме груза массой 1000 кг показал, что среднее значение максимального давления составило 3,07 МПа, среднеквадратичное отклонение составило 0,55, дисперсия была равна 0,44, максимальное отклонение равно 1,47 МПа, коэффициент вариации равен 20, возможное отклонение среднего значения 11,5, относительное погрешность оценки среднего значения



30%. При подъеме груза массой 1500 кг среднее значение максимального давления составило 6,49 МПа, среднеквадратичное отклонение - 0,35, дисперсия - 0,17, коэффициент вариации - 6,19, максимальное отклонение - 0,84 МПа, возможное отклонение среднего значения - 3,57, относительное погрешность оценки среднего значения - 20%. Данные показывают, что изменчивость вариационного ряда считается незначительной и выбранные средние значения адекватно представляют ряд опытных данных.

Анализ графиков рис. 4 показывает, что среднее максимальное давление при нагружении ГНС массой 1000 кг составляет 7,1 МПа, номинальное давление 4,94 МПа, время срабатывания 0,26 сек, время переходного процесса 2,3 сек, перерегулирование давления 2,16 МПа. При нагружении ГНС массой 1500 кг максимальное давление составляет 10,6 МПа, номинальное давление 8,34 МПа, время срабатывания 0,28 сек, время переходного процесса 1,9 сек, перерегулирование давления 2,26 МПа.

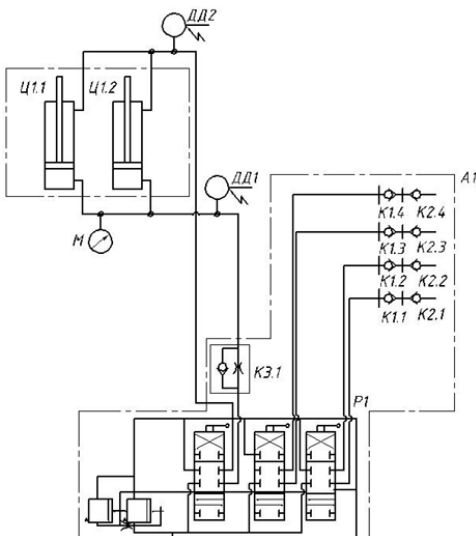


Рис. 3. Схема установки диафрагменных датчиков давления в ГНС

Таблица 4

Результаты экспериментальных исследований	
Проведенные экспериментальные исследования	Показатели
Давление автоматического возврата в нейтральное положение золотника гидрораспределителя, МПа	16
Давление открытия предохранительного клапана (максимальное давление в гидросистеме), МПа	17,5
Частота вращения коленчатого вала двигателя, $min^{-1}$	2200
Время поднятия навесной системы без груза, с	1,35
Расстояние от оси замка нижней тяги навесной системы до опорной поверхности в опущенном положении, мм	515
Максимальное расстояние от оси замка до опорной поверхности в поднятом положении навесной системы, мм: - после работе клапана «стоп»(при выходе штока гидроцилиндра Ц90 на 200 мм)	975
Длина раскоса, мм	570
Максимальная масса груза, кг	1500
Время поднятия максимального груза платформой ГНС, с	2,6
Условный объемный коэффициент гидравлической системы	0,62
Высота от центра крюка до опорной поверхности при поднятии максимального груза, мм	570
Уменьшение высоты поднятого груза в течении 30 мин., h, мм	11,0

Таблица 5

Устойчивость ГНС при положении поднятого груза

Значение измерения	Время, с					
	5	10	15	20	25	30
Уменьшение высоты поднятого груза, $h_{oc}$ , мм	975	973	975	973	970	968

На рис. 4 приведены переходные процессы изменения давления в ГНС при подъеме грузов массой 1000 и 1500 кг.

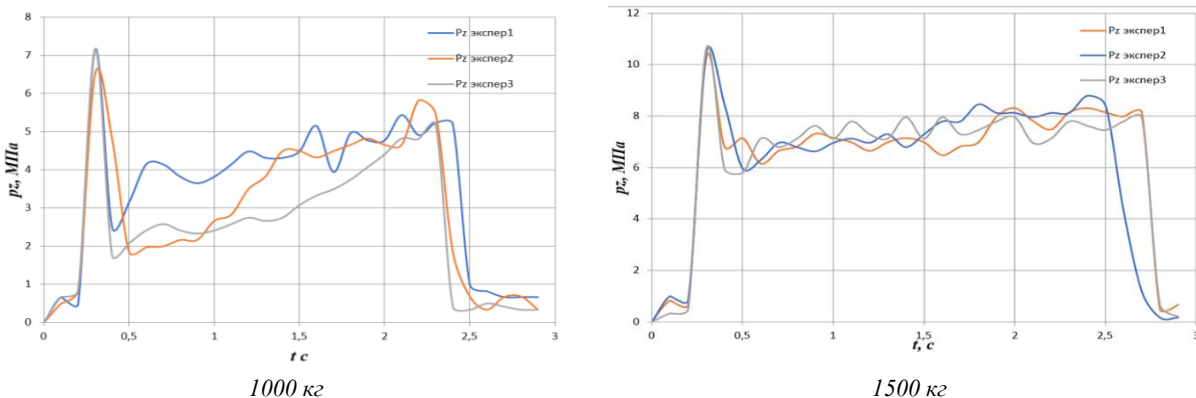


Рис. 4. Экспериментальные результаты изменения давления при грузе 1000 -1500 кг





Таблица 6

Показатели ГНС при поднятии груза

Название	Результаты		
	без груза	1000	1500
Масса груза, <i>kg</i>			
Максимальное давление в гидравлической системе при выходе штока гидроцилиндра на 200 mm, <i>MPa</i>	3,8	8,4	14,1
Рабочее давление в гидравлической системе при поднятии груза ГНС, <i>MPa</i>	3,2	4,9	7,5
Время поднятия груза, <i>s</i> , число оборота вала двигателя $2200 \text{ min}^{-1}$	1,05	3,04	1,24

#### 4. Заключение

Разработана программа и методика лабораторно-полевых испытаний гидравлической навесной системы для садоводства и виноградарства с изменяемой длиной базы, регулируемым клиренсом.

Получены переходные процессы изменения давления в ГНС при поеме грузов 1000 и 1500 кг. Результаты показали, что максимальное давление при нагружении ГНС весом 1000 кг составляет 7,1 МПа, номинальное давление 4,94 МПа, время срабатывания 0,26с, время переходного процесса 2,3 с, перерегулирование давления 2,16 МПа. При нагружении ГНС весом 1500 кг максимальное давление составляет 10,6 МПа, номинальное давление 8,34 МПа, время срабатывания 0,28с, время переходного процесса 1,9 с, перерегулирование давления 2,26 МПа.

Полученные средние значения результатов экспериментальных исследований позволяют оценить соответствия параметров опытного трактора требованиям технического задания, а также проверки адекватности теоретических моделей экспериментальным данным.

#### Использованная литература / References

- [1] Tulanov I 2019 World of Agricultural Engineering No 3 (Tashkent) pp 10-11
- [2] Shermukhamedov, A., Annakulova, G., Astanov, B., Akhmedov, S.A. Mathematical modeling of a hydraulic hitched system of gantry tractor with high clearance used in horticulture and viticulture // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021, 1030(1), 012152
- [3] Аугамбаев М., Иванов А.З., Терехок Ю.И. Основы планирования научно-исследовательского эксперимента. –Т.: Ўқитувчи, 2004. –336 с.
- [4] Афанасьев Н.Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента: учебная пособие / – М.: КНОРУС, 2017. – 336 с.

[5] Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. – М.: Колос, 1973. – 199с.

[6] Корсун А.И., Худойбердиев Т.С., Аширбеков И.А. Научные исследования агроинженерии / учебное пособие. –Ташкент: Изд-во “Фан ва технология”, 2009. – 180 с.

[7] Шермухамедов А.А., Аннакулова Г.К., Астанов Б.Ж. Анализ теоретических и экспериментальных результатов гидравлической навесной системы энергонасыщенного универсально-пропашного трактора // *EUROPEAN RESEARCH: сборник статей XX Международной научно-практической конференции*. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2019. – С. 66-69.

[8] Čupera J., Bauer F., Severa L., Tatiček M., Analysis of force effects measured in the tractor three-point linkage // *Res. Agr. Eng.*, 2011. 57: P.79–87.

#### Информация об авторах/ Information about the authors

Астанов Бекзод Жангитович /  
Astanov Bekzod Jangitovich  
Старший научный сотрудник  
Института механики и  
сейсмостойкости сооружений АН  
РУз имени М.Т.Уразбаева, PhD  
E-mail:  
bekzod\_astanov\_1983@mail.ru  
Тел.: +998998264822  
<https://orcid.org/0000-0003-1939-2529>

Шермухамедов Юсуфбек  
Абдулазиз угли /  
Shermukhamedov Yusufbek  
Abdulaziz.ugli  
Ташкентский государственный  
транспортный университет,  
докторант кафедры  
“Автомобилестроение и  
производственная инженерия”  
E-mail:  
Yusufbek.shermukhamedov@mail.ru  
Тел.: +998974462696



## Method of estimating the demand for parking lots and effective parking management

G.Kh. Khalilova<sup>1</sup><sup>a</sup>, A.S. Rakhmonov<sup>1</sup><sup>b</sup>, R.G. Samatov<sup>1</sup><sup>c</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** This article presents opinions on the construction of parking lots and their proper management. The number of spaces in the parking lot is determined by how it is represented by several related parameters. Interrelationship graphs of parking turnover rate, occupancy rate, and the number of cars using the parking lot during the day are analyzed in this article. At the same time, it is possible to use the parking lot more efficiently by organizing the correct management of the parking lot. That is, it will be possible to save fuel and time by creating convenience for users with the help of telematic equipment from the parking lot.

**Keywords:** parking lot parameters, exchange rate, occupancy rate, pricing, management strategy, car ownership, automation

## Avtoturargohlarga bo'lgan talabni baholash uslubi va turargohlarni samarali boshqarish usullari

Xalilova G.X.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Raxmonov A.S.<sup>1</sup><sup>b</sup>, Samatov R.G.<sup>1</sup><sup>c</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada avtoturargohlar qurish va ularni to'g'ri boshqarish borasida fikr mulohazalar keltirilgan. Avtoturargohda joylar soni qanday aniqlanishi unga bog'liq bir nechta parametrlar orqali ifodalanishi mumkin. Avtoturargohda almashinuvchanlik darajasi, to'lganlik darajasi va avtoturargohdan kun davomida foydalangan avtomobillar soni o'zaro bog'lanish grafiklari ushbu maqolada tahlil qilingan. Shu bilan birgalikda avtoturargohni to'g'ri boshqarishni tashkil qilish orqali avtoturargohdan samaraliroq foydalanish mumkin. Ya'ni avtoturargohdan telematik jihozlar yordamida foydalanuvchilarga qulayliklar yaratish orqali yonilg'i va vaqtni tejash mumkin bo'ladi.

**Kalit so'zlar:** avtoturargoh parametrlari, almashinuvchanlik darajasi, to'lganlik darajasi, narxlash, boshqarish strategiyasi, avtomobillashganlik, avtomatlashtirish

### 1. Kirish

Avtoturargoh transport tizimining ajralmas bir bo'lagidir. Avtoturargoh tizimini to'g'ri tashkil etilmasligi tirbandlik, vaqt va yonilg'ining bekorga sarf bo'lishi, haydovchilar ruhiy holatining yomonlashishi kabi salbiy natijalarni yuzaga keltiradi. Avtomobillashtirish va urbanizatsiya darajasi oshishi bilan rivojlangan va rivojlanayotgan davlatlar markaziy shaharlarida avtoturargoh masalalari dolzarb muammolardan biriga aylandi [1].

Joylar soni haddan tashqari ko'p bo'lishi kam bo'lganligi kabi muammoli holatdir.

Ammo, shahar markaziy hududlarida avtoturargoh tanqisligi sababli befoyda xarajatlar qilishga to'g'ri keladi [1-2-3].

Avtomobillar har bir manzilga borishi bilan to'xtab turishi kerak. Shaxsiy transport vositalari har kuni o'rtacha 20 soat to'xtab turish holatida bo'ladi va bir nechta avtoturargohdan foydalanadi. Hozirda avtoturargoh

muammolariga shahar rejalashtiruvchilari, operatorlar, dizaynerlar duch kelmoqda. Bu esa ta'minot nuqtai nazaridan (juda kam joylar) yoki boshqaruv jihatidan (mavjud imkoniyatlardan foydalanish) yuzaga kelayotgan muammo hisoblanadi [4].

Ko'pgina avtoturargohlarda tashkil etilgan tizimlar unchalik murakkablikka ega emas va ular avtoturargohga bo'lgan talabni 5-15% gacha kamaytirishi mumkin. Lekin avtoturargohlarni tashkil qilishdagi keng qamrovli dastur belgilangan hududdagi turargohga bo'lgan talabni 20-40 % gacha qisqartirishi mumkin.

Avtoturargoh qidirishning o'rtacha vaqti yirik shaharlarda 18-20 daqiqa [5], o'rtacha shaharlarda 6-14 daqiqani tashkil qiladi. Ko'chalardagi tirbandlikning esa 33 foizini avtoturargoh qidirib yuradigan avtomobillar tashkil etadi. [6-12].

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0009-7448-7898>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1640-8839>

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0009-0007-4701-2518>



## 2. Tadqiqot metodologiyasi

Avtoturargoh topishda qiyinchilik yuzaga kelishi faqatgina son jihatidan baholanishi noto'g'ri bo'lib, sifat va xizmatlarning aniqligi kabi faktorlar ham muhim ahamiyatlidir.

Avtoturargohlarni tashkil qilishdan oldin hududdagi ob'ektlar o'rganilib, kerakli parametrlar natijalaridan kelib chiqqan holda joylar soni aniqlanishi kerak (1).

$$N = (S_a * \mu / \delta) + (K * \alpha) \quad (1)$$

Bu yerda:

$S_b$  – bozorga keluvchi kunlik avtomobillar soni

$\mu$  – hudud aholisining avtomobillashganlik darajasi

$K$  – korxonona ishchilar avtomobillari soni

$\alpha$  – korxonaning avtoturargoh bilan ta'minlanganlik darajasi

$\delta$  – almashinuvchanlik darajasi

Hudud aholisining avtomobillashganlik darajasini aniqlash uchun quyidagicha hisoblash mumkin (2):

$$\mu = \frac{\text{Hududdagi avtomobillar soni}}{\text{Hudud aholi soni}} * 1000 \quad (2)$$

Yuqoridagi ifoda hududdagi aholining har 1000 kishiga to'g'ri keluvchi avtomobillar sonini anglatadi.

Avtoturargoh samaradorligini aniqlovchi ko'rsatgichdan biri bu almashinuvchanlik darajasi (3).

$$\delta = \frac{\text{joydan foydalanigan avtomobillar}}{\text{Avtoturargohdagi joylar}} \quad (3)$$

Avtoturargoh samaradorligi deganda avtomobillarning almashinuvchanlik darajasi, avtoturargohning to'lganlik darajasi, o'rtacha joydan foydalanish vaqti, daromadlilik, avtoturargohning xizmat ko'rsatish qobiliyatining qanchalik yuqori ekanligini anglatadi. Samaradorligini oshirish uchun esa yuqoridagi ko'rsatkichlarni takomillashtiruvchi zamonaviy telematik vositalardan va maxsus dasturlardan foydalanish kerak (1-jadval). Masalan:

1-jadval

Zamonaviy avtoturargoh strategiyalari

Bo'sh joylarni boshqarish.	Narxlash strategiyalari.	Texnologiya va avtomatlashtirish	Foydalanuvchi tajribasini yaxshilash.
Avtoturargohdagi bo'sh joy haqida haydovchiga real vaqt rejimida ma'lumot yetkazib, bo'sh joylarga yo'naltiruvchi tizimlar joriy etish. Foydalanuvchilarga tezroq joy topishga yordam berish	Dinamik narxlashni tashkil etish, ya'ni kunning turli vaqtlarida har xil tashkil qilish, uzoq va qisqa muddatli to'xtovchilar uchun turlicha narx belgilash. Bu almashinuvchanlik darajasini oshirishda alohida ahamiyatga ega yechim hisoblanadi.	To'lovlarni karta yoki ilovalar orqali to'lash imkoniyati va sensor, kameralar o'rnatish orqali bo'sh joylarni nazorat qilish.	Vizual va ovozli xabarlar berish orqali haydovchiga aniq va oson ma'lumot yetkazish.

## 3. Natija va muhokama

Qarshi shahri Yerqo'rg'on bozori avtoturargohida kuzatilayotgan vaqtdagi avtomobillar harakatining

o'zgarishi quyidagi jadvalda berilgan (2-jadval). Ushbu avtoturargoh 60 ta avtomobilni sig'dirish quvvatiga ega (1-rasm).

2-jadval

Yerqo'rg'on bozori avtoturargohidan kunlik foydalanuvchilar tahlili

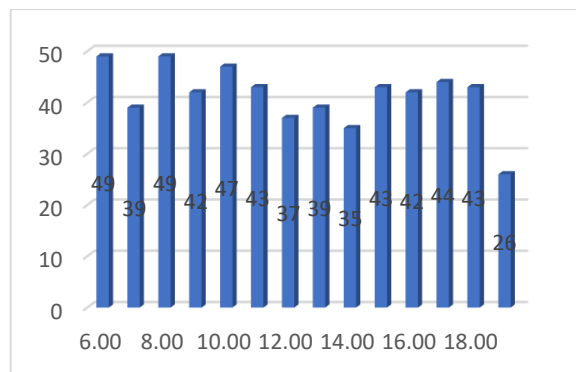
T (vaqt)	N (avtomobillar soni)		@ (almashinuvchanlik darajasi)	M (to'lganlik darajasi)	Bo'sh qolish darajasi	
	Kirgan	Chiqqan				
6.00	49	20	0,81	0.81	11	0.18
7.00	39	33	1,13	0.65	21	0.35
8.00	49	38	1,4	0.81	11	0.18
9.00	42	41	1,46	0.7	18	0.3
10.00	47	45	1,56	0.78	13	0.21
11.00	43	38	1,53	0.71	17	0.28
12.00	37	43	1,51	0.61	23	0.38
13.00	39	32	1,45	0.65	21	0.35
14.00	35	42	1,5	0.58	25	0.41
15.00	43	45	1,51	0.71	17	0.28
16.00	42	45	1,46	0.7	18	0.3
17.00	44	49	1,45	0.73	16	0.26
18.00	43	59	1,35	0.71	17	0.28
19.00	26	39	0,8	0.43	34	0.56
Tajriba boshlanishidan oldin 12 ta avtomobil bor edi. Tugagan vaqtda 9 ta qoldi	Jami: 578 ta	Jami: 569 ta	9.63 kun davomida	Max:0,81 Min:0,43		Max:0,56 Min:0,18





**1-rasm. Qarshi shahri Yerqo'rg'on bozori avtoturargohining ko'rinishi**

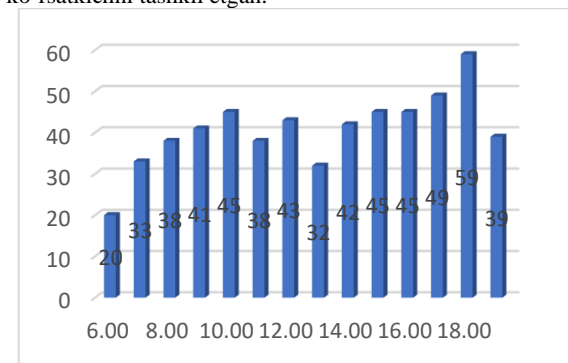
Qarshi shahri Yerqo'rg'on bozori avtoturargohidan foydalanuvchi avtomobillar sonining soatlar mobaynida o'zgarish grafigi berilgan (1,2-rasm).



**1-rasm. Qarshi shahri Yerqo'rg'on bozori avtoturargohiga kiruvchi avtomobillar sonining soatlar bo'yicha o'zgarish grafigi**

Grafikdan ertalabki soatlarda eng ko'p transport vositasi avtoturargohga kirganligini va kechki vaqtlarda kamroq avtomobil avtoturargohdan foydalanilganligini ko'rishimiz mumkin.

2-grafikdan esa ertalabki vaqtlarda avtoturargohni tark etuvchi avtomobillar soni kechki paytga nisbatan kamroq ko'rsatkichni tashkil etgan.

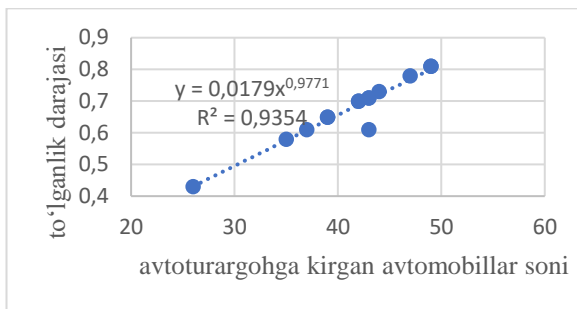


**2-rasm. Qarshi shahri Yerqo'rg'on bozori avtoturargohiga chiquvchi avtomobillar sonining soatlar bo'yicha o'zgarish grafigi**

Quyidagi diagrammadan ma'lumki (3-rasm), avtoturargohga kirgan avtomobillar soni oshishi bilan birga to'lganlik darajasi ham oshib borgan. Kun davomida avtoturargohning to'lganlik darajasi 0,43 dan 0,8 gacha oshib borgan (4).

$$y = 0,0179x^{0,9771} \quad R^2 = 0,9354 \quad (4)$$

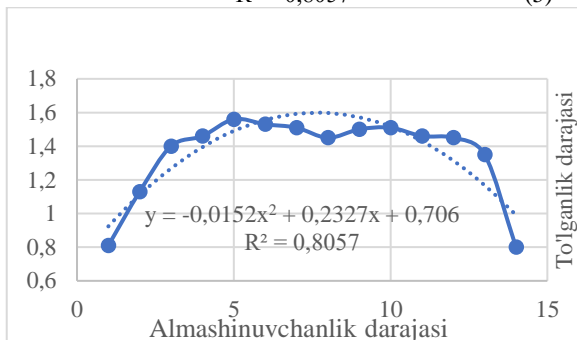
To'lganlik darajasi va avtoturargohga kirgan avtomobillar soni yuqoridagi qonuniyat bilan o'zgarishi kuzatildi.



**3-rasm. Avtoturargohga kirgan avtomobillar sonining to'lganlik darajasiga bog'liqlik grafigi**

4-rasmda esa avtoturargohning to'lganlik va almashinuvchanlik darajalarining bog'lanish grafigi keltirilgan va bu parametrlar quyidagi qonuniyat bo'yicha o'zgarigan (5):

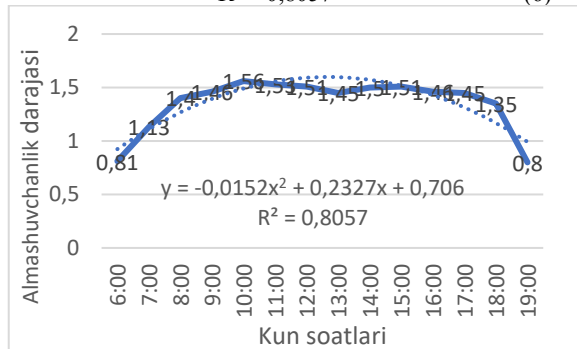
$$y = -0,0152x^2 + 0,2327x + 0,706 \quad R^2 = 0,8057 \quad (5)$$



**4-rasm. Avtoturargohning to'lganlik va almashinuvchanlik darajalarining bog'lanish grafigi**

Avtoturargohning ma'lum bir joyidan kun davomida nechta avtomobil foydalanilganligini ko'rsatish almashinuvchanlik darajasi deyiladi va Yerqo'rg'on bozori avtoturargohida almashinuvchanlik darajasi 5-rasmda ko'rsatilgandek o'zgarigan. Bunda o'zgarish qonuniyati esa quyidagicha (6):

$$y = -0,0152x^2 + 0,2327x + 0,706 \quad R^2 = 0,8057 \quad (6)$$



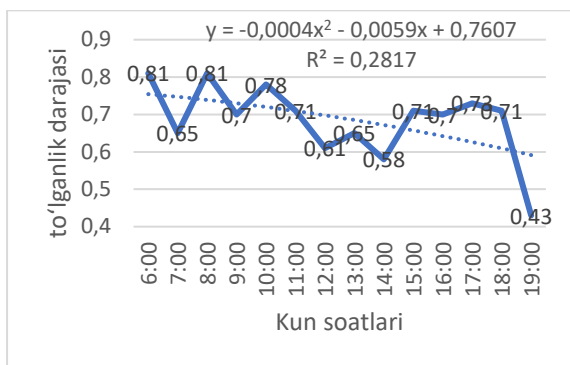
**5-rasm. Almashinuvchanlik darajasining vaqtga bog'lanish grafigi**

Avtoturargohning samaradorligini ifodalovchi ko'rsatkichlardan yana biri bu avtoturargohning to'lganlik darajasidir. Avtoturargoh joylaridan vaqt birligi davomida qanchalik to'liq foydalanilsa, avtoturargohning samarali ishlash darajasi ham yuqori bo'ladi. 6-rasmda to'lganlik darajasining kun davomida o'zgarishi grafigi va qonuniyati ko'rsatilgan (7).

$$y = -0,0004x^2 - 0,0059x + 0,7607 \quad R^2 = 0,2817 \quad (7)$$







**6-rasm. To'lganlik darajasining vaqtga bog'lanish grafigi**

Yuqoridagi grafiklar orqali bozor avtoturargohining ish samaradorligini tahlil qildik. Ya'ni, avtoturargoh parametrlarini bog'liqlik koeffitsienti hisoblab topildi.

## 4. Xulosa

Ijtimoiy-iqtisodiy ob'ektlar atrofida avtoturargohga bo'lgan talabni baholashda tegishli parametrlardan kelib chiqqan holda hisoblab chiqish kerak. Bunda almashinuvchanlik va to'lganlik darajasi avtoturargohdan qanchalik samarali foydalanishni belgilovchi ko'rsatkichlardan hisoblanadi. Turar joylar soni haddan tashqari ko'p bo'lishi, kam bo'lgani kabi muammolidir. Shu bilan birgalikda, tashkil qilingan avtoturargohning samaradorligini oshirishda zamonaviy dasturlarni qo'llash orqali optimallashtirish mumkin, ammo bu usullardan foydalanish uchun respublikamiz sharoitidan kelib chiqqan holda ilmiy asoslanishi shart.

## Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] World Bank. Xalilova.G.(2024).Aqlli avtoturargoh tashkil qilishda "oson parking bot" telegram bot orqali samaradorlikni oshirish. The scientific journal of vehicles and roads, Issue 2,(157-162 bet).
- [2] Samatov, R., & Xalilova, G. (2024). Searching for a free parking space and their costs. Universum:технические науки, 5(122), 18-20.
- [3] Samatov, R., & Xalilova, G. (2023). Avtoturargoh qidirishdagi muammolar va yechimlar. Development and innovations in science, 2(4), 19-21.
- [4] Todd Litman. Parking Management Strategies, Evaluation and Planning. Victoria Transport Policy Institute April 25, 2006.
- [5] D,Shoup., Global parking survey of 20 Cities, 2011.
- [6] D,Shoup., Cruising for Parking, by UCLA Professor Donald Shoup, 2007.
- [7] Fayzullayev, E., Khakimov, S., Rakhmonov, A., Rajapova, S., Rakhimbaev, Z. (2023). Traffic intensity on roads with big longitudinal slope in mountain conditions.

E3S Web of Conferences 401, 01073 (2023)  
CONMECHYDRO - 2023  
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340101073>.

[8] Khakimov, S. (2022). Vehicle ride regime as a main factor for GHG emission reduction. AIP Conf. Proc. 2432, 030127 (2022) <https://doi.org/10.1063/5.0089563>

[9] Fayzullaev, E., Tursunbaev, B., Xakimov, S., Rakhmonov, A. (2022). Problems of Vehicle Safety in Mountainous Areas and Their Scientific Analysis. AIP Conference Proceedings 2432(1):030099 <https://doi.org/10.1063/5.0089596>.

[10] Khakimov, S., Rajapova, S., Amirkulov, F., Islomov, E. Road Intersection Improvement - Main Step for Emission Reduction and Fuel Economy. ICECAE 2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 939 (2021) 012026 IOP Publishing doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/939/1/012026>

[11] Kutlimuratov, K., Khakimov, S., Mukhitdinov, A., Samatov, R. (2021). Modelling traffic flow emissions at signalized intersection with PTV vissim. E3S Web of Conferences 264, 02051 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402051>  
CONMECHYDRO - 2021.

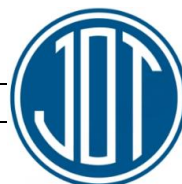
[12] Khakimov, S., Fayzullaev, E., Rakhmonov, A., Samatov, R. Variation of reaction forces on the axles of the road train depending on road longitudinal slope. E3S Web of Conferences 264, 05030 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126405030>  
CONMECHYDRO - 2021.

## Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors



Xalilova Gulira'no Toshkent davlat transport universiteti  
"Transport intellektual tizimlari  
Xolmurot qizi boshqaruvi" kafedrasi doktoranti  
E-mail:  
xalilovagulirano444@gmail.com  
Tel.: +99897 530- 05-17  
<https://orcid.org/0009-0009-7448-7898>

Raxmonov Azimjon Toshkent davlat transport universiteti  
"Transport intellektual tizimlari  
Sattorovich boshqaruvi" kafedrasi dotsent v.b.  
E-mail:  
azimjonraxmonov81@gmail.com  
Tel.: +998 97 430 89-20  
<https://orcid.org/0000-0003-1640-8839>

Samatov Rustam Toshkent davlat transport universiteti  
"Transport intellektual tizimlari  
Gafforovich boshqaruvi" kafedrasi dotsenti  
E-mail:  
samrustar@mail.ru  
Tel: +9989 99 796 50-05  
<https://orcid.org/0009-0007-4701-2518>



## Microelectron NPC block and its function

A.R. Azizov<sup>1</sup><sup>a</sup>, F.S. Sindarov<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** Railway switch control systems on railway are essential to ensure safe and efficient traffic. In this article, the development of automated control systems of railway switches, their technological basis, safety issues and energy efficiency improvement approaches are considered. The main attention is focused on the production and practical use of a microelectronic alternative version of the relay NPC block, which belongs to the dialing group, of modern control blocks, in particular, based on the technical requirements for railway automation and telemechanics equipment, and their harmonious operation with telemechanics tools.

**Keywords:** class II relays, VU, PVU relays, current sensor, optocouplers, light-emitting diodes, modern microcontroller boards, dial group block

### 1. Introduction

Modern practice has shown that relay, mechanical, processor-relay railway transport automation and telemechanics systems have a number of disadvantages, their use is limited and technically ineffective. Currently, relay devices that perform interconnection of switches and signals are increasingly being replaced by microprocessor systems. This is due to the following reasons.

Firstly, maintenance of microelectronic systems compared to relay systems, the high cost of such systems shows that their implementation is economically feasible.

Secondly, indicators of microelectronic systems due to the use of excess reserves of individual constituent elements of the system and advanced diagnostic systems.

Thirdly, by providing employees with quick information and by expanding the functional capabilities of the systems due to the simple integration of railway automation and telemechanics microelectronic systems into high-level train traffic control systems (DM, control centers, etc.).

Taking into account the above, in this article, I propose to develop a model of a microelectronic NPC unit consisting of microelectronic devices, intended for use in centralizing relay-processors and microprocessors of the dial group.

### 2. Methods and materials

In order to give solution these we should do below in the following tasks:

- Based on modern foreign experiences, development of the program and principle scheme of relays of NPC blocks with microprocessors, which are efficient and flexible to work in old systems, for "Uzbekistan Railways" JSC.

Modern microprocessor-based centralization systems are mainly divided into 2 types: Type 1 is a system built on top of old relay systems, in practice, the relay performs the function of the lowest step, and it is a relay-microprocessor control system in which the result is recorded and controlled by microprocessors. Type 2 in which commanding devices is fundamentally

different from the previous system, the system management is handled by servers located in cross cabinets.


We cannot completely separate the actual system from relays, so in this process, we can make some improvements to the problem by making a view of the new block composed of other elements that perform the same task, using microelements that replace relays, that is, semiconductors (Figure 2). and for many years we can create a new microprocessor-relay system that is as free from defects as possible, and in practice we can see that this system is speeded up several times. And the fact that testing this system in practice should be done using the skills of the old system makes our work much easier.

- NPC type group block functions done increase for there is technical solutions analysis to do;
- By block executable functions and of the NPC block algorithm analysis to do;
- The NPC block electron scheme and microelectronic in the elements known switching schemes analysis to do;
- STM32 microcontroller work scheme by learning exit and to him code to write for need C programming to be language with skills harvest do;
- Laboratory of the model work exit and his work analysis to do.

#### Main issues and assumptions.

- Familiarization with the structure of the unit and analysis of its specific features, the program and principle scheme of the PVU and VU relays of the NPC (Figure 1) blocks of the dialing group currently used in the block route-relay centralization systems;
- Acquaintance and analysis with the structure of blocks used in modern microprocessor centralization systems and performing exactly this type of task;
- Analysis of the experiences of foreign countries in the organization of work in the process of operation of button relays in railway systems;
- Learning and analyzing the rules for identifying and using microcontrollers and other types of microelectronic devices necessary for the development of a microprocessor block;

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0009-2998-3964>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5275-5200>



- In the development of the microprocessor unit, selecting the ones that are suitable in all respects for the conditions of Uzbekistan.

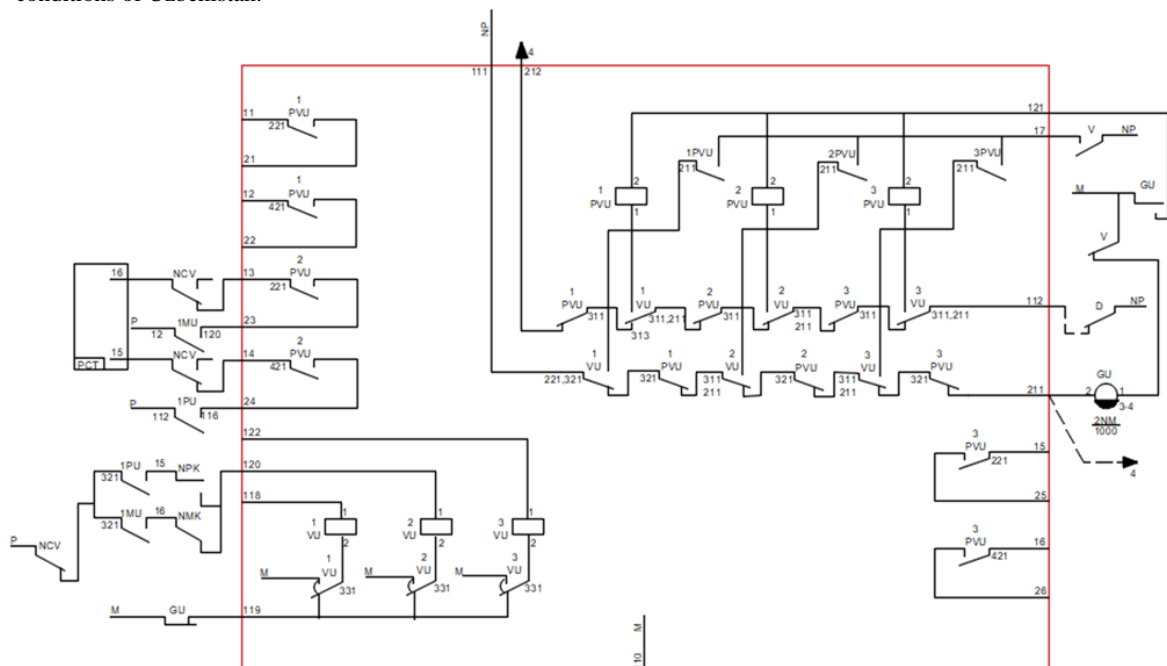


Figure 1. NPC block with relay principle appearance

Relay equipment dialing group blocks provide:

- pressing keys when dialing routes and remembering them;
- determine the direction and category depending on the state of pressing the start route buttons; turn on the route light to properly control the route being built;
- determining the correctness of the sequence of pressing the route keys when the last button of the route is pressed and the routes with different options are created;
- at the start of the route, the control and starting devices are activated so that the arrows move to the second position at the same time;
- for this route, the compatibility of the established route is checked;
- cancellation of the configured route, turning on the start and end relays of the maneuver to determine the route limit in the executive group schemes of the centralization;
- auxiliary mode of signaling and control of the route configured on the dashboard.

**Automatic turnout control systems:** modern technologies of automation, use of remote control and monitoring systems. Automatic turnout control systems are one of the most important technologies for ensuring traffic safety in railway transport.

These systems keep trains moving in the right direction by controlling the switches quickly and accurately, preventing them from going off the wrong track or colliding. Modern technologies this systems more advanced, efficient and reliable in doing big role is playing.

#### Automation modern technologies.

Railway transport for automation processes technological in terms of much improved. Current in the day swathes of management the following modern technologies applies to:

- **PLC (Programmable Logic Controller)** based on management systems: PLCs railway switches in automation

very wide is used. They are software in terms of managed and high precision with switches necessary to the situation transfer enable gives.

- **SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)** systems: This systems using switches from a distance managed and is monitored. They are real time information collection, processes observation and management signals transmission enable gives.

- **Sensory technologies:** Sensors using arrow position and his right performance is monitored. Through this of switches status constant respectively observed and safety level is increased.

- **IoT (Internet of Things):** Switches and another railway devices Internet network through each other with in touch is remote monitoring and management more makes it easier.

#### Remote management.

Remote management technologies switches long from a distance standing up manage enable gives, this while the speed increase and of operators duties to ease help gives:

- **Central management systems:** Management in the centers arrows in real time observation and manage for to operators special interfaces present will be done . Collection of NPC group block route make up in the process long in the distance arrows to see and to them command to give can.

- **Remote software management:** Mobile devices or computer programs through arrows remote managed. This is especially so small stations or big to distances have networks for it is convenient .

#### Monitoring systems application.

Monitoring systems switches status and technical work observation for is used . Modern monitoring technologies of switches technical status constant respectively watching standing , malfunctions or problems about warning enable gives.



- **Sensors and cameras using observation:** These monitoring tools using switches their location technical condition and movement speed sure observed . Automatic signaling through each how malfunction quickly is determined and correction for remedy will be seen.

- **Cloudy storage and analysis :** Monitoring data cloudy in systems saved , statistic analysis will be done . And this of the system efficiency analysis to do and technical service of showing in advance to be planned provides.

#### Automatic management systems advantages.

Switches automatic of management modern technologies the following advantages present will:

- **Movement safety increases:** Switches automatic respectively managed because of a person mistakes decreases, this while movement safety provides.

- **Speed and efficiency:** From a distance manage and automation fast management providing, train movement to slow down the need reduces.

- **Technician service of showing optimization:** Monitoring systems malfunctions in advance to determine opportunity gives, this while technical service to show more efficient does.

This technologies switches efficient manage through iron road transport safety and efficiency significant level to increase possibility gives.

- **Innovations and technologies:** Current in the day being used software supply and technological solutions. For example, through NPC arrows management.

**Safety issues:** Technician security, electricity supply and of systems to the violation against to fight methods. Emergency situations for of the system security provide ability.

- **In the future development prospects:** Switches in management artificial intellect and analysis from algorithms use, himself manager of systems development.

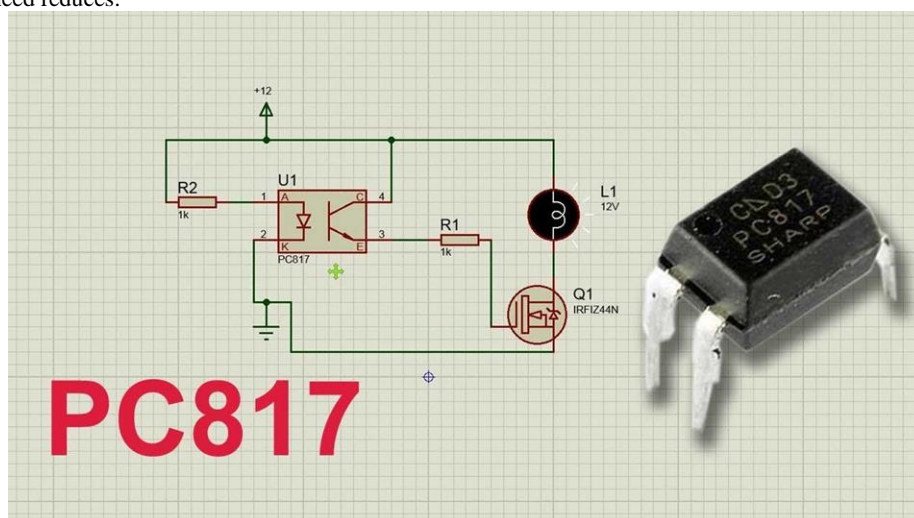


Figure 2. PC-817 optocoupler (half junction transistor)

### 3. Conclusion

Railway switches automation and them manage technologies more development not only movement safety provides, perhaps energy efficiency increase and exploitation expenses also great in reduction important have modern technological approaches and innovative systems railway in transport more reliable and safe management provides.

Microprocessor control of switches when setting routes based on the technical requirements for railway automation and telemechanics equipment block implementation methods, algorithms and software have been developed. As a result of this, microprocessor blocks of switch control were created that meet the requirements of the continuity of train movement, localization of production, application of energy and resource saving technologies. As a result of scientific research, it was possible to abandon the use of electromagnetic relays, reduce electricity consumption, abandon scheduled maintenance, adapt to work with existing relay blocks.

Increase the continuity of transportation process control, the NPC (Figure 1) microprocessor block is being developed, which is used as the main block of remote switch control of railway automation and telemechanics, based on the relatively more functional "STM 32F103" microcontroller . As a result of scientific research, the

possibilities of introducing a diagnostic function, abandoning electromagnetic relays, reducing energy consumption, increasing the reliable performance of the unit, and abandoning scheduled maintenance have appeared. All electrical circuits will be preserved when replacing the existing blocks of arrow control based on KDR type electromagnetic relays with microprocessor blocks. The created microprocessor blocks enable the active use of resource-saving technologies in railway automation and telemechanics systems, allowing to reduce energy consumption.

### References

[1] Azizov A.R., Shakirova F.F., METHOD FOR ASSESSING THE DIAGNOSIS OF THE TECHNICAL CONDITION OF AN INTEGRATED MICROPROCESSOR PULSE GENERATOR OF RAILWAY AUTOMATION AND TELEMCHANICS In the collection: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 52073.

[2] Азизов А.Р., Юлдашев Ш.М., Садиқов А.Н., МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РАБОТЫ





ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО РЕЛЕ

Вестник транспорта Поволжья. 2019. № 1 (73). С. 51-57.

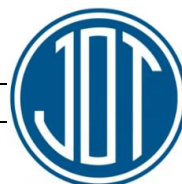
[3] Аметова Э.К., ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ КНОПЧНЫХ РЕЛЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО НАБОРНОГО БЛОКА, НСО М

В сборнике: Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. Сборник научных статей по итогам десятой международной научной конференции. 2019. С. 58-61.

## Information about the authors

Azizov Asadulla Rakhimovich Tashkent State Transport University "Automatics and Telemechanics" department, Professor  
E-mail: azizov.asadulla@mail.ru  
Phone: +998935395421  
<https://orcid.org/0000-0002-5652-9611>

Sindarov Feruz Sobir o'g'li Tashkent State Transport University "Automatics and Telemechanics" department, PhD student  
E-mail: feruzsindarov707@gmail.com  
Phone: +998943333996



## Main methods of identifying a speaker through speech

N. Mirzaev<sup>1</sup><sup>a</sup>, J.K. Urinboev<sup>1</sup><sup>b</sup>, M.A. Nugmanova<sup>1</sup><sup>c</sup>

<sup>1</sup>Digital technologies and artificial intelligence research institute, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** This paper provides an overview of methods used for voice recognition. Special attention is given to the robust structure of recognition systems. Additionally, a brief description of the most widely used feature extraction methods (such as MFCC and LPCC) and classification techniques (vector quantization method, Gaussian mixture model, support vector method) is presented. Methods for evaluating recognition systems and approaches for presenting the results of such evaluations are discussed.

**Keywords:** speech recognition, biometric identification, speech signal processing, mel-frequency cepstral coefficients (MFCC), linear prediction coefficients, feature extraction, K-means algorithm, discrete Fourier transform, Gaussian mixture model

## Diktor shaxsini nutqi orqali tanib olishning asosiy usullari

Mirzayev N.<sup>1</sup><sup>a</sup>, O'rinboev J.K.<sup>1</sup><sup>b</sup>, Nugmanova M.A.<sup>1</sup><sup>c</sup>

<sup>1</sup>Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ushbu ishda ovoz orqali tanib olish masalasini yechish uchun qo'llaniladigan usullar sharhi keltirilgan. Tanib olish tizimlarining barqaror tuzilishiga alohida e'tibor qaratilgan. Shuningdek, belgilarni ajratib olishning eng keng tarqalgan usullari (masalan, MFCC va LPCC)ning qisqacha tavsifi hamda tasniflash usullari (vektorli kvantlash usuli, Gauss qorishmalari modeli, tayanch vektorlar usuli) haqida ma'lumot berilgan. Tanib olish tizimlarini baholash usullari va bunday baholash natijalarini taqdim etish yo'llari muhokama qilingan.

**Kalit so'zlar:** nutq orqali tanib olish, biometrik identifikatsiya, nutq signaliga ishlov berish, mel-chastotali keprstral koeffitsiyentlar (MFCC), chiziqli bashoratlash koeffitsiyentlari, belgilarni ajratib olish, K-meanslar algoritmi, diskret Fure almashtirish, Gauss qorishmalar modeli

### 1. Kirish

Diktorni tanib olish masalasi nutq texnologiyalari sohasining dolzarb masalasidir. Diktorni tanib olishning nutqni qayta ishlashning boshqa sohalari bilan aloqasi quyidagi munosabatlar bilan aks ettirilishi mumkin [6].

Nutqni qayta ishlashni quyidagi masalalarga ajratish mumkin

- analiz/sintez,
- tanib olish,
- kodlash.

Tanib olish quyidagi kichik vazifalarni qamrab oladi

- nutqni tanib olish,
- diktorni tanib olish,
- tilni identifikatsiyalash.

Diktorni tanib olish diktorni identifikatsiyalash va verifikatsiyalash jarayonlarini birlashtiradi.

Diktorni identifikatsiyalash - bu ovoz namunasini bazada saqlangan namunalar bilan taqqoslash orqali shaxsni tanib olish jarayoni. Identifikatsiya jarayonining natijasi nomzodlar ro'yxati hisoblanadi. Amalga oshiruvchi tizim belgilangan miqdordagi ro'yxatni berishi yoki foydalanuvchini belgilangan chegara asosida nomzodlar ro'yxatiga kiritish to'g'risida qaror qabul qilishi mumkin.

Agar identifikatsiya jarayonida tizimda ro'yxatdan o'tmagan foydalanuvchi ishtirok etishi mumkinligi ko'zda tutilgan bo'lsa, ochiq to'plamda identifikatsiya haqida so'z yuritiladi. Ideal holda, bunday foydalanuvchi uchun tizim bo'sh ro'yxat taqdim etishi lozim. Identifikatsiya jarayonidan o'tayotgan barcha foydalanuvchilar tizimda ro'yxatdan o'tgan bo'lsa, yopiq to'plamda identifikatsiya haqida gap boradi.

Diktorni verifikatsiyalash - taqdim etilgan namunani bazada saqlanayotgan namuna bilan taqqoslash orqali so'ralgan shaxsni tanib olish jarayoni. Tekshirish natijasi ijobiy yoki salbiy qaror bo'ladi. Ba'zan "ovoz orqali tanib olish" atamasi ham qo'llaniladi (speaker detection [8]). Tanib olish masalasida biroz boshqacha atamalar va ustuvorliklar qo'llanilsa-da, aslida, tekshirish va tanib olish bir xil vazifadir.

Ushbu tasnifdan tashqari, tanib olish tizimlarining o'zi foydalanuvchi aytishi kerak bo'lgan matn tizimga ma'lum yoki noma'lumligiga va tizim bu ma'lumotlardan foydalanishiga qarab matnga bog'liq va matnga bog'liq bo'lmagan turlarga bo'linadi. Matnga bog'liq tanib olishda belgilangan iboralar, shuningdek tizim tomonidan yaratilgan va foydalanuvchiga taklif etilgan iboralar ham ishlatilishi

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0006-1561-9393>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0000-2305-8887>

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0009-0006-1956-9856>



mumkin. Matnga bog'liq bo'lmagan tizimlar esa ixtiyoriy nutqni qayta ishlashga mo'ljallangan.

Ovoz orqali tanib olish bilan bog'liq boshqa masalalar ham mavjud. Shular qatoriga quyidagi vazifani kiritish mumkin. Faraz qilaylik, signalda ikki yoki undan ortiq shaxsning suhbatini yozilgan. Signalning bir qismi qo'lda yoki o'qituvchisiz o'rganish algoritmlari yordamida, kim qaysi paytda gapirayotganini ko'rsatish uchun belgilanadi. Signalning qolgan qismi esa avtomatik tarzda belgilanishi kerak. Bu masalada belgilarnilarni tanib olish dan tashqari, ularning chegaralarini ham belgilash talab etiladi. Bunday vazifa ingliz tilidagi adabiyotlarda "speaker diarization" ("so'zlovchilarni protokollashtirish" [1]) deb nomlanadi.

## 2. Tadqiqot metodikasi

### 2.1. Diktorni tanib olish tizimlarining tuzilishi

Tanib olish tizimlarining ishlashi ikkita asosiy bosqichdan iborat: tizimda foydalanuvchilarni ro'yxatdan o'tkazish va tanib olish jarayonining o'zi (identifikatsiyalash yoki verifikatsiyalashga urinish). Foydalanuvchilar avvaldan tizimda o'z ovozlarni yozib qoldirib ro'yxatdan o'tadilar. Har bir gapiruvchining ovoz namunasi tanib olishda foydalanish mumkin bo'lgan belgilarni ajratib olish maqsadida qayta ishlanadi. Ajratib olingan belgilar asosida foydalanuvchilarning modellari yaratiladi (ba'zi hollarda "namuna" atamasi ko'proq mos keladi). Model berilgan belgilar bo'yicha o'xshashlik darajasini baholash yoki tezda qaror qabul qilish imkonini beruvchi ma'lum bir tuzilmadir.

Verifikatsiya holatida foydalanuvchi identifikator va ovoz namunasi taqdim etib, tizimga kirishga harakat qiladi. Taqdim etilgan namunadan olingan belgilar bazada saqlangan tegishli model bilan, shuningdek, ba'zi foydalanuvchilarning belgilangan to'plamini yoki ushbu ovozga eng yaqin bo'lgan etalon model bilan taqqoslanadi. Natija belgilangan chegara bilan solishtiriladi va ruxsat berish haqida ijobiy yoki salbiy qaror qabul qilinadi.

Identifikatsiya jarayonida taqdim etilgan namunadan o'ziga xos belgilar ajratib olinadi va keyin ular tizimda ro'yxatdan o'tgan yoki oldindan tanlangan barcha foydalanuvchilarning modellari bilan taqqoslanadi. Shunday qilib, tanib olish tizimining umumiy sxemasi quyidagi asosiy bosqichlar yoki darajalar orqali amalga oshiriladi:

- Signallarga ishlov berish bosqichi. Bu bosqichda signal tanib olish vazifasi uchun muhim bo'lgan belgilarni ajratib olish maqsadida qayta ishlanadi. Nutq signali belgilar vektorlari ketma-ketligi yordamida ifodalanadi.

- Modellar bosqichi. Foydalanuvchini ro'yxatdan o'tkazish bosqichi signallarga ishlov berish bosqichidan olingan belgilar vektorlari ketma-ketligidan foydalanib model yaratadi. Modellashtirish belgilar vektorlarini oddiy nusxalashdan tortib ehtimollik modellari yoki boshqa tuzilmalarni qurishgacha bo'lishi mumkin. Shundan so'ng, berilgan belgilar va saqlangan model o'rtasidagi o'xshashlik darajasini hisoblash imkoniyati paydo bo'ladi.

- Qaror qabul qilish bosqichi. Qaror qabul qilish funksiyalari odatda alohida bosqichga ajratiladi, garchi u oddiy funksiyalarni bajaradi, agar yakuniy yechimlar modellar darajasida hisoblab chiqilsa umuman bo'lmayligi ham mumkin. Qaror qabul qilish uchun modellar darajasida hisoblangan o'xshashlik darajalari zarur bo'lsa, belgilangan chegaralardan foydalaniladi.

### 2.2. Namuna olish va uni dastlabki qayta ishlash

Ovoz orqali tanib olishda nutq signalining yozuvi ishlov beriladigan namuna hisoblanadi. Impuls-kodli modulyatsiya bilan kodlashda analog signal amplituda qiymatlarining lahzali o'lovchilari (hisoblar) ketma-ketligi bilan ifodalanadi. Nutq signalini yozish va qayta ishlash uchun odatda 8 yoki 16 kHz diskretlash chastotasi qo'llaniladi, yuqoriroq diskretlash chastotasi esa ko'proq hisoblash xarajatlarini talab etadi. Hisoblarni ifodalash uchun 8, 12 yoki 16 bit ishlatiladi, boshqa qiymatlar ham qo'llanilishi mumkin.

Nutq signalini yozib olish va uzatish bilan bog'liq bir qator omillar tanib olish sifatiga ta'sir ko'rsatadi. Bular orasida quyidagilarni ajratib ko'rsatish mumkin:

- kanalning mos kelmasligi,
- xonaning yomon akustikasi,
- mikrofondan turli masofada bo'lish va boshqalar.

Misol uchun, telefon kanali orqali uzatilayotgan ovozni tanib olishda, odatda, ro'yxatga olish va identifikatsiya qilish uchun bir xil mikrofon va uzatish kanalidan foydalanishni kafolatlash mumkin emas. Bundan tashqari, tashqi xalaqitlarning ta'sirini ham hisobga olish lozim. Masalan, xonaga kirishni nazorat qilish uchun ovoz orqali tasdiqlash tizimida yuqori sifatli yozuvdan foydalanish imkoniyati mavjud. Bunday holda kanal mikrofon, uning kabeli va analog-raqamli o'zgartiruvchi qurilmalardan tashkil topadi. Signalga dastlabki ishlov berish nutq bo'lmagan qismlarni olib tashlash, shuningdek, chastota filtri yordamida qayta ishlashdan iborat bo'lishi mumkin.

### 2.3. Belgilarni ajratib olish usullari

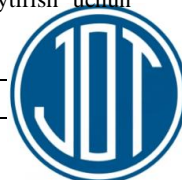
Mavjud ilovalarda signalni qayta ishlash nutq signalidagi ovozni tanib olish masalasi uchun muhim bo'lgan ma'lumotni, ya'ni inson ovozinin o'ziga xos belgilarini ajratib olishni maqsad qiladi. Ajratilgan belgilar namunani shakllantirish yoki mavjud namunalar bilan taqqoslash uchun qo'llaniladi. Oldindan qaysi belgilar tanib olish uchun ko'proq mos kelishini baholab bo'lmaydi. Mos keluvchi belgilarni tanib olish jarayoni mumkin bo'lgan belgi variantlarini ko'rib chiqish va ularni keyinchalik tajriba orqali baholashdan iborat.

Belgilarning ikki turi ajratiladi: quyi darajadagi (nutq apparatining anatomik tuzilishi bilan bog'liq) va yuqori darajadagi (orttirilgan, talaffuz uslubi bilan bog'liq).

Nutq signalini qayta ishlash jarayoniga nisbatan shakllangan yondashuv qisqa muddatli tahlildan foydalanishdan iborat. Bunda signal belgilangan o'lchamdagi vaqtinchalik oynalarga bo'linadi va bu oynalarda signal parametrlari o'zgarimas deb taxmin qilinadi. Nutq signali uchun oyna o'lchami odatda 10-30 millisekund oralig'ida tanlanadi. Signalni aniqroq ifodalash uchun oynalar orasida oyna uzunligining yarmiga teng qoplama hosil qilinadi. So'ngra har bir oynaga spektral tahlil, chiziqli bashorat usuli yoki boshqa belgilarni ajratib olish algoritmlari qo'llaniladi.

#### Mel-chastotali keprstral ko'effitsiyentlar.

Ushbu belgilarni ajratib olish usuli ham diktorni, ham nutqni tanib olish tizimlarida eng keng tarqalgan usullardan biridir. Algoritmning kirishiga joriy iteratsiyada o'rganilayotgan signal qismining  $x_0, \dots, x_{N-1}$  hisoblash ketma-ketligi beriladi. Ushbu ketma-ketlikka avval vazn funksiyasi, so'ngra diskret Fure almashtirilishi qo'llaniladi. Vazn funksiyasi tanlanmaning cheklanganligidan kelib chiqadigan Fure tahlili buzilishlarini kamaytirish uchun



ishlatiladi. Amalda vazn funksiyasi sifatida ko'pincha Xemming oynasi qo'llaniladi, u quyidagi ko'rinishga ega:

$$\omega_n = 0,54 - 0,46 \cdot \cos\left(2\pi \frac{n}{N-1}\right), n = 0, \dots, N-1,$$

bu yerda  $N$  - sanoqlarda ifodalangan oyna uzunligi.

U holda muallaq signalning diskret Fure almashtirishini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \omega_n e^{-\frac{2\pi i}{N} kn}, k = 0, \dots, N-1.$$

$k$  indekslarining qiymatlari chastotalarga mos keladi

$$f_k = \frac{F_s}{N} k, k = 0, \dots, N/2,$$

bu yerda  $F_s$  - signalni diskretlash chastotasi.

Chastota sohasida olingan signal tasviri uchburchakli filtrlar to'plami yordamida diapazonlarga ajratiladi. Filtrlarning chegaralari mel shkalasida hisoblanadi. Ushbu shkala inson qulog'ining turli chastotalardagi tovushlarni idrok etish qobiliyatini o'rganish natijasida yaratilgan. Mel-chastota sohasiga o'tkazish quyidagi formula orqali amalga oshiriladi:

$$B(f) = 1127 \cdot \ln\left(1 + \frac{f}{700}\right).$$

Teskari almashtirish quyidagicha ifodalanadi:

$$B^{-1}(b) = 700(e^{b/1127} - 1).$$

$N_{FB}$  - filtrlar soni (odatda 24 ta filtrdan foydalaniladi), ( $f_{low}$ ,  $f_{high}$ ) - o'rganilayotgan chastotalar diapazoni bo'lsin. U holda ushbu diapazon mel shkalasiga o'tkaziladi, bir tekis taqsimlangan bir-birini qoplaydigan diapazonlar  $N_{FB}$  ga bo'linadi va chiziqli chastotalar sohasida tegishli chegaralar hisoblanadi. Olingan filtrlarning og'irlik koeffitsiyentlarini  $H_{m,k}$  orqali belgilaymiz. Filtrlar Fure almashtirish koeffitsiyentlari modullarining kvadratlariga qo'llaniladi. Olingan qiymatlar logarifmlanadi

$$e_m = \ln\left(\sum_{k=0}^{N_{FB}} |X_k|^2 H_{m,k}\right), m = 0, \dots, N_{FB} - 1.$$

MFCC koeffitsiyentlarni hisoblashning yakuniy bosqichi diskret kosinus almashtirish hisoblanadi

$$c_i = \sum_{m=0}^{N_{FB}-1} e_m \cos\left(\frac{\pi i(m+0,5)}{N_{FB}}\right), i = 1, \dots, N_{MFCC}.$$

$c_0$  koeffitsiyent sifatida ishlatilmaydi, chunki u signal energiyasini ifodalaydi. Amaliyotda  $N_{MFCC}$  koeffitsiyentlari soni 12 ga yaqin qilib tanlanadi.

### Chiziqli bashoratlash asosidagi keprtal koeffitsiyentlar.

Chiziqli bashoratning mohiyati shundan iboratki, oldingi o'lchov natijalarining ma'lum miqdordagi chiziqli kombinatsiyasi yordamida joriy o'lchovni taxminiy ifodalash mumkin

$$x_n \approx \sum_{k=1}^p a_k x_{n-k}.$$

Chiziqli kombinatsiyaning  $a_1, \dots, a_p$  og'irlik koeffitsiyentlari chiziqli bashoratlash koeffitsiyentlari deb ataladi. Chiziqli bashoratlash koeffitsiyentlarini aniqlash Darbinning rekursiv algoritmi yordamida amalga oshiriladi [2].

Olingan chiziqli bashoratlash koeffitsiyentlari asosida keprtal koeffitsiyentlar hisoblanadi. Bunday keprtal koeffitsiyentlar soni chiziqli bashoratlash koeffitsiyentlari sonidan ko'proq bo'lishi mumkin.

$$c_n = \begin{cases} a_n + \sum_{k=1}^{n-1} \frac{k}{n} c_k a_{n-k}, & 1 \leq n \leq p; \\ \sum_{k=n-p}^{n-1} \frac{k}{n} c_k a_{n-k}, & n > p. \end{cases}$$

Diskretlash chastotasi 8000 Hz bo'lgan signal uchun taxminan 12 ta chiziqli bashoratlash koeffitsiyentlaridan foydalaniladi, ulardan esa taxminan 18 ta keprtal koeffitsiyentlar hosil qilinadi.

### 2.4. Belgilarga ishlov berish

Yuqorida tavsiflangan belgilarni ajratib olish usullari kichik qismda belgilarni tanib olish uchun mo'ljallangan. Nutq dinamikasi haqidagi ma'lumotni saqlash maqsadida belgilar vektorlarini ularning birinchi va ba'zan ikkinchi hosilalari bilan birlashtirish yondashuvi qo'llaniladi. Bunday hosilalar  $\Delta$ - va  $\Delta\Delta$ -koeffitsiyentlar (delta- va delta-delta-koeffitsiyentlar) deb nomlanadi.

Belgilarga keyingi ishlov berish bosqichida o'rganilayotgan obyektning barcha belgilar vektorlari to'plamidan foydalanadigan normallashtirish usullari ham qo'llaniladi. Kanalning ta'sirini kamaytirish maqsadida qo'llaniladigan eng keng tarqalgan normallashtirish usuli keprtal o'rta qiymatni ayirish (Cepstral Mean Substraction; CMS) usulidir. Ushbu usul sessiyalar orasidagi o'zgarishlarni kompensatsiya qilish uchun mo'ljallangan bo'lib, doimiy sharoitlarga qo'llanilganda, aksincha, samaradorlikni pasaytiradi.

### 2.5. Tasniflash usullari

Ovozni tanib olish ko'plab biometrik tizimlardan shunisi bilan farq qiladiki, bu holda tanib olish obyektini barmoq izlari, yuz yoki ko'z qorachig'ini tanib olishdagi kabi statik tasvir emas, balki jarayon hisoblanadi. Shu sababli, ovoz namunasi ko'pincha yagona belgilar vektori sifatida emas, balki nutq signalining kichik qismlarini tavsiflovchi belgilar vektorlarining ketma-ketligi ko'rinishida taqdim etiladi. Signalga ishlov berish bosqichidan so'ng olingan vektorlar ketma-ketligi diktov ovozi namunasi yoki modelini yaratish yoxud mavjud namunalar bilan taqqoslash uchun ishlatiladi. Tekshirish va tanib olish vazifalari uchun taqdim etilgan namunaning bir yoki bir nechta namunalar bilan o'xshashlik darajasini hisoblash usuli belgilanishi mumkin. O'xshashlik darajasi ma'lum bir mezon yoki ehtimollikni baholash asosida hisoblanishi mumkin.

Tanib olish masalasi uchun modellarni tasniflashning bir necha usullari mavjud. Ilmiy adabiyotlarda modellar ko'pincha generativ yoki diskriminativ deb ataladi. Generativ deb nomlanadigan modellarning mohiyati o'rganish uchun olingan ma'lumotlarni modellashtrish, masalan, ehtimollik zichligi funksiyasini baholash orqali amalga oshiriladi. Bunga Gauss qorishmalar modeli misol bo'la oladi. Diskriminativ modellar esa sinflar o'rtasidagi chegarani qurishga asoslanadi, masalan, tayanch vektorlar usulida qo'llanilganidek.

### Masofani hisoblash.

Masofani hisoblash usulini aniqlash namunaviy modellar uchun asos hisoblanadi. Bunday modellarda aniqlanadigan obyekt saqlanadigan obyektlardan birining noaniq nusxasi sifatida ko'rib chiqiladi. Vektorlar orasidagi masofani hisoblashning eng keng tarqalgan usullaridan biri quyidagilardir:





• L1-me'yor (shahar kvartallari masofasi, Manhattan masofasi)

$$d(x, y) = \sum_{i=1}^D |x_i - y_i|;$$

• Yevklid masofasi

$$d(x, y) = \sum_{i=1}^D (x_i - y_i)^2;$$

• Mahalonobis masofasi

$$d(x, y) = (x - y)^T \times W^{-1} \times (x - y),$$

bu yerda  $W$  – kovariatsiya matritsasi hisoblanadi. Agar  $W$  birlik matritsaga teng bo'lsa, masofa Yevklid masofasi bilan bir xil bo'ladi.

#### Yaqin qo'shnilar usuli.

Ushbu usulda diktir namunasi sifatida o'rgatuvchi ketma-ketlikning barcha vektorlari to'plamidan foydalaniladi. Namunaning bunday andoza bilan taqqoslanishi quyidagicha amalga oshiriladi. Sinov ketma-ketligining har bir vektori eng kichik masofani aniqlash uchun andozaning har bir vektori bilan solishtiriladi. Olingan masofalar yakuniy bahoni shakllantirish maqsadida o'rtacha qiymatga keltiriladi.

$$d_k = \sum_{i=1}^L \min_{x_j \in Sp_k} d(x_i, x_j).$$

Hisoblash murakkabligini kamaytirish maqsadida turli xil usullar qo'llaniladi. Bular jumlasiga namunani qisqartirish yoki qidiruvni tezlashtirish uchun ma'lumotlarni saqlash usullari kiradi. Masalan, kd-daraxt yoki boshqa usullar shular qatoridandir [5].

K-yaqin qo'shnilar usuli ham o'rgatuvchi vektorlar ketma-ketligini saqlashni talab etadi, biroq o'xshashlik darajasini hisoblash biroz boshqacha usulda amalga oshiriladi. Har bir  $y_i$  sinov vektori uchun saqlangan namuna vektorlarigacha bo'lgan masofalarni hisoblagandan so'ng,  $k$  ta eng yaqin vektorni aniqlash mumkin. Faraz qilaylik,  $k_{ij}$  - topilgan  $k$  ta eng yaqin vektorlar orasida  $j$  sinfga (bizning holatimizda  $j$  diktorga) tegishli vektorlar soni bo'lsin. Har bir sinfdagi o'rgatish vektorlarining taxminan bir xil sonini nazarda tutib,  $i$  vektorning  $j$  sinfga tegishlilik ehtimolini baholash quyidagicha amalga oshirilishi mumkin

$$\hat{P}(C_j | y_i) = \frac{k_{ij}}{k}.$$

Shunda vektorlar ketma-ketligini quyidagi qoida asosida tasniflash mumkin bo'ladi:

$$C = \arg \max_{1 \leq j \leq N} \prod_{i=1}^L \hat{P}(C_j | y_i).$$

Bunday usul ovoz berish sxemasi deb ataladi, chunki ketma-ketlik eng ko'p "ovoz" to'plagan sinfga kiritiladi [10].

#### Vektorli kvantlash.

Vektorli kvantlash usulida, eng yaqin qo'shni usulidan farqli o'laroq, o'rgatuvchi vektorlar to'plami to'liq saqlanmaydi, balki kod vektorlari to'plamiga (odatda belgilangan o'lchamli) aylantiriladi. Bunday to'plamni yaratishning keng tarqalgan usuli, shuningdek kod kitobi deb ham ataladigan, K-meanslar algoritmi hisoblanadi.

K-meanslar algoritmi dastlabki to'plamni  $K$  ta klasterga ajratadi, bunda  $K$  oldindan berilgan son hisoblanadi. Buning uchun avval o'rtacha qiymatlar dastlabki to'plamdagi ayrim vektorlar bilan initsializatsiya qilinadi. So'ngra algoritim har

bir iteratsiyasida vektorlar o'zlariga eng yaqin klasterlarga taqsimlanadi (buning uchun vektor va o'rtacha qiymatlarining joriy holati orasidagi masofa hisoblanadi) va har bir klasterdagi o'rtacha qiymat qayta hisoblab chiqiladi. Keyingi iteratsiyada klasterlar holati o'zgarmaganda yoki belgilangan maksimal iteratsiyalar soniga yetganda algoritim yakunlanadi. Olingan o'rtacha qiymatlar namuna tuzish uchun ishlatiladigan kod vektorlari hisoblanadi. Vektorlarning kirish ketma-ketligi va kod kitoblari orasidagi masofani hisoblash eng yaqin qo'shnilar usuli kabi amalga oshiriladi.

#### Gauss qorishmalar modeli.

Gauss qorishmalar modeli diktorni tanib olish sohasida keng qo'llaniladi. Bu model Gauss taqsimotlarining vaznli yig'indisidan iborat.

$$p(x|\lambda) = \sum_{i=1}^M \omega_i p_i(x),$$

bu yerda  $\lambda$  - diktir modeli,  $M$  - model komponentlarining soni,  $\omega_i$  - komponentlarning og'irligi

$$\sum_{i=1}^M \omega_i = 1.$$

Har bir komponentning ehtimollik zichligi funksiyasi quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$p_i = \frac{1}{(2\pi)^{D/2} |\Sigma_i|^{1/2}} \exp\left(-\frac{1}{2}(x - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - \mu_i)\right),$$

bu yerda  $D$  - belgilar fazosining o'lchami,  $\mu_i$  - matematik kutish vektori,  $\Sigma$  esa kovariatsiya matritsasi. Ushbu modelni amalga oshiruvchi tizimlarda ko'pincha kovariatsiyaning diagonal matritsasi foydalaniladi. Shuningdek, so'zlovchi modelining barcha komponentlari uchun yagona kovariatsiya matritsasi yoki barcha modellar uchun bitta matritsani qo'llash ham mumkin.

Shunday qilib, diktir modelini yaratish uchun o'rtacha vektorlarni, kovariatsiya matritsalarini va komponentlar og'irliklarini aniqlash zarur. Bu masala EM-algoritmi yordamida hal etiladi. Kirish sifatida  $X = \{x_1, \dots, x_T\}$  vektorlarining o'rgatuvchi ketma-ketligi beriladi. Model parametrlari boshlang'ich qiymatlar bilan initsializatsiya qilinadi va keyin algoritimning har bir iteratsiyasida parametrlarni qayta baholash amalga oshiriladi.

Boshlang'ich parametrlarni aniqlash uchun odatda K-means [3] kabi klasterlash algoritmi qo'llaniladi. O'rgatuvchi vektorlar to'plamini  $M$  ta klasterga ajratib olish orqali model parametrlarini quyidagicha boshlang'ich holatga keltirish mumkin.  $\mu_i$  ning dastlabki qiymatlari klaster markazlari bilan mos keladi, kovariatsiya matritsalarini esa shu klasterga tegishli vektorlar asosida hisoblanadi. Komponentlarning og'irliklari esa mazkur klasterga tegishli vektorlarning umumiy o'rgatuvchi vektorlar soniga nisbati bilan aniqlanadi.

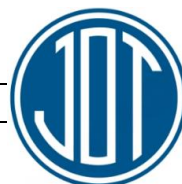
Parametrlarni qayta baholash quyidagi formulalar bo'yicha amalga oshiriladi:

• aposterior ehtimolliklarni hisoblash (Estimation-step)

$$p(i|x_t, \lambda) = \frac{\omega_i p_i(x_t)}{\sum_{k=1}^M \omega_k p_k(x_t)};$$

• modelning yangi parametrlarini hisoblash (Maximization-step)

$$\omega_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T p(i|x_t, \lambda);$$



$$\mu_i = \frac{\sum_{t=1}^T p(i|x_t, \lambda)}{\sum_{t=1}^T p(i|x_t, \lambda) x_t};$$

$$\Sigma_i = \frac{\sum_{t=1}^T p(i|x_t, \lambda) (x_t - \mu_i)(x_t - \mu_i)^T}{\sum_{t=1}^T p(i|x_t, \lambda)};$$

Ushbu qadamlar parametrlar o'zaro moslashguncha takrorlanadi.

### Tayanch vektorlar usuli.

Tayanch vektorlar usuli binar tasniflagich bo'lib, ajratuvchi funksiyani quyidagi ko'rinishda quradi:

$$f(x) = w \cdot x + b.$$

$(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)$  o'qitish ketma-ketligi berilgan bo'lsin, bu yerda  $x_i$  - belgilar fazosining nuqtalari,  $y_i$  esa 1 yoki -1 qiymatlarni qabul qiluvchi sinflardan biriga tegishlilikni bildiruvchi belgilar. Avval ma'lumotlarning chiziqli ajralish holatini ko'rib chiqaylik. Bunday cheklov quyidagi ko'rinishda ifodalaniishi mumkin:

$$\begin{cases} w \cdot x_i + b \geq +1, & y_i = +1; \\ w \cdot x_i + b \leq -1, & y_i = -1; \end{cases} \quad (1)$$

yoki bitta tengsizlik orqali ifodalansa

$$y_i(w \cdot x_i + b) - 1 \geq 0, i = 1, \dots, N.$$

Mumkin bo'lgan ajratuvchi gipertekisliklar orasidan sinflar o'rtasida eng katta oraliqni hosil qiluvchi gipertekislik izlanadi. Bunda ajratuvchi gipertekislikdan har bir sinfning eng yaqin nuqtalarigacha bo'lgan masofa maksimal bo'lishi lozim. Oraliq kattaligini  $2/||w||$  sifatida hisoblash mumkin. Shunday qilib, maksimal oraliqli ajratuvchi gipertekislikni topish masalasini (1) ifoda asosida  $||w||^2$  ni minimallashtirish masalasiga keltirish maqsadga muvofiq. Ushbu masala (shuningdek, keyinchalik ta'riflanadigan chiziqli ajralmaslik va yadro funksiyasi yordamida nochiqizlilikni kiritish holatlari uchun umumlashtirishlar ham) kvadratik dasturlash usullari bilan yechilishi mumkin [11].

Chiziqli ajralmaslik holati uchun masalani umumlashtirish maqsadida, cheklovlar quyidagi ko'rinishda qayta yoziladi:

$$\begin{cases} w \cdot x_i + b \geq +1 - \xi_i, & y_i = +1; \\ w \cdot x_i + b \leq -1 + \xi_i, & y_i = -1; \\ \xi_i \geq 0 \end{cases}$$

barcha  $i = 1, \dots, N$  uchun. Maqsad funksiyasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\frac{1}{2} w \cdot w + C \sum_{i=1}^N \xi_i \rightarrow \min,$$

bu yerda  $C$  - xatolarning paydo bo'lishi uchun jarima darajasini belgilaydigan musbat doimiy.

Chiziqli ajralmaydigan to'plamlarni aniqlashning yana bir usuli yadro funksiyasini kiritishdir. Bu g'oyaning mohiyati shundaki, boshlang'ich fazoni yuqori o'lchamli fazoga aks ettirish orqali, to'plamlar ajraladigan bo'lishi mumkin. Bunda, o'qitish va tanib olish algoritmlarida belgilar alohida emas, balki skalyar ko'paytmalar shaklida ishlatilganligi sababli, bunday o'zgartirishni aniq ko'rinishda yaratishning hojati yo'q. Yangi fazoda skalyar ko'paytmani belgilaydigan yadro funksiyasini berish kifoya qiladi.

$$K(x_i, x_j) = \phi(x_i) \cdot \phi(x_j).$$

Keng tarqalganlar orasida quyidagi yadrolarni keltirish mumkin:

$$K(x_i, x_j) = \exp\left(-\frac{||x_i - x_j||^2}{2\sigma^2}\right) - \text{Gauss radial bazis}$$

funksiyalarining yadrosi,

$$K(x_i, x_j) = (x_i \cdot x_j + 1)^n - \text{polinomial yadro.}$$

Usul parametrlari (masalan,  $C$  va yadro parametrlari) odatda ma'lum qiymatlar to'plamini tanlash va krossvalidatsiya usuli bilan baholash orqali aniqlanadi. Bu jarayon qiymatlarni ketma-ket sinab ko'rish va natijalarni tahlil qilish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Yuqorida tavsiflangan usullar binar tasniflash masalasini hal qiladi. Ushbu usullarni ko'p sinfli aniqlash masalasiga qo'llash uchun "bittasi qolganlarga qarshi" yoki "bittasi bittasiga qarshi" kabi strategiyalardan foydalaniladi. Aytaylik, o'qitish uchun  $q$  ta sinf berilgan. "Bittasi qolganlarga qarshi" strategiyasini qo'llaganda  $q$  ta tasniflagich yaratiladi, ularning har biri ushbu sinfni boshqalaridan ajratib olishga o'rgatiladi. Aniqlash jarayonida obyekt  $f(x)$  funksiyasining eng katta qiymatini bergan sinfga kiritiladi. "Bittasi bittasiga qarshi" ("har biri har biriga qarshi") strategiyasi esa ikki sinfni ajratadigan  $q(q - 1)/2$  ta tasniflagichdan foydalanadi.

Muayyan sinfni qolgan barcha sinflar bilan taqqoslash natijalari jamlanadi va so'ngra boshqa sinflarning shunga o'xshash natijalari bilan solishtiradi. Bunda  $f(x)$  funksiyani  $P(Ci|x)$  ehtimollikka o'zgartirish uchun turli usullardan ham foydalaniladi.

Belgilar vektorlari ketma-ketligini aniqlash uchun har bir kadri tasniflash natijalarini birlashtiruvchi qoidalar qo'llanilishi mumkin. Shuningdek, vektorlar ketma-ketligidan generativ modellarni o'rgatish uchun foydalaniladigan, keyinchalik tayanch vektorlar usuli yordamida tasniflanadigan yondashuvlar ham qo'llaniladi.

## 2.6. Tizimni baholash

Tanib olish tizimlarining aniq ishlashiga bir qator omillar ta'sir ko'rsatadi. Avvalo, ovozning o'zidagi o'zgaruvchanlikni ta'kidlash lozim. Hissiy holat, charchoq, yosh o'zgarishlari, shamollash va boshqa ko'plab omillar ovozga ta'sir qiladi. Ikkinchidan, tanib olish tizimlari uchun atrof-muhit ta'siri hamda yozib olish sharoitlarining o'zgarishi muammo hisoblanadi.

Eksperimental baholash uchun qo'llaniladigan ma'lumotlar bazalari (korpuslar) doim ham yuqorida sanab o'tilgan vaziyatlarni to'liq modellashtira olmaydi. Shu sababli, natija asosan baza qanchalik reprezentativligi va tajriba qanday tashkil etilganligiga bog'liq bo'ladi. Tadqiqotchilar o'tkazilgan tajribalar haqida batafsil ma'lumot berganliklari sababli, tajribaning haqiqiy qo'llanish sharoitlariga mosligini tushunish va natijalarni taqqoslash imkoniyatini beradi. Bunday ma'lumot, avvalo, yozib olish seanslari sonini va ular orasidagi tanaffuslar davomiyligini ko'rsatishi lozim. Qolaversa, yozib olish shartlarining tavsifi (mikrofon turi, uzatish kanali, xonaning shovqin darajasi va boshqalar) hamda ro'yxatga olish va sinov sessiyalari uchun sharoitlar turlichami (nomuvoqiy sharoitlar) yoki yo'qligini aks ettirishi kerak. Shuningdek, natija har bir sinovda modellarni yaratish uchun foydalaniladigan materialning davomiyligiga va bazadagi foydalanuvchilar soniga ham bog'liq bo'ladi.

Identifikatsiya tizimlarini baholash uchun aksariyat hollarda foydalanuvchilarning yopiq to'plami bilan cheklanadi, ya'ni identifikatsiya qilishga urinayotgan barcha foydalanuvchilar tizimda ro'yxatdan o'tgan. Natija ro'yxatdan o'tgan foydalanuvchilar soniga va qaytariladigan ro'yxatning hajmiga (ko'pincha faqat bitta identifikator ishlatiladi) yoki ro'yxatga kirish chegarasiga bog'liq. Identifikatsiyalash ehtimoli (haqiqiy-ijobiy identifikatsiyalash) to'g'ri identifikatorni o'z ichiga olgan



nomzodlar ro'yxati qaytarilishiga olib kelgan identifikatsiyalash urinishlarining ulushi sifatida baholanadi.

Verifikatsiya tizimlarida ikki turdagi xatoliklar yuzaga keladi. Soxta ruxsat xatoligi ikki har xil foydalanuvchi namunalarini taqqoslashda ijobiy qaror (o'xshashlik) qabul qilishdan iborat. Namunalar bir foydalanuvchiga tegishli bo'lsa-da, ularni farqlash to'g'risida qaror qabul qilish noto'g'ri rad etish xatosi deb ataladi. Har ikkala turdagi xatolar qaror qabul qilish chegarasiga bog'liq bo'ladi.

Verifikatsiya sinovlarining natijalari qaror qabul qilish chegarasining parametrik belgilangan egri chizig'ini aks ettiruvchi ishlash xususiyati grafigi orqali ko'rsatilishi mumkin. Bunday grafikda absissalar o'qi bo'yicha soxta-ijobiy qarorlar ehtimolliklarining baholari (noto'g'ri qabul qilish ehtimolliklari), ordinatalar o'qi bo'yicha esa haqiqiy ijobiy qarorlar ehtimolliklarining baholari joylashtiriladi. Diktorni tekshirish sohasida boshqacha usul ommalashgan bo'lib, unda absissalar o'qi bo'yilab noto'g'ri ruxsat berish ehtimolligini baholash, ordinatalar o'qi bo'yilab esa noto'g'ri rad etish ehtimolligini baholash joylashtiriladi. Bunda o'qlar uchun ko'proq ko'rgazmalilik maqsadida normal og'ish shkalasi [9] (ba'zan logarifmik yoki boshqa shkala) qo'llaniladi. Bunday usulda [7] taklif qilingan va diktorni tanib olish (speaker detection) masalasida natijalarni taqdim etish uchun ishlatilgan, shuning uchun u tanib olish xatolari kompromis egri chizig'i (Detection Error Tradeoff; DET) nomini olgan.

Baholash natijalarini yagona parametr ko'rinishida ifodalash uchun quyidagi usullar qo'llaniladi. Ulardan biri soxta yo'l qo'yish (CFA) va soxta yo'l qo'yimaslik (CFR) qiymatlarini belgilash hamda aniqlash qiymati funksiyasini (Detection Cost Function; DCF) hisoblashdan iborat [8].

$$DCF = C_{FR}P_{tar}R_{FR} + C_{FA}P_{imp}R_{FA},$$

bu yerda  $P_{tar}$  va  $P_{imp}$  - haqiqiy shaxs va "soxta shaxs" urinishlarining aprior ehtimolliklari,  $R_{FR}$  va  $R_{FA}$  - mos ravishda noto'g'ri rad etish va noto'g'ri qabul qilish xatoliklari ehtimolliklarining olingan baholaridir. Qaror qabul qilish chegarasi qiymat funksiyasining qiymatini minimallashtirish uchun optimallashtiriladi. Keng tarqalgan o'lchov esa teng xatolik ehtimolligi darajasi (Equal Error Rate; EER) bo'lib, u shunday chegarada xatolik ehtimolligining kattaligini ifodalaydi, bunda noto'g'ri qabul qilish va noto'g'ri rad etish xatoliklari ehtimolligi bir-biriga teng yoki qiymati jihatidan eng yaqin bo'ladi.

### 3. Xulosa

Diktorni tanib olish tizimlarini rivojlantirish bir necha yo'nalishda amalga oshirilmoqda. Belgilarni ajratib olishning eng keng tarqalgan usullari kepsral koefitsiyentlarni hisoblash usullari hisoblanadi: mel-chastotali va chizikli bashoratlashga asoslangan. Shuningdek, asosiy ton va formant chastotalarining statistikasi ham qo'llaniladi [4]. Signal qayta ishlash darajasidagi rivojlanish asosan nutq signalini tashqi shovqinlar va signal uzatish kanali tomonidan yuzaga keladigan buzilishlarga chidamli bo'lgan mustahkam tasvirini yaratishga qaratilgan yangi usullarni izlash yo'nalishida sodir bo'lmoqda. Yuqori darajadagi belgilardan foydalanish yo'nalishi ham rivojlanmoqda. Diktorni modellarini yaratish usullari oddiy belgilar vektorlarini o'rtachalashtirishdan murakkab generativ va diskriminativ modellarigacha takomillashdi.

Hozirgi paytda modellarni yaratishning quyidagi usullari ustunlik qilmoqda:

- matnga bog'liq tizimlar uchun - vaqtning dinamik o'zgarishi (Dynamic Time Warping; DTW) va yashirin Markov modellari (Hidden Markov Model; HMM);

- matnga bog'liq bo'lmagan tizimlar uchun - vektorli kvantlash (Vector Quantization; VQ), Gauss qorishmalar modeli (Gaussian Mixture Model; GMM) va tayanch vektorlar usuli (Support Vector Machine; SVM).

Qarorlar qabul qilish yagona tasniflagichdan foydalangan holda ham, qaror qabul qilish qoidalarini birlashtirish orqali ham amalga oshiriladi. Eksperimental baholash bo'yicha kichik guruhlarda (5-10 kishi) o'tkazilgan laboratoriya sinovlaridan to tizimning haqiqiy qo'llanish sharoitlarini aks ettiruvchi katta hajmli korpuslarni yaratishgacha bo'lgan yo'l bosib o'tildi [12].

## Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Samatov, R., & Xalilova, G. (2024). Searching for a free Будков В.Ю., Прищеп М.В., Ронжин А.Л., Марков К. Многоканальная система анализа речевой активности участников совещания // Третий междисциплинарный семинар «Анализ разговорной русской речи» АРЗ. 2009. СПб. 2009. С. 57-62.

[2] Рабинер Л.Р., Шафер Р.В. Цифровая обработка речевых сигналов / Пер. с англ. М. : Радио и связь, 1981. 496 с.

[3] Садыхов Р.Х., Ракуш В.В. Модели гауссовых смесей для верификации диктора по произвольной речи // Доклады БГУИР. Минск, 2003. №

[4] С. 95–103. 4. Сорокин В.Н., Цыплихин А.И. Верификация диктора по спектрально-временным параметрам речевого сигнала // Информационные процессы. 2010. Т. 10, № 2. С. 87-104.

[5] Arya S., Mount D.M., Netanyahu N.S., Silverman R., Wu A. An optimal algorithm for approximate nearest neighbor searching in fixed dimensions // Journal of the ACM. 1998. V. 45, N 6. P. 891–923

[6] Campbell J.P., Speaker Recognition: A Tutorial // Proceedings of the IEEE. 1997. V. 85, N 9. P. 1437-1462.

[7] Martin A., Doddington G., Kamm T., Ordowski M., Przybocki M. The det curve in assessment of detection task performance // Proc. of Eurospeech. 1997. V. 4. P. 1895-1898.

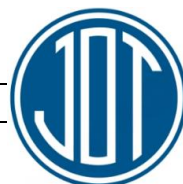
[8] Martin A., Przybocki M. The NIST 1999 Speaker Recognition Evaluation - An Overview // Digital Signal Processing. 2000. V. 10.

[9] Navratil J., Klusacek D. On linear DETs // Internat. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP-07). 2007.

[10] Paredes R., Vidal E., Casacuberta F. Local features for speaker recognition // SPR 2004. International Workshop on Statistical Pattern Recognition. LNCS 3138 of Lecture Notes in Computer Science. 2004. P. 1087-1095.

[11] Platt J.C. Fast Training of Support Vector Machines using Sequential Minimal Optimization // Advances in Kernel Methods / Ed. by B. Scholkopf, C.C. Burges, A.J. Smola. MIT Press, 1999. P. 185–208.

[12] Reynolds D.A. An Overview of Automatic Speaker Recognition Technology // The International



Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing  
ICASSP 02. 2002. P. 4072–4075.

### Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Mirzayev      Raqamli texnologiyalar va sun'iy  
Nomaz /      intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot  
Mirzaev      instituti katta ilmiy xodimi, t.f.d  
Nomaz      (professor)  
E-mail: nomazmirzaevairi@gmail.com  
Tel.: +998909889571  
<https://orcid.org/0009-0006-1561-9393>

O'rinboyev      Raqamli texnologiyalar va sun'iy  
Johongir      intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot  
Kalbay o'g'li /      instituti tayanch doktoranti  
Urinboev      E-mail: jahongir8010@gmail.com  
Johongir      Tel.: +998911621994  
<https://orcid.org/0009-0000-2305-8887>

Nugmanova      Raqamli texnologiyalar va sun'iy  
Mavluda Avaz      intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot  
qizi      instituti tayanch doktoranti,  
E-mail: Miss.abduazimova@gmail.com  
Tel.: +998909191060  
<https://orcid.org/0009-0006-1956-9856>





# Diagnostics based on blood analysis indicators using the adaboost algorithm

S.G. Olimjonova <sup>1</sup><sup>a</sup>

<sup>1</sup>Research Institute for the Development of Digital Technologies and Artificial Intelligence, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** This article discusses the use of the AdaBoost algorithm for disease diagnosis based on blood parameters. The study analyzes how the algorithm adapts to various datasets consisting of blood parameters and identifies key biomarkers that affect the accuracy of diagnosis. It is shown that the use of this algorithm allows for increased pathology recognition efficiency compared to traditional methods, providing higher sensitivity and specificity. The abstract also includes a comparative analysis of AdaBoost performance with other machine learning models, highlighting its advantages in the field of diagnostics based on medical data. A systematic approach to the medical diagnosis process, methods, models and algorithms for making diagnostic solutions have been developed. The developed model and algorithms make it possible to create a system that uses the adoption of a hybrid intelligent diagnostic solution. A multivariate probabilistic model was created taking into account the weighting coefficient of experts and the mutual compatibility of experts' assessments. This allows to make a collegial diagnostic solution with a certain probability that the patient has the suspected disease. A generalized logical model of the multi-stage reasoning process of experts on diagnosis was created.

**Keywords:** blood analysis, AdaBoost algorithm, machine learning, classification, bioanalyze, medical dataset, ensemble learning, methods, specificity, diagnostics

## 1. Introduction

In today's society the automation of disease diagnosis plays a role, in the field of medicine. Having precise and rapid diagnostic techniques enables healthcare professionals to promptly identify illnesses and determine treatment plans thereby enhancing the prospects of patients successful recovery. Ensemble algorithms, in machine learning have shown success, in handling data and enhancing models quality; one notable example is the AdaBoost algorithm developed by Yoav Freund and Robert Shapira in 1995 which excels at aggregating multiple weak classifiers to form a robust one that enhances classification precision. [1]

Many research studies have demonstrated that machine learning techniques, like regression and decision trees are effective in identifying diseases based on information. However conventional approaches sometimes struggle with issues like overfitting and lower accuracy when dealing with datasets. Recent research has emphasized the advantages of utilizing methods such as Random Forest and AdaBoost to tackle these obstacles by merging insights, from models.

Several research studies have highlighted that incorporating the AdaBoost algorithm can enhance the accuracy and precision of models significantly. For instance Jones and colleagues (2020) delved into utilizing AdaBoost to detect diabetes using blood parameters revealing its performance compared to classification techniques. Likewise Li and Huang (2021) adopted a strategy, for identification of cardiovascular diseases resulting in a notable enhancement, in model accuracy. [2-3]

In particular, studies have shown that the use of the AdaBoost algorithm can improve the sensitivity and specificity of diagnostic models. For example, Jones et al. (2020) examined the use of AdaBoost to diagnose diabetes based on blood parameters, where the algorithm

demonstrated superiority over standard classification methods. Similarly, Li and Huang (2021) used an ensemble approach for early detection of cardiovascular diseases, which showed a significant improvement in the accuracy of the model. [4-5]

The results of the latest world research show that the Random Forest algorithm is of great practical value in detecting diseases through blood analysis. With the help of this algorithm, it is possible to detect diseases early, develop individual treatment plans and create a basis for new scientific research. Blood analysis is an important source of information for the diagnosis of various body functions, diseases and health assessment. The following indicators can be analyzed using the Random Forest algorithm:

- hemoglobin level: shows the oxygen carrying capacity of the blood. Low levels may be associated with anemia, while high levels may be associated with other diseases.

- the number of leukocytes: leukocytes in the blood test, which indicate the activity of the immune system. Their increase or decrease may indicate infections or chronic diseases.

- Creatinine level: this indicator is important in assessing kidney function. High levels may indicate kidney failure or other diseases.

- Glucose level: It is important to diagnose diabetes. The importance of glucose in blood sugar control can be analyzed by Random Forest. [5-6]

The main purpose of using this algorithm is to increase its level of practical significance and obtain the results of comparative analysis. In practice, the goal is to achieve:

- early detection of diseases: diseases can be detected at an early stage based on the indicators obtained from blood analysis using the Random Forest algorithm. This increases the effectiveness of treatment and improves the quality of life of patients.

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0005-0334-9077>



- individualization: the algorithm allows personalization of treatment plans by analyzing the individual indicators of patients. It develops an individual approach in medicine.

- research and new discoveries: analysis of blood test results through Random Forest allows to identify new biochemical indicators and associations between diseases. This will help in the development of scientific research and new treatment methods.

- data analysis: When working with large amounts of data, Random Forest works as an efficient tool. It helps in the analysis and comparison of data in medicine, which allows for empirical analysis.[7]

Those, the use of machine learning algorithms such as Random Forest in blood analysis is a promising direction that contributes to improving the quality of medical care. This paper will review the process of diagnosis based on blood test parameters using the Random Forest algorithm, as well as analyze the results obtained.

Despite advances in the application of machine learning methods, there is a need to explore their capabilities for working with diverse and high-dimensional blood analysis datasets. The AdaBoost algorithm, with its ability to improve weak classifiers and focus on difficult-to-classify examples, represents a promising direction in the field of automated diagnostics. [8-9]

This work aims to investigate the capabilities of the AdaBoost algorithm for blood-based diagnostics, including assessing the accuracy of the model and identifying key biomarkers that influence the classification result.

This, the use of machine learning algorithms such as Random Forest in blood analysis is a promising direction that contributes to improving the quality of medical care. This paper will review the process of diagnosis based on blood test parameters using the Random Forest algorithm, as well as analyze the results obtained.

## 2. Methods and materials

### Statement of the problem

The aim of this study is to construct and evaluate a disease diagnostic model using the AdaBoost algorithm based on blood analysis data. The mathematical formalization of the problem includes the following key aspects:

a) Let  $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  be a data set, where each  $X_i \in R^d$  is a vector of blood test parameters, and  $Y=\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  are the corresponding class labels, where  $Y_i \in \{0,1\}$  (e.g., presence or absence of a disease).

b) The task is to construct a classifier  $f:R^d$  that minimizes the classification error. The AdaBoost (Adaptive Boosting) algorithm is aimed at creating a strong classifier, where  $h_t(x)$  are weak classifiers and  $a_t$  are their weights. The training process includes the following steps:

$$F(x) = \text{sign}\left(\sum_{t=1}^T a_t h_t(x)\right)$$

- Initialization of weights for all examples:  $D_1(i)=1/n$ , where  $n$  is the number of training examples.

- for  $t=1$  to  $T$  (number of iterations):

- training a weak classifier  $h_t(x)$  given the current weight distribution  $D_t$

- calculation of error  $\epsilon_t = \sum_{i=1}^n D_t(i) \mathbb{I}(h_t(x_i) \neq y_i)$

- calculation of classifier weight.  $a_t = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{1-\epsilon_t}{\epsilon_t}\right)$

- updating weights: followed by normalization.  $D_{t+1}(i) = \exp(-a_t y_i h_t(x_i))$

3. Performance evaluation metrics:

a) **Accuracy:**

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

b) Sensitivity (Recall):

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

c) Specificity:

$$\text{Precision} = \frac{TN}{TN+FP} \quad (3)$$

**F1 measure:**

$$F1 = \frac{2 \cdot \text{Precision} \cdot \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (4)$$

4. Identification of significant features:

During the model training process, important biomarkers are identified based on the contribution of weak classifiers and their corresponding weights. This analysis allows us to determine which blood test parameters have the most significant impact on the classification result.[10]

Comparative analysis:

A comparison of the AdaBoost algorithm is made with other classification methods such as logistic regression and Random Forest. The same evaluation metrics are calculated for each method to ensure a fair comparison.

Formalization of the task:

$$\min_{h_t, a_t} \sum_{t=1}^T \epsilon_t a_t \quad (5)$$

where reflects the error of the weak classifier at each iteration, and controls the contribution of the classifier to the final model  $\epsilon_t a_t$ .

**Method of solution**

To diagnose diseases based on blood test results using the AdaBoost algorithm, the solution method includes the following mathematical steps and descriptions:

Let there be a training sample  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ , where each  $X_i \in R^d$  is a feature vector (blood test parameters), and  $Y_i \in \{0,1\}$ . The task is to construct a classifier  $F(x)$  that minimizes the empirical classification error:

$$\min_F \sum_{i=1}^n \mathbb{I}(F(x_i) \neq y_i) \quad (6)$$

where  $\mathbb{I}(\ast)$  is the indicator function. Description of the AdaBoost algorithm: The AdaBoost algorithm aims to create a strong classifier by combining weak classifiers. The learning process can be described as follows:

**Initialization:**

Initial distribution of weights for the training sample:

$$D_1(i)=1/n, \forall i=1, 2, \dots, n \quad (7)$$

**Learning cycle** (for  $t=1$  to  $T$ , where  $T$  is the number of iterations):

**Training a weak classifier**  $h_t(x)$  on a sample with weights  $D_t$ .

**Calculating classifier error:**

$$\epsilon_t = \sum_{i=1}^n D_t(i) \mathbb{I}(h_t(x_i) \neq y_i) \quad (8)$$

**Calculating the weight of a weak classifier:**

$$a_t = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{1-\epsilon_t}{\epsilon_t}\right) \quad (9)$$

**Updating observation weights:**

$$D_{t+1}(i) = \exp(-a_t y_i h_t(x_i)) \quad (10)$$

where  $Z_t$  is the normalization coefficient, ensuring that  $\sum_{i=1}^n D_{t+1}(i) = 1$



Final classifier:

$$F(x) = \text{sign}\left(\sum_{t=1}^T a_t h_t(x)\right) \quad (11)$$

To determine the contribution of different blood parameters to the classification result, feature significance analysis is used. The weight of each feature can be estimated based on the importance of weak classifiers, which are built on certain features and weighted using coefficients  $a_t$ .

**Comparative analysis of algorithms:**

To evaluate the advantages of AdaBoost, a comparison is made with other machine learning methods:

**Logistic Regression**, which models the probability of an object belonging to a class:

$$P(y = 1|x) = \frac{1}{1 + e^{-xw^T}} \quad (12)$$

**Random Forest**, which is an ensemble of decision trees, where the final decision is made by voting.

**Practical implementation and testing:**

**Cross-validation:** k-fold cross-validation is used to assess the stability of the model.

**ROC curve** and AUC (area under the curve) are used to visually evaluate the performance of the model.

The final model  $F(x)$ , constructed using AdaBoost, is interpreted based on feature importance, which allows identifying key blood parameters that are significant for diagnostics.

BIOTAHILUZ software has the appearance of blood cell windows as follows.[11]

The development of the information model in relation to the above-mentioned areas of activity of the research object is carried out on the basis of the analysis of the identified typical information objects.[12]

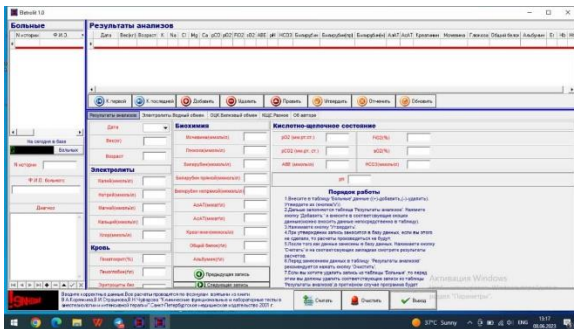


Fig.1. Blood test part

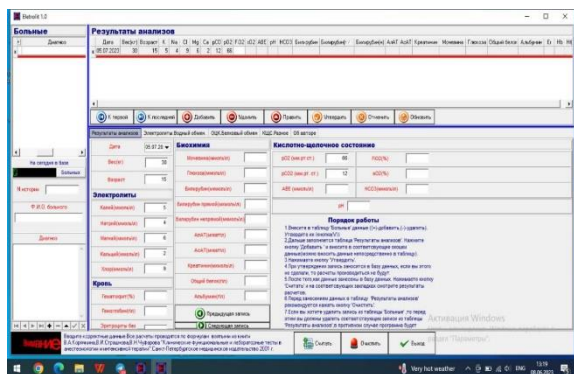


Fig. 2. Introduction of general analysis processes

### 3. Conclusion

The study examined the application of the AdaBoost algorithm to diagnose diseases based on blood test results. The main goal of the work was to develop and evaluate a diagnostic model that can effectively classify data, providing high accuracy, sensitivity and specificity. The AdaBoost algorithm has shown great performance in diagnostic tasks, demonstrating improved performance compared to traditional methods such as logistic regression and support vector machines. This is due to its ability to adapt to complex data sets and combine the decisions of several weak classifiers to create a more robust final solution. An important quality indicator of data on which decisions are based is based on its reliability. Unfortunately, almost all decision-making theories do not include the reliability of decision-related information. This research is expressed through Artificial Intelligence. The decision-making process often had a multi-criteria character have to face issues. In this case, the set of criteria is usually non-equivalent. Evaluation models are used to bring a set of performance indicators (specific objectives) into a single assessment of performance (a common objective). That is, evaluation models are a mechanism for bringing specific objective functions to a generalized objective function. The analysis of the importance of features allowed us to identify key biomarkers that most significantly affect the accuracy of classification. This helps medical professionals focus on the most informative blood test indicators when diagnosing diseases. [13] The AdaBoost algorithm has demonstrated high flexibility when working with a variety of data sets, making it suitable for use in a variety of medical problems. The ability to adjust parameters and tune weak classifiers allows the model to be tailored to specific problems and improve its performance. Comparison with other classification methods confirmed the advantages of the AdaBoost algorithm. It provided a higher level of accuracy and stability of results, especially on complex datasets with high levels of noise. The obtained results show that the AdaBoost algorithm can be successfully integrated into decision support systems to assist medical professionals. Its use will automate diagnostics and reduce analysis time, while ensuring high accuracy. The AdaBoost algorithm is a promising tool for blood-based diagnostics due to its ability to improve classification accuracy and identify key biomarkers. Future research is warranted to include the use of ensemble methods in conjunction with deep neural networks to further improve the accuracy and adaptability of the models.

### References

[1] Аметова Freund, Y., & Schapire, R. E. (1997). A decision-theoretical generalization of on-line learning and an application to boosting. *Journal of Computer and System Sciences*, 55(1), 119–139. DOI: 10.1006/jcss.1997.1504.

[2] Jones, M., Smith, A., & Brown, R. (2020). Application of AdaBoost for diabetes diagnosis based on blood test results. *Journal of Medical Informatics*, 35(2), 245–252.

[3] Lee, K., & Huan, Z. (2021). Ensemble learning approaches for early detection of cardiovascular diseases using blood sample data. *Computational Biology and*



Medicine, 134, 104461. DOI: 10.1016/j.combiomed.2021.104461

[4] Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. DOI: 10.1023/A:1010933404324

[5] Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer.

[6] Elkan, C. (2001). The foundations of cost-sensitive learning. In *Proceedings of the 17th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, 973–978.

[7] Kotsiantis, S. B., Zaharakis, I., & Pintelas, P. (2007). Supervised machine learning: A review of classification techniques. *Informatica*, 31(3), 249–268.

[8] Chen, X., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. In *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 785–794. DOI: 10.1145/2939672.2939785.

[9] Quinlan, J. R. (1996). Bagging, boosting, and C4.5. In *Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence*, 725–730.

[10] Q.Bekmuratov, S.Olimjonova “Проблематика формирования процесса автоматизации управления данными менеджмента информационной безопасности” mavzusida *Eurasian journal of mathematical theory and*

*computer sciences Innovative Academy Research Support Center* UIF = 8.3 | SJIF = 5.916 [www.in-academy.uz](http://www.in-academy.uz)

[11] S.Olimjonova “Tibbiyot sohasidagi masalalarga sun’iy intellekt yordamida yechim.” mavzusida “Zamonaviy axborot, kommunikatsiya texnologiyalari va AT- ta’lim tatbiqu muammolari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani 9-aprel 2022-yil, Samarqand, 143-144 betlar.

[12] S.Olimjonova, X.Shamsiyeva “Avtomatlashtirilgan tizimlarda tanib olish algoritmlarini qo‘llash” "Science and innovation", [https://t.me/science\\_innovations](https://t.me/science_innovations) 193-207 betlar.

[13] S.Olimjonova “Выбор аппаратного и программного обеспечения для автоматизации библиотеки” mavzusida "Development and innovation" Scientific online journal <https://doi.org/10.528/zenodo.6947572> 392-397 betlar.

## Information about the authors

Olimjonova Saodat Gulomjon kizi Research Institute for the Development of Digital Technologies and Artificial Intelligence, doctoral student  
E-mail: [superladytatu@gmail.com](mailto:superladytatu@gmail.com)  
Phone: +998995996630  
<https://orcid.org/0009-0005-0334-9077>





## Microprocessor system for contactless control of derailment of railway rolling stock and delicate dimensions

E.I. Khidirov<sup>1</sup> <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** In this article, on the basis of a non-contact microprocessor-based derailment and under-gauge detection device, it is possible to detect and control wheel pairs of the rolling stock leaving the track and parts of the rolling stock (in a train) protruding from the under-gauge, and when the device is activated, the train will be brought to a station or an artificial structure (tunnel), bridge) is considered to stop in front.

**Keywords:** electrical centralization, microprocessor, rolling stock, convergence, lower dimension, infrared sensor, software, track sensor, wireless network

## Temir yo'l harakat tarkibini izdan chiqishini va past gabaritlarini kontaktsiz nazorat qilishning mikroprotessorli tizimi

Xidirov E.I.<sup>1</sup> <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada mikroprotessor asosida ishlab chiqilgan kontaktsiz relsdan chiqish va gabaritdan tashqariga chiqishni aniqlash qurilmasi asosida, temir yo'l harakat tarkibining g'ildirak juftliklarining yo'ldan chiqishini va gabaritdan chiqib turgan qismlarini aniqlash va nazorat qilish imkoniyati ko'rib chiqiladi. Qurilma ishga tushganda, poyezd bekatga yoki sun'iy inshootga (tunel, ko'prikl) yetib borguncha to'xtashi ko'zda tutilgan.

**Kalit so'zlar:** elektr markazlashtirish, mikroprotessor, temir yo'l harakat tarkibi, yaqinlashish, kichikroq o'lcham, infraqizil datchik, dasturiy ta'minot, yo'l datchigi, simsiz tarmoq

### 1. Kirish

Jahon temir yo'l uchastkalarida harakat tarkibining izdan chiqishini va pastki gabaritdan tashqariga chiqadigan qismlarni va g'ildirak juftliklarini temir yo'l izidan chiqib ketishini avtomatik ravishda nazorat qilish va aniqlashda kontaktsiz infraqizil datchiklar asosida mikroprotessorli boshqarish va nazorat qilish tizimlarini qo'llash orqali poezdlar harakat xavfsizligini ishonchli va yuqori darajada ta'minlash, zamonaviy simsiz mikroprotessorli qurilmalarni ishlab chiqishga katta e'tibor qaratilmoqda. Bu borada, jumladan, harakat tarkibining g'ildiraklar juftligini izdan chiqib ketmasligini, harakat tarkibining izdan chiqib ketishi natijasida stansiya va peregon qurilmalariga, yon yo'lda xarakatlanayotgan harakat tarkibiga, sun'iy inshootlarga shikast yetkazmasdan stansiyaga kirmasdan va sun'iy inshootlar oldida to'xtatish, ma'lumotini uzatish va qabul qilish usuli asosida temir yo'l uchastkasida joylashgan elektr ta'minoti, yo'l va signallashtirish, markazlashtirish va blokirovka qurilmalariga, sun'iy inshootlarga shikast yetkazish holatlarining oldini olish bo'yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Shu bilan birga, temir yo'l uchastkalarida joylashgan yo'l, elektr ta'minoti va signallashtirish, markazlashtirish va blokirovka qurilmalarining va tashilayotgan yuklarning shikastlanishini, harakat tarkibining pastki gabaritdan chiqib turuvchi qismlarini, shuningdek g'ildirak juftliklarini

temir yo'l izidan chiqib ketishini nazorat qilish va aniqlashda harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasi tizimini radioaloqa va muqobil manbali hamda signallashtirish, markazlashtirish, blokirovka qurilmalariga bog'langan holda mikroprotessorli vositalarga asoslanib, harakat tarkibining pastki gabaritlari to'g'risida nazorat va boshqaruv qurilmalarini yaratish, nazorat qilish va ma'lumotlarni elektr markazlashtirish va sun'iy inshoot postiga jo'natish usullarini yaratish bugungi kunda dolzarb vazifalardan biridir[5].

Harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasi temir yo'l harakatlanuvchi tarkibining texnik holatini avtomatik nazorat qiluvchi qo'shimcha vositadir. Temir yo'l transportida harakat tarkibining g'ildirak juftliklarini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasi poezdlar harakat xavfsizligini ta'minlashda asosiy vazifani bajaradi. harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasining asosiy vazifasi harakat tarkibining pastki gabaritdan chiqib turuvchi qismlarini, shuningdek g'ildirak juftligi temir yo'ldan chiqib ketishini nazorat qilishdan iborat. Harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasi, stansiyalarga kirishdan, sun'iy inshootlar, daryolar kanallar, ko'priklar va tunnellardan oldin o'rnatiladi. Quyidagi 1-rasmda oxirgi 5 yillik ma'lumotlar asosida 2019-2023 yillar kesimida temir yo'l uchastkalarida harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmalarida xarakat tarkibining izdan chiqishi va pastki

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0009-6649-4705>



nogabaritlik sodir bo'lishi bilan bog'liq nosozliklarning soni keltirilgan[1].



**1-rasm. Temir yo'l uchastkalarida harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmalarida sodir bo'lgan nosozliklar soni**

Harakat tarkibining pastki qismida joylashgan detallarning osilib qolishi yoki g'ildirak juftliklarining ba'zi sabablarga ko'ra relsdan chiqib ketishi harakatlanayotgan tarkibni izdan chiqishiga, poezdlar harakat jadvalidagi kechikishlarga shuningdek peregon va stansiyadagi yo'l, signallashtirish, markazlashtirish, va blokirovka qurilmalarga va sun'iy inshootlarga salbiy shikast yetkazilishiga olib keladi [7]. Harakatlanayotgan tarkibning pastki qismida joylashgan detallarning osilib qolmasdan yoki g'ildirak juftliklarining temir yo'l izdan chiqib ketmagan holda harakatlanishi temir yo'llardagi sun'iy inshootlar, ko'priklar, tunnellar va peregon va stansiyadagi yo'l, signallashtirish, markazlashtirish, va blokirovka qurilmalarga shikast yetkazmasligini oldini olishga yordam beradi[3]. Temir yo'l uchastkalarida harakatlanuvchi tarkibni izdan chiqishini nazorat qiluvchi qurilma metal o'tkazgichli bo'lgan boshqarish va nazorat sxemali rele asosida qurilgan harakatlanuvchi tarkibni izdan chiqishini nazorat qiluvchi qurilmalari keng tarqalishiga qaramay, ular ma'lum kamchiliklardan istisno emas[6]. Bunday harakatlanuvchi tarkibni izdan chiqishini nazorat qiluvchi qurilmalarining funksional imkoniyatlari cheklangan bo'lib, signallashtirish, markazlashtirish va blokirovka tizimlaridagi nosozliklarni tahlil qilinganda harakatlanuvchi tarkibni izdan chiqishini nazorat qiluvchi qurilmasidagi kamchiliklar asosan pastki gabarit konturini ya'ni xrom va temir metaldan tashkil topgan nazorat datchiki metal konstruksiyasida hosil bo'ladigan mikroyorliqlar asosiy va juda salbiy kamchiliklardan biridir, g'ildirak juftliklarining izdan chiqishi sodir bo'lsa metal konstruksiyasining mustahkamligi sababli ma'lum holatlarda nazorat datchikini buzilmasligiga olib keladi, metal o'tkazgich o'rnatilgan qismida, metal o'tkazgichning tros orqali yo'l qutisiga ulangan qismida og'ir massadagi yuklarni o'tishi natijasida yuzaga kelgan vibratsiya natijasida kontakt yo'qolishi va ob-havoning keskin o'zgarishi sababli uzilishi hamda uni qayta tiklash uchun ma'lum vaqt sarflanishi, xrom va temir metal o'tkazgichni yangisiga almashtirish, releli qurilmalarni ishlatilishi va ma'lumotlar misli kabel orqali uzatilishi, metal konstruksiyali nazorat datchiki o'rniga infraqizil datchiklarga va mikroprotessorli simsiz texnologiyalarga hamda zamonaviy tizimlarga o'tishni talab etadi, bu esa o'z navbatida poezdlar harakat xavfsizligini oshirishga xamda yuk va yo'lovchi tashish jarayonini tezlashtiradi [4].

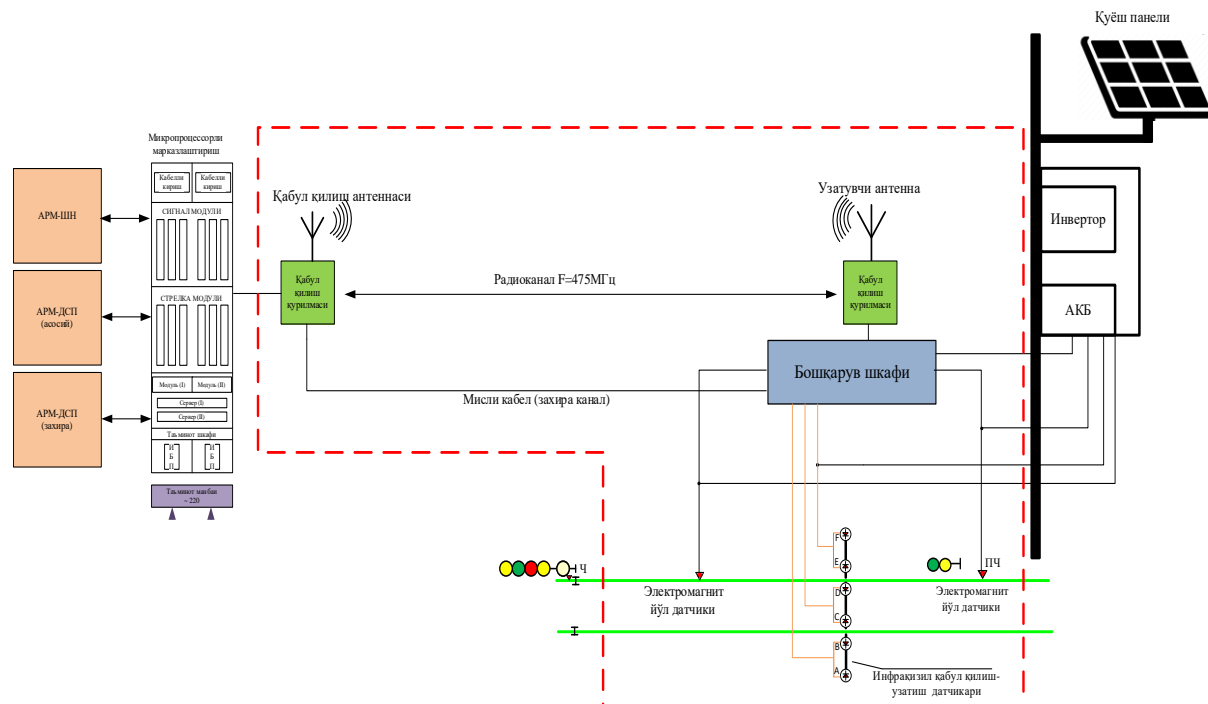
Kontaktsiz mikroprotessorli qurilma asosida harakatdagi tarkibning izdan chiqishini va pastki gabaritini nazorat qilish va ma'lumotlarni simsiz tarmoq asosida

uzatish bunday kamchiliklardan kamaytiradi va ushbu tizimning ishlash ishonchligini yuqoriligi va samaradorligi bilan ajralib turadi. Kontaktsiz va simsiz texnologiyalar asosida mikroprotessorlashgan harakatlanuvchi tarkibni izdan chiqishini nazorat qiluvchi qurilmasi "O'zbekiston temir yo'llari" AJ liniyalarida mavjud emas.

## 2. Tadqiqot metodologiyasi

Kontaktsiz mikroprotessorli tizim asosida temir yo'l uchastkalarida joylashgan [5] harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmalarini masofadan nazorat qilish va tashhishtirish, hamda uni rostdash va sozlash imkonini beradi. Kontaktsiz mikroprotessorli harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasining ichki tarkibiga kiradigan maxsus avtomatika va telemexanika tizimiga ega bo'lib, harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasida datchik o'rni foydalanilgan metal detallarning, elektromexanikli rele hamda kontaktli apparaturalarning yo'qligi bilan ajralib turadi. Temir yo'l uchastkalarida harakatlanayotgan tarkibni izdan chiqishini va pastki gabaritini aniqlashda xamda nazorat qilishda [7] harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmalari harakat xavfsizligini ta'minlashning asosiy qurilmalaridan biri hisoblanadi. Kontaktsiz mikroprotessorli harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasining asosiy vazifasi pastki gabarit konturini hosil qilish uchun o'rnatilgan infraqizil gabarit datchiklardan olingan ma'lumotlarni, elektrmagnit yo'l datchiklari vositasida harakat tarkibidagi o'qlar sonini sanash orqali temir yo'l uchastkasida harakatlanayotgan harakat tarkibini izdan chiqishini, pastki gabarit yoki gabaritsiz holatini aniqlash va nazorat qilish uchun hamda olingan ma'lumotlarni simsiz tarmoq asosida markazlashtirish yoki sun'iy inshoot postiga jo'natish va qabul qilish uchun foydalaniladi. Kontaktsiz mikroprotessorli tarmoq [8] asosida infraqizil pastki gabarit datchiklari yordamida harakatdagi tarkibni pastki gabarit yoki gabaritsiz holatini infraqizil datchiklar vositasida nur (yorug'lik) uzatish va qabul qilish (hosil qilish) usuli orqali aniqlash mumkin, hamda ushbu tizim iqtisodiy tejamkor, ishonchli, xavfsiz va temir yo'l poezdlar harakat xavfsizligini ta'minlash uchun asosiy qurilmalardan biri hisoblanadi. Kontaktsiz mikroprotessor tarmoq asosida infraqizil yorug'lik hosil qilish usuli asosida shuningdek harakat tarkibida va yukning pastki gabaritdan tashqariga chiqadigan qismlarni avtomatik ravishda aniqlash, temir yo'l xarakat tarkibining izdan chiqib ketishini aniqlash va nazorat qilish tizimlarini (qurilmalarini) mahalliyashtirish va "O'zbekiston temir yo'llari" AJ yo'l xo'jaligi va signalizatsiya va aloqa tarmog'i tizimlariga moslashtirish maqsadida ushbu tizim (qurilma) yangidan ishlab chiqilgan. Harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasining tuzilmaviy sxemasi 2-rasmda keltirilgan. Ishlab chiqilgan kontaktsiz, simsiz tarmoq asosida mikroprotessorli harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasi xorijda yaratilgan tizimlar kabi ishlashi mumkin. Bu yangidan ishlab chiqilgan simsiz tarmoq asosida mikroprotessorli qurilmasi mamlakatimiz ob-havo sharoitlarini inobatga olgan holda, hamda tez yurar temir yo'l transporti yo'llari uchun mo'ljallangan. Taklif etilayotgan mikroprotessorli kontaktsiz Harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasining tuzilmaviy sxemasi quyidagi 2-rasmda keltirilgan [2].





**2-rasm. Yarimavtomatik blokirovkada simsiz tarmoq asosida infraqizil datchiklar yordamida harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasining tuzilmaviy sxemasi**

Ishlab chiqilgan simsiz tarmoq asosida mikroprotsessorli tizim asosan infraqizil datchiklardan, dasturiy ta'minotga ega mikrokontroller, elektromagnit yo'l datchiklari va ma'lumotlarni simsiz tarmoq asosida uzatish qurilmasidan iborat bo'lib, ular bir vaqtning o'zida harakat xavfsizlikni ta'minlash va temir yo'l uchastkalaridagi harakat tarkibi g'ildirak juftliklarini temir yo'l izidan chiqib ketishi va qaysi tomondan pastki gabaritdan tashqariga chiqadigan qismlarni avtomatik ravishda aniqlashga va nazorat qilishga ajratiladi. Harakatdagi tarkibning pastki gabaritini kontaktsiz tarmoq asosida yorug'lik nuri o'tkazish tizimi yordamida harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasi [3] uchun kengaytirilgan funksional imkoniyatlariga ega bo'lib, nosozliklar, tashqi ta'sirlar va halaqitlarga bardoshli hisoblanadi. Ist'omol qilish elektr quvvatining kichikligi hamda relsli zanjirlarida barqaror ishlashi bilan ajralib turadi. Boshqarish bloki 220 V o'zgaruvchan kuchlanishda ishlashga mo'ljallangan, uning ichki bloklari o'zgarimas 12 V va 9 V kuchlanishlar orqali manbalanadi[5].

Bu simsiz tarmoq tizimi orqali temir yo'l harakat tarkibini izdan chiqishini va harakat tarkibi g'ildirak juftliklarini izdan chiqishi va harakat tarkibining (poezd) pastki gabaritdan chiqib turuvchi qismlarini aniqlash va nazorat etish va qurilmaning holati haqida simsiz tarmoq asosida ma'lumot almashish, harakat xavfsizligi shartlari bo'yicha infraqizil datchiklarni va elektromagnit yo'l datchiklarini boshqarish, shuningdek, agarda harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasi yarimavtomatik blokirovkali peregonning yaqinlashish uchastkasida joylashgan bo'lsa, qo'shimcha ravishda elektromagnit yo'l datchiklari orqali harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasini ishga tushirish va uchastkani bo'sh-bandligini aniqlash imkoniyati hamda harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasida joylashgan apparatura holati haqida ma'lumot berish uchun mo'ljallangan[8].

Tizimda pastki gabarit konturi vazifasini bajaradigan xrom metalli o'tkazgich harakat tarkibining izdan chiqishini va harakat tarkibining va yukning pastki gabaritdan tashqariga chiqadigan qismlarini aniqlash past gabaritsizlik aniqlangan yoki aniqlanmaganligidan qat'iy nazar sinib ketishiga asosan harakatdagi tarkibning izdan chiqqanligi yoki past gabaritsizlik aniqlanganligi ma'lumotni markazlashtirish postiga yoki qo'riqlash postiga kabel tizimi orqali uzatishni ta'minlaydi va stansiyaga kirishda va sun'iy inshoot oldida harakatdagi tarkib o'txatiladi[2].

Zamonaviylashtirilgan kontaktsiz, simsiz tarmoq asosida harakat tarkibi g'ildirak juftliklarini izdan chiqishi yoki biron bir vagonning tushib qoladigan detallarini aniqlash va qurilmaning pastki gabaritsizlik aniqlanganda o'sha gabaritsizlik aniqlangan vagonning qaysi qismida pastki gabaritsizlik sodir bo'lganligini infraqizil datchiklar orqali aniqlanadi xamda elektromagnit yo'l datchiklari yordamida harakat tarkibidagi o'qlarni sanash orqali pastki gabaritsizlik aniqlangan vagonning harakat tarkibining nechinchisi o'qda joylashganligi aniqlanadi, so'ngra olingan ma'lumot markazlashtirish postiga simsiz tarmoq orqali uzatiladi va harakatdagi tarkib stansiyaga kirishda kirish svetofori oldida yoki o'tish svetofori oldida o'txatiladi. Ushbu kontaktsiz mikroprotsessorli qurilmani avtonom va elektr tortqili magistral temir yo'l uchastkalarida qo'llash mumkin. Ushbu kontaktsiz tarmoq asosidagi mikroprotsessorli harakat tarkibining izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasi tizimida foydalanilayotgan boshqa temir yo'l avtomatika va telemexanika tizimlaridagi qurilmalar bilan birgalikda foydalanilish imkoni mavjud [5].

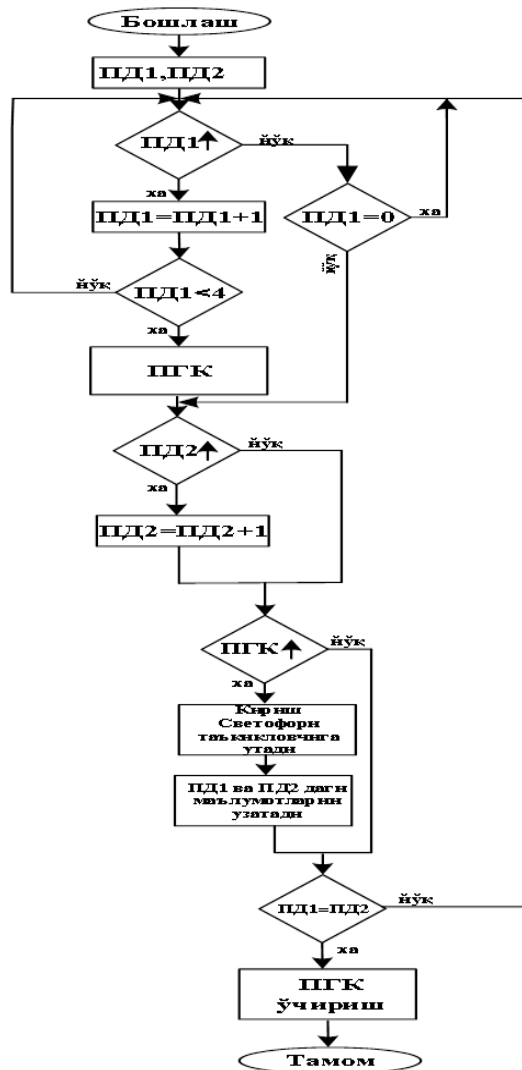
Bugungi kunda raqamli texnologiyalar rivojlanayotgan bir vaqtda temir yo'l uchastkalarida poezdlar harakat xavfsizligini ta'minlashda nazorat qilish va boshqarish qurilmalarini dasturiy ta'minotlarsiz tasavvur qilib bo'lmaydi. Simsiz tarmoq asosidagi harakatdagi tarkibning pastki gabaritini yorug'lik nuri hosil qilish qurilmasi uchun



С++ dasturlash tilida mikroprotessorli boshqarish uchun dasturiy ta'minot yaratilgan. Dasturiy ta'minot asosidagi simsiz tarmoqi infraqizil datchiklardan va elektrmagnit yo'l datchiklaridan ma'lumot o'z vaqtida qabul qilib, ularni bir-biriga bog'liqligini ta'minlashga, hamda olingan ma'lumotlarni raqamli signallarga aylantirib simsiz tarmoq orqali bir vaqtning o'zida stansiya navbatchisi (ARM-DSP) va elektromexanik (ARM-ShN) avtomatlashtirilgan ish stoli monitoriga chiqarish imkoniyatini beradi.

Peregonda yarimavtomatik blokirovka tizimi misolida harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasining strukturaviy sxemasi ishlab chiqilgan bo'lib, bu yerda pastki gabarit konturini hosil qilish uchun 3 ta (A-B, C-D, E-F) infraqizil uzatuvchi va qabul qiluvchi pastki gabarit datchiklari maxsus yog'och shpalga o'rnatilgan bo'lib, harakat tarkibi yo'q bo'lganda ishsiz holatda bo'ladi va ARM-DSP monitoridagi "HTICHNQQ" indikatsiyasi oq chiroq yongan holatda bo'ladi, 2 ta elektromagnit yo'l datchiklari relsga o'rnatilgan bo'lib, ular harakat tarkibining izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasiga harakat tarkibini yaqinlashishini g'ildirak juftligi o'qlari gardashini yaqinlashishi bilan sezgir elementi orqali aniqlaydi, ya'ni yo'l datchiki g'altigidan oqayotgan tok nolga yaqinlashadi va yo'l datchiklari simli tarmoq orqali mikroprotessorli boshqaruv shkafiga tok oqimi nolga teng bo'lgan holat to'g'risida ma'lumotni uzatadi. Birinchi g'ildirak juftligi o'qlari yaqinlashish uchastkasiga kirib kelishi bilan elektromagnit yo'l datchigi (ogohlantiruvchi svetofor yonidagi), yaqinlashish uchastkasini bo'sh bandligini tekshirishdan tashqari qo'shimcha tarzda ma'lumotlar simli tarmoq asosida boshqaruv shkafiga uzatilishi natijasida infraqizil uzatuvchi va qabul qiluvchi pastki gabarit datchiklarini ishga tushiradi va pastki nazorat gabarit konturini hosil qiladi. Shuningdek bir vaqtning o'zida poezd g'ildirak juftligi o'qlari soni aniqlanadi, olingan ma'lumotlar simsiz tarmoq orqali markazlashtirish postiga uzatiladi xamda ma'lumotlar simsiz tarmoq yordamida qabul qilinadi va ARM-DSP monitoridagi "HTICHNQQ" indikatsiyasi chirog'i oq chiroqdan yashil chiroqqa o'zgaradi. Pastki gabarit nazorat seksiyasidan g'ildirak juftligi o'qlari chiqishi holatida esa, chiqish elektromagnit yo'l datchiklari g'ildirak juftligi o'qlari o'tganligi to'g'risida simli tarmoq asosida boshqaruv shkafiga ma'lumotlarni jo'natadi, agar pastki gabarit nazorat seksiyasiga kirish jarayonidagi g'ildirak juftligi o'qlari soni chiqishdagi g'ildirak juftligi o'qlari soniga teng bo'lsa, u holda pastki gabarit nazorat seksiyasi bo'shligi to'g'risidagi ma'lumot boshqaruv shkafiga uzatilishi orqali infraqizil uzatuvchi va qabul qiluvchi pastki gabarit datchiklari ishsiz holga keladi va bu jarayonlar simsiz tarmoq orqali markazlashtirish postiga uzatiladi hamda ma'lumotlar simsiz tarmoq yordamida qabul qilinadi. Markazlashtirish postidagi mikroprotessorli markazlashtirish bilan pastki gabarit nazorat qurilmasi bog'lovchi sxemasidagi releni ishga tushiradi va ARM-DSP monitoridagi "HTICHNQQ" indikatsiyasi chirog'i yashil chiroqdan oq chiroqqa o'zgaradi va o'z holatiga qaytadi[8]

Harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasining ishlash algoritmi ishlab chiqilgan va u quyidagi 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm. Harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmasining ishlash algoritmi

### 3. Xulosa

Ishlab chiqilgan kontaktsiz tarmoq yordamida va ma'lumotlarni simsiz uzatish temir yo'l xarakatlanuvchi tarkibida pastki gabaritdan tashqariga chiqadigan qismlarni, harakatlanuvchi tarkib qismlarining sudralib kelmayotganligi yoki g'ildirak juftliklarining temir yo'l izidan chiqib ketmaganligini avtomatik ravishda aniqlash qurilmasini avtonom tortqili va elektr tortqili temir yo'l uchastkalarida qo'llash imkoni yaratilgan. Temir yo'l uchastkasidagi kontaktsiz harakat tarkibini izdan chiqishini nazorat qilish qurilmalarini markazlashtirish orqali boshqarish va nazorat qilish usuli ishlab chiqilgan. Yaratilgan mikroprotessorli infraqizil datchiklardan va elektrmagnit yo'l datchiklaridan foydalangan holda yaratilgan tizim ma'lumot olish, ishlatish shuningdek ushbu ma'lumotlarni simsiz tarmoq asosida uzatish jumladan tizimni pastki gabarit konturi hosil qilishda metal o'tkazgichsiz infraqizil datchiklardan foydalanishi orqali sarflanadigan elektr energiya harajatlarini va ishlab chiqarishda boshqa harajatlarni kamaytirishga erishilgan.



## Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Хидиров Э.И., Болтаев С.Т. “Ўзбекистон темир йўллари” АЖнинг сигналлаштириш ва алоқа хўжалиги қурилмаларидаги носозликлар таҳлили. Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. Volume Issue 5

[2] Типовые материалы для проектирования, 411312-ТМП Включение устройств контроля схода и волочения деталей подвижного состава (УКСПС). Включение контрольно-габаритных устройств (1 альбома). Институт по проектированию сигнализации, централизации, связи и радио на железнодорожном транспорте «Гипротрансигнальсвязь»-Филиал ОАО «Росжелдорпроект», 2013г.

[3] Ю.М. Кравченко. Контроля негабаритности грузов на подвижном составе Железнодорожный путь: часть 1. Габариты. - Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2014. 30 с.

[4] Автоматизированные системы контроля подвижного состава : учеб. пособие / В. В. Бурченко ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 226 с. ISBN 978-985-554-950-6

[5] Janibek F. Kurbanov, Natalya V. Yaronova, Erkin I. Khidirov “Contactless Control System is a Dimensional Device for Monitoring Rolling Stock in the Process of their

Movement” 2024 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon)

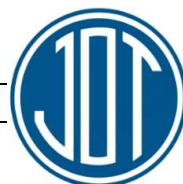
[6] Красильников В. С. Узлы крепления платформы для устройств контроля схода подвижного состава / В. С. Красильников // Автоматика, связь, информатика. – 2022 – № 6 – С. 12-14.

[7] Красильников В.С. О тенденции развития напольных устройств контроля схода подвижного состава / Эпоха путей сообщения: традиции, современность, перспективы. Материалы междунар. науч.- методич. конф., Самара, Оренбург, 21 октября 2021 г. // Самара: СамГУПС, 2021 С.103-107.

[8] Janibek F. Kurbanov, Natalya V. Yaronova, Erkin I. Khidirov “MicroprocessorBased System for Identifying Oversizes in Railway Transport” 2024 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM).

## Mualliflar to‘g‘risida ma’lumot/ Information about the authors

Xidirov Erkin Toshkent davlat transport universiteti  
Irgashevich / “Radioelektron qurilmalar va tizimlar”  
Khidirov Erkin kafedrasi doktoranti  
Irgashevich E-mail: erkin\_xidirov1988@mail.ru  
Tel.: +998998730395  
<https://orcid.org/0009-0009-6649-4705>



## Visco-elastic analysis of asphalt concrete

I.S. Sadikov<sup>1</sup><sup>a</sup>, E.B. Joldasbaev<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** One of the load-bearing elements of the pavement is the asphalt binder, a viscoelastic, thermoplastic substance that has the stiffness of an elastic solid body but also flows and loses energy as a viscous fluid due to frictional losses. Asphalt materials have been studied using creep testing at multiple service temperatures. One of the most significant pavement distresses is persistent strain or rutting. It is thought that the primary cause of rutting in asphalt pavements is the accumulation of tension in the asphalt binder driven due to traffic. The commercial software ABAQUS CAE is utilized to simulate the creep behavior of asphalt concrete samples modeled as 2D bar elements. The viscoelastic properties of the material are characterized using the Prony series, enabling the numerical results to closely align with experimental observations. The outcomes of the analysis are presented as strain-time and displacement-time graphs.

**Keywords:** Asphalt-concrete, ABAQUS, Creep test, Visco-elastic analysis

### 1. Introduction

Granular composites including mineral aggregates, asphalt binder, and air spaces compose asphalt pavements. The binder and the mineral aggregates are the two load-bearing ingredients in asphalt mixtures. The refinement of crude oil yields asphalt binders. They are made from the thick residue left behind after fuels and lubricants are refined. Under the majority of pavement operating circumstances, asphalt, a thermoplastic substance, exhibits viscoelastic qualities. [1] Permanent deformation or rutting, which happens at high operating temperatures and is considered to be primarily caused by the accumulated strain in the asphalt binder, is one of the distress modes of asphalt pavements. Rutting is characterized by longitudinal surface depressions along the wheel paths of a pavement. The gradual buildup of longitudinal depressions in a wheel path under repeated loading is identified as rutting in asphalt pavements.[2] Air voids, asphalt binder, and mineral aggregates make up the viscoelastic asphalt mixture. One of the load-bearing ingredients in asphalt mixtures, asphalt binder is a viscoelastic, thermoplastic substance that has the stiffness of an elastic solid body but also flows and loses energy as a viscous fluid due to frictional losses.[3] Its characteristics are dependent on time and temperature[4] The asphalt material softens and takes on characteristics of a viscous fluid at higher temperatures and longer loading periods. The asphalt material stiffens and behaves more like an elastic material at lower temperatures and faster loading. Because of this, rutting is particularly important in slower-moving traffic and throughout the year's hotter months.

[5]. In 1987, the Federal Highway Administration launched a national research initiative known as the Strategic Highway Research initiative, or SHRP, after realizing the shortcomings of the conventional asphalt binder characterisation process [6]. Superpave® (Superior Performance Asphalt Pavements) was the end result of the SHRP research project. The Superpave® was created to offer performance-related characteristics that logically connect to pavement performance [5]. In 1993, Superpave® introduced the Dynamic Shear Rheometer (DSR), a device

for measuring the mechanical characteristics of binder. This tool offered a practical way to assess the ability of the binder for withstanding rutting. The DSR works on the basis of applying sinusoidal, oscillatory stresses or strains to a thin bitumen disc that is positioned between two parallel plates throughout a range of temperatures and loading frequencies. [6] According to Anderson et al. [6], the strain-stress curve's calculation of the total dissipated energy is what causes rutting.

$$W_i = \pi \times \tau_0^2 \times \frac{1}{\frac{G^*}{\sin \delta}} \quad (1)$$

$W_i$  = total energy dissipated at the  $i$ th cycle,  $\tau_0$  - maximum stress applied,  $G^*$  -complex modulus,  $\delta$  = phase angle.  $|G^*|/\sin \delta$  was introduced as the rutting parameter. Equation 1 shows that increasing the rutting parameter  $|G^*|/\sin \delta$  causes dissipated energy to decrease and, as a consequence, more rutting occurs.

Materials can exhibit various mechanical characteristics, including linear elastic (Figure 1), viscous, and viscoelastic behaviors. Viscoelasticity combines the properties of elasticity and viscosity and is often modeled using mechanical analogs such as the Maxwell (Figure 3) and Kelvin models.[7]

In a linear elastic material(Figure 1), deformation occurs upon the application of a load, but when the load is removed, the material returns to its original shape, exhibiting no permanent deformation.

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (2)$$

where:  $\epsilon$ -strain,  $\sigma$ -stress,  $E$ -elastic modulus.


Conversely, viscous materials (Figure 2) experience permanent deformation when a load is applied, as they cannot recover their original form after the load is removed.

$$\dot{\epsilon} = \frac{\eta}{\sigma} \quad (3)$$

Where  $\dot{\epsilon}$ =strain rate,  $\eta$ = viscosity, and  $\sigma$ =applied stress. The relationship between stress and strain can be expressed in terms of compliance, ( $t$ )

The Maxwell model (Figure 3) represents a viscoelastic material as a combination of an elastic spring and a viscous dashpot in series. This configuration captures the time-

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2595-288X>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0005-4959-0069>



dependent strain behavior under stress, resulting in a nonlinear strain-time relationship. [8,9,10]

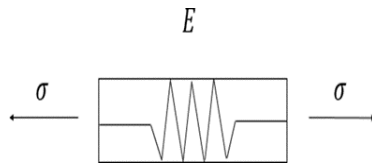


Figure 1. Elastic linear material.



Figure 2. Linear Viscous Dash-pot

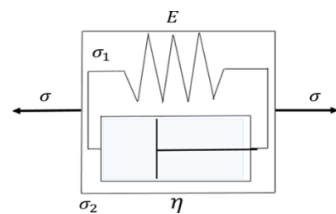


Figure 3. Maxwell model

## 2. Methods and materials

### 2.1. Creep test modeling in ABAQUS

Creep is a highly significant phenomenon in the world of mechanics and materials. The importance of creep analysis is due to its occurrence in various industries and the huge and irreversible damage it can cause. Consequently, extensive studies have been conducted on this phenomenon and its reasons. Creep is typically a time-dependent phenomenon that occurs slowly and inconspicuously, sometimes catching us off guard. This highlights the importance of creep analysis and simulation.[11] Creep is a time-dependent deformation of materials occurring at elevated temperatures and within the range of stresses below the elastic limit of the material. [12] One of the methods for creep analysis is simulation and creep analysis in Abaqus. Abaqus is a powerful finite element simulation software that is highly efficient in analyzing and studying phenomena such as creep. Creep is a time-consuming phenomenon therefore, its analysis and investigation in experimental tests are challenging and costly. However, Abaqus software provides users with the capability to perform creep analysis with less time and cost. So far, numerous models have been developed for creep analysis, and Abaqus creep incorporates some of the best creep analysis models. In the following sections, we will introduce some of these models. [13,14] The creep behavior of asphalt concrete was simulated using the commercial finite element software ABAQUS CAE. A two-dimensional bar (Figure 4) model with dimensions of 100 cm in length and 10 cm in height was constructed for the analysis. The boundary conditions were defined such that one end of the bar was fully constrained in both the x- and y-directions, while the opposite end was subjected to a uniform pressure load. The simulation was conducted over a duration of 3600 seconds to evaluate the time-dependent deformation characteristics under sustained loading

conditions, providing insight into the creep response of the material.

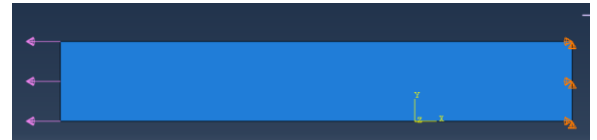


Figure 4. Material geometry, load and boundary conditions

### 2.2. Material definition and loading

To conduct viscosity analysis in ABAQUS, Prony series constants are essential. These constants are derived through the Prony series procedure to determine the coefficients of the generalized Maxwell Model. The Prony series model is commonly employed to represent relaxation moduli, a critical parameter characterizing the viscoelastic properties of bitumen. This model consists of one linear spring element and 'n' Maxwell elements, each characterized by an elasticity modulus for the springs and a viscosity coefficient for the dashpots. In asphalt pavement finite element analyses, Prony series[15,16] are extensively utilized for numerical modeling. Equations 4 in the provided model describe the primary equations for the time domains.

$$G(t) = G_{\infty} + \sum_{j=1}^n (G_j \cdot e^{-\frac{t}{\tau_j}}) \quad (4)$$

where  $G(t)$  is the complex modulus,  $G_{\infty}$ ,  $G_j$  and  $\tau_j$  are the Prony series coefficients.

By employing time-temperature superposition, the relaxation modulus can be determined across various temperatures, as expressed in Equation 3

$$\tau_j(T) = \alpha_T \cdot \tau_j \quad (5)$$

Here,  $\tau_j(T)$  represents the relaxation times at any given temperature, while  $\alpha_T$  denotes the shift factors applied to fit the William-Landel-Ferry (WLF) function. Subsequently, the Prony series constants were calculated based on the obtained data. Table 1 shows elasticity modulus of bitumen and Poisson's ratio.

Table 1  
Instantaneous elastic modulus and Poisson's ratio

Young's modulus (kPa)	Poisson's ratio
3060	0.37

Table 2  
The Prony series constants

g_i (shear modulus)	k_j (bulk modulus)	tau_i
0.074	0	436
0.1460	0	0.06
0.314	0	0.000143
0.376	0	7E-07

### 2.3. Meshing

This was achieved using the CAX4R element type, which is a 4-node bilinear axisymmetric quadrilateral element with reduced integration and hourglass control. The finite element meshing of the model was performed using quadrilateral elements of uniform size across the entire



domain to ensure consistent accuracy in the analysis. A total of 650 elements were generated, employing reduced integration to mitigate hourglass effects and enhance computational stability. The simulation spanned a total duration of 3600 seconds, with the maximum number of increments set at 10,000. The time increment parameters were defined as an initial increment size of 0.01 seconds, a minimum increment size of 1E-12 and an adaptive strategy to ensure convergence. The solution technique utilized a full Newton-Raphson method to accurately capture the nonlinear viscoelastic behavior. The analysis was conducted using a dynamic implicit approach, which is well-suited for capturing time-dependent deformation phenomena such as creep in viscoelastic materials.

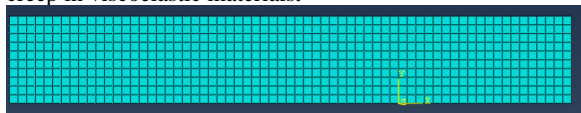


Figure 5. Meshing

### 3. Results and discussions

The creep test simulation performed in ABAQUS yielded critical insights into the mechanical behavior of the modeled asphalt concrete bar under sustained loading conditions. The results included the displacement in the x-axis (Figure 6), which provides a detailed representation of the time-dependent lateral deformation (Figure 7) of the material. This displacement data is crucial for assessing the viscoelastic response of the asphalt concrete and understanding its dimensional stability under prolonged stress.

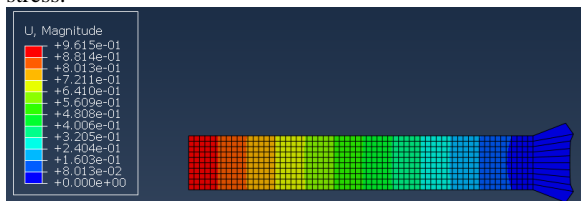


Figure 6. Displacement x-axis in the simulation

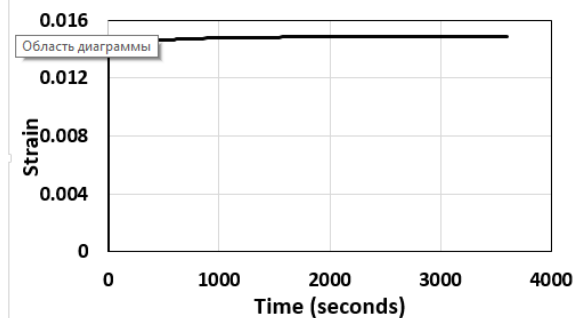


Figure 7. Strain-time relationship

In addition to displacement, the simulation produced von Mises stress (Figure 8) distributions throughout the bar. This stress metric is particularly valuable as it captures the equivalent stress, accounting for multi-axial loading conditions within the material. The von Mises stress distribution highlights regions of stress concentration, which can be indicative of potential failure zones or areas prone to accelerated creep deformation.

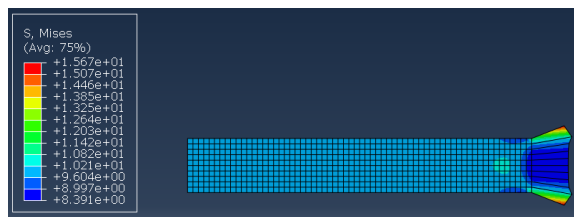


Figure 8. Von Mises Bau stresses in the simulation

These outcomes not only validate the material model employed in the simulation but also offer a foundation for comparing the numerical predictions against experimental results. Furthermore, they provide practical insights into the material's long-term performance, particularly in applications where durability and reliability under sustained loads are critical.

### 4. Conclusion

This numerical model serves as a valuable tool for enhancing our comprehension of the visco-elastic properties inherent in asphalt-concrete. Furthermore, it lays the groundwork for prospective endeavors involving experimental validation and further numerical simulations. By elucidating key characteristics, such as the displacement-time, strain-time this model not only deepens our understanding but also provides a platform for future research aimed at refining our grasp of bitumen behavior under varying conditions.

### References

- [1] Van der Poel C. A general system describing the visco-elastic properties of bitumen and its relation to routine test data. *Journal of Applied Chemistry*. 1954;4:221-236
- [2] Faheem A, Bahia H. Using gyratory compactor to measure mechanical stability of asphalt mixtures. *Wisconsin Highway Research Program*; 2004
- [3] Centeno M, Sandoval I, Cremades I, Alarcon J. Assessing rutting susceptibility of five different modified asphalts in bituminous mixtures using rheology and wheel tracking test (No. 08-0705); 2008
- [4] Hofstra A, Klomp AJG. Permanent deformation of flexible pavements under simulated road traffic conditions. In: *Third International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements*. Vol. 1. 1972. pp. 613-621
- [5] McGennis RB. *Background of SUPERPAVE asphalt mixture design and analysis*. Federal Highway Administration; Available through the National Technical Information Service; 1994
- [6] Anderson DA, Peterson JC, Christensen DW. Variations in asphalt cements and their effects on performance of asphalt concrete mixtures. In: *Presented to the Association of Asphalt Paving Technologies*; 1986
- [7] Kim YR. *Modeling of Asphalt Concrete* (the American Society of Civil Engineers). McGraw-Hill Professional; 2009
- [8] Bahia HU, Hanson DI, Zeng M, Zhai H, Khatri MA and Anderson MR. NCHRP Report 459, *Characterization of Modified Asphalt Binders in Superpave Mix Design*. Prepared for the National Cooperative Highway Research Program. Washington, D.C.: Transportation Research Board, National Research Council; 2001





[9] D'Angelo JA, Dongre R, Reinke G. Creep and recovery. *Public Roads*. 2007; 70(5):24-30

[10] Delgadillo R, Nam K, Bahia HU. Why do we need to change  $G^*/\sin \delta$  and how? *Road Materials and Pavement Design*. 2006;7(1):7-27

[11] Delgadillo R, Cho DW, Bahia HU. Nonlinearity of repeated creep and recovery binder test and relationship with mixture permanent deformation. *Transportation Research Record*. 2006b; 1962(1):2-11

[12] D'Angelo J, Kluttz R, Dongre R, Stephens K, Zanzotto L. Revision of the superpave high temperature binder specification: The multiple stress creep recovery test. *Asphalt Paving Technology*. 2007b;76(123)

[13] D'Angelo R, Dongre R, Reinke G. Evaluation of repeated creep and recovery test method as an alternative to SHRP+ requirements for polymer modified asphalt binders. In: *Proceedings, Canadian Technical Asphalt Association*, November; 2006

[14] Shenoy A. Refinement of the superpave specification parameter for performance grading of asphalt. *Journal of Transportation Engineering*. 2001;127 (5):357-362

[15] Shenoy A. Nonrecovered compliance from dynamic oscillatory test Vis-a-Vis nonrecovered compliance

from multiple stress creep recovery test in the dynamic shear rheometer. *International Journal of Pavement Engineering*. 2008;9:329-341

[16] Bouldin MG, Dongré R, D'Angelo J. Proposed refinement of superpave high temperature specification parameter for performance-graded binders. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2001;1766(1):40-47.



## Information about the authors

Ibragim Sadikov  
Tashkent State Transport University,  
chair of Automobile roads construction  
and maintenance, professor  
Tel.: +998903559698  
E-mail: jaamm.ru@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-2595-288X>

Er-Sultan Joldasbaev  
Baltabay uli  
Tashkent State Transport University,  
chair of Automobile roads construction  
and maintenance, teacher-assistant  
Tel.: +998995120997  
E-mail: joldasbaeversultan@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0005-4959-0069>



# Specific features of aircraft maintenance based on their technical condition

I.S. Maturazov<sup>1</sup><sup>a</sup>, D.J. Sarsenbaev<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** The article analyzes the importance of a condition-based approach to improving the efficiency of the technical maintenance (TM) system for aircraft. Methods for optimizing TM processes through operational data analysis, failure forecasting, and the effective organization of preventive measures are examined. Issues related to the differences between preventive and reactive maintenance and the application of modern diagnostic technologies are highlighted. The approaches presented in the article help enhance flight safety and reduce maintenance costs.

**Keywords:** aircraft, system, aviation instruments, regular inspections, CAMP, technical maintenance, diagnostics, parameter, safety, airworthiness

## 1. Introduction

Currently, the rapid development of the aviation industry and the increasing complexity of aircraft operations demand new approaches to maintenance systems. The importance of maintenance based on assessing the technical condition of aircraft is growing to ensure their safety and uninterrupted operation. This approach allows for continuous real-time monitoring of aircraft conditions, early detection of malfunctions, and the effective implementation of preventive measures. This article analyzes the specific features of maintenance based on the technical condition of aircraft, modern diagnostic technologies, and methods for optimizing preventive measures. This approach is crucial not only for enhancing flight safety but also for reducing maintenance costs [1; 2].

### Research analysis

Aircraft maintenance remains a cornerstone of aviation safety, reliability, and operational performance. The Maintenance, Repair, and Overhaul (MRO) sector is expected to reach \$90.85 billion in 2024, with a projected compound annual growth rate (CAGR) of 4.75% between 2025 and 2030. Maintenance costs constitute a significant portion of operational expenses: in 2023, labor accounted for 31%, and fuel for 22%. Given this economic significance, the industry seeks innovative approaches to enhance maintenance efficiency, reduce costs, and improve fleet readiness.

Recent technological advancements have accelerated the shift from static, time-based maintenance practices to dynamic, data-driven strategies such as condition-based maintenance (CBM). CBM is defined as “preventive maintenance based on monitoring system physical conditions, analyzing data, and determining necessary actions.” This approach represents a proactive strategy that aligns maintenance activities with the actual condition of aircraft systems. By predicting failures, optimizing task intervals, and reducing excessive interventions, CBM enhances operational efficiency and safety.

## 2. Methods and materials

Condition-Based Maintenance (CBM) for aircraft is based on the regular monitoring, diagnostics, and forecasting of their actual condition. This approach provides several key advantages:

1. Early Fault Detection – Modern sensors and diagnostic technologies enable the continuous collection and analysis of data about the aircraft's condition..

2. Efficient Organization of Preventive Measures – Preventive actions aimed at avoiding faults and damages are carried out accurately and in a timely manner..

3. Cost Reduction – Economic efficiency is achieved by minimizing unplanned repairs and maintenance activities, as well as optimizing the use of spare parts.

Condition-Based Maintenance (CBM) is one of the most advanced and effective maintenance methods in the aviation industry. This approach is based on the continuous monitoring and analysis of the technical condition of aircraft during their operation and organizing maintenance activities based on precise data. The CBM system plays a critical role in the efficient organization of maintenance by enabling early fault detection, implementing preventive measures, and ensuring accurate and timely maintenance operations.


### 1. Early Fault Detection and Prevention [4].

The key advantage of condition-based maintenance (CBM) is its ability to detect faults and technical errors before they occur. Through modern sensors, diagnostic technologies, and automated data analysis systems, precise information about the condition of each aircraft component is collected. This data is analyzed to predict the technical state and prevent potential failures before they happen. For instance, changes in engine temperature or vibration can be used to identify potential engine malfunctions.

### 2. Reducing Technical and Time Costs.

The condition-based approach is a method aimed at achieving both effective and cost-efficient maintenance. For example, compared to traditional preventive maintenance methods that rely on fixed intervals, CBM ensures that maintenance is performed only when specific faults or needs are identified in the aircraft. This reduces unnecessary and

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0003-4781-1601>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0009-0661-6977>



inefficient repairs, spare part replacements, and ambiguous costs. As a result, aviation companies can lower expenses and utilize resources more effectively.

### 3. Ensuring Continuity and Safety.

The CBM system plays a critical role in ensuring continuity and safety. By regularly monitoring the technical condition of an aircraft, any malfunction or hazardous situation can be quickly identified and effectively addressed beforehand. For instance, minor issues in complex components are resolved early, preventing major failures and mitigating threats to operational safety. This approach

helps to avoid numerous safety risks during the operation of aircraft, ensuring smooth and secure operations.

### 4. Extending Airworthiness.

Condition-Based Maintenance plays a crucial role in extending the airworthiness of aircraft. When the technical condition is accurately and efficiently monitored, components are repaired in a timely manner, prolonging their operational lifespan. This approach ensures the extension of airworthiness certificates and the overall operational life of the aircraft. Additionally, it reduces the need for new aircraft, leading to significant economic benefits.

Research Focus on CBM Streams

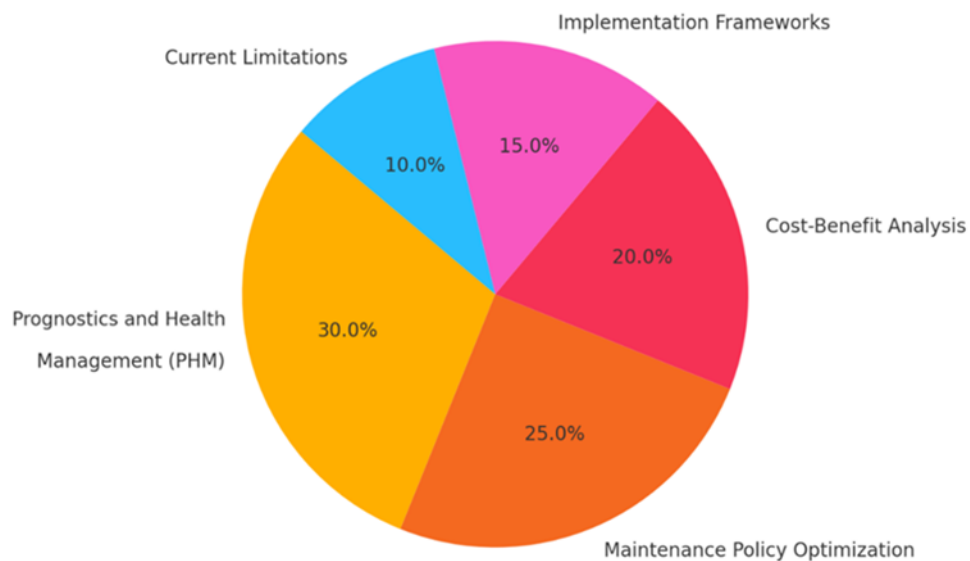


Fig. 1. Research on Condition-Based Maintenance

### 5. Innovative Technologies and Specialized Methods.

Another important aspect of condition-based maintenance is its reliance on modern innovative technologies and diagnostic methods. Techniques such as sensors, real-time monitoring, ultrasonic analysis, and vibration diagnostics provide accurate information about the technical condition. These methods and technologies offer professional aviators precise and reliable data on the current state of the aircraft, enabling efficient and prompt decision-making.

The three main elements of CBM are as follows.

#### 1. Monitoring the Technical Condition of the Aircraft.

This involves the systematic collection of data about the physical condition of the aircraft. Such data can be collected using the following methods:

- Onboard System Sensors: Collecting continuous or periodic data such as vibration levels, engine temperature, and structural stress.;
- Non-Destructive Testing (NDT): Utilizing methods such as visual inspection, acoustic vibration testing, and liquid penetrant testing..

This data provides critical diagnostic indicators and forms the basis for assessing and predicting the technical condition [3; 5].

#### 1. Aircraft Health Management (AHM).

AHM, also known as Integrated Aircraft Health Management (IAHM), analyzes the collected data to

evaluate the current and future technical condition of the aircraft.

- System Operations (Prognostics and Health Management - PHM): Focused on detecting system-level faults and predicting the Remaining Useful Life (RUL) of components;
- Structural Operations (Structural Health Monitoring - SHM): Detecting, assessing, and predicting structural damage.

AHM uses physics-based and data-driven methods to accurately schedule maintenance periods.

#### 1. Maintenance Planning.

Based on the assessment of the technical condition, it determines the following:

- Required Actions: Identifies what maintenance is needed based on the expected conditions.
- Scheduling: Determines a schedule that minimizes operational disruptions.
- Resource Allocation: Ensures the availability of necessary personnel, tools, and spare parts. Figure 1.

#### Research Directions in CBM.

Academic research covers various aspects of CBM and focuses on the following directions:

#### 1. Prognostics and Health Management (PHM):

This direction focuses on developing models and algorithms for predicting system and structural element failures and assessing the Remaining Useful Life (RUL).



These frameworks utilize advanced data analysis techniques and machine learning to improve prediction accuracy.

## 2. Maintenance Policy Optimization:

Research focuses on optimizing maintenance schedules based on cost, reliability, and availability. Key directions include:

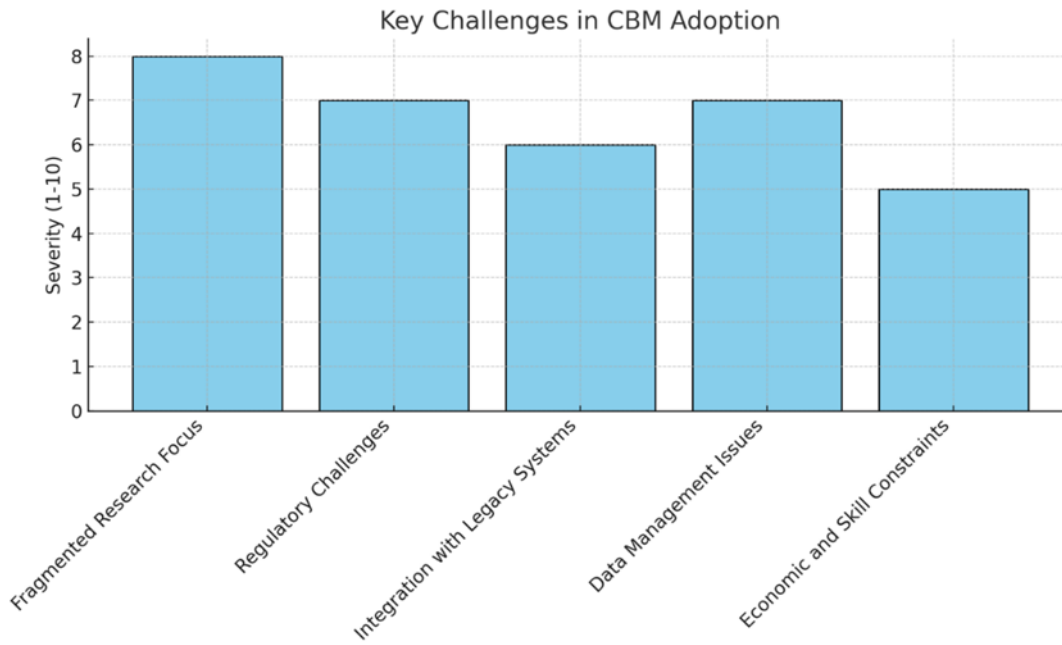
- Scheduling line maintenance
- Minimizing unscheduled maintenance
- Fleet-level planning to reduce operational costs.

## 2. Cost-Benefit Analysis:

Research evaluates the economic impact of implementing CBM, highlighting its role in reducing asset downtime and maintenance costs.

## 3. Implementation Frameworks (Amalga Oshirish Ramkalari):

Research focuses on addressing challenges encountered in implementing CBM in practice. For example, the Open System Architecture for Condition-Based Maintenance (OSA-CBM) standard defines six functional blocks, including data acquisition, health assessment, and recommendation generation.



**Fig. 2. Key Challenges in CBM adoption**

### Practical Limitations and Gaps.

Despite advancements in CBM, several significant limitations persist:

#### •Fragmented Research Directions:

Many studies focus on specific components of CBM, such as PHM or SHM, but do not consider the comprehensive lifecycle-based framework of CBM.

#### • Challenges in Regulatory and Standardized Approaches:

The aviation industry is governed by stringent regulatory standards that lag behind technological advancements. The lack of standard protocols for implementing CBM complicates certification processes.

#### • Integration with Legacy Systems:

Many airlines operate mixed fleets that lack modern sensors and data acquisition systems. Upgrading these aircraft to support CBM is expensive.

#### • Data Management Challenges:

CBM relies on collecting and analyzing large volumes of data. Issues with data quality, storage, and compatibility between different systems can complicate analyses.

#### • Limited Collaboration:

The gap between academic research and practical application is widening due to insufficient collaboration within the industry.

#### • Economic Issues:

The initial investments required to implement CBM technologies can be expensive for smaller operators [7].

#### • Skill and Workforce Shortages:

Transitioning to CBM requires skilled personnel in data analysis, sensor technologies, and predictive strategies. Figure 2.

## 3. Conclusion

Condition-based maintenance (CBM) of aircraft is one of the emerging and significant directions in the aviation industry. Unlike traditional preventive and reactive maintenance methods, this approach focuses on enhancing the efficiency of maintenance through condition-based monitoring and diagnostics. This type of CBM is primarily aimed at analyzing the individual condition of each aircraft, which helps ensure safety in the aviation sector, extend operational lifespan, and reduce maintenance costs. The main advantages of condition-based maintenance include early fault detection, effective implementation of preventive measures, and organizing maintenance according to the precise condition. This approach enables direct identification of various faults and technical errors during the operation of aircraft, thereby preventing accidents and significant technical failures.

Moreover, the use of modern technologies and diagnostic tools further improves the efficiency of CBM. Advanced methods such as sensors, automated data analysis, ultrasonic diagnostics, and vibration diagnostics provide aviators with comprehensive and reliable real-time information about the condition of aircraft. This enables





them to make effective decisions. In the future, the widespread adoption of condition-based maintenance will benefit airlines and aviation organizations not only by ensuring safety but also by providing economic advantages. By coordinating maintenance, implementing modern methods and technologies, and enhancing efficiency, safety, and continuity, the aviation industry can achieve significant advancements. This approach plays a vital role in further developing and modernizing maintenance systems in the aviation sector.

## References

- [1] Abdukayumov A., Maturazov I.S. Improvement of radio electronic equipment diagnostic system / AIP Conference Proceedings 2432, 030044. – 2022. (SCOPUS).
- [2] Abdukayumov A., Maturazov I.S. Research on aircraft remote diagnostics system / Научный журнал транспортных средств и дорог. – Тошкент, 2022. – №3. – С. 139-145.
- [3] BS EN 13306:2017; Maintenance—Maintenance Terminology. British Standards Institution: London, UK, 2017. Available online: [www.bsigroup.com](http://www.bsigroup.com)
- [4] Feng, Q.; Bi, X.; Zhao, X.; Chen, Y.; Sun, B. Heuristic hybrid game approach for fleet condition-based maintenance planning. *Reliab. Eng. Syst. Saf.* 2016, 157, 166–176.
- [5] European Commission. Directorate-General for Mobility and Transport; Directorate-General for Research and Innovation. Flightpath 2050: Europe’s Vision for

Aviation: Maintaining Global Leadership and Serving Society’s Needs. Publications Office. 2011. Available online: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/50266>.

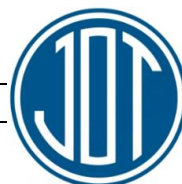
[6] Lin, L.; Luo, B.; Zhong, S. Multi-objective decision-making model based on CBM for an aircraft fleet with reliability constraint. *Int. J. Prod. Res.* 2018, 56, 4831–4848.

[7] Tseremoglou, I.; van Kessel, P.J.; Santos, B.F. A Comparative Study of Optimization Models for Condition-Based Maintenance Scheduling of an Aircraft Fleet. *Aerospace* 2023, 10, 120.

## Information about the authors

Maturazov Izzat Solievich / Maturazov Izzat Solievich  
Toshkent davlat transport universiteti “Aviatsiya transporti muhandisligi fakulteti” dekani, (PhD),  
E-mail: [maturazov\\_i@tstu.uz](mailto:maturazov_i@tstu.uz)  
Tel.: +998712990357  
<https://orcid.org/0009-0003-4781-1601>

Sarsenbaev Dautibay / Sarsenbaev Dautibay Joldasbaevich / Sarsenbaev Dautibay Joldasbaevich  
Toshkent davlat transport universiteti “Aviatsiya injiniringi” kafedrasida doktoranti.  
E-mail: [sarsenbayevdautit@tstu.uz](mailto:sarsenbayevdautit@tstu.uz)  
Tel.: +998906513365  
<https://orcid.org/0009-0009-0661-6977>



## Improving the composition of oils used in hydraulic systems

Z.H. Alimova<sup>1</sup><sup>a</sup>, A.G. Qurbonov<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** In this article, one of today's global problems is the increasingly widespread use of hydraulic drives to drive hydraulic mechanisms in modern road construction techniques. Use of hydraulic systems in lifting mechanisms and braking systems of technological machines. Hydraulic systems are used to transmit power, move aggregates and mechanisms, and due to the high demand for hydraulic systems, research aimed at developing them has become a leader. The results of the conducted scientific research serve as a basis for achieving our main goal.

**Keywords:** autograder hydraulic system, hydraulic oils, viscosity, corrosion resistance, hydraulic cylinders

## Gidravlik sistemalarda qo'llaniladigan moylarning tarkibini yaxshilash

Alimova Z.X.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Qurbonov A.G.<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada bugungi kundagi global muammolardan biri zamonaviy yo'l qurish texnikalarda gidravlik mexanizmlarni harakatga keltirish uchun gidravlik yuritmalardan tobora keng foydalanilmoq. Texnologik mashinalarining ko'tarish mexanizmlarida, tormoz tizimlarida gidravlik sistemalardan foydalanilmoq. Gidravlik sistemalar quvvatni uzatish, agregat va mexanizmlarining harakatga keltirish uchun ishlatiladi va gidrotizimlarga talab yuqoriligidan kelib chiqqan xolda ishlab chiqishga qaratilgan tadqiqotlar etakchi o'rinni egallashga erishish. Olib borilgan ilmiy tadqiqotlarning natijalari asosiy ko'zlangan maqsadimizga erishish uchun asos sifatida xizmat qiladi.

**Kalit so'zlar:** avtogreydr giravlik sistemasi, gidravlik moylar, qovushqoqlik, korrozyananuvchanlik, gidrosilindirlar

### 1. Kirish

Xar bir davlat kabi yurtimizda xam gidravlik moylarning sifati va tarkibini yaxshilash, bo'yicha keng qamrovli islohotlar olib borilmoqda. Amaliyotga joriy qilingan bir qancha tadbirlar va natijalarni ko'rishimiz mumkin. Xususan, Prezidentimiz tomonidan (PQ-2776 14.02.2017, PF-4954 14.02.2017, PQ-3682 27.04.2018) tasdiqlangan qaror va farmoishlar amalda o'z tasdiqini topgan.

AQSH, Germaniya, Shvetsiya, Yaponiya, Janubiy Koreya, Xitoy, Rossiya, Ukraina, Belorussiya va boshqa rivojlangan davlatlarda yo'l qurilishi va qishloq xo'jaligi sohaslarida traktorlar va mobil mashinalar gidravlik tizimlarini rivojlantirishga alohida etibor qaratilmoqda. Shu bilan birga, ko'p maqsadli mashina gidravlik tizimini yagona tizimga keltirishda tezlik va mavjudlik masshtab koeffitsiyentlarini qo'llash orqali gidroyuritmalarga o'rnatilgan[5].

Shu munosabat yo'l qurilish texnikasi gidrotizimlari uchun gidravlik moylarning ekspluatatsion xususiyatini oshirish texnologiyasini ishlab chiqish dolzarb muammolardan biridir.

#### Adabiyotlar taxlili

Gidravlik moylarning xususiyatlarini yaxshilash va bu orqali texnologik mashinalarning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish borasida ko'plab tadqiqotchilar va olimlar faoliyat yuritgan. Ularning ishlari gidravlik

tizimlarning samaradorligini, ishlash muddatini va ishonchligini oshirishga qaratilgan[8].

Prof. Ahmed Khan Gidravlik tizimlar uchun ekologik toza moylarni ishlab chiqish bo'yicha tadqiqotlar olib boradi. U gidravlik tizimlarning ishlash ko'rsatkichlarini yaxshilash uchun bio moylardan foydalanishni o'rgangan

Prof. Anna Petrova Gidravlik moylarning oksidlanish barqarorligini oshirish uchun qo'shimchalar va formulalar ishlab chiqdi

Gidravlik moylarning xususiyatlarini yaxshilash bo'yicha meyoriy xalqaro standartlar ishlab chiqilgan, xar bir harakatlanuvchi mashinalar uchun qat'iy amal qiladigan meyorga aylanib qolgan. Bu standartga yurtimiz xam a'zo bo'lgan[1].

Gidravlik tizimlarda ishlatiladigan moylarning ishlash muddatini oshirish uchun nanomateriallar qo'shilishi bo'yicha tadqiqotlar olib bormoqda. U nanohissalarning gidravlik moylar bilan o'zaro ta'sirini o'rganilgan. [2].

Odatda qovushqoqlikni haroratga bog'liqligini aniqlash maqsadida uni uchta haroratda formula yordamida 20°C, 40°C va 100°C harorat uchun aniqlanadi.

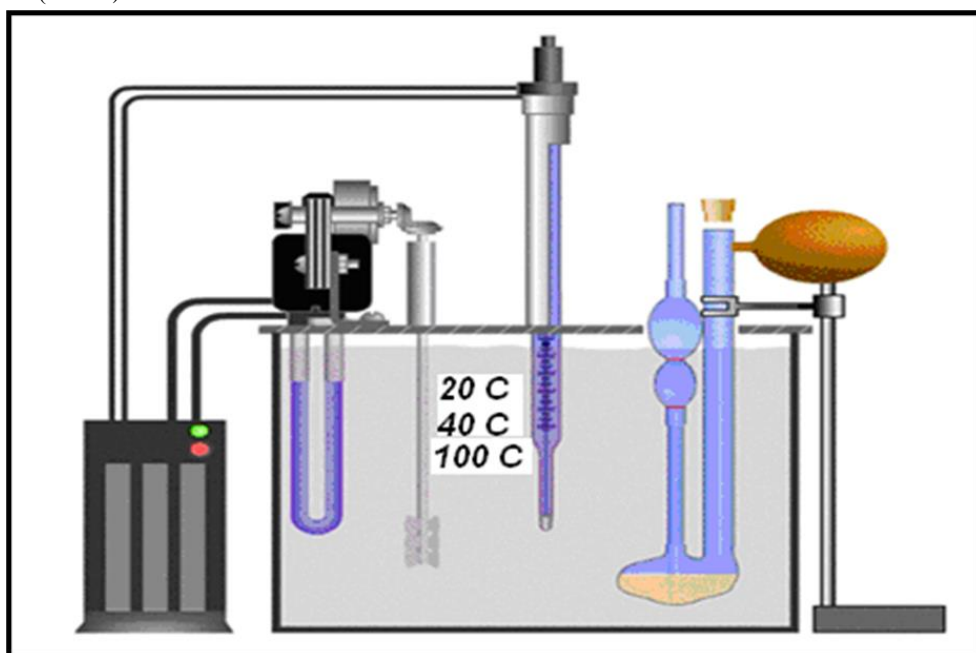
Qovushqoqliq qancha yuqori bo'lsa, moy pardasining ishonchligi shuncha yuqori bo'ladi. Lekin qovushqoqlik ortishi bilan moy qatlamlarini harakatga keltirish uchun kuch ko'proq sarflanadi, ichki ishqalanish koeffitsienti ortadi, quvvat esa kamayadi. Shuning uchun moylash materiallarining yuqori haroratda gidravlik sistemalarni

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6711-5318>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0001-5298-5839>



oson yurgizib yuborishni ta'minlaydigan qovushqoqlikka ega bo'lishi kerak. (1-rasm).



1 – rasm. Moylarning qovushqoqligini aniqlash asbobi [6]

## 2. Tadqiqot metodikasi

Tajriba – sinov ishlari quyidagi ketma-ketlikda salt ishlash rejimida amalga oshirildi. Gidravlik moylarning qovushqoqligi harorat pasayishi bilan keskin ortadi, shuning uchun uning qiymati qizigan dvigatel uzoq muddat ishlaganda ham past haroratda sovuq holatdagi dvigatelni ishga tushirganda ham suyuq ishqalanishni ta'minlaydigan darajada bo'lishi kerak. [3].

Turli maqsadlarda ishlatish uchun ishlab chiqariladigan moylash materiallarining asosiy qismi neftni qayta ishlash mahsulotlari asosida tayyorlanadi. Jumladan, gidrotizimlarda ishlatiladigan moylar va bir qator maxsus suyuqliklarning asosiy komponenti mazutdan ajratib olinadigan suyuq mineral moylardir. Qovushqoqlik engler gradus darajasida o'lchanadi, keyinchalik ular eng keng tarqalgan birliklarga keltiriladi - sentistoklar (cct). Moy turi harorat sharoitlariga qarab tanlaniladi.

Zamonaviy sharoitda texnologiy mashinalarni ishlab chiqarishda ushbu murakkab masalalar standartlashtirish, birlashtirish va umumlashtirish asosida muvaffaqiyatli hal qilinmoqda.

Texnologiy mashinalar yordamida quvurlar, shlanglar va barcha gidravlik yuritma jihozlari ishlash jarayonida tekshiriladi. Jihozlar ishonchli tarzda mahkamlangan bo'lishi kerak, gidroyuritmaelementlarini jalb qilish uchun dastaklar ulanishi va ishchi holatda ishonchli ishlab turishi kerak.

Tekshirish paytida topilgan nosozliklar bartaraf etiladi va shundan keyingina mashinani ishga tushirish mumkin. Gidrotizimning uzluksiz ishlashi va uning xizmat qilish muddatini ko'paytirish uchun har bir maxsus mashinaning foydalanish ko'rsatmalarida ko'rsatilgan texnik xizmat ko'rsatmalarga qat'iy rioya qilish kerak. Ammo gidravlik yuritmaga ega bo'lgan turli xil yer qazish mashinalari o'rtasidagi barcha farqlar bilan, ularning gidravlik tizimlariga xizmat ko'rsatishning umumiy qoidalari mavjud.

Suyuqlik darajasi pasayganda, kechki to'xtab turish joyida tizim tekshiriladi va sirdagi moy izlari bilan ishchi suyuqlik to'kiyotgan joyi aniqlanib, bakga talab qilingan darajada moy quyiladi va tajriba o'tkaziladigan vositalar ko'zdan kechiriladi. Moylarning gidravlik sistemalarda ishlash sharoiti juda og'ir: bu yerda haroratlar farqi juda katta bo'lib, ish harorati 60-80°C ga yetadi. Gidravlik suyuqliklar (moylar) ishqalanuvchi yuzalarning turli rejimlarida ishonchli ishlashini ta'minlovchi qovushqoqlikka hamda ishqalanuvchi qismlarning yeyilishini sekinlatish uchun yaxshi moylash xossalari ega bo'lishi lozim.

Harorat o'zgarganida gidrotizim ishonchli ishlashi uchun moyning qovushqoqligi katta bo'lmayligi kerak.

Qishda manfiy haroratda ishqalanuvchi sirtlarga moy tez yetib borishini ta'minlashi uchun ularning qotish harorati past bo'lishi kerak.

1-jadval

### Qovushqoqlikni aniqlash

Qovushqoqlik Klassi	40°C dagi kinematik qovushqoqlik, mm <sup>2</sup> /s
5	4,30-5,10
7	6,15-7,50
10	9,0-11,0
15	14-17
22	20-24
32	29-35
46	42-50
68	61-74
100	90,0-110,0
150	135,0- 165,0



Gidravlik moylari neft qoldig'i bo'lgan mazutni vakuum ostida qayta ishlab olinadi. Gidrotizimdagi nasosning ishlashi davomida moy qiziydi va yuqori ish haroratida moylar oksidlana boshlaydi. Moyning oksidlanish mahsulotlari to'planib, bir biriga yopishib qolishi natijasida smolali birikmalarga aylanib qoladi. Bu esa gidravlik tizimni tez ishdan chiqishiga olib keladi.

O'rganishlar natijasida olingan tahlillar shuni ko'rsatadiki, gidravlik sistemalarni tez ishdan chiqishini asosiy sababi (70%) gidravlik moylarning holatiga ta'sir ko'rsatar ekan. Ulardan: 60% i moyning tozaligi va 40% i moyning sifat ko'rsatkichlariga bog'liq ekan.

Mamlakatimiz xalq xo'jaligining rivojlanishi texnologik mashinalar uchun foydalaniladigan yo'llar tarmogini kengayishi, ularni saqlash va ta'mirlash bo'yicha ish xajmini kengayib borishi, ishlab turgan yirik yo'l va shaxobchalarini qayta qurish, yangilash, aerodromlarni qayta qurilishi: ularni ta'mirlash va soz xolatda saqlash masalalari bilan uzviy bogliqdir. Texnologik mashinalarda va kommunal mashinasozligi xalq xo'jaligining asosiy tarmoqlaridan xisoblanadi. Ilmiy tekshirish taraqqiyoti va industrial qurilish texnologiyasining yutuqlarini taqribi texnologik mashinalar rivojlanishini asosiy yo'nalishlarini ajratishga imkon beradi. Ular mashinasozlikdagi rivojlanishlar, ilmiy texnik revolyutsiya va mamlakat xalq xo'jaligini talablarining umumiy yo'nalishlari bilan bogliqdir. Yo'l-qurilish mashinalarida qo'llaniladigan gidravlik yuritmalarni hajmiy gidravlik yuritmalarga va gidrodinamik yuritmalarga bo'linadi. Hajmiy gidravlik yuritmalarni ko'p hollarda barcha qismlari va birikmalari bilan mexanik uzatishlarni ta'minlaydi. O'rnatilgan hajmiy gidravlik yuritmalardan tashkil topgan: hajmiy nasos, gidravlik dvigatellar, boshqaruvchi va tartibga soluvchi gidravlik uskunalarni, gidravlik klapanlar, gidravlik hajmlar, gidravlik liniyalarni va boshqa moslamalarni.

Gidrodinamik yuritma mexanik transmissiyada qo'llanilganda, faqat uning ilashish muftasi almashtiriladi. Ushbu yuritmada ishchi suyuqlik aylanish jarayonida markazdan qochma g'ildiragi orqali harakatlanadi va qattiq ulanish bo'lmagan taqdirda, aylanadigan suyuqlikning energiyasi turbina g'ildiragida amalga oshiriladi. Yetakchi va yetaklanuvchi bo'g'inlar ishlashi, odatda, germetik yopilgan korpusda amalga oshiriladi. Kinematik qovushqoqlik quyidagi formula orqali aniqlanishini ko'rib chiqdik  $\eta = \frac{P_{\text{ch}}}{P_{\text{ct}}}$  [4]. Vakuumli kolonnada mazut qovushqoqligi har xil bo'lgan (qaynash harorati 350–500°C oralig'ida) moy distillatlariga ajratiladi. Vakuumda haydash mazutni parchalanishidan saqlab, qizdirish haroratini pasaytirib moy fraksiyalarini ajratishni osonlashtiradi. [7]

### 3. Tahlil va natijalar

O'tkazilgan tajriba natijalarini jadval ko'rinishida ishlab chiqdik. Gidravlik moyda erigan holda mavjud bo'lgan uglevodorod oksidlanish mahsulotlari (qatronlar, organik kislotalar) yopishqoqlik va kislotalar sonining oshishiga yordam beradi va porshen halqalarida yonishiga laklar ayniqsa xavfli yopishqoq qatlamlarning shakllanishi uchun asos bo'lgan asfaltan birikmalari paydo bo'ladi. Gidravlik moylarning ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilash maqsadida ularga birdaniga turli xil xususiyatlarga ega bo'lgan bir nechta organik birikmalar qo'shiladi. Bu qo'shimmalar moyning bir qator xususiyatlarini yaxshilash maqsadida qo'shilganligi tufayli ular ko'p funksiyali

qo'shimmalar deb yuritiladi. Bundan tashqari gidravlik moylarning ekspluatatsion xususiyatining yaxshilanishi uchun ko'pirishga qarshi qo'shimmalarni qo'shish lozim, bu qo'shimchalar ish jarayonida gidravlik moyi kuchli ko'pirishi mumkin, buning natijasida ishqalanuvchi yuzalarni moylash sifati sezilarli darajada yomonlashadi. Gidravlik moyning ko'pirish darajasi moyning qovushqoqlik va zichligiga, shuningdek, haroratga bog'liq. Avtotransportning past tezlik rejimlarida ishlashi, yengil yuklar, tez-tez va uzoq to'xtashlar, dvigatelnin uzoq vaqt bo'sh turishi dvigatelda ish haroratining pasayishiga, yoqilg'ining to'liq yonish mahsulotlari bilan karter moyining yanada qattiq ifloslanishiga, moyni yoqilg'i bilan suyultirishga olib keladi. Tayyorlangan moylarning qovushqoqlik va xaroratga chidamlilik xossalari laboratoriya sharoitida aniqlab natijalarini jadvallarga kiritdik.

2-jadval

HD-46 gidravlik moyning aniqlangan natijalari

№	Moyning sifat ko'rsatkichlari	Sinalgan moyni tekshiruv natijasi HD-46	GOST bo'yicha norma
1	Qovushqoqlik, mm <sup>2</sup> /s 40°C uchun	46	41-50
2	20°C dagi zichligi, g/sm <sup>3</sup>	0,75	0,805
3	Alangalanish xarorati, °C	205	210
4	Qotish xarorati, °C	-25	-20 - (-32)
5	Ishqor soni, mg KON / 1g	6,1	4-7

3-jadval

HD-46+2% GL<sub>6</sub> gidravlik moyining aniqlangan natijalari

№	Gidravlik moyining HD-46 sifat ko'rsatkichi	O'tkazilgan tajriba natijasi	GOST bo'yicha norma
		HD-46+2% GL <sub>6</sub>	
1	Qovushqoqlik, mm <sup>2</sup> /s 40°C uchun	46	43-51
2	20°C dagi zichligi, g/sm <sup>3</sup>	0,900	0,950
3	Alangalanish xarorati, °C	230	240
4	Qotish xarorati, °C	-32	-30 - (-40)
5	Suvning miqdori	-	-
6	Mexanik aralashmalar bor yo'kligi, %	0,007	0,030
7	Ishqor soni	6,1	4-7





#### 4. Xulosa va takliflar

Biz o'rganish natijasida gidravlik tizim uchun asos moy sifatida HD-46 moylarni qabul qilib oldik. Moylarning sifatini yaxshilash uchun ularga qo'shish mumkin bo'lgan qo'shilmalarni ko'rib chiqdik. Gidravlik sistemalar uchun eng muqobil qo'shilmalar ichidan edirilishga qarshi GL6 qo'shilmani tanlab oldik. Bu qo'shilmaning afzallak tomoni shundaki, bir vaqtda moyning bir necha xususiyatini qovushqoqligini xamda oksidlanishga qarshi xususiyatini ham oshirish imkoniyati bor ekan. Bundan kelib chiqadiki gidravlik moylarning tarkibini yaxshilash uchun unga qo'shadigan qo'shimchalarning miqdoriga etiborli bolish talab etiladi, qo'shiladigan qo'shimcha miqdori oshib ketsa gigravlik sistemaning xizmat vazifasini tugatishiga olib keladi.

Bizning vazifa moy tarkibiga qo'shiladigan qo'shimchani meyoyiy xolatini topishdir, shundan kelib chiqib bizga meyoriy xolati tekshirishlar natijasida ma'lum bo'ldiki GL6 qo'shilmani 2% qo'shish etarli ekan. Sababi yanada miqdorini oshirish alanganish xarorati va qovushqoqligini deyarli oshirmas ekan. Shuning uchun biz 2% qo'shishni taklif etdik. Bu taklifimiz gidravlik moyda harakatanlanuvchi mashinalarga tegishli. GL6 qo'shilmani gidravlik moylarda qo'llash keng samarali natijalarga erishishga olib keladi.

#### Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Alimova Z.X. Transport vositalarida ishlatiladigan ekspluatasion materiallar. –Тошкент: VNESHINVESTPROM, 2020. –270b.
- [2] Alimova Z.X. The Influence of the Process Off Oxidation of Engine Oils on Engine Performance and Improving Antioxidant Properties //Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent. 2018. – 8-17b.
- [3] Supplementary fueling of four-stroke cycle automotive diesel engines by prononefumigation

LowiAlwin SAE. Tech. Pap. Ser. 1984, N841389. – 19b  
<https://www.morrislubricantsonline.co.uk/group-ii-base-oil-migration-in-hydraulic-oil-formulations.html>

[4] Kutlimuratov, K., Khakimov, S., Mukhitdinov, A., & Samatov, R. (2021). Modelling traffic flow emissions at signalized intersection with PTV vissim. E3S Web of Conferences, 264, 02051.  
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402051>

[5] Asqarxo'jayev T.E. Shukurov R.U Yo'l qurilish mashinalaridan foydalanish. Toshkent. Shark, 2007.- 327 b.

[6] Tojiyev A. Qurilish mashinalari. Toshkent. 2000.- 300 b.

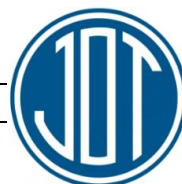
[7] Imomov, S., Kholikova, N., Alimova, Z., Nuritov, I., & Temirkulova, N. (2019). Oil Purification Devices Used in Internal Combustion Engines. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 9(1), 3103-3107 b.

[8] [https://www.researchgate.net/publication/360449427\\_Enhancing\\_the\\_tribological\\_properties\\_of\\_hydraulic\\_oil\\_based\\_nanolubricants\\_using\\_MWCNT-SiO2\\_hybrid\\_nanoparticles](https://www.researchgate.net/publication/360449427_Enhancing_the_tribological_properties_of_hydraulic_oil_based_nanolubricants_using_MWCNT-SiO2_hybrid_nanoparticles)

#### Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Alimova Zebo Toshkent davlat transport universiteti  
Xamidillayevna "Transport energetik qurilmalari"  
kafedrası professor t.f.n  
Tel: +998903207841  
<https://orcid.org/0000-0002-6711-5318>

Qurbonov Toshkent davlat transport universiteti  
Akramjon "Transport energetik qurilmalari"  
G'ofurovich kafedrası tayanch doktoranti  
E-mail:  
akramjonqurbonov8@gmail.com  
Tel: +998936818688  
<https://orcid.org/0009-0001-5298-5839>



# Analysis of types of detection of technical malfunctions in aircraft engines

I.S. Maturazov<sup>1</sup>, Sh.Sh. Shodiev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** This article presents an analysis of methods and types of detecting technical malfunctions in aircraft engines. Various malfunction detection methods, their advantages and limitations, as well as their application efficiency, are discussed. This analysis can be applied to improve aircraft maintenance and enhance flight safety. The article highlights modern methods of detecting malfunctions in aircraft engines and their importance.

**Keywords:** engine malfunctions, technical maintenance, detection methods, aircraft safety, and flight safety

## Havo kemalari dvigatellarining texnik nosozliklarini aniqlash turlarining tahlili

Maturazov I.S.<sup>1</sup>, Shodiev Sh.Sh.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada havo kemalari dvigatellarining texnik nosozliklarini aniqlash usullari va turlariga oid tahlil keltirilgan. Turli nosozliklarni aniqlash usullari, ularning afzalliklari va cheklovlari, shuningdek, ularni qo'llashning samaradorligi muhokama qilinadi. Ushbu tahlil havo kemalari texnik xizmatini yaxshilash va parvoz xavfsizligini oshirishda qo'llanilishi mumkin. Ushbu maqolada, havo kemalari dvigatellaridagi nosozliklarni aniqlashning zamonaviy usullari va ularning ahamiyati yoritilgan.

**Kalit so'zlar:** Dvigatel nosozliklari, texnik xizmat, aniqlash usullari, havo kemalari xavfsizligi, parvoz xavfsizligi

### 1. Kirish

Havo kemalari xavfsizligi va ularning samarali ishlashini ta'minlash aviatsiya sanoati oldida turgan eng muhim vazifalardan biridir. Dvigatellar texnik nosozliklarni aniqlash, ularning o'z vaqtida oldini olish va kerakli texnik xizmat ko'rsatish orqali havo kemalarining uzluksiz va xavfsiz faoliyati kafolatlanadi. Nosozliklarni ertaroq aniqlash ahamiyati shundaki erta aniqlash baxtsiz hodisalarning oldini oladi, texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytiradi va xabo kemasining resursini oshiradi.

### 2. Tadqiqot metodikasi

EHMS (Engine Health Monitoring System) — bu havo kemalari dvigatellarining texnik holatini kuzatish va analiz qilish uchun qo'llaniladigan tizim bo'lib, dvigatelning uzluksiz va xavfsiz ishlashini ta'minlashga yordam beradi. EHMS yordamida dvigateldagi har xil parametrlar (masalan, tebranish, harorat, bosim, tezlik va boshqalar) real vaqtda kuzatilib, ularning normal ishlash chegaralarida ekanligi nazorat qilinadi.

EHMS tizimi quyidagi jarayonlarni o'z ichiga oladi:

1. Sensorlar va o'lchash vositalari: Dvigatelning ichki va tashqi qismiga o'rnatilgan sensorlar yordamida turli parametrlar o'lchanadi. Bu sensorlar dvigatelning ishlash jarayonida sodir bo'ladigan har qanday nojo'ya o'zgarishlarni kuzatishga mo'ljallangan. Odatda, harorat,

tebranish, bosim va havo harakati kabi parametrlarga alohida e'tibor qaratiladi.

2. Ma'lumotlarni to'plash va tahlil qilish: Sensorlar yig'gan ma'lumotlar EHMS tizimiga uzatiladi, bu esa ushbu ma'lumotlarni analiz qilib, har qanday nosozlikni yoki normadan chetlanishni aniqlaydi. Bu ma'lumotlar real vaqtda ko'rib chiqiladi va tarixiy ma'lumotlar bilan solishtiriladi, shuning asosida dvigatelning hozirgi holati va kelajakdagi ehtimoliy nosozliklar haqida xulosa chiqariladi.

3. Signal va ogohlantirishlar: Agar EHMS tizimi normal ko'rsatkichlardan chetlanishlarni aniqlasa, tizim texnik xizmat ko'rsatish xodimlarini ogohlantirish uchun signal beradi. Masalan, tebranish darajasi keskin oshgan bo'lsa, tizim avtomatik ravishda xodimlarga bu haqida xabar beradi, va ular muammoni bartaraf qilish choralarini ko'rishi mumkin.

4. Texnik xizmat va profilaktika: EHMS tizimi yordamida dvigateldagi har qanday kichik nosozliklar o'z vaqtida aniqlanadi va bu katta texnik muammolarga olib kelmasdan ularning oldini olish imkonini beradi. Ushbu tizim samolyot dvigatellarining profilaktika va texnik xizmat ko'rsatish jarayonini optimallashtiradi, bu esa texnik xizmat ko'rsatish uchun ajratilgan vaqt va mablag'larni qisqartiradi [5; 6].

**Trend tahlili** — bu vaqt o'tishi bilan ma'lum bir hodisa yoki ko'rsatkichning o'zgarishlarini kuzatish va baholash jarayoni bo'lib, u o'zgarishlarning tendensiyalarini aniqlashga yordam beradi. Trend tahlili nafaqat iqtisodiyot, marketing yoki moliyaviy sohalarida, balki aviatsiyada ham

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0003-4781-1601>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0002-8486-0739>



keng qo'llaniladi, masalan, dvigatellar holatini monitoring qilishda trend tahlili yordamida texnik nosozliklarni aniqlash mumkin.

Trend tahlilining asosiy maqsadlari:

1. O'zgarishlarni tushunish: Trend tahlili orqali biror ko'rsatkichning o'sishi yoki kamayishi qanday omillar ta'sirida yuz berayotganini tushunish mumkin.

2. Prognoz qilish: Oldingi o'zgarishlar asosida kelajakda qanday o'zgarishlar kutilishini prognoz qilishga yordam beradi.

3. Muammolarni aniqlash: Muayyan ko'rsatkichda o'zgarish yuz bersa, u bilan bog'liq muammolarni erta bosqichda aniqlash imkonini beradi.

Aviatsiyada trend tahlili qanday qo'llaniladi?

Aviatsiyada trend tahlili asosan texnik xizmat ko'rsatish, xususan dvigatel monitoringi uchun qo'llaniladi. Misol uchun, dvigatelning harorat, tebranish yoki yoqilg'i sarfi kabi parametrlari vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. EHMS (Engine Health Monitoring System) trend tahlilidan foydalanib, ushbu parametrlardagi kichik o'zgarishlarni kuzatishi mumkin.

Agar ma'lum bir parametrning qiymatlari odatdagi trenddan chetlashayotgan bo'lsa, bu dvigatelda muammo yuzaga kelayotganidan darak berishi mumkin. Trend tahlili yordamida bu muammoni oldindan aniqlab, dvigatelni tekshirish va ta'mirlashni rejalashtirish mumkin.

Trend tahlili usullari:

1. Chiziqli regressiya: Vaqt o'tishi bilan o'zgaruvchilar orasidagi bog'liqlikni aniqlash uchun qo'llaniladi. Bu usul yordamida o'zgarishlar chiziqli trend sifatida ko'riladi.

2. Harakatlanuvchi o'rtacha (Moving Average): Qisqa muddatli tebranishlarni bartaraf etish uchun o'rtacha qiymat olinadi. Ushbu usul o'zgarishlardagi asosiy trendni aniqroq ko'rishga yordam beradi.

3. Ekspansiv o'rtacha (Exponential Moving Average): Ushbu usulda so'nggi qiymatlarga ko'proq e'tibor qaratiladi va o'zgarishlarni tezroq aniqlash imkoniyatini beradi.

4. Sezonal trend tahlili: Vaqt oralig'ida takrorlanadigan tendensiyalar mavjud bo'lganda qo'llaniladi. Masalan, ma'lum mavsumlarda yoki muddatlarda yuzaga keluvchi o'zgarishlar tahlil qilinadi.

**Boreskop tekshiruvi** (borescope inspection) — dvigatel va boshqa qismlarning ichki qismlarini to'g'ridan-to'g'ri ko'rish va baholash imkonini beradigan texnik xizmat usuli hisoblanadi. Bu tekshirish jarayonida maxsus kamerali asbob — boreskop ishlatiladi. Bu asbob orqali mexaniklar dvigatelning ichki qismlarini, masalan, turbinalar, yonish kameralari, kompressor qanotlarini va boshqa qiyin yetib boriladigan joylarini demontajsiz ko'rib chiqishlari mumkin [1; 2].

Boreskop tekshiruvi quyidagi jarayonlarni o'z ichiga oladi:

1. Asbobni joylashtirish: Mexaniklar boreskopni dvigatel yoki boshqa qismlardagi kichik teshik yoki ochiq joydan kiritadilar. Bu asbob juda yupqa va moslashuvchan bo'lib, dvigatelning tor qismlaridan osonlik bilan o'tadi.



1-rasm. Boreskop tekshiruvi jarayonini

2. Vizual kuzatish: Boreskop oxiriga o'rnatilgan kamera dvigatelning ichki qismlarini yoritadi va ular haqida to'liq ma'lumot beradi. Ushbu kameradan olingan tasvirni real vaqtda ekran orqali kuzatish mumkin, bu esa aniqlikni oshiradi.

3. Rasm va video yozish: Boreskop orqali olingan tasvirlar va videolar saqlanib, texnik xodimlar uchun keyingi tahlillar va solishtirishlar uchun foydalaniladi. Bu ma'lumotlar dvigatelning hozirgi holatini va uning ichki qismlaridagi nuqsonlarni batafsil tahlil qilishga yordam beradi.

Yuqorida aytib o'tilganlardan tashqari bugungi kunda ilg'or diagnostika usullari keng qo'llanib kelinmoqda. Bularga misol qilib moy tahlili va vibra diagnostikani olsak bo'ladi. Chunki bu jarayonlar burakkab matematik modellar orqali amalga oshiriladi.

**Tebranish va Moy Tahlili** — bu ikki usul dvigatel ichidagi eskirish va nosozliklarni erta bosqichda aniqlash uchun muhimdir. Quyida ular haqida batafsil ma'lumot va ularning fizik va matematik modellari keltirilgan:

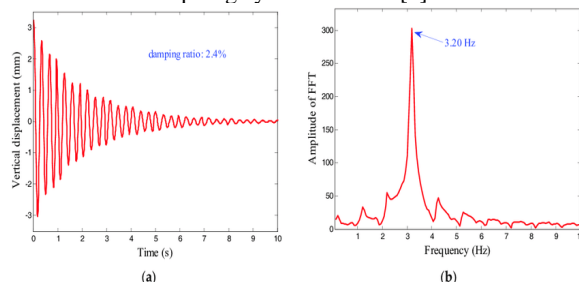
#### 1. Tebranish Tahlili

Tavsif: Tebranish tahlili dvigatelning turli qismlarida hosil bo'ladigan tebranishlarni o'lchash orqali nosozliklarni aniqlashga yordam beradi. Har bir komponent o'ziga xos tebranish xususiyatiga ega, va bu parametrlar nosozliklar paytida o'zgaradi.

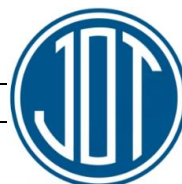
Tebranish Sabablari: Rotorlar yoki Podshipniklar Nosozligi: Rotorning notekisligi, podshipnikning yeyilishi yoki muvozanatsizligi tebranishlarni oshiradi.

O'qli Nosozliklar: O'qning to'g'riligi buzilganda tebranishlar paydo bo'ladi.

Matematik va Fizik Modellar: Fourier Transformatsiyasi: Vibratsiya signallarini chastota bo'yicha tahlil qilish uchun ishlatiladi. Fourier transformatsiyasi tebranishning vaqt bo'yicha signallarini chastota diapazonida ajratib beradi, bu esa o'ziga xos nosozlik chastotalarini aniqlashga yordam beradi [3].



2-rasm. Fourier transformatsiyasi yordamida tebranishlar chastotasini aniqlash



Yuqorida berilgan (a) bu o'lchov qurilmali orqali to'g'ridan yozib olingan ma'lumotlar. Vertikal o'qda tebranishlarning siljishi (Vibration displacement) gorizontol o'qda vaqt (time) tasvirlangan (b) rasmda esa Fourier transformatsiyasi orqali ma'lumotlarga qayta ishlov berilgan va natijada chastotaning (Frequency) amplitudaga bog'liqlik grafigi tasvirlangan.

Fourier transformatsiyasi qanday ishlashini yaxshiroq tushunish uchun matematik misol keltiramiz. Misolda oddiy sinusoidal signalni o'rganamiz, lekin Fourier transformatsiyasi qanday qilib murakkabroq signallarni ham chastota komponentlariga ajratishini ko'rsatamiz.

Misol: Oddiy Sinusoidal Signal

Tasavvur qilaylik, bizda vaqt domenida quyidagi sinusoidal signal bor:

$$f(t) = A \sin(2\pi f_0 t) \quad (1)$$

bu yerda:

A – amplituda;

$f_0$  – signalning chastotasi (sekundda necha marta tebranadi);

t – vaqt.

#### Fourier Transformatsiyasi Ta'rifi

Fourier transformatsiyasi vaqt domenidagi signalni chastota domeniga o'tkazib, uning asosiy chastotalarini aniqlaydi. Matematik jihatdan Fourier transformatsiyasi quyidagi integral bilan ifodalanadi:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot e^{-j\omega t} dt \quad (2)$$

bu yerda:

$F(\omega)$  – chastota domenidagi funksiyamiz,

$(\omega)$  – burchak chastotasi (rad/sekund),

$e^{-j\omega t}$  – kompleks eksponensial funksiya.

Misolni Hisoblash

Oddiy sinusoidal signal  $f(t) = A \sin(2\pi f_0 t)$  uchun Fourier transformatsiyasini ko'rib chiqamiz.

1. Sinusoidal Funktsiyani Kompleks Ko'rinishga Keltirish

Sinus funksiyasini eksponensial shaklda yozishimiz mumkin

$$f(t) = A \sin(2\pi f_0 t) = \frac{A}{2j} (e^{j2\pi f_0 t} - e^{-j2\pi f_0 t}) \quad (3)$$

Bu ko'rinishda signal ikkita eksponensial qismga ajraladi, ularning biri chastotada, ikkinchisi esa chastotada.

2. Fourier Transformatsiyasini Qo'llash

Endi biz har bir eksponensial qismini Fourier transformatsiyasi integrali orqali hisoblaymiz:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{A}{2j} (e^{j2\pi f_0 t} - e^{-j2\pi f_0 t}) e^{-j\omega t} dt \quad (4)$$

Integrallarni alohida hisoblaymiz:

Agar  $\omega = 2\pi f_0$  bo'lsa, Fourier transformatsiyasi natijasi nolga teng bo'lmaydi. Bu nuqtada asosiy chastota mavjudligini bildiradi.

Agar  $\omega \neq 2\pi f_0$  bo'lsa, transformatsiya natijasi nolga teng bo'ladi.

#### Natija

Fourier transformatsiyasi yordamida vaqt domenidagi oddiy sinusoidal signal chastota domenida faqat chastotada mavjud bo'lib, bu nuqtada yuqori amplituda bilan ifodalanadi. Boshqa chastotalarda amplituda nolga teng bo'ladi, chunki signal faqat bitta chastotadan iborat.

#### Murakkab Signallar Uchun

Agar signal murakkab bo'lsa (masalan, ko'p chastotali yoki impuls aralashmasi), Fourier transformatsiyasi uni har bir chastotaga ajratadi. Bu dvigatel tebranishidagi

murakkab o'zgarishlarni (masalan, podshipnik yoki rotor nosozliklarini) aniqlash uchun juda foydali bo'ladi.

Umuman olganda, Fourier transformatsiyasi har qanday signalni o'zgartirish chastotalari komponentlarga ajratib, qaysi chastotada qanday amplituda borligini ko'rsatib beradi.

Spektral Tahlil: Spektral tahlil yordamida chastota va amplituda ko'rsatkichlarini o'lchash orqali nosozlikni joylashishi va sababi aniqlanadi.

#### Kuchli Rivojlanish Modellarini (Crest Faktori)

Crest faktori – signalning maksimal qiymati bilan uning o'rtacha qiymati o'rtasidagi nisbat bo'lib, tebranish signalidagi o'zgacha nuqtalarni, xususan, keskin tebranishlarni aniqlash uchun ishlatiladi.

Crest Faktorining Hisoblanishi:

Formula:

Crest Factor = Maksimal qiymat/RMS (o'rtacha kvadrat qiymati)

RMS-o'rtacha kvadrat qiymat (Root Mean Square)

Crest Faktorining Qimmatini Qanday Talqin Qilinadi?

Yuqori Crest Faktori: Bu odatda dvigatelning podshipniklari yoki boshqa qismlardagi mexanik nosozlikni ko'rsatadi. Yuqori qiymatlar zarbalar yoki keskin tebranishlar mavjudligiga ishora qiladi.

Past Crest Faktori: Bu dvigatel ishlashida muvozanatning yaxshi ekanligini, tebranishlarning me'yorda ekanligini bildiradi.

Crest Faktorining Aviatsiya Dvigatellaridagi Qo'llanilishi:

Nosozlikning Erta Belgisi: Crest faktoridagi o'zgarish dvigatelning o'z vaqtida texnik xizmat ko'rsatish kerakligini bildirishi mumkin.

Podshipnik Yeyilishi: Podshipniklarda eskirish va zarracha ko'paya boshlaganda, Crest faktori odatda oshadi, bu esa xizmat ko'rsatish jadvalarini oldindan tayyorlashga yordam beradi.

Matematik Statistika va Neyron Tarmoqlar: Vibratsion tahlilga sun'iy intellekt texnologiyalarini qo'shish bilan, statistika va neyron tarmoqlar yordamida mavjud signal shovqini kamaytiriladi va nosozliklar avtomatik ravishda aniqlanadi.

#### 2. Moy Tahlili

Tavsif: Moy tahlili dvigatel moyi tarkibidagi metall zarrachalari va boshqa ifloslanishlarni o'rganadi. Zarrachalar tahlili dvigatelning qaysi qismlari eskirganini yoki zararlanganini ko'rsatadi.

Nima uchun Zarur?:

Ifloslanish Belgilari: Agar moy tarkibida muayyan metall zarrachalari ko'p bo'lsa, bu dvigatel ichidagi qismning (masalan, podshipnik yoki tishli uzatma) eskirayotganligini bildiradi.

Kimyoviy Tahlil: Moyda mavjud boshqa kimyoviy moddalar qachon va qanday muammo paydo bo'lganini aniqlashga yordam beradi (masalan, namlik yoki yonish qoldiqlari).

Matematik va Fizik Modellar:

Zarracha Tahlili: Metall zarrachalar hajmi va soni dvigatel eskirishi darajasini ifodalaydi. Matematik statistika orqali zarracha hajmi va turlarining taqsimoti aniqlanadi.

Spektrometriya: Metall zarrachalarni o'lchash uchun ishlatiladigan asosiy usul bo'lib, u kimyoviy tarkibini aniqlash uchun xizmat qiladi. Regression Tahlil va Ko'p O'lchamli Modellar: Ushbu usullar moy tarkibidagi kimyoviy va fizik o'zgarishlarni kuzatish va nosozliklar tahlilini avtomatlashtirish uchun ishlatiladi.







**3-rasm. Moy tahlili jarayoni**

Tendensiyalarni Tahlil Qilish: Statistik tendensiyalarni tahlil qilish orqali har bir texnik xizmat oralig'ida dvigatelning ishlash ko'rsatkichlari kuzatiladi [4].

### 3. Xulosa

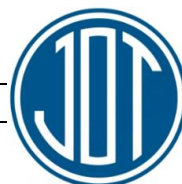
Xulosa qilib shuni aytish mumkinki bugungi kunda aviatsiya sohasida havo kemalarining nosozliklarini oldindan aniqlash uchun ilg'or texnologiyalar qo'llanilmoqda bu esa o'z navbatida xizmat ko'rsatish tan narxini pasaytirishga yordam beradi. Maqolada havo kemasi dvigatellarining texnik nosozliklarini aniqlash usullari tahlil qilingan bo'lib, ushbu usullarning samaradorligi va ishonchliligiga ta'sir etuvchi omillar o'rganilgan. Tahlilda diagnostika usullarining turlari, ularning afzalliklari va kamchiliklari, shuningdek, ularni amaliy holatlarda qo'llash imkoniyatlari ko'rib chiqilgan. Shuni ta'kidlash joizki samolyot dvigatellari nosozliklarini aniqlashda zamonaviy avtomatlashtirilgan va intellektual diagnostika tizimlarini joriy etish texnik xizmat ko'rsatishning sifatini oshirishga, xavfsizlikni ta'minlashga va texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirishga yordam beradi. Maqolada keltirilgan natijalar aviatsiya sohasida texnik xizmat ko'rsatish jarayonida xavfsizlik choralarni takomillashtirishga hamda parvozlar xavfsizligini ta'minlashga qaratilgan tavsiyalarni qamrab olgan.

### Foydalangan adabiyotlar / References





- [1] Abdukayumov A., Maturazov I.S. Improvement of radio electronic equipment diagnostic system / AIP Conference Proceedings 2432, 030044. – 2022.
- [2] Abdukayumov A., Maturazov I.S., Ormanov A.A. Aviatsiya dvigateliga texnik xizmat ko'rsatishning o'ziga xos xususiyati / Научный журнал транспортных средств и дорог. – Тошкент, 2023. – №4. – С. 224-230.
- [3] Maturazov I.S., Shodiev Sh.Sh. Features of diagnostic methods for detecting malfunctions of the b-787 aircraft engine / “Yosh ilmiy tadqiqotchi” xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. – Тошкент, 2023. – С. 13-18.
- [4] IATA and MCTF, Airline Maintenance Cost Executive Commentary—An Exclusive Benchmark Analysis of Maintenance Cost Task Force (MCTF) FY 2013, IATA, 2014..
- [5] 5. “Aviation Maintenance Management” by Harry A. Kinnison and Tariq Siddiqui.
- [6] “Aircraft Maintenance and Repair” by Michael J. Kroes, William A. Watkins, and Frank.

### Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Maturazov Izzat	Toshkent davlat transport universiteti “Aviatsiya transporti muhandisligi fakulteti” dekani, (PhD),
/Maturazov Izzat	E-mail: maturazov_i@tstu.uz Tel.: +998712990357
Solievich Shodiyev	<a href="https://orcid.org/0009-0003-4781-1601">https://orcid.org/0009-0003-4781-1601</a>
Shahzod Shuhrat o'g'li	Toshkent davlat transport universiteti “aviatsiya transporti muhandisligi” fakulteti talabasi.
/Shodiyev Shahzod	E-mail: shahzodshodiyev1@gmail.com
Shuhrat o'g'li	Tel.: +998991551365 <a href="https://orcid.org/0009-0002-8486-0739">https://orcid.org/0009-0002-8486-0739</a>



## Improving the management of local government agencies




S.T. Boltayev<sup>1</sup>, O.O. Muhiddinov<sup>1</sup>, E.Sh. Joniqulov<sup>1</sup>, B.B. Ganijonov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** This article discusses the use of NFC (Near Field Communication) technology in wireless local control of railway station turnstiles with NFC technology authorization, and develops its operating algorithm and user interface windows. Using NFC technology, secure and fast authorization processes are optimized. The effectiveness of NFC technology is analyzed using scientifically based methods and experimental results. This technology allows you to modernize automated control processes of railway systems.

**Keywords:** NFC, Bluetooth, local control, interface, protocol, wireless communication, arrow, radio channel, shunting operations

## Mahalliy boshqaruvdagi srtelkarni boshqarishni takomillashtirish

Boltayev S.T.<sup>1</sup>, Muhiddinov O.O.<sup>1</sup>, Joniqulov E.Sh.<sup>1</sup>, Ganijonov B.B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada NFC (Near Field Communication) texnologiyasining temir yo'l stansiyalaridagi strelkalarni NFC texnologiyasi ruxsati bilan simsiz mahalliy boshqarishda qo'llanilishi ko'rib chiqiladi hamda uning ishlash algoritmi va foydalanuvchi interfeys oynalari ishlab chiqildi. NFC texnologiyasi yordamida xavfsiz va tezkor ruxsat olish jarayonlari optimallashtiriladi. Ilmiy asoslangan usullar va tajribaviy natijalar yordamida NFC texnologiyasining samaradorligi tahlil qilinadi. Ushbu texnologiya temir yo'l tizimlarining avtomatlashtirilgan boshqaruv jarayonlarini modernizatsiya qilishga imkon beradi.

**Kalit so'zlar:** NFC, Bluetooth, mahalliy boshqaruv, interfeys, protokol, simsiz aloqa, strelka, radiokanal, manyovr ishlari

### 1. Kirish

NFC (Near Field Communication) texnologiyalari o'n yildan ortiq vaqtdan beri mavjud. 2004-yilda Sony, Nokia va NXP Semiconductor qurilmalarga oddiy teginish orqali bir-biri bilan muloqot qilish imkonini beruvchi interfeysni ishlab chiqishga qaror qilishdi. Interfeys energiya tejamkor bo'lishi va ulanishni o'rnatish vaqti qisqa bo'lishi kerak edi. 2011 yilda Googlening jamoaga qo'shilishi hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'ldi - bir necha oy o'tgach, bank kartasini kontaktsiz chipga ulash imkonini beruvchi dastur e'lon qilindi.

Hozirgi vaqtda mobil aloqa tomonidan taqdim etiladigan qurilmalarning ortib borayotgan mobilligi rivojlanayotgan texnik dunyoda muhim xususiyatga aylandi. Near Field Communication (NFC) texnologiyasini joriy etishdan oldin, mobil telefonlar tashqi muhit bilan bir necha turdagi aloqa imkoniyatlariga ega edi. SMS, MMS va hatto Internetga kirish kabi boshqa xizmatlarga ega bo'lgan mobil telefonlar uchun (GSM). Keyinchalik tashqi qurilmalarni hisoblash qurilmalari, shu jumladan mobil telefonlar bilan bog'laydigan Bluetooth texnologiyasi joriy etildi

NFC va Bluetooth o'rtasidagi asosiy farq shundaki, texnologiya qo'lda ulash va ma'lumotlar almashinuvi uchun

kerakli qurilmani qidirishni talab qilmaydi. Va u ishlash uchun Internetga ulanishni talab qilmaydi. Ikki qurilma biri ikkinchisining diapazoniga kirganda avtomatik ravishda ulanadi - boshqacha qilib aytganda, bitta qurilmani boshqasiga tegizish kifoya qiladi.

NFC texnologiyasi uchta ish rejimidan foydalanadi.

1. Qurilmalar smart-kartalar kabi ishlaydi - bu NFC rejimi qurilmangiz yordamida xaridlar uchun tez va kontaktsiz to'lovni amalga oshirish imkonini beradi.

2. Bir nechta qurilmalar bir-biri bilan aloqa o'rnatadi, bu sizga fotosuratlar, videolar, Wi-Fi paroli yoki boshqa sozlamalarni almashish imkonini beradi.

3. NFC texnologiyasiga ega qurilmalar maxsus teglar yoki belgilardan ma'lumotlarni o'qish uchun ishlatiladi - bu funktsiya yordamida siz transport jadvali, turistik xarita yoki marshrut bilan osongina tanishishingiz mumkin.


### 2. Tadqiqot metodikasi


#### NFC PROTOKOLLARI VA STANDARTLARI

NFC protokoli sanoat tomonidan tijoratlashtirish uchun qabul qilinishi va turli ishlab chiqaruvchilar tomonidan ishlab chiqarilgan qurilmalar o'rtasidagi muvofiqlikni

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7289-7820>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2352-7473>

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1130-0522>

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0009-0006-5485-904X>



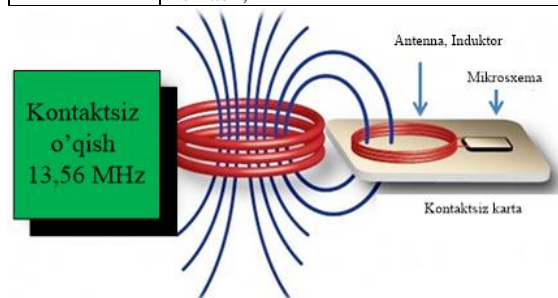
ta'minlash uchun standartlashtirishga muhtoj. Standartlashtirish spetsifikatsiyalarni ochiq va barqaror saqlashni va hamma uchun ochiq bo'lishini, shuningdek, protokol tahlilini va qurilmani turli maqsadlar uchun moslashtirishni osonlashtiradi. Standartlar ECMA International va ETSI standartlari tomonidan joriy etilgan. ISO/IEC 14443 A, ISO/IEC 14443 B va JIS X6319-4 uchta standart turli kompaniyalar (NXP, Infineon va Sony) tomonidan taklif qilingan RFID standartlaridir.

### 1-jadval

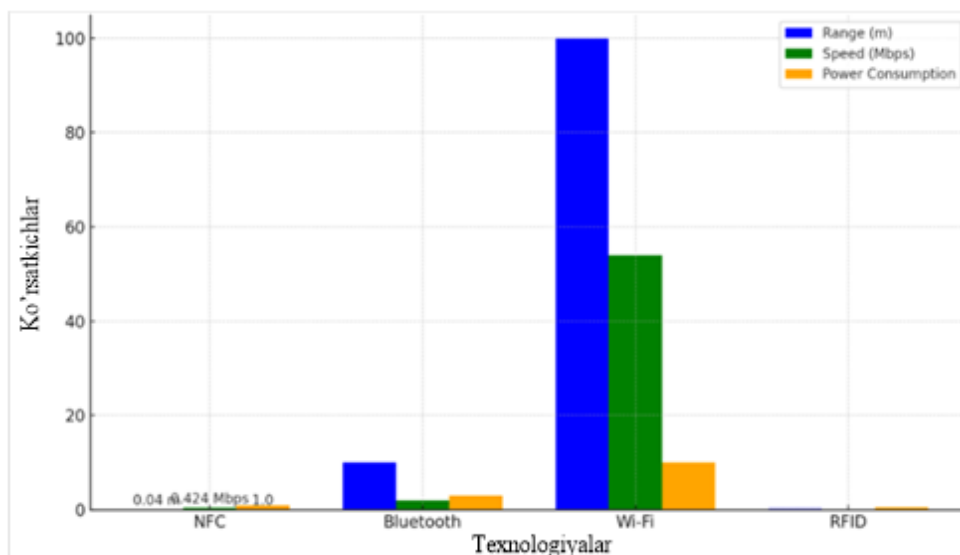
#### NFC texnologiyasidan foydalanish imkoniyatlari

NFC ning qo'llanilish sohasi	NFC ilovasining namunasi
Axborot almashish	elektron vizitkalarini almashirish; telefon raqamlarini almashirish; kompyuterga ulanmasdan raqamli kameradan fotosuratlarini chop etish;
Elektron kirish	avtomobil dvigatelini kalitsiz ishga tushirish; binolarga kirishni ta'minlash va o'tayotganlarni nazorat qilish;

Axborotga kirish	hujjatlarni imzolash uchun elektron imzo sifatida dasturlashtirilgan tegdan foydalanish; navigatsiya koordinatlarini o'qish; poezdlarni yuklash jadvali;
Moliyaviy imkoniyatlar	xaridlar uchun to'lov; pul so'rash; Boshqa bank hisob raqamiga pul o'tkazish; Elektron chipta sifatida foydalanish; Kontaktsiz savdo terminallari bilan ishlash;



1-rasm. NFC ning ishlash sxemasi



2-rasm. NFC texnologiyasini boshqa texnologiyalar bilan solishtirish diagrammasi

- **Masofa (Range):** 0.04 m
- **Tezlik (Speed):** 0.424 Mbps
- **Quvvat sarfi (Power Consumption):** 1

Bu grafik NFCning qisqa masofada ishlashi, o'rtacha tezligi va past energiya sarfi kabi o'ziga xos xususiyatlarini ko'rsatadi.

## 3. Natijalar

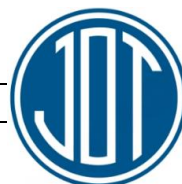
Elektr markazlashtirilgan strelkalarini mahalliy boshqarish manyovr ishlari ko'p bo'lgan yirik stantsiyalarda ta'minlanadi va stansiya navbatchisining ishini yengillashtirish va burchak yozuvlari bilan bog'liq manyovr ishlarni tezlashtirish uchun mo'ljallangan.

Strelkalarni mahalliy boshqaruvga o'tkazishda ishlaydigan strelkalar bo'ylab va mahalliy boshqaruvga o'tkaziladigan barcha markazlashtirilgan harakatlar istisno

qilinadi va mahalliy boshqaruvni qabul qilishda ustundagi yoki manyovr boshqaruv panelidagi barcha strelka tutqichlari strelkalar holatiga mos keladigan holatga o'tkazilishi kerak.

Strelkalarni mahalliy boshqaruvga o'tkazgandan so'ng manyovr harakatlari manyovr svetoforlarida ruxsat beruvchi ko'rsatkichlar mavjud bo'lganda kompilyatorning signallariga muvofiq amalga oshiriladi. Ikki tomonlama boshqaruv zonasida harakatlanishga ruxsat beruvchi barchasvetoforlar yo'naltiruvchi strelkalarni boshqarish mahalliy boshqaruvga o'tkazilgan holda ruxsat beruvchi holatga keltiriladi. Har bir boshqaruv nuqtasi ovozli signal (karnay) va stansiya navbatchisi bilan bevosita telefon aloqasi bilan jihozlanadi.

Elektr markazlashtirilgan stantsiyalarda manyovr harakatlarini tashkil qilishda strelkalarni boshqarish turli usullar bilan amalga oshirilishi mumkin:



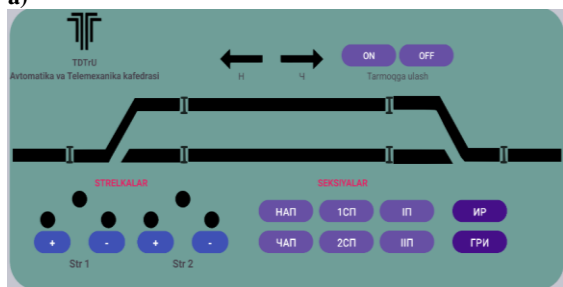
Elektr markazlashtirilgan stantsiyasidan strelkalarni markaziy boshqarish, stansiya navbatchisi strelkalarni kerakli holatda o'ratganda.

Mahalliy strelkani boshqarish, strelkalarni manyovr ustunidagi tutqichlarni yoki manyovr maydoniga o'rnatilgan maxsus qutilardagi strelkani aylantirish orqali manyovr menejeri tomonidan harakatlantirilganda.

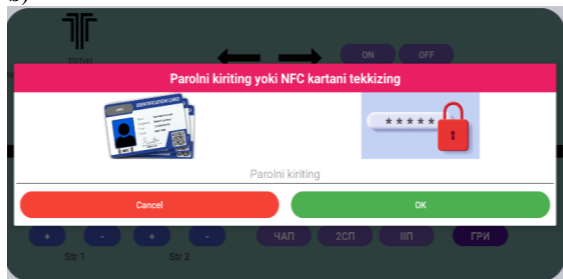
Strelkalarni faqat manyovr zonasida maxsus qurilgan manyovr postidan boshqarish.

Manyovr zonalarida joylashgan va poyezd yo'nalishlariga kiritilgan strelkalarni ikki tomonlama boshqarish. Agar kerak bo'lsa, Elektr markazlashtirish postidan boshqariladigan bu strelkalar ularni manyovr postidan o'tkazish uchun o'tkazilishi mumkin.

a)



b)



3-rasm. Strelkani NFC texnologiyasi ruxsati bilan simsiz mahalliy boshqarishning foydalanuvchi interfeysi oynasi. a) umumiy ko'rinishi. b) NFC yoki parol yordamida ruxsat berish

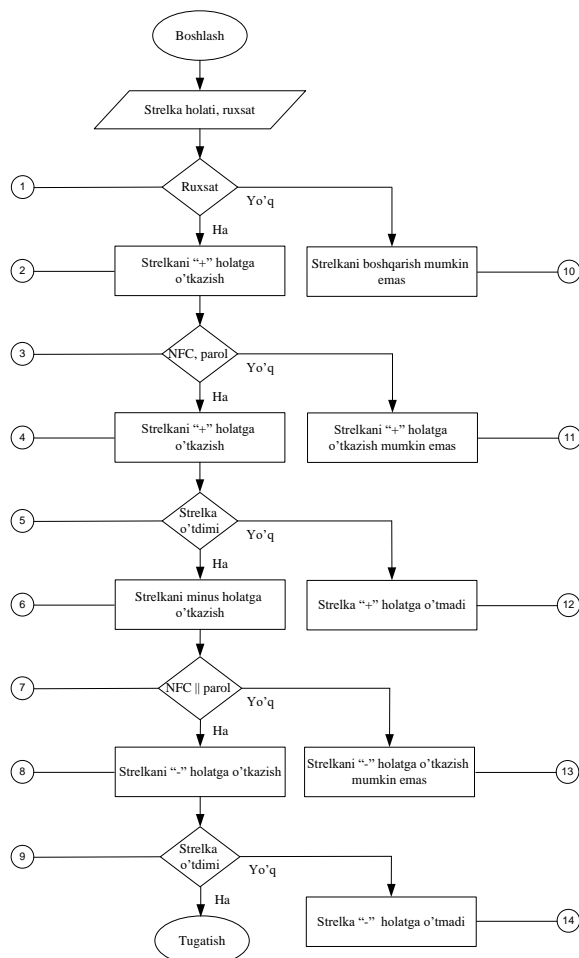
Quyidagi 4-rasmda strelkani NFC texnologiyasi ruxsati bilan simsiz mahalliy boshqarishning algoritmi tuzilgan. Bunda algoritm quyidagi tartibda ishlaydi.

1-blokda stansiya navbatchisi tomonidan simsiz mahalliy boshqaruvga ruxsat berilganligi tekshiriladi. Agar ruxsat bo'lsa strelkani kerakli holatga o'tkazish uchun keyingi jarayonlarga o'tishga ruxsat beriladi. Agar ruxsat berilmasa jarayon 10-blokka o'tadi, ya'ni strelkani simsiz boshqarish mumkin bo'lmaydi;

2-blokda strelkani simsiz «+» holatga o'tkazish buyrug'i beriladi va undan so'ng 3-blokda strelkani o'tkazish uchun parol yoki NFC kartasi orqali boshqaruv tasdig'i olinadi, agar parol kiritilmasa yoki NFC kartasi tekzalizmasa yoki xato kiritilsa jarayon 11-blokka o'tadi ya'ni strelkani «+» holatga o'tkazib bo'lmaydi;

4-blokda strelkani «+» holatga o'tkazish buyrug'i radio kanal orqali yuboriladi va 5-blokda teskari aloqa yordamida strelkaning «+» holatga o'tganligi tekshiriladi. Agar strelka «+» holatga o'tgan bo'lsa jarayon tugatiladi, agar strelka «+» holatga o'tmagan bo'lsa nosozlik signali beriladi;

Algoritmdagi qolgan bloklar strelkani «-» holatga o'tkazish uchun ishlatilgan. Strelkani «-» holatga o'tkazish algoritmi strelkani «+» holatga o'tkazish algoritmi kabi ishlaydi.



4-rasm. Strelkani NFC texnologiyasi ruxsati bilan simsiz mahalliy boshqarishning algoritmi

## 4. Xulosa

NFC texnologiyasi temir yo'l stansiyalaridagi avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarida xavfsizlik va samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. Ushbu texnologiya yordamida ruxsat olish jarayonlari optimallashtirilib, xodimlarning ish samaradorligi oshadi. Kelgusida NFC texnologiyasini kengroq sohalarida, jumladan, yuk tashish va yo'lovchi transporti boshqaruvida ham qo'llash mumkin.

Quyidagi maqolada temir yo'l stansiyalaridagi mahalliy boshqaruvdagi strelkalarni simsiz aloqa yordamida boshqarishda NFC texnologiyasi yordamida ruxsat berish algoritmi va foydalanuvchi interfeysi oynalari ishlab chiqildi hamda NFC texnologiyasining afzalliklari va kamchiliklari ko'rib chiqildi.

## Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Kosimova, Q.A., Valiyev, S.I., & Boltayev, S.T. (2022). Method and Algorithm of the Automatic Warning System of Train Approaches to Railways. In Proceedings - 2022 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2022 (pp. 532-





538). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ICIEAM54945.2022.9787181>.

[2] Muhiddinov, O., & Boltayev, S. (2023). Route management modeling of high-speed trains on the train dispatcher section. In E3S Web of Conferences (Vol. 376). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337604033>.

[3] Boltayev, S.T., Rakhmonov, B.B., Kasimova, Q.A., & Joniqluv, E.S. (2023). Intelligent Control Systems at Stations for Different Categories of Trains. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2612). American Institute of Physics Inc. <https://doi.org/10.1063/5.0114539>.

[4] S Boltayev., Q Kosimova., E Astanaliev., I Kodirov. System of automated warning messages to creatures moving on railway tracks about the approach of rolling stock //E3S Web of Conferences. – BFT-2023. – T. 460. – C. 06004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346006004>.

[5] Boltayev, ST, Abdullaev, RB, Ergashov, BG, & Hasanov, BQ (2022). Simulation of a Safe Train Traffic Management System at the Stations. In Proceedings of the 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2022 (pp. 566–571). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ElConRus54750.2022.9755616>.

[6] Boltayev, S.T., & Kosimova, Q.A. (2022). Railway Point Machine Control Automation Methods. In Proceedings - International Ural Conference on Measurements, UralCon (Vol. 2022-September, pp. 290–294). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/UralCon54942.2022.9906687>.

[7] Boltayev, S.T., Rakhmonov, B.B., Kasimova, Q.A., & Joniqluv, E.S. (2023). Intelligent Control Systems at Stations for Different Categories of Trains. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2612). American Institute of Physics Inc. <https://doi.org/10.1063/5.0114539>.

[8] S Boltayev., Q Kosimova., E Astanaliev., I Kodirov. System of automated warning messages to creatures moving on railway tracks about the approach of rolling stock //E3S Web of Conferences. – BFT-2023. – T. 460. – C. 06004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346006004>.

[9] Boltayev, ST, Valiyev, SI, & Kasimova, QA (2022). Improving the Method of Sending Information about the Approach of Trains to Railway Crossings. In Proceedings of the 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2022 (pp. 558–565). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ElConRus54750.2022.9755564>.

## Mualliflar to‘g‘risida ma‘lumot/ Information about the authors

Boltayev Sunnatillo Tuymurodovich /Boltayev Sunnatillo Tuymurodovich	Toshkent davlat transport universiteti “Avtomatika va telemexanika” kafedrası mudiri. t.f.n. professor E-mail: sunnat_3112@list.ru Tel.: +998909571088 <a href="https://orcid.org/0000-0001-7289-7820">https://orcid.org/0000-0001-7289-7820</a>
Muhiddinov Obidjon Omonjon o‘g‘li /Muhiddinov Obidjon Omonjon ugli	Toshkent davlat transport universiteti “Avtomatika va telemexanika” kafedrası tayanch doktoranti E-mail: muhiddinovobidjon@gmail.com Tel.: +998919229393 <a href="https://orcid.org/0000-0003-2352-7473">https://orcid.org/0000-0003-2352-7473</a>
Joniqluv Egamberdi Shavkat o‘g‘li /Joniqluv Egamberdi Shavkat ugli	Toshkent davlat transport universiteti “Avtomatika va telemexanika” kafedrası tayanch doktoranti E-mail: egamberdijoniqluv@gmail.com Tel.: +998911022797 <a href="https://orcid.org/0000-0002-1130-0522">https://orcid.org/0000-0002-1130-0522</a>
G‘anijonov Bekzodjon Bahromjon o‘g‘li /Ganijonov Bekzodjon Bahromjon ugli	Toshkent davlat transport universiteti “Avtomatika va telemexanika” kafedrası assistenti E-mail: bekozodganiyev0777@gmail.com Tel.: +998999135312 <a href="https://orcid.org/0009-0006-5485-904X">https://orcid.org/0009-0006-5485-904X</a>



## Investigation of technological modes of heat treatment of steel 60Si2CrV to improve the mechanical characteristics of spring-loaded parts

S.N. Absattarov<sup>1</sup>, N.Q. Tursunov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** The article considers the effects of the temperature of the cooling medium during heat treatment on the mechanical characteristics of spring steel 60Si2CrV. The dependences of hardness, tensile strength and elongation of steel on the temperature of the quenching medium are shown. It has been established that the optimal temperature range of the cooling medium is from 20 to 30 °C, which makes it possible to achieve high mechanical characteristics of the material. The results obtained can be useful for optimizing the heat treatment of cylindrical springs of freight wagons, ensuring their durability and reliability.

**Keywords:** hardness, temperature, cooling medium, quenching, tempering, fracture

## Исследование технологических режимов термической обработки стали 60С2ХФА для улучшения механических характеристик рессорно-пружинных деталей

Абсаттаров С.Н.<sup>1</sup>, Турсунов Н.К.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

**Аннотация:** В статье рассмотрены влияния температуры охлаждающей среды при термической обработке на механические характеристики рессорно-пружинной стали 60С2ХФА. Показаны зависимости твердости, предела прочности и относительного удлинения стали от температуры закалочной среды. Установлено, что оптимальный температурный диапазон охлаждающей среды составляет от 20 до 30 °C, что позволяет достичь высоких механических характеристик материала. Полученные результаты могут быть полезны для оптимизации термической обработки цилиндрических пружин грузовых вагонов, обеспечивая их долговечность и надежность.

**Ключевые слова:** твердость, температура, охлаждающая среда, закалка, отпуск, излом

### 1. Введение

Большинство пружинных сплавов — стали, упрочняемые мартенситным превращением, при котором обеспечиваются высокие значения твердости и прочности. Эти стали используют в различных областях машиностроения для изготовления весьма ответственных упругих элементов [1].

Упрочняющая термическая обработка пружинных сталей заключается в проведении закалки в масле с последующим отпуском. Установлено, что получаемая после такой обработки твердость пружин резко возрастает. Высокая твердость способствует возрастанию упругих свойств и предела прочности пружинных сталей, в результате чего остаточные деформации резко уменьшаются, и благодаря этому пружины более продолжительное время работают без недопустимых потерь геометрических и силовых параметров [2].


Охлаждение при закалке с аустенитной области должно обеспечить получение мартенситной структуры. Охлаждение необходимо осуществлять со скоростью большей, чем критическая скорость закалки [3]. Высокая скорость охлаждения должна быть в

температурном интервале минимальной устойчивости аустенита, а в мартенситном интервале ее желательно уменьшить, чтобы снизить возникающие внутренние напряжения [4]. Таким условиям охлаждения соответствуют минеральные масла.

Масло как закалочная среда имеет следующие преимущества: небольшую скорость охлаждения в мартенситном интервале температур, что уменьшает возникновение закалочных дефектов, и постоянство закалывающей способности в широком интервале температур среды. К недостаткам следует отнести повышенную воспламеняемость, недостаточную стабильность и низкую охлаждающую способность в области температур перлитного превращения, а также повышенную стоимость [5]. Перемешивание масла эффективно повышает скорость и равномерность охлаждения; в процессе работы масло окисляется, густеет и его охлаждающая способность уменьшается, что приводит к частым заменам отработанного масла на новое [6].

Температура закалочной среды влияет на критическую скорость закалки. Чем ниже температура масла, тем выше скорость охлаждения и наоборот [7]. В существующих литературах [8–11] рекомендуется интервал температуры масла от 40 до 80 °C для сталей

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0003-3658-7616>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0008-7910-3980>



общего назначения, но отсутствуют нижний и верхний пределы температуры для пружинных сталей. Даже с наличием циркуляционного оборудования температура масла в закалочном баке значительно возрастает в момент опускания партии нагретых деталей, что еще больше понижает охлаждающую способность. Кроме того, отсутствуют систематические и литературные данные влияния температуры охлаждающей среды на механические свойства сталей, в связи с чем целью данной статьи явилась установка зависимости температуры закалочной среды на механические свойства рессорно-пружинной стали 60С2ХФА, применяемая для изготовления цилиндрических пружин грузовых вагонов железнодорожного транспорта.

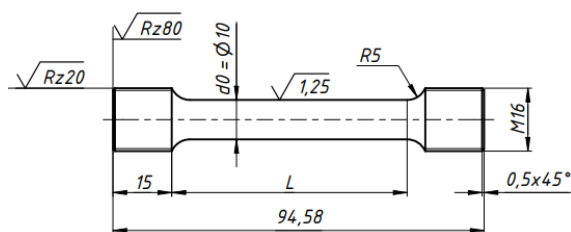
## 2. Методология исследования

Объектами исследования служили галтели в количестве 14 шт. (рис. 1), изготовленные по ГОСТ 1497-84 [12] из прутков 60С2ХФА. Химический состав которой приведен в таблице 1.

Упрочняющая термическая обработка (рис. 2) проводилась<sup>а</sup> в электрической камерной печи СНОП-12.15.10/1000. Исследуемые образцы нагревались под закалку вместе с пружинами до  $880 \pm 5$  °С, выдержка 10 минут при этой температуре (из графика прокаливаемости стали 60С2ХФА на 1 мм закаленной зоны требуется 1 мин). Охлаждение осуществлялось в масле, температура которого варьировалась в пределах от  $5 \pm 2,5$  до  $40 \pm 2,5$  °С. Такой значительный допуск  $\pm 2,5$  °С обусловлен со сложностью поддержания температуры масла постоянной во время заковки. Далее проводился отпуск образцов так же, как в процессе заковки, вместе с пружинами при температуре 510 °С. Продолжительность отпуска составляла 1 час. Охлаждение проводилось на спокойном воздухе.

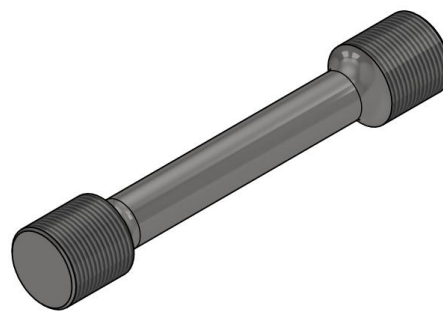
Таблица 1

Химический состав стали 60С2ХФА	
C	0,56 – 0,64
Si	1,40 – 1,80
Mn	0,40 – 0,70
Cr	0,90 – 1,20
V	0,10 – 0,20
Ni	≤ 0,30
S	≤ 0,025
P	≤ 0,025
Cu, не более	0,20



а)

<sup>а</sup> Термическая обработка образцов и пружин проводилась в пружинном цеху в Ташкентском литейно-механическом заводе.



б)

Рис. 1. Образцы из стали 60С2ХФА: а) чертеж изделия, б) 3D-модель образца

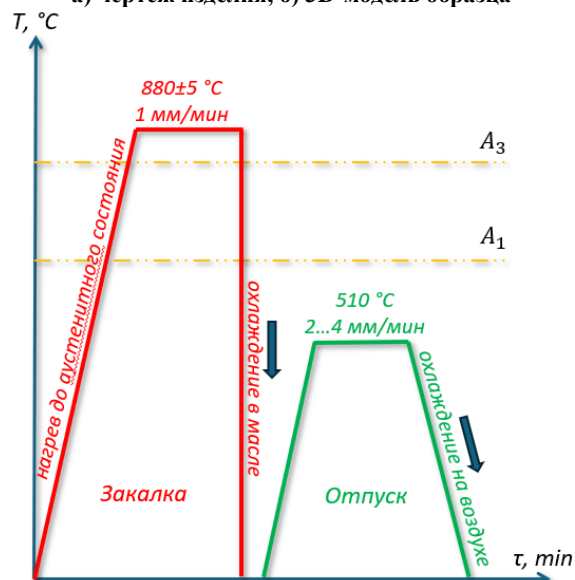


Рис. 2. Режим упрочняющей термической обработки стали марки 60С2ХФА

Перед измерением твердости образцов торцы галтелей были отшлифованы на шлифовально-полировальной машине Buehler Metaserv™ Vector LC 250 (рис. 3). Твердость измерялась с помощью портативного комбинированного твердомера МЕТ-УДА (рис. 4) по шкале "С" Роквелла по принципу отскока. Диапазон измерений от 20 до 70 HRC, пределы допускаемой погрешности  $\pm 2$  HRC.



Рис. 3. Шлифовально-полировальная машина Buehler Metaserv™ Vector LC 250



Рис. 4. Твердомер портативный комбинированный MET-УДА

Испытания на разрыв образцов проводились на универсальной испытательной машине типа ГМС-50 №134<sup>b</sup> (рис. 5). Машина ГМС-50 является стационарной универсальной испытательной гидравлической установкой с вертикальным приложением нагрузки к испытуемому образцу. Диапазон измерения составляет от 2000 до 50000 кг. Погрешность показаний по шкале нагрузок не более  $\pm 1\%$  от измеряемой нагрузки.



Рис. 5. Универсальная испытательная машина типа ГМС-50

<sup>b</sup> Испытания на разрыв проводились в центральной лаборатории в Ташкентском тепловозоремонтном заводе

### 3. Заключение

По результатам испытания на разрыв получены макроскопические виды поверхностей изломов образцов (рис. 6), на которых заметны три зоны: 1 – волокнистая зона, 2 – радиальная зона, 3 – зона среза.

*Волокнистая зона* отвечает области медленного роста трещины. Она расположена в центре излома и окружает очаг разрушения, который находится на оси растяжения. Волокнистая зона состоит из области случайно расположенных тонких круговых борозд. Борозды расположены перпендикулярно направлению распространения трещины – от очага к периферии образца. Такие признаки присущи стабильным субкритическим трещинам, распространение которых требует затраты относительно высокой энергии.

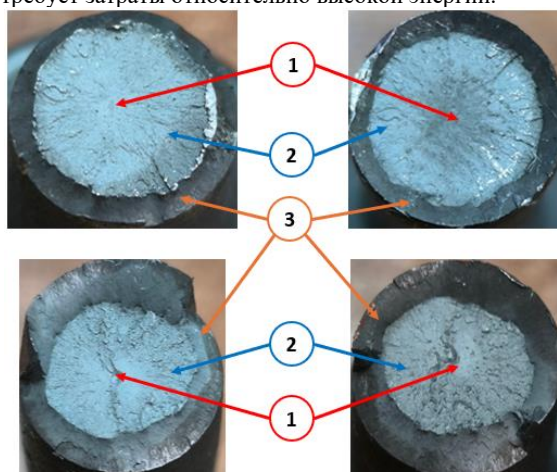


Рис. 6. Поверхности излома образцов после упрочняющей термической обработки

Точкой, в которой сходятся *радиальные рубцы*, является очаг излома. Рубцы довольно тонкие, что справедливо для высокопрочных сталей [13]. Тонкие радиальные рубцы указывают главным образом на наличие квазискола или межзеренного излома. *Зона среза* состоит из ровного кольцеобразного участка, смежного со свободной поверхностью образца. Поверхность данной зоны находится под углом  $\sim 45^\circ$  к оси растяжения.

Получена зависимость твердости исследуемых образцов от температуры закалочной среды (рис. 7). Показаны верхний и нижний пределы температуры масла. По принятым нормам значение твердости пружины должна лежать в диапазоне от 40,5 до 46,5 HRC. Согласно полученным данным, нижняя температура масла соответствует  $20^\circ\text{C}$ , а верхняя  $\sim 35^\circ\text{C}$ . Зеленая область показывает рекомендуемый интервал температур, т.е. от  $20$  до  $30^\circ\text{C}$ . Такой вывод следует из явления проседания пружин, так как при заневоливании наблюдается уменьшение высоты пружины больше допустимой. Полученная зависимость твердости от температуры масла является линейной с коэффициентом детерминации  $R^2=0,9801$ . Таким образом, с повышением температуры закалочной среды понижается твердость готового изделия.



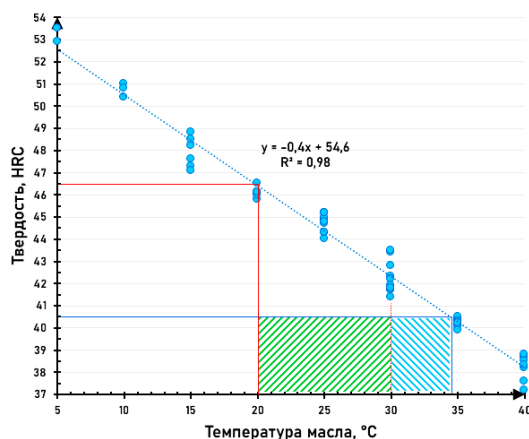


Рис. 7. Зависимость твердости стали 60С2ХФА от температуры масла

Зависимость предела прочности и относительного удлинения также получается линейной с коэффициентом корреляции  $R^2=0,9763$  и  $R^2=0,9767$  соответственно. (рис. 8). По ГОСТ 14959-2016 значение предела прочности для исследуемой марки должна составлять не менее 1670 МПа, а значение относительного удлинения — не менее 6 % [14]. В интервале вышеприведенной (см. рис. 7) рекомендованной температуры масла (20...30 °C) значение предела прочности лежит в диапазоне ~ 1740...1880 МПа, а значение относительного удлинения — 6...9 %. Таким образом, полученные зависимости (рис. 8а, б) не противоречат указанным в ГОСТе требованиям.

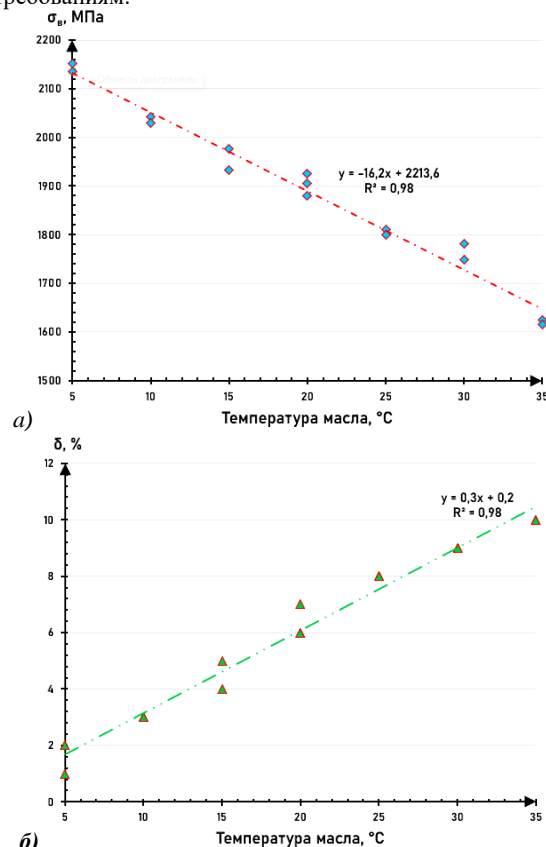


Рис. 8. Зависимость механических свойств (а – предела прочности, б – относительного удлинения) 60С2ХФА от температуры масла

## 4. Выводы

1. Проведены исследования технологических режимов термической обработки стали, используемой для рессорно-пружинных деталей. Показано, что температура охлаждающей среды оказывает значительное влияние на механические характеристики, стали марки 60С2ХФА, т.е. с повышением температуры среды твердость и предел прочности снижается, относительное удлинение увеличивается, а с понижением температуры наоборот.

2. Получена зависимость механических свойств от температуры охлаждающей среды, позволяющая прогнозировать характеристик стали марки 60С2ХФА при изменении условий охлаждения.

3. Установлено, что оптимальный температурный диапазон охлаждающей среды для обеспечения наилучших механических характеристик составляет от 20 до 30 °C. При этом интервале температур достигаются значения твердости по Роквеллю от 40,5 до 46,5 HRC, предела прочности от 1740 до 1880 МПа и относительного удлинения от 6 до 9 %, что соответствуют требованиям ГОСТ 14959-2016.

4. Использование охлаждающей среды с рекомендованной температурой, позволило минимизировать остаточные деформации пружин и продлить срок их эксплуатации без значительных потерь геометрических и силовых параметров, что положено в основу технологии термической обработки стали марки 60С2ХФА с улучшенными механическими и эксплуатационными свойствами рессорно-пружинных деталей Ташкентского литейно-механического завода.

## Использованная литература / References

- [1] Рахштадт, А. Г. (1982). Пружинные стали и сплавы.
- [2] Тебенко, Ю. М., & Землянушнова, Н. Ю. (2005). Анализ методов улучшения качества пружин. Оборонный комплекс-научно-техническому прогрессу России, (2), 20-26.
- [3] Н. К. Турсунов, С. Н. Абсаттаров. Совершенствование технологии термической обработки конструкционной рессорно-пружинной стали с целью повышения механических и эксплуатационных свойств // Проблемы безопасности на транспорте: Материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвященной году качества; Гомель, БелГУТ. – 2024. – С. 153-155.
- [4] Salokhiddin, A., Nodirjon, T., Erkin, B., Sadridin, A., & Kholida, K. (2024). Investigation of the Carbon Potential in a Low-Pressure Environment for Alloy Steels After the Carburizing Process. Universum: технические науки, 5(9 (126)), 5-8.
- [5] Лахтин, Ю. М., & Арзамасов, Б. Н. (1985). Химико-термическая обработка металлов.
- [6] Смирнов, М. А., Счастливец, В. М., & Журавлев, Л. Г. (1999). Основы термической обработки стали: Учебное пособие. Екатеринбург: УрО РАН, 495.
- [7] Семёнов, М. Ю., Смирнов, А. Е., Фомина, Л. П., & Абсаттаров, С. Н. У. (2024). Определение углеродного потенциала и коэффициента массопереноса углерода



при вакуумной цементации сталей. *Металловедение и термическая обработка металлов*, (1), 8-13.

[8] ГОСТ 1497-84. Методы испытаний на растяжение. – М.: Стандартинформ, 2008.

[9] Марков, А. М., Габец, А. В., Габец, Д. А., & Гавриков, Д. В. (2016). Пружины рессорного комплекта тележек грузовых вагонов. *Актуальные проблемы в машиностроении*, (3), 194-198.

[10] Malinov, L., Burova, D., & Malysheva, I. (2018). Повышение механических свойств рессорно-пружинных сталей получением многофазной структуры с метастабильным аустенитом. *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*, (1).

[11] Дубасов, В. М., Могильная, Е. П., & Пономарева, Н. В. (2016). Влияние режимов термической обработки на структуру и свойства наружных пружин подвижного состава. *Ресурсосберегающие технологии производства и обработки давлением материалов в машиностроении*, (1), 69-74.

[12] Malinov, L. S., Malysheva, I. E., & Malinova, D. V. (2012). Influence of Heat Treatment with Heating in the Intercritical Temperature Range on the Properties of Steels 60C2A and 60C2XФА. *Metallurgical and Mining Industry*, 4(1), 27.

[13] Феллоуз, Д. (1982). *Фрактография и атлас фрактограмм*. М.: Металлургия.

[14] ГОСТ 14959-2016. *Металлопродукция из рессорно-пружинной нелегированной и легированной стали. Технические условия*. – М.: Стандартинформ, 2017.

## Информация об авторах/ Information about the authors

Абсаттаров Салохиддин Нуриддин угли /Absattarov Salokhiddin Nuritdin ugli

Ташкентский государственный транспортный университет, ассистент кафедры «Материаловедение и машиностроение»,  
Тел.: +998903989996  
[asn17t503@yandex.ru](mailto:asn17t503@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0009-0003-3658-7616>

Турсунов Нодиржон Каюмжонович /Tursunov Nodirjon Qayumjonovich

Ташкентский государственный транспортный университет, д.т.н., профессор кафедры «Материаловедение и машиностроение»,  
Тел.: +998990012371  
[u\\_nadir@mail.ru](mailto:u_nadir@mail.ru)  
<https://orcid.org/0009-0008-7910-3980>



## Development of a methodology and means of non-destructive testing of physical and mechanical characteristics of cast irons to create grades with improved properties

N.K. Tursunov<sup>1</sup><sup>a</sup>, A.P. Kren<sup>2</sup><sup>b</sup>, T.T. Urazbaev<sup>1</sup><sup>c</sup>, U.T. Rakhimov<sup>1</sup><sup>d</sup>,  
M.R. Turakulov<sup>1</sup><sup>e</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>Institute of Applied Physics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

**Abstract:** The article is devoted to the development of methods and means of non-destructive testing of physical and mechanical properties of cast irons in order to create new grades with improved characteristics. The choice of geometric parameters of indenters is considered, which provide high sensitivity to changes in characteristics in the volume of the material, and also allow achieving various levels of deformation and deformation rates during testing, which is necessary for analyzing the behavior of the material under dynamic loads. The results of the study will help to accurately determine the value of the plastic imprint necessary for an objective assessment of the physical and mechanical characteristics of cast iron.

**Keywords:** high-strength cast iron, hardness, induction crucible furnace, mechanical properties, indentation, impact, imprint

## Разработка методики и средств неразрушающего контроля физико-механических характеристик чугунов для создания марок с улучшенными свойствами

Турсунов Н.К.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Крень А.П.<sup>2</sup><sup>b</sup>, Уразбаев Т.Т.<sup>1</sup><sup>c</sup>, Рахимов У.Т.<sup>1</sup><sup>d</sup>,  
Туракулов М.Р.<sup>1</sup><sup>e</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

<sup>2</sup>Институт прикладной физики НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

**Аннотация:** Статья посвящена разработке методики и средств неразрушающего контроля физико-механических свойств чугунов с целью создания новых марок с улучшенными характеристиками. Рассматривается выбор геометрических параметров инденторов, которые обеспечивают высокую чувствительность к изменениям характеристик в объеме материала, а также позволяют достигать различных уровней деформации и скоростей деформирования при испытаниях, что необходимо для анализа поведения материала при динамических нагрузках. Результаты исследования помогут точно определить величину пластического отпечатка, необходимую для объективной оценки физико-механических характеристик чугуна.


**Ключевые слова:** высокопрочное чугун, твердость, индукционная тигельная печь, механические свойства, индентирование, удар, отпечаток


### 1. Введение


Существует ряд особенностей деформирования чугуна, присущих только данному материалу. Так, в частности коэффициент Пуассона данного материала может изменяться по мере увеличения деформации. Кроме этого, имея одну и ту же твердость в рамках одной марки чугуна, он может обладать различным


модулем упругости. Также чугун может иметь одну и ту же прочность обладая при этом различной формой графитовых включений. В тоже время для таких чугунов будет существенно изменяться его относительное удлинение и предел текучести. Все это будет определенным образом влиять на кривую динамического микроударного деформирования. Чугун относится к структурно неоднородным материалам, вследствие наличия большого количества включений графита, который может принимать различные формы:

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0008-7910-3980>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9658-1003>

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0009-0006-1808-489X>

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0009-0001-9819-5314>

<sup>e</sup> <https://orcid.org/0009-0008-7448-5916>



пластинчатую (серый чугун), шаровидную (высокопрочный), хлопьевидную (ковкий), различают также вермикулярную форму графита (рисунок 1).

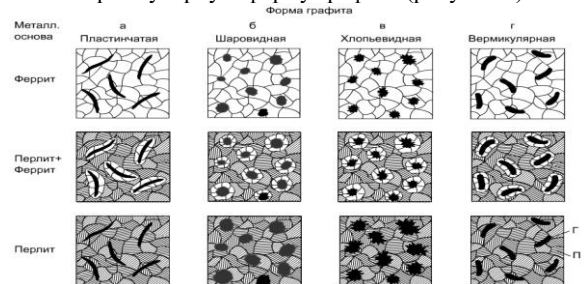


Рис. 1. Характерные структуры чугуна

Помимо различных форм графита, чугун может иметь разную структуру: ферритную, ферритно-перлитную или перлитную. Белый чугун характеризуется цементитной структурой. Согласно ГОСТ 3443 «Отливки из чугуна с различной формой графита. Методы определения структуры», размер включений графита может варьироваться от 15 до 1000 мкм. Стоит отметить, что крупные графитовые включения значительно ухудшают механические свойства, и контроль характеристик таких изделий обычно не проводится. Распределение графита в структуре чугуна может быть как равномерным, так и неравномерным, а также иметь колониальную, сетчатую или иную форму. Количество включений графита оценивается по средней площади на микрошлифе. Например, для пластинчатого графита плотность распределения может изменяться от 2 до 12%. На рисунках 2 и 3 показана микроструктура реальных образцов чугуна, с проведенной оценкой распределения и характерных размеров углеродных включений. Если задача разделения чугуна может быть решена ультразвуковыми методами, то установление механических характеристик - это проблема, требующая решения.

В настоящее время на предприятиях для измерения предела прочности, модуля упругости и относительного удлинения при разрыве в 100 % случаев применяются разрушающие методы контроля, такие как испытания на разрывных машинах. Этот процесс является длительным, неудобным и дорогостоящим, поскольку требует изготовления и тестирования специальных образцов-свидетелей, чьи свойства могут не полностью соответствовать характеристикам самого изделия. Кроме того, вырезка образцов из готового изделия делает его дальнейшее использование невозможным.

В рамках проекта предлагается внедрить метод динамического индентирования для контроля, при котором регистрируется весь процесс деформирования, продолжающийся всего несколько микросекунд. После обработки сигнала, который описывает внедрение жесткого индентора определенной формы в чугун, будут получены зависимости изменения контактного усилия, глубины и скорости внедрения. Это позволит использовать модели упругопластического деформирования и на их основе рассчитывать физико-механические характеристики чугуна.

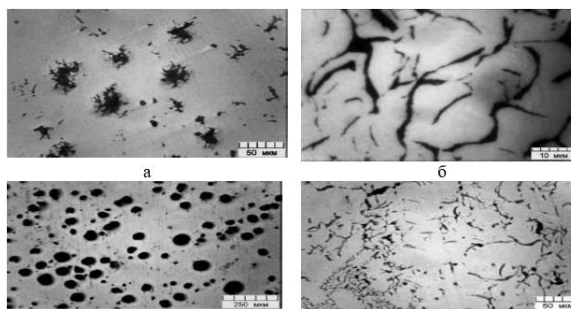


Рис. 2. Форма графита (темные включения) в серых чугунах: а – хлопьевидная, б – пластинчатая, в – шаровидная, г – вермикулярная

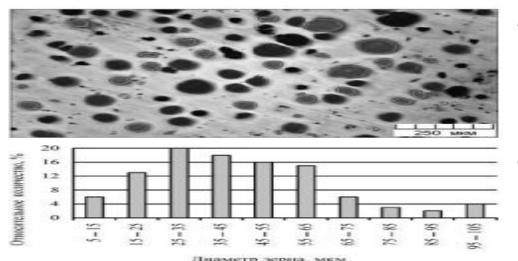


Рис. 3. Микроструктура чугуна с шаровидным графитом (а); распределение включений графита по размерам (б) по данным

## 2. Методология исследования

Результаты вычисления предупредительной скорости индентора, а также размеров отпечатка на материалах с твердостью, соответствующей верхней и нижней границам рассматриваемого диапазона, приведены в таблицах 1 и 2.

Данные таблиц 1 и 2 показывают, что для оценки физико-механических свойств чугуна подходят инденторы с диаметром как 1 мм, так и 2 мм. Для обоих вариантов диаметра индентора можно подобрать энергию удара, обеспечивающую достижение необходимого диаметра отпечатка  $d_{min}$ . Следует отметить, что для индентора с диаметром 1 мм требуемое значение  $d = 450$  мкм на твердости 500 HBW обеспечивается при энергии удара 22 мДж. При этом на твердости 100 HBW при этой же энергии отношение  $d/D$  составляет 0,649. Это значение незначительно выходит за границы неравенства (1), однако такое превышение является приемлемым. Поэтому можно считать, что для индентора с диаметром 1 мм максимальный диаметр отпечатка на твердости 500 HBW составляет 450 мкм.

Использование индентора с диаметром 2 мм позволяет увеличить диаметр отпечатка на твердых материалах с 450 мкм до 500 мкм. Однако при этом на 40 % уменьшается глубина отпечатка (с 53,5 мкм до 31,8 мкм при твердости материала 500 HBW и с 119,6 мкм до 71 мкм при твердости материала 100 HBW). Поскольку уменьшение глубины отпечатка приведет к повышению влияния качества испытуемой поверхности на результаты измерений и, соответственно, увеличит трудоемкость подготовки изделия к контролю, использование индентора с диаметром 2 мм является нецелесообразным.



**Таблица 1**  
**Результаты вычислений для диаметра индентора 1 мм**

Твердость материала HBW	Диаметр отпечатка $d$ , мкм	$d/D$	Глубина отпечатка $h_c$ , мкм	Энергия удара, мДж	Предупредная скорость $V_{max}$ , м/с
500	500	0,5	67,0	34,6	3,7
	450	0,45	53,5	22,0	3,0
	400	0,4	41,7	13,4	2,3
100	714	0,71	150,0	34,6	3,7
	649	0,65	119,6	22,0	3,0
	582	0,58	93,3	13,4	2,3

**Таблица 2**  
**Результаты вычислений для диаметра индентора 2 мм**

Твердость материала HBW	Диаметр отпечатка $d$ , мкм	$d/D$	Глубина отпечатка $h_c$ , мкм	Энергия удара, мДж	Предупредная скорость $V_{max}$ , м/с
500	500	0,25	31,8	15,5	2,5
	450	0,225	25,6	10,1	2,0
	400	0,2	20,2	6,3	1,6
100	740	0,37	71,0	15,5	2,5
	667	0,33	57,3	10,1	2,0
	594	0,3	45,2	6,3	1,6

В то же время значительный интерес представляет применение инденторов, имеющих диаметр в диапазоне от 1 до 2 мм. Такую возможность в отличие от статических твердомеров предоставляют портативные приборы, реализующие метод динамического индентирования: не привязываясь к стандартным диаметрам, можно изготовить индентор с любыми размерами. Вычисление предупредной скорости индентора, а также размеров отпечатка для девяти вариантов диаметра индентора (1,1; 1,2; ... 1,9 мм) показало, что оптимальным является использование индентора с диаметром 1,2 мм и предупредной скоростью 3 м/с. Результаты соответствующих вычислений приведены в таблице 3.

**Таблица 3**  
**Результаты вычислений для диаметра индентора 1,2 мм**

Твердость материала HBW	Диаметр отпечатка $d$ , мкм	$d/D$	Глубина отпечатка $h_c$ , мкм	Энергия удара, мДж	Предупредная скорость $V_{max}$ , м/с
500	480	0,4	50,1	23,2	3,0
100	698	0,58	112,0		

Сравнивая таблицы 1 и 3, можно сделать следующие выводы. Увеличение диаметра индентора с 1 мм до 1,2 мм позволяет при одном и том же значении предупредной скорости увеличить диаметр отпечатка на твердых материалах с 450 мкм до 480 мкм. При этом отношение  $d/D$  не выходит за границы неравенства (1), а глубина отпечатка уменьшается всего на 6 % (с 53,5 мкм до 50,1 мкм при твердости материала 500 HBW и с 119,6 мкм до 112 мкм при твердости материала 100 HBW).

Таким образом, в результате проведенного анализа установлено, что для оценки физико-механических характеристик чугуна методом динамического индентирования оптимальными являются следующие параметры индентора: масса – 5 г, диаметр – 1,2 мм, предупредная скорость – 3 м/с.

Данная методика не требует изготовления специальных образцов для испытаний, как это необходимо при использовании разрывных машин. С учетом того, что современные технологии производства чугуна не всегда гарантируют необходимые характеристики, предложенный метод имеет важное практическое значение для сортировки чугуна. Практика показывает, что отдельные чугунные изделия (например, блоки цилиндров двигателей) могут

содержать серый чугун в одной части, а высокопрочный — в другой. Кроме того, в изделии могут присутствовать участки с белым чугуном, обработка которых может приводить к поломке режущего инструмента.

Поэтому очень важно перед проведением механической обработки чугуна предварительно оценить его качество. Предполагаемый вид создаваемого прибора показано в рисунке 4.



**Рис. 4. Измеритель физико-механических характеристик чугуна ИФМХ-Ч**

Прибор ИФМХ-Ч предназначен для неразрушающего контроля физико-механических характеристик чугуна различных марок. Прибор состоит из двух частей: датчика и дополнительного электронного блока.

#### **Основные характеристики прибора ИФМХ-Ч:**

- определение марки чугуна СЧ10-СЧ35, ВЧ35-ВЧ70
- измерение твердости по Бринеллю от 90 до 450 HB;
- измерение предела прочности от 100 до 900 МПа;
- измерение модуля упругости от 40 до 220 ГПа;
- время одного измерения не более 3 с.

#### **Требования к контролируемым изделиям:**

- шероховатость контролируемой поверхности не более 2,5 Ra;

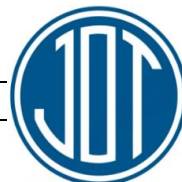
- масса изделия не менее 2,0 кг;
- толщина стенки изделия не менее 5 мм.

Измеритель физико-механических характеристик чугуна позволяют проводить оперативную оценку качества чугуна без необходимости разрушения образцов. На рисунке 3 представлена информация о чугуне марки СЧ30, который имеет твердость 207 HB, модуль упругости 136 ГПа и предел прочности 308 МПа.

### **3. Заключение**

1. В результате проведенного анализа установлено, что для оценки физико-механических характеристик чугуна методом динамического индентирования оптимальными являются следующие параметры индентора: масса – 5 г, диаметр – 1,2 мм, предупредная скорость – 3 м/с.

2. Измеритель физико-механических характеристик чугуна позволяют проводить оперативную оценку качества чугуна без необходимости разрушения образцов. Измерения показывает марки чугуна СЧ30, который имеет твердость 207 HB, модуль упругости 136 ГПа и предел прочности 308 МПа.



## Использованная литература / References

[1] Турсунов, Н.К.; Алимухамедов, Ш.П.; Тоиров, О.Т. Разработка эффективной технологии получения синтетического чугуна в индукционной тигельной печи. Universum: технические науки: электрон. научн. журн. - 2022. 6(99), июнь, 2022 г.

[2] Kren, A.P. Determination of the Strain-Hardening Exponent of a Metallic Material by Low-Speed Impact Indentation / A.P. Kren, V. A. Rudnitskii // Russian Metallurgy (Metally). – 2019. – №. 4. – P. 478–483. DOI: 10.1134/S0036029519040220.

[3] Murot Turakulov, Nodirjon Tursunov and Salokhiddin Yunusov, "Steeling of synthetic cast iron in induction crucible furnace taking into account consumption rate of carburizers", E3S Web of Conferences 401, 05012 (2023).

[4] Murot Turakulov, Nodirjon Tursunov and Salokhiddin Yunusov, "New concept of cast iron melting technology in induction crucible furnace", E3S Web of Conferences 401, 01060 (2023).

[5] Murot Turakulov, Nodirjon Tursunov and Shavkat Alimukhamedov, "Development of technology for manufacturing molding and core mixtures for obtaining synthetic cast iron", E3S Web of Conferences 365, 05009 (2023).

## Информация об авторах/ Information about the authors

Турсунов	Ташкентский государственный
Нодиржон	транспортный университет,
Каюмжонович / Tursunov	д.т.н., профессор кафедры «Материаловедение и машиностроение»
	E-mail: <a href="mailto:u_nadir@mail.ru">u_nadir@mail.ru</a>

Nodirjon Qayumjonovich	Тел.: +998990012371 <a href="https://orcid.org/0009-0008-7910-3980">https://orcid.org/0009-0008-7910-3980</a>
Крень Александр Петрович / Kren Aleksandr Petrovich	"Belarus FA Amaliy fizika instituti", Kontakt-dinamik nazorat usullari laboratoriyasi mudiri, t.f.d. professor E-mail: <a href="mailto:alekspk@mail.ru">alekspk@mail.ru</a> Tel.: +375 29 762 3300 <a href="https://orcid.org/0000-0001-9658-1003">https://orcid.org/0000-0001-9658-1003</a>
Уразбаев Талгат Тилеубаевич / Urazbayev Talgat Tileubayevich	Toshkent davlat transport universiteti "Materialshunoslik va mashinasozlik" kafedrasida dotsenti v.b, PhD E-mail: <a href="mailto:talgat_1988.26@mail.ru">talgat_1988.26@mail.ru</a> Tel.: +998974301088 <a href="https://orcid.org/0009-0006-1808-489X">https://orcid.org/0009-0006-1808-489X</a>
Рахимов Учкин Тошнйёз угли / Rahimov Uchqun Toshniyoz o'g'li	Toshkent davlat transport universiteti "Materialshunoslik va mashinasozlik" kafedrasida PhD doktoranti E-mail: <a href="mailto:uchqun.raximov.1991@mail.ru">uchqun.raximov.1991@mail.ru</a> Tel.: +998939955691 <a href="https://orcid.org/0009-0001-9819-5314">https://orcid.org/0009-0001-9819-5314</a>
Туракулов Мурот Рустамович / To'raqulov Murot Rustamovich	Toshkent davlat transport universiteti "Materialshunoslik va mashinasozlik" kafedrasida katta o'qituvchisi E-mail: <a href="mailto:m.r.turakulov1982@gmail.com">m.r.turakulov1982@gmail.com</a> Tel.: +998903567879 <a href="https://orcid.org/0009-0008-7448-5916">https://orcid.org/0009-0008-7448-5916</a>



## Development of a mathematical model for assessing and forecasting the technical condition of reinforced concrete bridge construction

U.Z. Shermukhamedov<sup>1</sup><sup>a</sup>, M.M. Sobirova<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** In the article, a mathematical model was developed for the assessment and forecasting of the technical condition of urban reinforced concrete bridge structures through the evaluation criteria of technical and operational indicators. Criteria weighting coefficients were calculated in Mpriority 1.0 using Hierarchy analysis method.

**Keywords:** evaluation criteria, bridges, Hierarchy analysis method, movement safety and comfort, durability, load carrying capacity, transmissibility, repairability

## Temirbeton ko‘prik inshootlarining texnik holatini baholash va prognozlash uchun matematik modelni ishlab chiqish

Shermuxamedov U.Z.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Sobirova M.M.<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

**Annotatsiya:** Maqolada texnik-ekspluatatsion ko‘rsatkichlarning baholash mezonlari orqali shahar temirbeton ko‘prik inshootlarining texnik holatini baholash va prognozlash bo‘yicha matematik model ishlab chiqilgan. Mezonlarni vazn koeffitsiyentlari Ierarxiyalar tahlili usulidan foydalanilgan holda Mpriority 1.0 dasturida hisoblab topilgan.

**Kalit so‘zlar:** baholash mezonlari, ko‘priklar, Ierarxiyalar tahlili usuli, harakat xavfsizligi va qulayligi, umrboqiyliqi, yuk ko‘tarish qobiliyati, o‘tkazuvchanlik qobiliyati, ta‘mirlashga yaroqliligi

### 1. Kirish

Jahonning yirik megapolislarda avtomobil yo‘llaridagi temirbeton ko‘prik inshootlarining yuk ko‘tarish qobiliyati, ularning texnik va ekspluatatsion holatini baholash va prognozlash, informatsion modellashtirish texnologiyalari, faol monitoring tizimini yaratish, ekologik xavfsizligi, uzoqqa chidamliligini oshirishga qaratilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda, shahar temirbeton ko‘prik inshootlarining texnik holatini baholashda innovatsion “Raqamli ko‘prik monitoringi” tizimini yaratish hamda xizmat qilish muddatini prognozlash bo‘yicha nazariy hamda eksperimental tadqiqotlar olib borish – dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Yildan yilga shaharda yo‘llarning va ularda harakatlanayotgan transport vositalarining soni oshib bormoqda va bu ko‘chalarda tirbandlik hosil bo‘lishiga olib kelmoqda. Demak, bunday sharoitlarda shaharga ko‘priklar, tonnellar, yo‘l o‘tkazgichlar kabi transport inshootlari tizimi zarur. Sun‘iy inshootlarning asosiy vazifasi yagona va o‘zaro bog‘liq bo‘lgan ko‘cha va yo‘l tarmog‘ini ta‘minlash, tabiiy va sun‘iy to‘siqlar bilan bir-biridan ajratib qo‘yilgan hududlar orasida transport aloqalarini optimallashtirish, harakat vaqtini kamaytirishdan iborat. Toshkent shahri bugungi kunda yirik megapolislardan biri bo‘lib, harakat jadalligi va transport oqimi 2-3 barobar ko‘payib, shahar ko‘chalarida bir kunda 700-800 mingdan ziyod transport


harakatlanmoqda. Bugungi kunda, Toshkent shahridagi ekspluatatsiya qilinayotgan temirbeton ko‘prik inshootlarining texnik-ekspluatatsion holatini yetarli darajada tadqiq qilinmagan, rivojlangan mamlakatlardagi shahar temirbeton ko‘prik inshootlarini faol monitoring qilish xususiyatlarining tahlili natijasida yurtimizda faol monitoring parametrlari bo‘yicha yetarli darajada izlanishlar olib borilmaganligi aniqlandi [1].

### 2. Tadqiqot metodikasi

Avtomobil yo‘llaridagi shahar temirbeton ko‘prik inshootlarining texnik holatini texnik-ekspluatatsion ko‘rsatkichlar asosida baholash va prognozlash usulini takomillashtirish, temirbeton ko‘prik inshootlarining texnik holatini baholash va prognozlash uchun matematik modelni ishlab chiqish.

Shahar ko‘prik inshootlarining texnik holatini baholash va prognozlash usulini takomillashtirish maqsadida mualliflar tomonidan Toshkent shahridagi ko‘prik inshootlarining umumiy ma‘lumotlari o‘rganilgan holda har xil parametrlariga qarab 30 dan ortiq ko‘prik va yo‘l o‘tkazgichlarda vizual ko‘rik o‘tkazilib, nuqson va shikastlanishlar aniqlandi. Ko‘prik inshootlarining texnik holatini baholashda quyidagi texnik-ekspluatatsion ko‘rsatkichlar taklif qilingan: “harakat xavfsizligi va qulayligi”, “umrboqiyliqi”, “yuk ko‘tarish qobiliyati”,

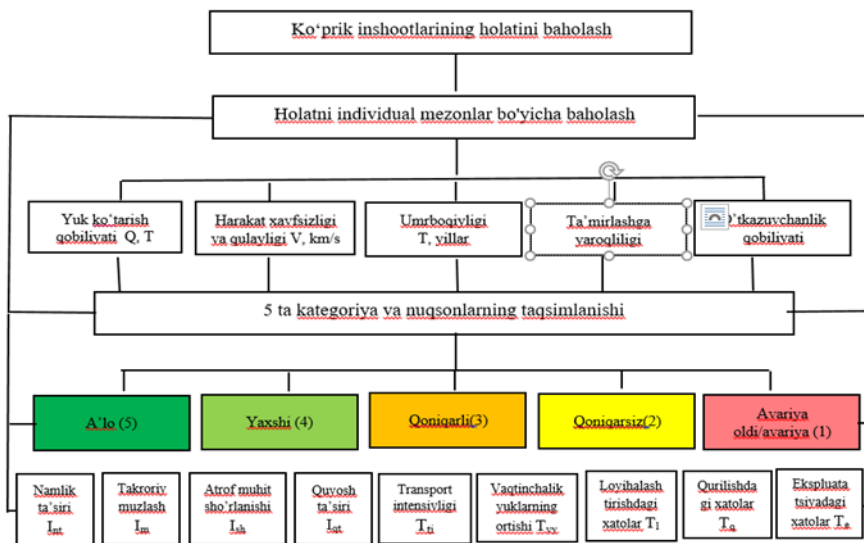
<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1718-5331>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0009-2638-160X>



“o‘tkazuvchanlik qobiliyati” hamda “ta‘mirlashga yaroqliligi”. Ko‘prik inshootlariga ta‘sir etuvchi omillar hamda nuqson va shikastlanishlar o‘rganilib, inshootlar

yuqoridagi texnik-ekspluatatsion ko‘rsatkichlar orqali baholandi (1-rasm)[2].



1-rasm. Asosiy texnik-ekspluatatsion ko‘rsatkichlar

Temirbeton ko‘prik inshootlarining texnik holatini samarali boshqarish uchun, nafaqat tadqiqotlar o‘tkaziladigan davrida inshootning haqiqiy holatini bilish, balki uni kelajakdagi o‘zgarishi, ya‘ni prognozi ilmiy qiziqish uyg‘otadi. Ko‘prik inshootlarini xizmat muddatlarini prognozlash uslubini yaratish Toshkent shahar ko‘prik parki obyektlarining ishonchligi va funktsionalligini talab darajasida saqlab turishga imkon beradi [8].

Konstruksiyaning xizmat muddatini prognozlash vaqtincha tushuncha bo‘lib, taklif etilgan yagona vaqt mezonni sifatida esa “umrboqiylik” texnik ekspluatatsion ko‘rsatkichi xizmat qiladi. Avtomobil yo‘llaridagi temirbeton ko‘prik inshootlarining ayrim elementlarini me‘yoriy xizmat muddatlarini hech qayerda aniq tartibga solinmagan va me‘yorlashtirilmagan. Turli olimlar [4-6] ekspluatatsiyadagi ko‘prik inshootlarining umrboqiylikni baholashga oid o‘zlarini ishlab chiqqan yondoshuvi asosida va nuqtayi nazarlaridan kelib chiqqan holda ushbu muddatlarga oid tasavvurlarining turli xil variantlarini keltirganlar.

Transport infrastrukturasini inshootlarini hisoblashda ob‘yektning matematik modelini yaratish eng muhim bosqich hisoblanadi. Agar matematik model to‘g‘ri (adekvat) bo‘lmasa, topilgan yechim ko‘prik inshootlarini baholash jarayonlarini noto‘g‘ri talqin qilinishiga olib keladi [3].

Ko‘prik inshootining hisobiy modelini tanlashdan avval ob‘yektning holatiga katta ta‘sir ko‘rsatadigan asosiy omillarni tahlil qilish zarur.

Yuqorida aytib o‘tilganidek, umumlashtirilgan miqdoriy ko‘rsatkich tavsiya etilgan bir nechta TEKni o‘z ichiga oladi, ularning ahamiyati bo‘yicha yuk ko‘tarish qobiliyati, o‘tkazuvchanlik qobiliyati, umrboqiyli, harakat xavfsizligi va qulayligi va ta‘mirlashga yaroqliliklarga bo‘linadi. Mezonlarning vazn koeffitsiyentlari bir xil emas va quyidagi matematik shartlarni bir vaqtning o‘zida bajarish orqali ifodalinishi mumkin (ular yechimning optimalligi mezonni sifatida ham ishlaydi):

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^5 k_i &= 1,000 \\ k_{i+1} &= k_i \cdot n \\ n &\rightarrow \min \end{aligned} \right\} (1)$$

bu yerda:

$k_i$  – texnik holatni baholash mezon;

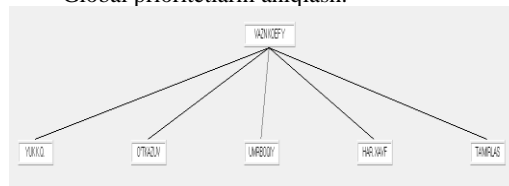
$n$  – natural son,  $n > 1$ .

Optimal yechim  $n=2$  uchun natijalar hisoblanadi (1-jadval).

Bu ifodani optimal ravishda ifodalash uchun **ierarxiyal tahlili usulidan** foydalanildi. **Ierarxiyal tahlili usuli (ITU)** – biror muammoni bir necha yechim variantlaridan eng yaxhisini tanlash uchun qo‘llaniladi.

Ushbu usul amerikalik olim Tomas Saati tomonidan 35 yil avval ishlab chiqilgan. Bu usuldan Investitsiya loyihalarining dolzarbligiga asosan hayotga tatbiq qilish navbatini belgilashda foydalanadi. (ITU)ning bosqichlari quyidagilar.

- Muammoni ierarxiya ko‘rinishida tasvirlash;
- Kriteriy (mezon)lar uchun prioritetlar (ustuvorlik) belgilash;
- Har bir mezon bo‘yicha alternativa (yechim)lar prioritetlarini belgilash;
- Global prioritetlarni aniqlash.



2-rasm. Muammoni ierarxiya ko‘rinishida tasvirlash

### 3. Natija va muhokamalar

Baholash tizimidagi mezonlar vaznini hisoblash uchun MPriority 1.0 dasturidan foydalaniladi (2-rasm).

Bundan vazn koeffitsiyenti  $y_n$  ni aniqlash uchun har bir mezonning muhimlik darajasi kiritiladi (3-rasm).



Работа эксперта

Производим попарные сравнения относительно объекта

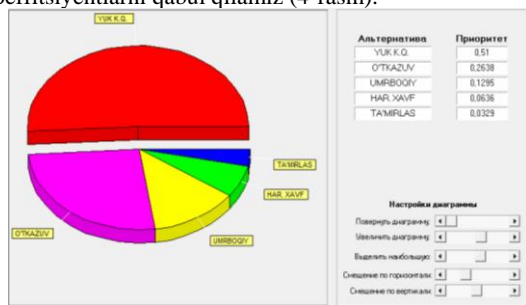
VAZN KOEFY

	1.	2.	3.	4.	5.	Приоритет
1. YUK.K.Q.	1	3	5	7	9	0,51
2. O'TKAZUV	1/3	1	3	5	7	0,2638
3. UMRBOQIY	1/5	1/3	1	3	5	0,1295
4. HAR.XAVF	1/7	1/5	1/3	1	3	0,0636
5. TA'MIRLAS	1/9	1/7	1/5	1/3	1	0,0329

СЗ: 5,2371 Применить  
 ИС: 0,0592 Закрывать  
 ОС: 0,0529 Отмена Исследовать

3-rasm. Mezonlar prioritetini aniqlash

3-rasmdan ko'rinib turiptiki, muvofiqlik nisbati – OS qiymati 10-20% oralig'ida bo'lsa, yuqoridagi jadvalni to'ldirganimizda ahamiyatli ziddiyatlarga yo'l qo'ymagan bo'lamiz. Aks holda, jadval to'ldirish jarayonini takrorlashimiz kerak. OS=5,29% chiqqani uchun olingan koeffitsiyentlarni qabul qilamiz (4-rasm).



4-rasm. Global prioritetlarni aniqlash

Demak 4-rasmdan ko'rishimiz mumkinki, yuqorida keltirilgan ifoda va dasturdan quyidagi jadvalni keltiramiz:

1-jadval

**Texnik-ekspluatatsion ko'rsatkichlarning vazn koeffitsiyentlari**

TEK	Belgilanish	Vazn koeffitsiyenti
Yuk ko'tarish qobiliyati	Y	0,51
O'tkazuvchanlik qobiliyati	O'	0,26
Umrboqiyiligi	U	0,129
Harakat xavfsizligi va qulayligi	H	0,064
Ta'mirlashga yaroqliligi	T	0,033
	Σ	1,000

TEK (baholash mezon) bo'yicha asosiy koeffitsiyent quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$K_i^k = (K_i^{baz})^{\frac{1}{(6-k)}} \quad (2)$$

bu yerda:

k – nuqson kategoriyasi;

$K_i^{baz}$  – bazaviy hisoblash koeffitsiyenti;

Yuqoridagi (1) – (2) formulalar yordamidagi hisoblash natijalari TEK muhimlik koeffitsiyentlari matritsasini yaratishga imkon beradi (2 - jadval).

2-jadval

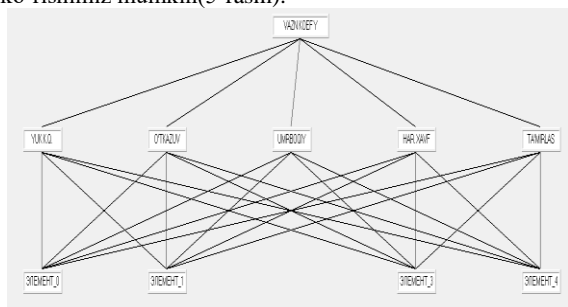
**Texnik holatning TEK (baholash mezonlari) muhimlik koeffitsiyentlari matritsasi**

	Kategoriya	Y	O'	U	H	T	$y_j$
Y	5	<b>0,517</b>	0,258	0,129	0,064	0,032	$y_{o'}=0,534$ $y_u=0,267$ $y_h=0,133$ $y_t=0,066$
	4	<b>0,719</b>	0,150	0,075	0,037	0,019	
	3	<b>0,803</b>	0,105	0,053	0,026	0,013	
	2	<b>0,848</b>	0,081	0,041	0,020	0,010	
	1	<b>0,876</b>	0,066	0,033	0,016	0,008	
O'	5	0,517	<b>0,258</b>	0,129	0,064	0,032	$y_y=0,697$ $y_u=0,174$ $y_h=0,086$ $y_t=0,043$
	4	0,343	<b>0,508</b>	0,086	0,042	0,021	
	3	0,253	<b>0,637</b>	0,063	0,031	0,016	
	2	0,200	<b>0,713</b>	0,050	0,025	0,012	
	1	0,165	<b>0,763</b>	0,041	0,020	0,010	
U	5	0,517	0,258	<b>0,129</b>	0,064	0,032	$y_y=0,594$ $y_{o'}=0,296$ $y_h=0,073$ $y_t=0,037$
	4	0,380	0,190	<b>0,359</b>	0,047	0,024	
	3	0,294	0,147	<b>0,505</b>	0,036	0,018	
	2	0,238	0,119	<b>0,599</b>	0,029	0,015	
	1	0,199	0,100	<b>0,664</b>	0,025	0,012	
H	5	0,517	0,258	0,129	<b>0,064</b>	0,032	$y_y=0,552$ $y_{o'}=0,276$ $y_u=0,138$ $y_t=0,034$
	4	0,413	0,206	0,103	<b>0,253</b>	0,026	
	3	0,331	0,165	0,083	<b>0,400</b>	0,021	
	2	0,275	0,137	0,069	<b>0,503</b>	0,017	
	1	0,234	0,117	0,058	<b>0,577</b>	0,014	
T	5	0,517	0,258	0,129	0,064	<b>0,032</b>	$y_y=0,534$ $y_{o'}=0,267$ $y_u=0,133$
	4	0,439	0,219	0,109	0,054	<b>0,179</b>	
	3	0,365	0,182	0,091	0,045	<b>0,317</b>	



	2	0,308	0,154	0,077	0,038	<b>0,423</b>	y <sub>h</sub> =0,066
	1	0,266	0,133	0,066	0,033	<b>0,502</b>	

Bundan kelib chiqqan holda har bir mezonning bir-biriga nisbatan muhimlik koeffitsiyentlari mavjud ekanini ko'rishimiz mumkin(5-rasm).



5-rasm. Global prioritetlarga bog'liqlik

Har bir oraliqning texnik holati umumiy darajasi (umumlashtirilgan ko'rsatkich) quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$D_{um} = \sum_{j=1}^5 \sum_{i=1}^4 k_j^{b_{az}} \cdot D_i \cdot K_{vazn}^i \quad (3)$$

Bundan kelib chiqib, shahar temirbeton ko'prikinshootlarining texnik holatini baholash uchun dasturiy ta'minot ishlab chiqildi

Me'yoriy xizmat muddati jismoniy (fizik) yemirilish chegarasiga erishish vaqti bilan belgilanadi. Ularning qiymatlari tegishli jadvallarda temirbeton oraliqlar uchun berilgan. Yemirilish funksiyasi ishonchlik nazariyasi qonunlariga ko'ra nosozlik funksiyasiga mos keladi (6-rasm va formula (3)).

$$Y_t = [e^{\lambda(T_i - T_0)} - 1] \cdot 100\% \quad (4)$$

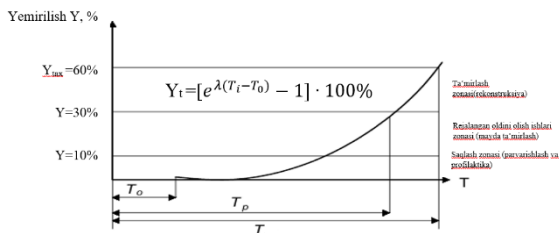
bu yerda:

$e$  – natural son;

$t_i$  – vaqt parametri (yillar);

$T_0$  – ishga tushirish davri;

$\lambda$  – ishlab chiqarish va montajdan keyin konstruksiyalarning sifatini, ekspluatatsiya bo'yicha qabul qilingan strategiyaga muvofiq texnik xizmat ko'rsatish sifatini, obyektning haqiqiy transport va tabiiy-iqlim sharoitlarini aks ettiruvchi yemirilish funksiyasi parametri (200 dan ortiq ko'priklarni o'rganish natijalariga ko'ra har bir element va oraliq uchun olingan o'rtacha statistik qiymat).



6-rasm. Yemirilish funksiyasi  
 $W(t) = -t^e \quad (5)$

bu yerda:

$t$  – obyektning ishlash muddati, yillar;

$W(t)$  – inshootning holati, nisbiy birliklar.

$W(t)$  funksiya grafigi vaqtga qarab haqiqiy qiymatlarni aks ettirdi, (5) ifodani quyidagi shaklga aylantirish mumkin:

$$W(t) = W_{bosh} - at^e \quad (6)$$

bu yerda:

$W_{bosh}$  – inshoot holatining boshlang'ich darajasi, nisbiy birliklar;

$\alpha$  – raqamlarning belgilangan tartibiga o'tish koeffitsiyenti.

Nazariy jihatdan,  $W_{bosh}$  darajasi 100 nisbiy birliklar bo'lishi kerak. Biroq, aslida bunday emas.

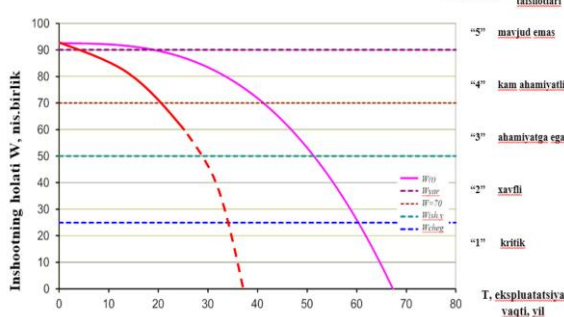
3-jadval

**Nuqson kategoriyasi (shikastlanish)ning W texnik holat darajasiga bog'liqligi**

Toifa	5	4	3	2	1
W, nis.bir	$\geq 90$	70-89	50-69	25-49	$< 24$

1 dan 5 gacha bo'lgan toifalarning qabul qilingan tizimidan foydalanib, texnik holat toifasi va texnik holat darajasining nisbiy birliklarda bog'liqligini ko'rsatish mumkin (3-jadval).

Inshoot holatining ekspluatatsiya muddatiga bog'liqligi



7-rasm. W(t) funksiyaning parametrik shartlari

7- rasmdan ko'rinib turibiki, Toshkent shahridagi Gavhar va Bunyodkor ko'chalari kesishmasidagi yo'lo'tgazgich 24 yil ichida qoniqarsiz ahvoldaligi aniqlangan. Uning W(t) funksiyaning parametrik shartlaridan kelib chiqqan holda xizmat muddati 35-38 yilni tashkil etishi mumkinligini aytishimiz mumkin.

Sinov va materiallar laboratoriyalari xalqaro ittifoqi o'z mezonlaridan biri sifatida parametrlarni pasayishi va bunday pasayish ehtimoli o'rtasidagi muvofiqlikni belgilaydi.

Temirbeton ko'prikinshootlarining texnik holatini baholash va prognozlash orqali tegishli darajalarini aniqlash (shunga mos ravishda, berilgan darajaga yetgunga qadar xizmat muddatini prognozlash va ish turini rejalashtirish imkoniyatini yaratdi. Natijada Toshkent shahrining o'ziga xos sharoitlarini hisobga olgan holda ishlab chiqilgan, ekspluatatsiya qilinadigan temirbeton ko'priklar va yo'l o'tkazgichlarning texnik holatini baholash va bashorat qilish metodologiyasi shahar ko'prigi parkining ishonchligi va funktsionalligining talab qilinadigan darajalarini saqlab qolish imkonini beradi.

### 4. Xulosa

Temirbeton ko'prikinshootlarining texnik holatini baholash va prognozlash ierarxiyalari tahlili usuliga asoslangan holda matematik model ishlab chiqildi. Bunda, texnik ekspluatatsion ko'rsatkichlarning vazn koeffitsiyentlari bir xil emasligini hisobga olib matematik shartlarni bir vaqtning o'zida bajarish orqali ifodalandi. Ularning bir-biriga bog'liqlik koeffitsiyentlari aniqlandi.



Toshkent shahrining o'ziga xos sharoitlarini hisobga olib hamda asosiy baholash mezonlari sifatida ilk bor "xavfsizlik va qulaylik", "umrboqiylik", "yuk ko'tarish qobiliyati", "o'tkazuvchanlik qobiliyati" va "ta'mirlashga yaroqlilik" kabi asosiy texnik-ekspluatatsion ko'rsatkichlar (TEK) asosida ekspluatatsiyadagi temirbeton ko'priklari inshootlarining texnik holatini baholash va prognozlash usuli takomillashtirilgan. Natijada, shahar ko'priklari inshootlari parkining ishonchligi va funktsionalligining talab qilinadigan darajalarini saqlab qolish imkoni yaratildi.

Toshkent shahridagi Gavhar va Bunyodkor ko'chalari kesishmasidagi yo'lo'tgazgich 24 yil ichida qoniqsiz ahvoldaligi aniqlangan. Uning W(t) funksiyaning parametrik shartlaridan kelib chiqqan holda xizmat muddati 35-38 yilni tashkil etishi mumkinligi aniqlangan.

## Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Shermukhamedov U.Z., Sobirova M.M., Azamov N.F., Ibrokhiyeva S.S. Analysis of the technical and operational condition of urban reinforced concrete bridge structures. The international scientific conference "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering – CONMECHYDRO, 2022", August 23-24, 2023.

[2] Шермухамедов У.З., Белый А.А., Собирова М.М., Кадилова Ш.Ш. К оценке технико-эксплуатационного состояния городских железобетонных мостов и путепроводов. Известия петербургского университета путей Сообщения, том 21, 2024. – Вып 1, – с. 238-251.

[3] Шермухамедов У.З., Белый А.А., Собирова М.М., Кадилова Ш.Ш., Оценка технического состояния городских железобетонных мостовых сооружений (на примере г. Ташкента). Журнал "Путевой навигатор".

№57(83). Санкт-Петербург, РФ, 2023. – с. 44-51. (входящий в перечень ВАК РФ).

[4] Шестериков В.И. Оценка состояния автодорожных мостов и прогнозирование его изменения с помощью показателя физического износа // Автомоб. дороги: Информ. сб. – М., ЦБНТИ Росавтодора, 1991. Вып. № 4. – с. 1-48.

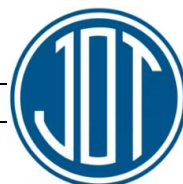
[5] Белый А.А. Основные положения методики прогнозирования сроков службы эксплуатируемых железобетонных мостовых сооружений / Научно-практический журнал «Наука и бизнес: пути развития», №10 (64). Тамбов: Изд. «Фонд развития науки и культуры», 2016. – с. 9-20.

[6] Васильев А.И., До Минь Хиус. Вероятная оценка износа железобетонных конструкций. // Трансп. стр-во, 2009. – №3, – с.18-20

## Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Shermukhamedov Ulugbek  
Zabikhullaevich /  
Shermukhamedov Ulug'bek  
Zabixullayevich  
Toshkent davlat transport universiteti "Ko'priklar va tonnellar" kafedrasini mudiri, texnika fanlari doktori, professor  
E-mail: ulugbekjuve@mail.ru  
Tel.: +998903161181  
<https://orcid.org/0000-0003-1718-5331>

Sobirova Mamura  
Mirabdulla kizi /  
Sobirova Ma'mura  
Mirabdulla qizi  
Toshkent davlat transport universiteti "Avtomobil yo'llaridagi sun'iy inshootlar" kafedrasini katta o'qituvchisi, texnika fanlari falsafa doktori, PhD  
E-mail: mamura\_9105@bk.ru  
Tel.: +998977132310  
<https://orcid.org/0009-0009-2638-160X>



# Review of supply chain innovation through artificial intelligence: Possible applications in Uzbekistan

S. Salikhov<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>ITF Group LLC, MO, USA

**Abstract:** The presented article represents a systematic literature review of empirical studies on the adoption of AI for applications in the field of supply chain management. In the last decade, AI has advanced remarkably, bringing transformative changes to business operations and society. This review explores current technological approaches and their wide-ranging applications, offering valuable insights with potential to revolutionize supply chain processes in regions like Uzbekistan, where AI integration could drive significant economic growth and operational advancements. This study sets the stage for future academic research in Uzbekistan while also offering insights to help managers make better decisions about using AI in supply chain management.

**Keywords:** artificial intelligence, internet technologies, supply chain innovations, SCM, logistics, disruption management, intelligent solutions, logistics, transportation

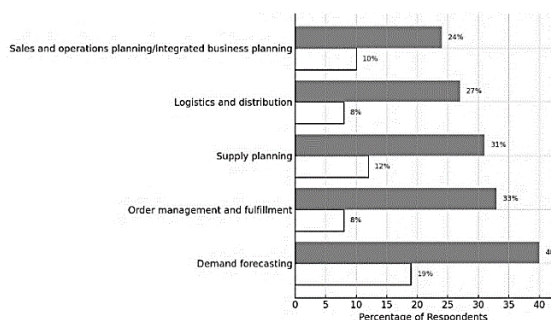
## 1. Introduction

Since the 1950s, Artificial Intelligence has come a long way, experiencing both breakthroughs and quieter periods [1]. Over the past three years, especially with the rise of generative AI technologies in 2022, interest in AI has skyrocketed. AI has become an integral part of daily life, revolutionizing industries like supply chain management and demonstrating its potential to transform the world around us.

Countries around the world, including Uzbekistan, have begun actively implementing AI in their operations, demonstrating a growing commitment to leveraging this powerful technology. The Government of Uzbekistan has announced an AI development strategy with a view to a \$1.5 billion market by 2030 [2]. This plan covers several key industries and initiatives, tying in elements of supply chain systems, like using AI to forecast crop yields.

However, bringing AI into everyday life is a very intricate challenge for its own nature. These difficulties become more clearly evident in SCM, as the interlinking of various operations and organizations makes implementation even harder. Besides, integration of AI across different levels in ever-evolving systems contributes to the complexity [3]

For instance, figure 1 presents the gap between high-performing and low-performing organizations in applying AI technologies to key supply chain processes like demand forecasting, supply planning, and logistics. High performers are better in adopting this innovation because of the use of the right resources and support. More often than not, high-quality data, advanced technology, and skilled teams provide a full implementation of such systems. Additionally, their organizations are more prepared and committed to integrating AI/ML into their processes, giving them a significant advantage over others. Therefore, it is critical to recognize challenges inherent in such implementations that could have the potential of altering successful delivery.



**Figure 1. High vs. Low Performers in AI/ML Decision Optimization [4]**

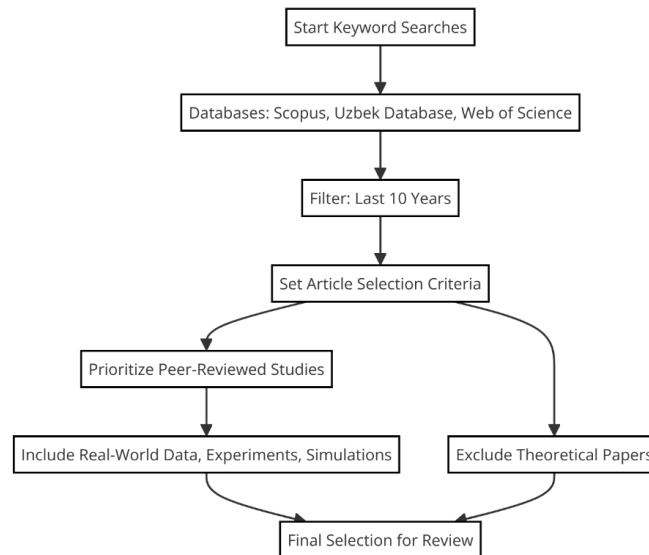
In this respect, several challenges are common for the wide application of these technologies. Lack of data, weak technical infrastructure, and unprepared organizational environments are some major hurdles to the effective adoption of these initiatives. Addressing such challenges require targeted efforts to unlock the full potential of AI/ML in optimizing supply chains.

Bridging these discussions will involve a systematic review of empirical studies published in peer-reviewed journals to provide evidence-based insights. Additionally, to offer a well-rounded perspective on the integration of AI into supply chain management, the definition of SCM adopted for this review should be comprehensive, covering internal processes within the firm as well as independent agents such as suppliers, buyers, and customers, to ensure a holistic overview of the field.

## 2. Methods and materials

The methodology for this review was designed based on keyword searches across Scopus, the Uzbek Database, and Web of Science, with a primary interest in research from the last 10 years to ensure topical relevance.





**Fig. 2. Article Selection Process**

Article selection was based on set criteria, prioritizing those with peer-reviewed studies related to the application of AI in SCM. Only papers that utilized real-world data, experiments, simulations, or studies within supply chain environments were included. The review deliberately excluded theoretical papers in order to focus on practical, empirical insights relevant to SCM applications.

### 3. Results

This study reviewed articles focusing on industries such as automotive, electronics, telecommunications, and food. Most of the articles came from core disciplinary areas like Operations and Supply Chain Management, Engineering and Technology, General Management, and Innovation, thus showing the wide scope and applicability of AI. The key finding of the study was that most of the research efforts were focused on implementation of AI in data management and the integration of complementary technologies, which highlighted the broad coverage of the subjects in the context of the study.

The reviewed articles highlight various applications of AI in SCM, including enhancing the efficiency and real-time capability of logistics management. For example, AI models analyze big datasets for more accurate travel time predictions. [5]

The finding has also shown that the companies using quality data management may have a competitive advantage in the market[6]. However, to feed the AI for data analysis, the quality of data is very crucial, and poorly collected data can make costly mistakes in buyer-supplier relationships[7]. Moreover, AI integration in the SCM framework would be helpful in reducing the dependency on different parties in the nodes for data as it can process publicly available information [8]. Importantly, AI can do data simulations virtually to understand the development alternative scenario, assisting the company with planning and forecasting. [9].

AI is crucial in managing *supply chain dynamism*<sup>a</sup>, enabling the firm to map out potential risks, vulnerabilities, and disruptions. This transformative capability of AI will dramatically change the risk management process by enabling machine learning-powered analytics to predict potential risks with accuracy in advance [10]. However, to effectively integrate AI and respond to emerging technological challenges, organizations should focus on competencies such as cybersecurity, user experience design, and hardware [11]

Another study showed how AI can improve cost management, enhance transparency, strengthen buyer-supplier collaboration, and increase efficiency and sustainability in SCM. This is achieved by the application of machine learning models that analyze data, predict costs, and identify critical cost drivers [12]. Another article presents AI integrated with Blockchain that offers more transparency and security in data sharing, showing how such a combination can reinforce risk management and contribute toward digital transformation in SCM [13].

Moreover, generative AI has been found to improve supply chain coordination by enabling real-time, smooth communication between companies and their supply chain partners, helping them work together more efficiently [14].

According to other study, AI can help the robots learn, adapt, and work effectively. Particularly, it helps them in object recognition, data analysis, and performance improvement over time. AI allows the robots to predict maintenance, identify quality issues, and collaborate safely with humans. That makes the robots flexible, capable, and effective in performing a variety of tasks in dynamic environments [15].

Moreover, the combination of AI, IoT, and blockchain offers so many advantages in supply chain management, especially transportation. IoT sensors monitor the real-time status of temperature and humidity, among other factors, while AI interprets this data to predict and prevent problems before they occur. Blockchain further enhances this with

<sup>a</sup>**Note:** *Supply chain dynamism* refers to the level of variability, unpredictability, and change in the conditions and factors affecting a supply chain.



security and transparency, making sure that the data cannot be altered with and is accessible only to the right people. Collectively, these technologies contribute to trust, efficiency, and making the logistics aspect of SCM notably smooth [16].

It is also necessary to discuss the broader implications of AI, blockchain, IoT combination on management practices and policymaking. For instance, AI-driven predictive models backed by blockchain and internet technologies significantly enhance the ability to forecast resource demands and optimize distribution strategies during emergencies. Such a blend of innovation ensures accurate and timely predictions that help organizations to respond to unfamiliar conditions swiftly, which is quite crucial in crises like natural disasters or pandemics [17].

Finally, AI can also help companies enhance the environmental performance of their supply chains by analyzing the data on resource usage, energy consumption, and waste generation across all operations. Most notably, it can identify inefficiencies and suggest areas for improvement, thus enabling companies to use resources more effectively, reduce waste, and minimize their overall impact on the environment [18].

## 4. Discussion

The findings of this study underpin the transformative potential of AI in supply chain management, especially in the evolving economic landscape of Uzbekistan. As Uzbekistan is on the path of continuous modernization of its industries and adopting digital transformation, AI presents huge opportunities to enhance efficiency, strengthen resilience, and promote sustainability across key areas of its supply chain operations.

High-quality, reliable data is a critical element in the application of AI in supply chain management for Uzbekistan. Currently, fragmented data systems and inconsistent data collection practices may reduce the effectiveness of AI-driven insights. Centralized and standardized data collection systems will help Uzbekistan create a platform for the successful integration of this technology. It is especially important that AI can work with openly available data and reduce reliance on third-party sources as the country's digital systems are still in development. Besides, virtual simulations powered by AI may help businesses in Uzbekistan to plan better by modeling various scenarios and improving their forecasting capabilities.

Uzbekistan faces very specific supply chain challenges, including fluctuating economic conditions, seasonal changes in demand, and evolving trade policies. AI can make all the difference by spotting risks, working out weak points, and managing disruptions in real time. For instance, AI-powered models may predict delays, optimize inventory, and deliver goods on schedule. This is very important, especially for such industries as agriculture and textiles, which heavily rely on smooth supply chain operations to ensure profitability and competitiveness in world markets. However, the Uzbek government and businesses have to pay attention to the creation of good technology infrastructure and training of the workforce to fully unleash the potential of AI.

AI can analyze big datasets, providing enormous benefits with regard to logistics and cost management in Uzbekistan. It can optimize routes of travel, accurately

predict time for delivery, and reduce expenses on transportation by using both historical and real-time data. It is very important for the export-oriented industries of Uzbekistan, where efficient logistics means meeting international market demand. It also enhances transparency and strengthens relationships between buyers and suppliers by highlighting areas of cost drivers and providing valuable insights for actionable expense management.

AI can also contribute to Uzbekistan's commitment to sustainable development through enhanced environmental performance related to the local supply chain system. Analyzing data on energy consumption, resource utilization, and waste generation allows AI to help industries identify areas of inefficiency and target improvements. For example, in agriculture and manufacturing, AI can optimize resource allocation to minimize waste and reduce environmental impact, thus addressing Uzbekistan's national priorities for green economic growth. However, the adoption of AI in SCM requires a collaborative approach by policymakers and businesses in Uzbekistan. Policymakers have to create frameworks that promote innovation, data privacy, and mitigate the risks of AI deployment. On the organizational level, companies should upskill their workforce, cross-functional collaboration, and integrate AI into existing processes for seamless adoption [19].

## 5. Conclusion

This study has demonstrated that AI has the power to change supply chain management fundamentally, especially in the context of a developing economy like that of Uzbekistan. As this country embarks on comprehensive modernization and digital transformation processes, AI offers good opportunities for enhancing efficiency, resilience, and sustainability throughout the operations of supply chains. From logistics and cost optimization to managing supply chain dynamism and improving environmental performance, AI offers solutions for several persistent problems while introducing entirely new perspectives. Nevertheless, to realize the complete potential of AI in Uzbekistan, both the government officials and the enterprises need to put in their effort jointly. Addressing these challenges and aligning efforts across sectors would allow Uzbekistan to unlock the full potential of AI in supply chains for greater economic growth, competitiveness, and sustainability.

## References

- [1] Harvard University. (2017). The history of Artificial Intelligence. Retrieved from <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/>
- [2] Cabinet of Ministers of Uzbekistan. (2023). On measures to implement the state program for the development of artificial intelligence for 2023–2030. Retrieved from <https://lex.uz/ru/pdfs/7158606>
- [3] Durach, C.F., Kembro, J., & Wieland, A. (2017). A new paradigm for systematic literature reviews in supply chain management. *Journal of Supply Chain Management*, 53(4), 67–85.



[4] Gartner. (2024, February 20). Gartner says top supply chain organizations are using AI to optimize processes at more than twice the rate of low-performing peers. Gartner Newsroom. Retrieved from <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2024-02-20-gartner-says-top-supply-chain-organizations-are-using-ai-to-optimize-processes-at-more-than-twice-the-rate-of-low-performing-peers>

[5] Chen, Y. T., Sun, E. W., Chang, M. F., & Lin, Y. B. (2021). Pragmatic real-time logistics management with traffic IoT infrastructure: Big data predictive analytics of freight travel time for Logistics 4.0. *International Journal of Production Economics*, 238, 108157. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108157>

[6] Brock, J. K.-U., & von Wangenheim, F. (2019). Demystifying AI: What Digital Transformation Leaders Can Teach You about Realistic Artificial Intelligence. *Business Horizons*, 61(4). <https://doi.org/10.1177/1536504219865226>.

[7] Cannas, V. G., Ciano, M. P., Saltalamacchia, M., & Secchi, R. (2023). Artificial intelligence in supply chain and operations management: A multiple case study research. *International Journal of Production Research*, 61(14), 3333-3360. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2232050>.

[8] Brintrup, A., Kosasih, E., Schaffer, P., Zheng, G., Demirel, G., & MacCarthy, B. L. (2023). Digital supply chain surveillance using artificial intelligence: Definitions, opportunities and risks. *International Journal of Production Research*, 61(20), 4674-4695. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2270719>.

[9] Chuang, H. H., Chou, Y., & Oliva, R. (2021). Cross-item learning for volatile demand forecasting: An intervention with predictive analytics. *Journal of Operations Management*, 67(7), 828-852.

[10] Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E. W., & Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 176, 98-110. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.03.014>

[11] Kinkel, S., Capestro, M., Di Maria, E., & Bettiol, M. (2023). Artificial intelligence and relocation of production activities: An empirical cross-national study. *International Journal of Production Economics*, 261, 108890. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108890>

[12] Bodendorf, F., Dentler, S., & Franke, J. (2023). Digitally enabled supply chain integration through business

and process analytics. *Industrial Marketing Management*, 114, 14-31.

[13] Rodríguez-Espíndola, O., Chowdhury, S., Dey, P. K., Albores, P., & Emrouznejad, A. (2022). Analysis of the adoption of emergent technologies for risk management in the era of digital manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*, 178, 121562.

[14] Kanitz, R., Gonzalez, K., Briker, R., & Straatmann, T. (2023). Augmenting organizational change and strategy activities: Leveraging generative artificial intelligence. *Journal of Applied Behavioral Science*, 59(3), 345-363.

[15] Pillai, R., Sivathanu, B., Mariani, M., Rana, N. P., Yang, B., & Dwivedi, Y. K. (2021). Adoption of AI-empowered industrial robots in auto component manufacturing companies. *Production Planning & Control*, 32(12), 1517-1533. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1882689>

[16] S. Wong, J.K.-W. Yeung, Y.-Y. Lau, T. Kawasaki, A case study of how maersk adopts cloud-based blockchain integrated with machine learning for sustainable practices, *Sustainability* 15 (9) (2023) 7305.

[17] Huang, D., Wang, S., & Liu, Z. (2021). A systematic review of prediction methods for emergency management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 62, 102412. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102412>

[18] Abou-Foul, M., Ruiz-Alba, J. L., & López-Tenorio, P. J. (2023). The influence of artificial intelligence capabilities on servitization: Examining the moderating role of absorptive capacity from a dynamic capabilities perspective. *Journal of Business Research*, 157, 113609. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113609>

[19] Burger, M., Nitsche, A.-M., & Arlinghaus, J. (2023). Hybrid intelligence in procurement: Disillusionment with AI's superiority? *Computers in Industry*, 150, 103946.

## Information about the authors

Sokhibkhon Salikhov

Supply Chain Management Expert | Manager, ITF Group LLC | MBA, University of Wisconsin-Madison  
E-mail: [sokhibxondoc@gmail.com](mailto:sokhibxondoc@gmail.com)  
Tel.: +99890 990 96 33  
<https://orcid.org/0009-0004-8478-1875>



## Scheduling of maintenance times for locomotives at the depot

Sh.A. Umrzokova<sup>1</sup><sup>a</sup>, U.R. Achilov<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** Currently, the applied structure of train service schemes in combination with severe climatic conditions by diesel locomotives and locomotive brigades requires the installation (justification) of an optimal repair production system to increase the operational reliability of diesel locomotives in the path of the rolling stock. This research work is associated with TS-2 (maintenance) and CR -1 (current repair), since due to the fact that this type of repair production costs about 30-50% of the cost of depot repair of rail cars, there is a tendency in world practice to switch from the maintenance and repair of locomotive microprocessor control systems, as well as automated technical diagnostic systems.

**Keywords:** maintenance, current repair, automation, methodology, reliability, strategy

## Depodagi lokomotivlarga texnik xizmat ko'rsatish vaqtini jadvashtirish

Umrzoqova Sh.A.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Achilov U.R.<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Hozirgi vaqtda teplovozlarni va lokomotiv brigadalari tomonidan og'ir iqlim sharoitlari bilan birgalikda poyezdlarga xizmat ko'rsatish sxemalarining qo'llaniladigan tuzilishi harakatlanuvchi tarkib yo'lida teplovozlarning operatsion ishonchligini oshirish uchun optimal ta'mirlash ishlab chiqarish tizimini o'rnatishni (asoslashni) talab qiladi. Bu tadqiqot ishi TXK-2 (Texnik xizmat ko'rsatish) va JT-1 ni (joriy ta'mir) bilan bog'liq, chunki ushbu turdagi ta'mirlash ishlab chiqarishlari temir yo'l vagonlarini depo ta'mirlash xarajatlarining taxminan 30-50 foizini sarflashi tufayli jahon amaliyotida lokomotivning mikroprotessor boshqaruv tizimlari, shuningdek depo ko'chma va statsionar asosida avtomatlashtirilgan texnik diagnostika tizimlari bort tizimlarini ishlab chiqish natijasida yuzaga kelgan texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlashning rejali profilaktika tizimidan haqiqiy texnik holatga ko'ra ta'mirlashga o'tish tendentsiyasi mavjudligini ko'ratib beradi.

**Kalit so'zlar:** texnik xizmat ko'rsatish, joriy ta'mir, avtomatlashtirish, metodologiya, ishonchlik, strategiya

### 1. Kirish

Zamonaviy sharoitda harakatlanuvchi tarkibning eskirishi munosabati bilan yaqin kelajakda temir yo'l transporti samaradorligini ta'minlashning eng muhim yo'nalishi bu belgilangan va kengaytirilgan xizmat muddati davomida ishlaydigan harakatlanuvchi tarkib tuzishdir. Shu bilan birga, lokomotivlarning operatsion vaqtini uzaytirish uchun texnik xizmat ko'rsatish, joriy ta'mirlash va ta'mirlash bazasini tayyorlash chora-tadbirlarning optimal nisbatiga rioya qilish orqali erishish kerak.

Boshqa tomondan, texnik tizimlarning tobora ortib borayotgan murakkabligi uning o'sishini hisobga olgan holda operatsion ishonchlik sohasidagi nazariy va eksperimental tadqiqotlarning dolzarbligini belgilaydi. Bu esa ishlab chiqarish jarayonlarini keng miqyosda avtomatlashtirish, shuningdek ularni boshqarish, shu jumladan kuchli texnologik kompyuterlardan foydalanish zarurligiga olib keladi [1, 2]. Tadqiqot [6] kibernetik fizik ishlab chiqarish tizimlari texnologiyasidan foydalangan holda avtomatlashtirilgan texnik diagnostika tizimlaridan kompleks foydalangan holda lokomotivlarga texnik xizmat

ko'rsatish va ta'mirlash tizimini ishlab chiqarish vazifasi dolzarb ekanligini ko'rsatdi.

Biroq, O'zbekiston temir yo'l tarmog'idagi lokomotivlarni, shu jumladan magistral teplovozlarni ta'mirlash tizimi rejali profilaktika hisoblanadi va uning maqsadga muvofiqligi ko'p yillik foydalanish amaliyoti bilan isbotlangan. Ushbu tizim ta'mirlash ishlarining o'rta tarmoq standartlari, nomenklaturasi, ta'mirlash ishlari hajmi bilan tavsiflanadi.

Teplovozlarni ta'mirlashning maqbul tizimini ishlab chiqarish quyidagi asosiy printsiplarga asoslanishi kerak:

- teplovozlarning ishlamay qolishi va ekspluatatsiyaga zarar yetkazilishini iqtisodiy baholashda teplovozlardan foydalanishning milliy iqtisodiy samaradorligini hisobga olish;
- teplovozlarni detallari ishonchligi xususiyatlaridan va ehtimollik-statistik usullardan foydalanish;
- ta'mirlash xizmati parametrlarini optimallashtirish.

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3513-049X>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0006-5488-3023>





## 2. Muhokama va natijalar

Bizning holatlarimizda [3, 4] depo uchta yo'ldan iborat bo'lib, uch turdagi lokomotivlar mavjud (1-rasm) turli xil ishlov berish vaqtlari bilan. Barcha lokomotivlar to'plami  $N = N_1 \cap N_2 \cap N_3$  uchun har bir kichik to'plam  $N_1, N_2, N_3$  Lokomotiv turlaridan biriga to'g'ri keladi. Umumiy holatda  $n = |N|$  lokomotivlar soni uchun. Har bir lokomotivning raqami bor  $j, j=1, 2, 3, \dots, n$ .  $N_1$  to'plamining lokomotivlariga deponing istalgan yo'lida xizmat ko'rsatish mumkin.  $N_2$  to'plamining lokomotivlari ikkita yo'lida (2 va 3) xizmat ko'rsatish mumkin va  $N_3$  to'plamining lokomotivlariga deponing faqat bitta yo'lida (No.3) xizmat ko'rsatish mumkin. Har bir lokomotiv  $j \in N$  turli parametrlar to'plami bilan tavsiflanadi:

- $r_j$  - Lokomotivning depoga chiqish vaqti;
- $p_j$  - Depoda Lokomotivni qayta ishlash vaqti;
- $w_j$  - Lokomotivning og'irligi (ahamiyati).

Quyidagi shartlarga javob beradigan barcha mumkin bo'lgan jadvallar to'plami mavjud emas:

- Har bir lokomotivga tegishli yo'llarda xizmat ko'rsatiladi;
- Depo yo'lidagi har bir vaqtda bir nechta lokomotivga xizmat ko'rsatilmaydi;
- Barcha kelgan lokomotivlarga xizmat ko'rsatiladi.



1-rasm. Lokomotiv navbati shakllangan bir nechta yo'lli lokomotiv deposi

$\pi$  bu  $\Pi$  to'plamining bir qismi,  $\pi = \pi_1 \cap \pi_2 \cap \pi_3$  bu erda  $\pi_1 \pi_2 \pi_3$  No. 1, 2, 3, ko'rinishida raqamlangan depo yo'llarining jadvallari, o'z navbatida  $\pi \in \Pi$ . Har qanday lokomotiv  $j \in N$  faqat bitta  $\pi_i$  jadvaliga tegishli bo'lishi mumkin,  $i = 1, 2, 3$ .

$C_j(\pi)$  -  $\pi$  jadvalda  $j$  lokomotivga xizmat ko'rsatishning tugash vaqti.

Umumiy vaznni tugatish vaqtining funksiyasi quyidagicha yozilishi mumkin:

$$F_1(\pi) = \sum_{j \in N} w_j (C_j(\pi) - p_j - r_j)$$

Bu yerda  $(C_j(\pi) - p_j - r_j)$  - Lokomotiv  $j$  kelishi va unga texnik xizmat ko'rsatish boshlanishi o'rtasidagi vaqt.

Shuni ta'kidlash kerakki,  $p_j$  va  $r_j$  qiymatlari jadvalga bog'liq emas va

$$\sum_{j \in N} w_j (p_j + r_j) = \text{const}$$

barcha jadval uchun  $\pi \in \Pi$ . Shunday qilib, obyektiv funksiya:

$$F(\pi) = \sum_{j \in N} w_j C_j(\pi)$$

Shunday qilib, biz obyektiv funksiya qiymatini minimallashtirishimiz kerak.

Maqsadning ikkita alohida holatini ko'rib chiqish mumkin:

Har doim  $r_j = 0$ , barcha hollarda  $j \in N$ ;

Hamma vaqt  $p_j = p$ , barcha hollarda  $j \in N$ .

[3] da talablarni bitta yo'lga taqsimlash muammosi hal qilindi. Talablar (lokomotivning texnik holatiga ko'ra)  $w_j/p_j$  (ustuvor),  $j \in N$ ning kamayish tartibida xizmat ko'rsatishi kerak. Bir va ikkita bir xil mashinalar uchun talablarni minimal darajada taqsimlash muammosi umumiy vaznni tugatish vaqti polinomial ravishda hal qilinadi. [8] da uch va undan ko'p mashinalar uchun vazifa odatda NP-qattqlik hisoblanishi ko'rsatilgan. "O'zbekiston temir yo'llari" AJning 04.12.2021y 361-N qarori teplovozlar, elektrovozlarni va motor-vagon harakat tarkiblarini ta'mirlash vaqtlari me'yori (1-jadval).

1-jadval

Teplovozlar, elektrovozlarni va motor-vagon harakat tarkiblariga texnik xizmat ko'rsatish, joriy va kapital ta'mirlash vaqtlari me'yori

Lokomotivlar rusumi	Davomiyligi							
	Texnik xizmat ko'rsarish		Joriy ta'mirlash				Kapital ta'mirlash	
	TXK-2 Soat.	TXK-3 Soat.	JT-1 Soat.	JT-1k Soat./sut.	JT-3 sut.	JT-4 sut.	KT-1 sut.	KT-2 sut.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yuk va yo'lovchi poyezdlarini tortuvchi teplovozlar								
UzTE16M4	5	28	70	8 sut.	16	-	26	28
UzTE16M3	4	21	60	6 sut.	12	-	22	24
UzTE16M2	3	14	50	4 sut.	8	-	18	20
3TE10M	3	21	60	6 sut.	12	-	22	24
2TE10M	2	14	50	4 sut.	8	-	18	20
2TE10U	2	14	50	4 sut.	8	-	18	20
2TE116	2	14	50	4 sut.	8	-	18	20
TEP70BS	2	-	60	-	15	-	16	18
Manyovr ishlari uchun teplovozlar								
TEM2 <sup>(M)</sup>	1	8	20	-	8	-	12	16
ChME3 <sup>(M)</sup>	1	8	20	-	8	-	12	16
Yuk va yo'lovchi poyezdlarini tortuvchi elektrovozlarni								
2VL60K	4	12	48	72 Soat.	8	10	15	17



2VL60c	3	14	36	38 Soat.	9	10	21	24
VL60K	2	8	22	32 Soat.	5	6	15	17
VL60c	2	8	18	28 Soat.	5	5	15	18
O'zbekiston (Yuk va yo'lovchi)	2,5	16	40	4 sut.	10	-	20	22
O'zbekiston-Y (Yo'lovchi)	2,5	16	40	4 sut.	10	-	20	22
O'z-El (Yuk va yo'lovchi)	2,5	16	40	4 sut.	10	-	20	22
O'z-EIR	2,5	16	40	4 sut.	10	-	20	22
2ES5k (Yuk)	5	-	40	4 sut.	10	-	20	22
2O'z-EIR (Yuk)	5	24	50	4 sut.	12	-	22	24
2O'z-UY (Yuk va yo'lovchi)	5	20	45	4 sut.	10	-	20	24
Elektropoyezdlar								
ER9E(sektsiya)	1,5	8	15	15 sut.	7	10	18	22
ER2 (vagonlar)	1	2	4	-	4	5	-	-
Afrosiyob (yo'lovchi)	8	24	48	4 sut.	6	8	30	60

Ushbu maqola mualliflari tomonidan ishlab chiqilgan metodologiya mavjud empirik usullar bilan taqqoslaganda quyidagi afzalliklarga ega:

- yangi teplovozlarni uchun ta'mirlash va tekshirish hajmlarini rejalashtirishga imkon beradi, ularda tugunlarning ish vaqtini taqsimlash qonunlari noma'lum;

- uzellarning barcha ma'lum ish taqsimotlari uchun ta'mirlash ishlarining maqbul hajmlarini nosozlikgacha aniqlash ekspluatatsiya qilinadigan temir yo'l vagonlari uchun ta'mirlash ishlarining o'rtacha tarmoq hajmlarini ishlab chiqishga imkon beradi;

- Har bir temir yo'l stansiyalarida vagonlarning o'ziga xos ish sharoitlari uchun optimal ta'mirlash ishlarini topishga imkon beradi;

- texnika nafaqat teplovozlarning detallarining ishonchligi xususiyatlaridan va ehtimollik – statistik usullardan, balki dinamik dasturlash usulidan ham foydalanadi;

- ishlab chiqilgan texnikadan foydalanish har xil turdagi ta'mirlash va ekspluatatsiya qilingan teplovozlarni tekshirish uchun maqbul ish hajmini aniqlashga imkon beradi [5, 7].

### 3. Xulosa

Nazariy jihatdan, texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash vaqti va texnologiyasini lokomotivlarning xizmat qilish muddati davomiga moslashtirish zarurligi ko'rsatilgan. Olingan natijalar lokomotivlardan optimal tarzda foydalanish samaradorligini oshirishga imkon beradi.

### Foydalangan adabiyotlar / References

[1] 2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishi bo'yicha harakatlar strategiyasi - [http:// strategy. regulation. gov.uz/uz/document/2](http://strategy.regulation.gov.uz/uz/document/2)

[2] Oleksandr Gorobchenko, Viacheslav Matsiuk, Halyna Holub, Denys Zaika, Igor Gritsuk, The theoretical basis of the choice of new locomotives for Ukraine in the

post-war period //Transport Systems and Technologies, 42, 2023

[3] J. Labetoulle, E.L. Lawler, J.K. Lenstra, and A.H.G. RinnooyKan. Preemptive scheduling of uniform machines subject to release dates, Progress in Combinatorial Optimization. (1984) 245–261.

[4] J. Mallikat. Der Eisenbahningenieur, Modernisierung der Lokomotiven in Deutschland. // Железные дороги мира 1996 №8 стр.6-9.

[5] Plaks A. V., Radzhibaev D. O. & Tursunov Kh. M. Elektrovoz serii «O'zbekiston» [The electric locomotive of «O'zbekiston» series]. Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo i proektno-konstruktor'skogo instituta elektrozostroyeniya [Bulletin of All Russian Scientific-Research Design and Construction Institute of Electric Locomotive Building]. No vocherkassk, All-Russian Scientific Research Design and Construction Institute of Electric Locomotive Building Publ., 2011, no. 1, pp. 114–127. (In Russian)

[6] N 5. Plaks A. V., Radzhibaev D. O. & Tursunov Kh. M. Noviy passazhirskiy elektrovoz serii «O'Z-Y» [The new «O'Z-Y» series passenger electric locomotive]. Nauchnye problemy transporta Sibiry [Scientific transport issues of Siberia and the Far East], 2011, no. 1, pp. 237–240. (In Russian)

[7] Tursunov Kh. M. Sovremenniy elektrovoz dlya zheleznoy dorogi Respubliki Uzbekistan [Modern electric locomotives for railways of the Republic of Uzbekistan]. Tekhnicheskkiye nauky – ot teorii k praktike [Engineering sciences – from theory to practice]. Sbornik statey po materialam VI Mezhdunar. nauch. praktich. konferentsii (Coll. papers of the 6th International research and training conference). Novosibirsk, SibAC Publ., 2012, pp. 75–78. (In Russian)

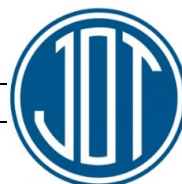
[8] W.E. Smith. Various optimizers for single-stage production, Naval Res. Logist. Quart. 3 (1956) 59–66.



**Mualliflar to'g'risida ma'lumot/  
Information about the authors**

Umrzokova            Toshkent davlat transport universiteti,  
Shohzoda            doktorant  
Akhrorjan kizi /    E-mail:  
Umrzoqova            [umrzoqovashaxzoda91@gmail.com](mailto:umrzoqovashaxzoda91@gmail.com)  
Shohzoda            <https://orcid.org/0000-0003-3513-049X>  
Axrorjon qizi        [049X](https://orcid.org/0000-0003-3513-049X)

Achilov            Toshkent davlat transport universiteti,  
Umarbek            magistr  
Rustamovich /    E-mail: [frozen13311@gmail.com](mailto:frozen13311@gmail.com)  
Achilov            <https://orcid.org/0009-0006-5488-3023>  
Umarbek  
Rustamovich



## Female CEOs and their impact on women's empowerment in Central Asian countries: a regression analysis of the relationship between female leadership and women's employment in Central Asia based on the world bank enterprise survey

A.O. Azizov<sup>1</sup><sup>a</sup>

<sup>1</sup>Westminster International University in Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** This paper examines the impact of female CEOs, firm characteristics, innovation, and foreign ownership on business outcomes in four Central Asian countries: Uzbekistan, Tajikistan, Kyrgyz Republic, and Kazakhstan. Using regression analysis, the study finds that female leadership is consistently associated with positive and statistically significant effects on firm performance across all countries, highlighting the benefits of gender diversity in top management. Firm age did not show a significant influence, suggesting that adaptability and innovation are more critical to success. While innovation did not have a direct impact, foreign ownership emerged as a key factor, positively contributing to firm growth and performance. The findings suggest several policy implications, including promoting female leadership through gender quotas and mentorship, supporting small and medium-sized enterprises (SMEs), and enhancing the investment climate to attract foreign direct investment (FDI). Further research is recommended to explore the mechanisms through which female CEOs influence firm outcomes and how firms in these countries can better integrate innovation into their strategies.

**Keywords:** female CEOs, firm performance, innovation, foreign ownership, Central Asia, gender diversity, business outcomes, small and medium-sized enterprises (SMEs), foreign direct investment (FDI), firm characteristics

## Женщины-генеральные директора и их влияние на расширение прав и возможностей женщин в странах Центральной Азии: регрессионный анализ отношения женщин-руководителей к занятости женщин в Центральной Азии на основе опроса Всемирного банка по предприятиям

Азизов А.О.<sup>1</sup><sup>a</sup>

<sup>1</sup>Международный Вестминстерский университет в городе Ташкенте, Узбекистан

**Аннотация:** В данной статье рассматривается влияние женщин-руководителей, характеристик фирм, инноваций и иностранной собственности на результаты бизнеса в четырех странах Центральной Азии: Узбекистане, Таджикистане, Кыргызской Республике и Казахстане. Используя регрессионный анализ, исследование показало, что женское лидерство последовательно связано с положительным и статистически значимым воздействием на результативность деятельности фирмы во всех странах, подчеркивая преимущества гендерного разнообразия в высшем руководстве. Возраст фирмы не оказал существенного влияния, что говорит о том, что адаптивность и инновации имеют большее значение для успеха. В то время как инновации не имели прямого влияния, иностранная собственность стала ключевым фактором, положительно способствующим росту и эффективности фирмы. Результаты исследования предполагают несколько политических последствий, включая поощрение женского лидерства посредством гендерных квот и наставничества, поддержку малых и средних предприятий (МСП) и улучшение инвестиционного климата для привлечения прямых иностранных инвестиций (ПИИ). Рекомендуется проведение дальнейших исследований с целью изучения механизмов, с помощью которых женщины-генеральные директора влияют на результаты деятельности компаний, и того, как компании в этих странах могут лучше интегрировать инновации в свои стратегии.

**Ключевые слова:** женские генеральные директора, производительность фирмы, инновации, иностранная собственность, Центральная Азия, гендерное разнообразие, результаты бизнеса, малые и средние предприятия (МСП), прямые иностранные инвестиции (ПИИ), характеристики фирмы

 <https://orcid.org/0009-0004-0698-2452>





## 1. Введение

Лидерские позиции в Центральной Азии претерпевают значительные изменения, и все большее число женщин занимают руководящие должности в различных отраслях. Женщины-генеральные директора в этом регионе не только преодолевают барьеры в традиционно доминирующих мужчинами пространствах, но и служат катализатором более широких социальных изменений и экономического прогресса. Эти лидеры бросают вызов укоренившимся гендерным нормам, создают более инклюзивные рабочие места и вдохновляют новое поколение женщин на занятие руководящих должностей, тем самым способствуя расширению прав и возможностей женщин и преобразованию общества.

Эмпирические данные подтверждают утверждение о том, что гендерное разнообразие на высших уровнях управления имеет ощутимые преимущества для организационных и социальных результатов. Например, исследования показывают, что фирмы с гендерным разнообразием руководства демонстрируют улучшенное принятие решений и финансовые результаты [1]. Кроме того, исследования показывают, что на рабочих местах с более высоким представительством женщин в управлении часто применяются методы, которые улучшают организационную культуру и способствуют разнообразию [2]. Такие результаты особенно актуальны в Центральной Азии, регионе, характеризующемся уникальной культурной, политической и экономической динамикой, которая влияет на участие женщин в рабочей силе.

В этой статье используются данные Всемирного опроса предприятий (2008–2019) для анализа влияния женщин-руководителей на расширение прав и возможностей женщин в странах Центральной Азии. Изучая данные на уровне фирм, охватывающие более десяти лет, мы исследуем, как организации, возглавляемые женщинами, бросают вызов существующим нормам, поощряют гендерно-инклюзивную политику и влияют на более широкое общественное отношение к женщинам в руководстве. Исследования показывают, что расширение прав и возможностей женщин на руководящих должностях может создать «ретрансляционный эффект», который приносит пользу не только организационным результатам, но и общему статусу женщин в обществе [3].

Кроме того, данное исследование основывается на предыдущих выводах, указывающих на то, что гендерное разнообразие и взаимодополняемость стилей лидерства между мужчинами и женщинами в значительной степени способствуют успеху фирмы [4]. В нем рассматриваются важнейшие вопросы, в том числе как женщины-генеральные директора справляются с культурными и структурными проблемами в Центральной Азии и какое измеримое влияние их лидерство оказывает на содействие гендерному равенству. Основываясь на исследованиях конкретных случаев, организационной политике и сравнительном анализе, данная статья стремится внести свой вклад в более широкий дискурс о лидерстве, гендерном разнообразии и расширении прав и возможностей в развивающихся странах.

## Обзор литературы

### Роль женщин-руководителей в трудовых отношениях.

Эффективные трудовые отношения имеют решающее значение для успеха фирм и их рабочей силы [5]. По словам Кауфмана [6], исследования трудовых отношений выходят за рамки коллективных переговоров и профсоюзных вопросов, включая управление персоналом и персоналом, а также трудовое право. При рассмотрении трудовых отношений в странах Центральной Азии, одной из крупнейших развивающихся областей с значительной рабочей силой, необходимо переместить акцент с конфликта и контроля на изучение практик управления персоналом, которые преобразуют и разрешают жалобы и споры на рабочем месте [7]. В этом исследовании рассматриваются практические аспекты и результаты критических трудовых отношений [8], [9], охватывающие неденежные аспекты, такие как соблюдение законодательства и развитие сотрудников, наряду с денежными элементами, такими как зарплата и влияние женского лидерства на эти области.

Понимание влияния женщин-руководителей на результаты трудовых отношений может быть основано на теории социальных ролей. Теория предполагает, что разделение труда создает гендерные стереотипы и ожидания [10]. Женщины, традиционно рассматриваемые как домохозяйки и опекуны, как ожидается, проявляют общие черты, такие как эмпатия и альтруизм, в то время как мужчины, традиционно провайдеры, связаны с агентскими чертами, такими как независимость и напористость [11]. Эти укоренившиеся стереотипы влияют на общественные ценности и восприятия [12], что приводит к тому, что женщины отдают приоритет социальному благополучию и демонстрируют чувствительность к социально значимым вопросам [13], [14].

Аналогичным образом, женщины-руководители часто воспринимаются как более заботливые и социально ориентированные, а не конкурентоспособные и ориентированные исключительно на производительность [15]. Исследования, основанные на теории социальных ролей, показывают, что женщины-лидеры играют значительную роль в продвижении практик корпоративной социальной ответственности (КСО), включая благосостояние сотрудников и экологическую устойчивость [16], [17]. Гарсия-Санчес и др. отметили, что женщины-генеральные директора и председатели советов директоров отражают свои более просоциальные и альтруистические наклонности по сравнению с мужчинами-руководителями [18]. В таких странах, как Центральная Азия, где глубоко укоренилась вера в то, что "мужчины являются кормильцами, а женщины - домохозяйками," гендерные стереотипы и социальные ожидания от женщин широко распространены [19], [20]. Эти ожидания создают значительное давление на женщин-руководителей, которые рискуют получить отрицательные оценки или штрафы за несоблюдение требований [21], [22]. Это часто приводит к самонавязанному подчинению, когда женщины-руководители ведут себя так, чтобы соответствовать общественным стереотипам. Boulouta [14] отмечает, что такое соответствие наиболее очевидно в таких "мягких" вопросах, как КСО, что приводит к предположению, что женщины-



руководители отдадут приоритет решениям, выгодным для сотрудников, в трудовых отношениях.

Теоретические данные свидетельствуют о том, что женщины-руководители с большей вероятностью отдадут предпочтение решениям, касающимся трудовых отношений, которые благоприятствуют сотрудникам. Их соблюдение трудового законодательства, ключевой неденежный результат, отражает их просоциальные предпочтения. Исследования показывают, что женщины-исполнители, как правило, более склонны к риску и консервативны в принятии решений, чем их коллеги-мужчины [23]. Richardson et al. [24] связывают женское лидерство с более высокой юридической эффективностью, включая более низкие показатели корпоративного мошенничества, более высокую прозрачность и снижение уклонения от уплаты налогов. Лю [25] обнаружил, что женщины-генеральные директора значительно сокращают трудовые иски, поддерживая аргумент, что женщины-руководители отдадут приоритет соблюдению трудового законодательства для защиты интересов сотрудников.

Из-за своей альтруистической природы женщины-руководители, как правило, подчеркивают развитие сотрудников, особенно через повышение. Карьерное продвижение является важным аспектом отношений между работником и работодателем, поскольку работники стремятся получить от своих работодателей гарантии относительно возможностей роста [26]. Предыдущие исследования показали, что женщины-руководители оказывают положительное влияние на продвижение женщин-сотрудников [27], хотя некоторые исследования выразили обеспокоенность по поводу потенциальных ограничений, которые это может наложить на возможности продвижения по службе для мужчин-сотрудников [28]. Хотя общее влияние на продвижение возможностей для всего персонала не является окончательным, развитие сотрудников соответствует заботливой природе, приписываемой женщинам-руководителям теорией социальных ролей [10], которая связывает женщин-руководителей с воспитательными и заботливыми чертами. Это исследование предполагает, что женщины-руководители с большей вероятностью создают и поддерживают возможности для продвижения своих сотрудников.

Учитывая их альтруистические черты, женщины-руководители, вероятно, улучшат денежные результаты, особенно зарплаты сотрудников. Однако существующие исследования дают противоречивые доказательства.

## 2. Данные и методология

### 2.1. Описание набора данных

В этом исследовании используется Всемирный опрос предприятий (2008–2019), всеобъемлющий набор данных, содержащий данные на уровне фирм из нескольких развивающихся и развивающихся экономик. Набор данных дает ценную информацию о характеристиках фирмы, составе руководства и демографии рабочей силы, что позволяет проанализировать гендерную практику занятости и лидерство. Исследование сосредоточено на четырех странах Центральной Азии - Узбекистане, Таджикистане, Кыргызской Республике и Казахстане -

для изучения взаимосвязи между женским лидерством и гендерным включением в рабочую силу в этом конкретном региональном контексте.

### 2.2. Основные переменные и определения

Зависимая переменная, результаты трудовых отношений, является многомерной конструкцией. Основываясь на литературе, эти результаты охватывают соблюдение законов, развитие сотрудников и зарплаты:

- **Правовое соответствие:** оценивается, подписывают ли сотрудники письменный трудовой договор (кодируется как 1, если подписан, 0 в противном случае) и подлежат ли они сверхурочной работе (кодируется как 1, если требуется, 0 в противном случае) [29].
- **Развитие сотрудников:** измеряется с использованием возможностей повышения по службе, классифицируемых как редкие (1), ограниченные (2) или обильные (3) [30].
- **Заработная плата:** выражается в виде ежемесячного дохода работников, измеряемого в местной валюте [31].

Независимая переменная интереса, представительство женщин-руководителей, представляет собой двоичную переменную, указывающую на то, возглавляет ли фирма женщину на руководящих должностях, таких как генеральный директор, председатель совета директоров, директор или другой старший менеджер (кодируется как 1, если возглавляет женщина, 0 в противном случае) [32], [33].

Контрольные переменные включают в себя специфические факторы для исполнительной власти, такие как возраст, образование и срок службы, а также характеристики на уровне фирмы, такие как тип собственности (государственная, частная, иностранная или иная), категория фирмы (трудоемкая, капиталоемкая или технологически интенсивная), размер фирмы и наличие профсоюзов [34], [35].

### 2.3. Статистические модели и аналитический подход

Учитывая иерархический характер набора данных - сотрудники (1-й уровень), встроенные в руководящих работников (2-й уровень) - для решения вопросов несамостоятельности и кластеризации используются многоуровневые регрессионные модели, которые в противном случае приводят к искажению результатов регрессии обычных наименьших квадратов (ОЛС) [36], [37].

Необходимость многоуровневой модели подтверждается использованием коэффициента корреляции внутри класса (ICC), который измеряет степень сходства между наблюдениями в рамках одной группы. Многоуровневая модель считается подходящей, когда МКК превышает 0,059 [38].

В исследовании используется линейная модель случайного пересечения двух уровней для непрерывных результатов, таких как зарплаты, и логистическая регрессия для бинарных результатов, таких как письменные трудовые контракты и сверхурочные. Термины взаимодействия используются для изучения того, изменяется ли взаимосвязь между женским лидерством и результатами трудовых отношений в зависимости от сектора или с течением времени.



Секторные и годовые манекены включены для отраслевой динамики и временных тенденций соответственно.

#### 2.4. Признание ограничений

В то время как Всемирный опрос предприятий (2008–2019) предлагает богатый набор данных, следует признать некоторые ограничения. Региональные различия в культурных нормах и экономических условиях могут влиять на представленность женщин-руководителей и влияние женщин-руководителей, потенциально ограничивая обобщаемость результатов. Кроме того, использование fem\_ftemp в качестве прокси для расширения прав и возможностей женщин фокусируется на представительстве рабочей силы, но не в полной мере охватывает такие аспекты, как полномочия принятия решений или равенство заработной платы [29], [31]. Наконец, хотя набор данных охватывает более десяти лет, он может не отражать самые последние тенденции в области гендерного равенства и женского лидерства [29], [31].

### 3. Результаты и анализ

#### 3.1. Описательная статистика

Набор данных включает данные на уровне компаний из Узбекистана, Таджикистана, Кыргызской Республики и Казахстана за период с 2008 по 2019 год. В каждой из четырех стран средняя доля женщин-руководителей значительно различается, что отражает региональные различия в представительстве мужчин и женщин на руководящих должностях.

Основные описательные выводы:

- Доля женщин-руководителей: в среднем 12% компаний в наборе данных возглавляют женщины-руководители, при этом существуют заметные различия между отраслями. Женщины-генеральные директора более распространены в секторах розничной торговли и услуг по сравнению с производством, где доминирующее положение мужчин сохраняется.
- Представленные отрасли: Женщины-генеральные директора наиболее часто встречаются в розничной торговле (30%), других услугах (25%) и реже в капиталоемких отраслях (5%).
- Размер фирмы: в небольших фирмах (измеряемых по объему продаж и количеству сотрудников) женщины чаще занимают руководящие должности по сравнению с крупными предприятиями.

Резюме описательной статистики для интересующих переменных представлено в таблице 1. Это включает в себя среднюю долю женщин-работников (fem\_ftemp), возраст фирмы, инновационную деятельность и иностранную собственность в странах выборки.

#### 3.2. Корреляции и причинно-следственные связи

Регрессионный анализ показывает статистически значимую связь между женщинами-генеральными директорами и политикой фирм, способствующей расширению прав и возможностей женщин. Ключевые выводы включают:

1. Женщина-генеральный директор и представительство рабочей силы (fem\_ftemp): в

компаниях, возглавляемых женщинами-генеральными директорами, в среднем на 15% больше женщин-работников, чем в компаниях с мужчинами-генеральными директорами. Это говорит о том, что женщины-лидеры могут активно продвигать гендерно-инклюзивную политику.

2. Возможности продвижения по службе: была обнаружена значительная положительная связь между женщинами-генеральными директорами и системами развития сотрудников (например, доступность повышения по службе). Компании с женщинами-руководителями с большей вероятностью сообщают о "большом количестве" возможностей для повышения.

3. Соблюдение законов: на 10% больше фирм, возглавляемых женщинами, имеют письменные трудовые контракты для сотрудников. Тем не менее, не было обнаружено значительной связи между женщинами-генеральными директорами и требованиями к сверхурочным работам.

#### 3.3. Сравнительный анализ стран Центральной Азии

Сравнительный анализ выделяет региональные различия в практике занятости и тенденциях лидерства:

- Узбекистан: Женщины-генеральные директора в Узбекистане оказывают наиболее сильное положительное влияние на представленность женской рабочей силы ( $\beta = 10,58$ ,  $p < 0,01$ ). Эта страна также демонстрирует наивысшее соблюдение правовых норм, таких как письменные трудовые контракты.
- Таджикистан: Влияние женщин-руководителей на показатели расширения прав и возможностей женщин менее заметно по сравнению с другими странами. Тем не менее, в Таджикистане с течением времени наблюдается устойчивый рост представительства женщин в сфере услуг.
- Кыргызская Республика: Женщины-генеральные директора оказывают значительное влияние на возможности развития сотрудников, причем фирмы в этом регионе занимают первое место в обеспечении продвижения по службе для женщин-работников.
- Казахстан: Женское лидерство тесно связано с деятельностью, связанной с инновациями, что свидетельствует об уникальной связи между женщинами-генеральными директорами и стратегическими инициативами.

Эти результаты обобщены в таблице 2, в которой сравниваются ключевые результаты в четырех странах.

#### 3.4. Визуализация результатов

1. Женщина-генеральный директор (fem\_ceo):

Узбекистан: коэффициент для женщин-генеральных директоров составляет 10,58, с статистически значимым р-значением (0,000).

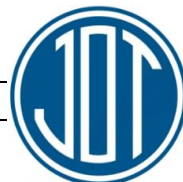
Таджикистан: коэффициент 8,12, статистически значимый с р-значением 0,001.

Кыргызская Республика: коэффициент 12,36 является весьма значительным ( $p = 0,000$ ).

Казахстан: коэффициент 11,47, р-значение 0,000.

2. Возраст фирмы (firmage):

Во всех четырех странах коэффициент возраста предпринимателя отрицателен и статистически незначителен, с р-значением, обычно превышающим 0,05.



## 3. Продажи (Insales):

Отрицательные коэффициенты для продаж (Insales) во всех странах предполагают, что более высокие продажи связаны с более низкими значениями зависимой переменной.

## 4. Инновации (innovation):

Коэффициент инноваций в целом положительный, но статистически незначительный в разных странах.

## 5. Иностранная собственность (foreign\_dummy):

Иностранная собственность показывает положительную и значительную связь с зависимой переменной во всех странах.

## 3.5 Обсуждение основных моделей и тенденций

Секторные различия: Женщины-генеральные директора чаще встречаются в отраслях, ориентированных на обслуживание, которые, как правило, имеют более высокое представительство женщин-работников в целом. Эта модель может быть связана с общественными ожиданиями и характером этих отраслей.

Региональные тенденции: Узбекистан и Казахстан становятся лидерами в деле поощрения расширения прав и возможностей женщин на рабочем месте, что частично обусловлено государственной политикой и культурными изменениями.

Препятствия в обрабатывающей промышленности: Во всех странах обрабатывающая промышленность отстает от других секторов с точки зрения лидерства женщин и представительства рабочей силы, что свидетельствует о сохраняющихся структурных барьерах.

Эти результаты подчеркивают значительное, но неравномерное влияние женщин-руководителей на результаты трудовых отношений, причем важную роль играют отраслевые и региональные контексты.

Country	Variable	Coefficient	Std. Error	t-statistic	p-value	95% Confidence Interval
Uzbekistan	fem_ceo	10.58	1.89	5.61	0.0	[6.88, 14.29]
Uzbekistan	firmage	-0.23	0.08	-0.3	0.766	[-0.13, 0.17]
Uzbekistan	Insales	-1.55	0.51	-3.01	0.003	[-2.56, -0.54]
Uzbekistan	innovation	1.06	3.71	0.29	0.775	[-6.23, 8.35]
Uzbekistan	foreign_dummy	11.18	5.14	2.17	0.03	[1.08, 21.28]
Tajikistan	fem_ceo	8.12	2.01	4.04	0.001	[4.16, 12.08]
Tajikistan	firmage	-0.18	0.09	-0.2	0.836	[-0.36, 0.20]

Tajikistan	Insales	-1.23	0.42	-2.93	0.004	[-2.07, -0.39]
Tajikistan	innovation	1.45	2.98	0.49	0.623	[-4.41, 7.32]
Tajikistan	foreign_dummy	9.98	4.87	2.05	0.041	[0.26, 19.71]
Kyrgyz Republic	fem_ceo	12.36	1.72	7.19	0.0	[8.99, 15.73]
Kyrgyz Republic	firmage	-0.27	0.11	-0.34	0.735	[-0.48, 0.16]
Kyrgyz Republic	Insales	-1.78	0.63	-2.83	0.005	[-3.03, -0.53]
Kyrgyz Republic	innovation	2.02	3.25	0.62	0.532	[-4.38, 8.42]
Kyrgyz Republic	foreign_dummy	13.54	6.15	2.2	0.028	[1.44, 25.64]
Kazakhstan	fem_ceo	11.47	1.63	7.03	0.0	[8.27, 14.67]
Kazakhstan	firmage	-0.21	0.07	-0.3	0.763	[-0.35, 0.17]
Kazakhstan	Insales	-1.35	0.49	-2.76	0.006	[-2.31, -0.39]
Kazakhstan	innovation	1.84	3.56	0.52	0.604	[-5.15, 8.83]
Kazakhstan	foreign_dummy	10.92	4.89	2.23	0.026	[1.34, 20.50]

#### 4. Заключение и предложения

В данном исследовании изучалось влияние женщин-руководителей, характеристик фирм, инноваций и иностранной собственности на результаты бизнеса в Узбекистане, Таджикистане, Кыргызской Республике и Казахстане. Результаты показывают, что женское лидерство последовательно вносит положительный вклад в результаты бизнеса во всех четырех странах, подчеркивая важность гендерного разнообразия в высшем руководстве. Однако возраст фирмы не оказывал существенного влияния на результаты, что позволяет предположить, что такие факторы, как





инновации и адаптивность, могут быть более важными, чем возраст фирмы. Хотя инновации сами по себе не оказывали прямого воздействия, это может отражать барьеры, такие как ограниченные ресурсы или недостаточная интеграция инновационных стратегий. С другой стороны, иностранная собственность оказала значительное положительное влияние, подчеркнув значение иностранных инвестиций в стимулировании успеха фирмы. Эти результаты предполагают несколько политических последствий: поощрение женского лидерства посредством гендерных квот и наставничества, поддержка МСП с доступом к финансированию и инновационной инфраструктуре, улучшение инвестиционного климата для привлечения прямых иностранных инвестиций. Необходимы дальнейшие исследования для изучения конкретных механизмов, с помощью которых женщины-генеральные директора влияют на результаты деятельности, и для изучения того, как компании могут лучше интегрировать инновации в свои стратегии. В целом, исследование подчеркивает необходимость комплексного подхода, который способствует гендерному равенству, инновациям и иностранным инвестициям для стимулирования роста бизнеса и конкурентоспособности в Центральной Азии.

## Использованная литература / References

- [1] Carter, S., Simkins, B., & Simpson, W. (2003). Corporate governance, board diversity, and firm value. *Human Relations*, 74(4), 527-555. <https://doi.org/10.1177/0018726719884215>
- [2] Molero, J. (2011). Diversity policies in leadership: A multinational perspective. *Organizational Management Journal*, 12(4), 457-476.
- [3] Grant Thornton. (2012). *Women in Business Report*. Grant Thornton.
- [4] Debeljuh, R. (2013). Gender diversity and leadership styles. *International Journal of Leadership Studies*, 10, 55-69.
- [5] Tansel, T., & Gazioğlu, A. (2014). Women in the workforce: Challenges and achievements. *Labor Studies Journal*, 39(2), 152-176.
- [6] Kaufman, B. (2010). *Theoretical perspectives on work and employment*. Routledge.
- [7] Cooke, F.L. (2014). Employee relations in the global context. *Asia Pacific Journal of Human Resources*, 52, 302-325.
- [8] Harsh, V., & Prasad, K. (2020). Critical aspects of labor relations. *Labor Studies Journal*.
- [9] Jung, K., & Kim, H. (2016). Resolving workplace disputes: Management perspectives. *Human Resources Journal*.
- [10] Eagly, A.H., & Wood, W. (2016). Social role theory of sex differences. In *The Wiley Blackwell Encyclopedia of Gender and Sexuality Studies*. Wiley-Blackwell.
- [11] Mölders, M., et al. (2018). Gendered agency in the workforce. *Workforce Development Journal*.
- [12] Bordalo, P., Coffman, K., & Shleifer, A. (2019). Beliefs about gender. *American Economic Review*, 109(3), 739-773.
- [13] Boulouta, I. (2013). Hidden connections: The link between board gender diversity and corporate social performance. *Journal of Business Ethics*, 113(2), 185-197.
- [14] García-Sánchez, I.-M., et al. (2023). Prosocial tendencies of women directors. *Corporate Governance Journal*.
- [15] Cruz, C., et al. (2019). Women directors and family firm's corporate social performance. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 43(2), 282-301.
- [16] Jin, X., et al. (2023). CSR and women leadership in global firms. *CSR Management Journal*.
- [17] Liu, M., et al. (2020). Sustainability initiatives and women in leadership. *Sustainability and Business Journal*.
- [18] Mukarram, A., et al. (2018). Gender stereotypes in workplace contexts. *Workplace Diversity Studies Journal*.
- [19] Birkner, S. (2020). Explorative insights on women's STEMpreneurship. *The International Entrepreneurship and Management Journal*, 16(1), 115-136.
- [20] Maas, C., & Hox, J. (2004). Multilevel analysis in employee satisfaction studies. *Organizational Research Methods Journal*.
- [21] Hossain, M., & Al-Amin, M. (2019). Employee clustering and hierarchical analysis. *Human Resource Development Review*.
- [22] Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge.
- [23] Carter, M.E., Franco, F., & Gine, M. (2017). Executive gender pay gaps: The roles of female risk aversion and board representation. *Contemporary Accounting Research*, 34(2), 1232-1264.
- [24] Richardson, A., et al. (2016). Gendered transparency and corporate fraud rates. *Organizational Ethics Journal*.
- [25] Liu, M. (2021). Legal efficiency and gendered executive behavior. *Corporate Governance and Ethics Journal*.
- [26] Bauman, C.W., & Skitka, L.J. (2012). Corporate social responsibility as a source of employee satisfaction. *Research in Organizational Behavior*, 32, 63-86.
- [27] Stainback, K., et al. (2016). Advancement for women under female leadership. *Labor Relations Journal*.
- [28] Cardoso, A.R., & Winter-Ebmer, R. (2010). Female-led firms and gender wage policies. *Industrial and Labor Relations Review*, 64(1), 143-163.
- [29] Kalleberg, A.L., & Rognes, J. (2000). Legal compliance and employee contracts. *Employee Rights Journal*.
- [30] Harsh, V., & Prasad, K. (2020). Promotion opportunities and gender representation. *Labor Practices Journal*.
- [31] Block, R.N., et al. (2004). Economic dimensions of employment relationships. In J.A.-M. Coyle-Shapiro, et al. (Eds.), *Employment Relationship: Examining Psychological and Contextual Perspectives*.
- [32] Giguere, S., et al. (2022). Women in top executive positions. *Leadership Diversity Review*.
- [33] Wu, S., Sun, M., & Xu, J. (2019). Gendered executive impact on firm performance. *Gender and Leadership Journal*.
- [34] Lu, H., et al. (2010). Firm characteristics and gender diversity. *Corporate Governance Review*.



[35] Kane, R., et al. (2005). Unions and employee retention. Human Resources Management Journal.

[36] Maas, C., & Hox, J. (2004). Multilevel analysis for hierarchical data. Journal of Advanced Statistics.

[37] Hossain, M., & Al-Amin, M. (2019). Clustering analysis for employee efficiency. Statistical Methods Journal.

[38] Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. Routledge.

## Информация об авторах/ Information about the authors

Азизов Аббос Toshkent shahridagi Vestminster  
Обидович / xalqaro universiteti, Graduate  
Azizov Abbos School Management Fan nomzodi  
Obidovich E-mail: [abbos.azizov@mail.ru](mailto:abbos.azizov@mail.ru)  
Tel.: +99897 770 2028  
<https://orcid.org/0009-0004-0698-2452>



## Impact of train schedule implementation on organization of wagon flows

D.B. Butunov<sup>1</sup><sup>a</sup>, S.A. Abdukodirov<sup>1</sup><sup>b</sup>, Z.S. Ahmedov<sup>2</sup><sup>c</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>Jizzakh polytechnic institute, Jizzakh, Uzbekistan

**Abstract:** The main objective of the work is to identify and systematize the causes of train delays in the train schedule during the organization of wagon flows. The causes of train delays were identified at the level of railway departments and systematized according to 4 criteria (type of cause of loss, object of impact, method of impact of loss, source of loss). By systematizing the causes of train delays, it was possible to systematically analyze the entire cycle of wagon flows and reasonably evaluate their results.

**Keywords:** wagon flows, train schedules, delays, loss causes, systematization

## Vagon oqimlarini tashkil etishga poyezdlar harakati grafigi bajarilishining ta'siri

Butunov D.B.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Abduqodirov S.A.<sup>1</sup><sup>b</sup>, Axmedov Z.S.<sup>2</sup><sup>c</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

<sup>2</sup>Jizzax politexnika instituti, Jizzax, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ishdan asosiy maqsad vagon oqimlarini tashkil etish jarayonida poyezdlar harakati grafigida poyezdlarning kechikishlarini keltirib chiqaruvchi sabablarni aniqlash va ularni tizimlashtirishdan iborat. Poyezdlar kechikishlari sabablari temir yo'l boshqarmalari kesimida aniqlandi va ular 4 ta mezon (yo'qotish sababi turi, ta'sir obyekti, yo'qotishning ta'sir qilish usuli, yo'qotish manbasi) bo'yicha tizimlashtirildi. Poyezdlar kechikishlari sabablarini tizimlashtirish orqali vagon oqimlarining butun bir siklini tizimli tahlil qilish va natijalarini asosli baholash imkoniyati yaratildi.

**Kalit so'zlar:** vagon oqimlari, poyezdlar harakati grafigi, kechikish, yo'qotish sababi, tizimlashtirish

### 1. Kirish

Vagon (yuk) oqimlarini samarali tashkil etishning asosini quyidagi me'yoriy hujjatlar tashkil etadi [1-7]:

1. Yuk poyezdlarini tuzish rejasi (poyezdlarni tuzishda vagon oqimlarini ushbu me'yoriy hujjat shartlariga qat'iyl amal qilgan holda poyezdga birlashtirish);

2. Poyezdlar harakati grafigi (jadvalda belgilangan vaqtda jo'natilgan poyezdlar ulushi, jadval bo'yicha peregonlarda harakatlanayotgan poyezdlar ulushi, qisqartirilgan kechikishlar bilan harakatlangan poyezdlar ulushi, manzil (aylanish) stansiyasiga jadval bo'yicha yetib kelgan yo'lovchi poyezdlarining ulushi);

3. Stansiya me'yoriy hujjatlari ("Stansiya texnologik ish jarayoni" "Stansiyaning sutkalik ish-reja grafigi" va boshqa vagon oqimlarini qayta ishlash bo'yicha hujjatlar) (vagon oqimlariga ishlov berish va ularni qayta ishlash jarayonlarida texnologik ketma-ketlikga va vaqt me'yorlariga amal qilish).

Vagon oqimlarini vagonning butun bir sikli (yuk o'tirish-tushirish amallari, stansiya yo'llarida turishi, qayta ishlash va ishlov berish, peregonidagi harakatlari va boshqalar)da davomida samarali tashkil etish ko'plab omillarga bog'liq. Jumladan, me'yoriy hujjatlarning to'g'ri tuzilganligi va ishlab chiqilgani hamda tashish jarayonidagi boshqa omil (tashkiliy, texnik, tabiiy, texnologik)lar.

Temir yo'l stansiyalarida poyezdlar yuk poyezdlarini tuzish rejasi shartlariga muvofiq tuzilganidan so'ng, uning keyingi holatining ijobiy ekanligini "Poyezdlar harakat grafigi" (bundan buyon matnda PHG deb yuritiladi) me'yoriy hujjatining yuritilishi belgilab beradi. Shu munosabat bilan vagon oqimlarini tashkil etish jarayoniga ushbu me'yoriy hujjatning yuritilishi ta'siri o'rganildi.


PHG (yuk, yo'lovchi va shahar atrofi) – bu temir yo'l transportining barcha bo'linmalarining poyezdlar harakati ritmi va xavfsizligini tashkil etish bo'yicha ishlarini tartibga soluvchi hamda temir yo'llarning barcha uchastkalari va yo'nalishlari ishini birlashtiruvchi asosiy me'yoriy-texnologik hujjatdir [1-10].

### 2. Adabiyotlar tahlili va metodologiyasi

PHGning bajarilish darajasi vagon oqimlarini tashkil etish jarayoni texnologiyasini amalga oshirish darajasini va ekspluatatsiya ishlarining sifatini, harakatlanuvchi tarkibdan foydalanish samaradorligini, temir yo'llarning tashish va o'tkazuvchanlik qobiliyatini aks ettiradi.

PHGni tizimli tahlil qilish vagon oqimlarini tashkil etish jarayoni texnologiyasining bajarilmaganlik sabablarini (tashkiliy, texnologik jarayon me'yorlaridan chetga chiqish,

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0009-4165-0257>

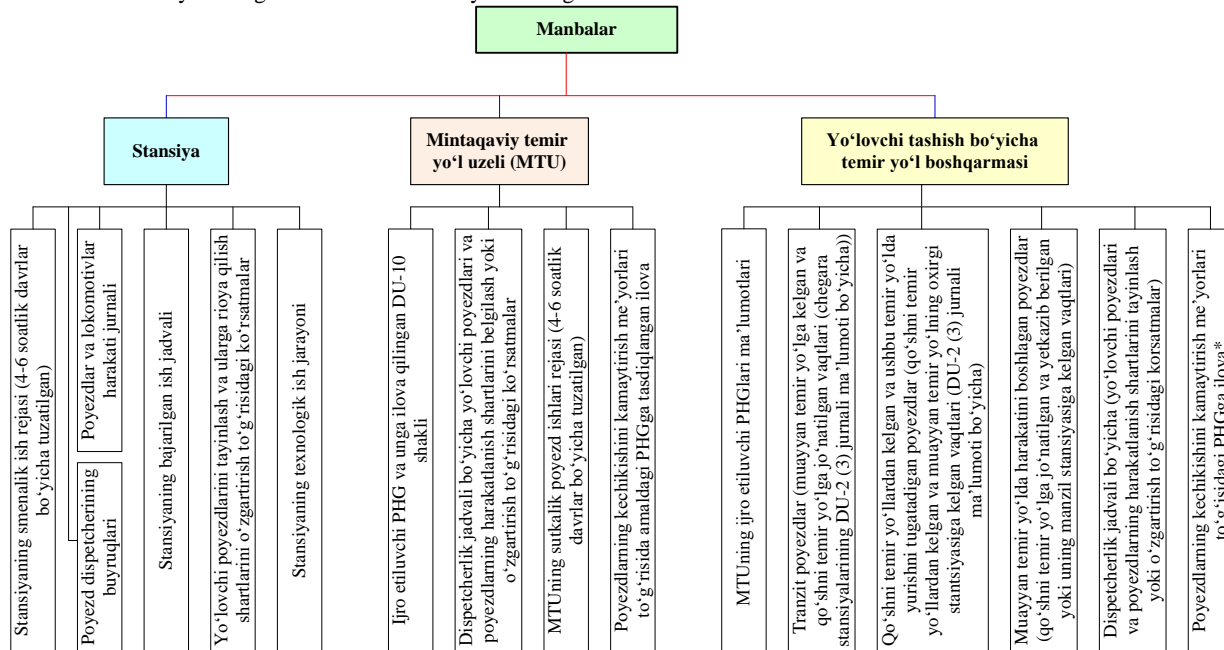
<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9457-255X>



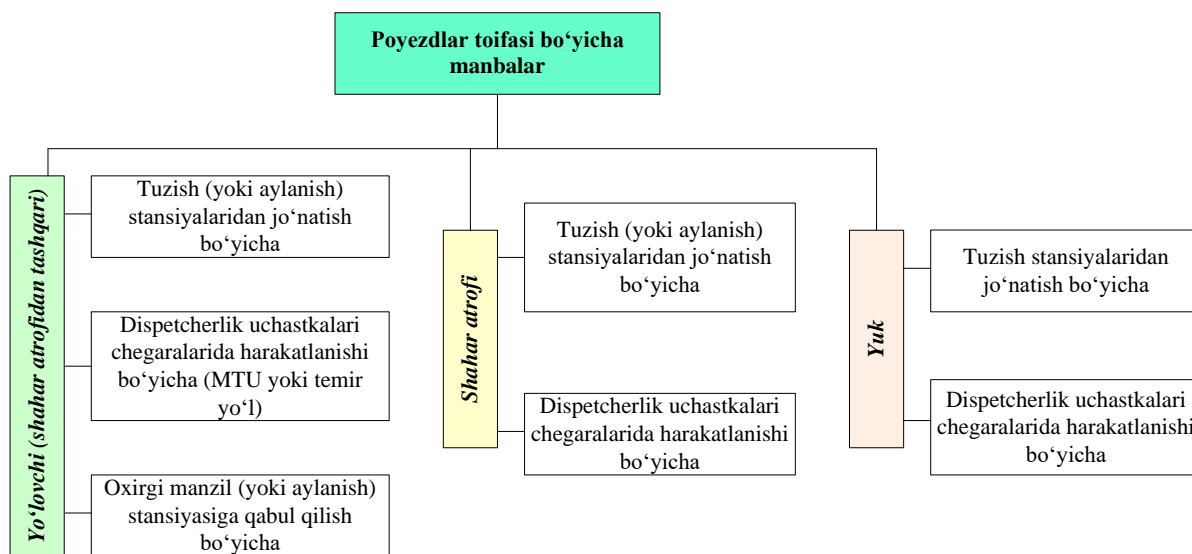
texnik jihozlarning nosozliklari, tijoriy nuqsonlar va boshqalar) o'z vaqtida aniqlash va ularni kelgusida bartaraf etish bo'yicha kompleks tezkor chor-tadbirlar ishlab chiqish imkonini beradi. Bunda dastlab PHG bajarilishini hisobga olish (1- va 2-rasmlar) muhim ahamiyat kasb etadi.

Bu yerda (1-rasm\*) poyezdlarning kechikishini kamaytirish me'yorlari to'g'risidagi PHGga ilova ularning kechikishini maksimal darajada kamaytirishni nazarda tutishi kerak. Poyezdning kechikishini kamaytirishning

minimal me'yor poyezdning PHGda nazarda tutilgan dispatcherlik uchastkasida bo'lgan umumiy vaqtining 5% i, yuk va yo'lovchi poyezdlarining parallel harakat grafigi bo'lgan uchastkalarda esa kamida 10% i hisoblanadi [7, 8, 10-14]. Ushbu ilova (1-rasm\*) yangi PHGni amalga joriy etishdan oldin ishlab chiqiladi va "Tashishlarni tashkil etish" boshqarmasi (MTUda MTuning tashish bo'limi) boshlig'i tomonidan tasdiqlanadi.



1-rasm. PHG bajarilishini hisobga olishning asosiy manbalari



2-rasm. PHG bajarilishini poyezdlar toifasi bo'yicha hisobga olish

### 3. Natija va muhokama

Poyezdlarning har bir kechikishi vagon oqimlarini samarali tashkil etish uchun ushbu kechikishga sabab bo'lgan boshqarmalar nomlarini aniq ko'rsatgan holda ijro etiluvchi PHGga aks etishi shart.

Shu munosabat bilan PHG bajarilishi bo'yicha ijro etiluvchi PHGni tahlil qilish kitoblari (DU-26 yuk

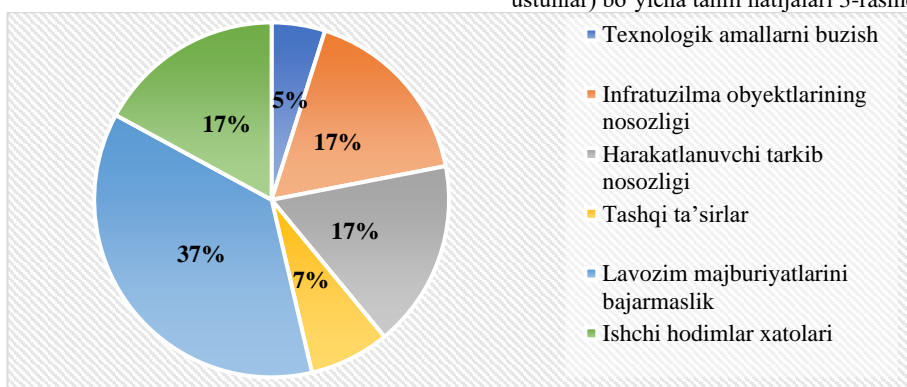
poyezdlar uchun), DU-27 (yo'lovchi poyezdlari uchun))da keltirilgan ma'lumotlar asosida vagon oqimlarini samarali tashkil etishda PHGda poyezdlarning samarasiz vaqt yo'qotishlarini keltirib chiqaruvchi sabablar temir yo'l boshqarmalari kesimida aniqlandi. Bunda yo'qotishlar sabablari 4 ta mezon (yo'qotish sababi turi, ta'sir obyekt, yo'qotishning ta'sir qilish usuli, yo'qotish manbasi) bo'yicha tizimlashtirildi (1-jadval).





Agar, poyezd dispetcheri poyezdlarning kechikish sabablarini ijro etiluvchi PHGda aks ettirmasa (1-jadvalda keltirilgan sabablardan tashqari), u holda bunday kechikishlar sabablari “Tashishlarni tashkil etish” boshqarmasiga tegishli deb hisoblanadi.

Vagon oqimlarini tashkil etishda sezilarli darajada ta’sir ko’rsatuvchi “Tashishlarni tashkil etish”, “Lokomotivlardan foydalanish”, “Vagon xo’jaligi”, “Aloqa va signalizasiya” va “Yo’l xo’jaligi” kabi temir yo’l boshqarmalari kesimida aniqlangan vaqt yo’qotishlariga olib keluvchi 34 ta sabab (omil)larni tahlil qilish natijasida (1-jadval) quyidagi xulosalar olindi:



**3-rasm. Vagon oqimlarini tashkil etish jarayoniga vaqt yo’qotishlari sabablarining ta’sir qilish usullari ulushi**

2-rasmdan ko’rish mumkinki, tashish jarayoniga inson omili (“Lazim majburiyatlarini bajarmaslik” (37%), “Ishchi hodimlar xatolari” (17%)) sezilarli darajada salbiy ta’sir ko’rsatmoqda.

Bundan tashqari “Logistika, yuk tijorat ishlari” va “Yo’lovchi tashish” boshqarmalari bo’yicha ham vaqt yo’qotishlarini keltirib chiqaruvchi sabablar aniqlandi.

“Logistika, yuk tijorat ishlari” boshqarmasi bo’yicha:

1) Poyezddagi tijorat nosozliklarini bartaraf etish yoki yuklarni yuklash va mahkamlashning texnik shartlarini buzganlik uchun vagonlarni poyezddan uzish uchun poyezdlarning kechikishi;

2) Tashish hujjatlari noto’g’ri rasmiylashtirilganligi yoki chegara va bojxona nazorati amallarini o’tkazish uchun zarur bo’lgan qo’shimcha hujjatlar taqdim etilmaganligi holatlarida chegara stansiyalarida poyezdlarning kechikishi;

3) Poyezdning tijoriy tekshiruv uchun stansiyaning texnologik jarayonida nazarda tutilgan vaqtdan ortiq kechikishi.

1) Yo’qotish sababi turi (1-jadval, 2- va 3-ustunlar) bo’yicha 34 ta sababdan 19 tasi aniq, 15 tasi esa yashirin (ishlab chiqarish jarayonida sezilarli darajada namoyon bo’lmaydigan) vaqt yo’qotishlariga mansubligi aniqlandi;

2) Ta’sir obyekti (vaqt yo’qotishlarini keltirib chiqaruvchi) bo’yicha yo’qotishlar sabablari quyidagicha tasniflandi: 9 ta – stansiyalarda; 11 ta – peregonlarda; 4 ta – boshqa obyekt (depolar, boshqa xo’jaliklar obyektlarida)larda; 5 ta – stansiyalar, peregonlar va boshqa byektlarda; 4 ta – stansiyalar va peregonlarda; 2 ta – peregonlar va boshqa byektlarda;

3) Yo’qotishning ta’sir qilish usullari (1-jadval, 7÷12-ustunlar) bo’yicha tahlil natijalari 3-rasmda keltirildi.

“Yo’lovchi tashish” boshqarmasi bo’yicha:

1) Yo’lovchi vagonlarini tarkibdan nosozliklari sababli uzish ajratish;

2) Yo’lovchi poyezdlarida to’xtash kranining buzilishi;

3) Yo’lovchi poyezdlarining kechikishi (yo’lovchilarni rejadan tashqari tushirish (chiqarish) tufayli);

4) Yo’lovchi poyezdlarining kechikishi (belgilangan vaqtdan ortiq ekipirovka ishlari va vagonlarni tarkibdan uzmasdan ta’mirlashda);

5) Yo’lovchi poyezdlarining peregonda yurish vaqtiga amal qilmasligi;

6) Lokomotiv brigadalarining o’z vaqtida kelmasligi;

7) Depodan poyezdlar to’liq bo’lmagan tarkib bilan yetkazib berilganligi va shahar atrofi poyezdlari rejadan tashqari bekor qilinganligi sababli poyezdlar ko’pligi sababli yo’lovchilar tushishi va chiqishi paytida shahar atrofi poyezdlari jadvalining buzilishi.

**1-jadval**

**Vagon oqimlarini tashkil etishda samarasiz vaqt yo’qotishlarini keltirib chiqaruvchi sabablarni tizimlashtirish**

T/r	Yo’qotishlar sabablari nomi	Yo’qotish sababi turi		Ta’sir obyekti			Yo’qotishning ta’sir qilish usuli					Yo’qotish manbasi (temir yo’l boshqarmalari)					
		Aniq	Yashirin	Stansiya	Peregon	Boshqa	Texnologik amallarni buzish	Infratuzilma obyektlarining	Harakatlanuvchi tarkib nosozligi	Tashqi ta’sirlar	Lazim majburiyatlarini	Ishchi hodimlar xatolari	Tashishlarni tashkil etish	Lokomotivlardan foydalanish	Vagon xo’jaligi	Aloqa va signalizasiya	Yo’l xo’jaligi
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17







berish muddati va h.k.)ning aynan qaysi boshqarma aybi tufayli bajarilmaganligini aniqlash;

- har bir kechikish bo'yicha boshqarmalar kesimida tezkor qarorlar qabul qilish;

- tizimli takrorlanuvchi yo'qotishlar sabablarini bartaraf etish bo'yicha chora-tadbirlar ishlab chiqish va boshqalar.

Umuman olganda vagon oqimlarining butun bir siklini tizimli tahlil qilish va natijalarini asosli baholash imkoniyati yaratiladi.

## Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Dilmurod Butunov, Komil Mukhammadiev, Sardor Abdukodirov, Shuhrat Buriyev, and Mafirat Toxtaxodjaeva. Improving the standardization of wagon standby time at the sorting station. E3S Web of Conferences 549, 04003 (2024). 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454904003>

[2] Dilmurod Butunov, Zhansaya Kalimbetova, Sardor Abdukodirov Shuhrat Buriyev and Mafiratxon Tuxtaxodjayeva. E3S Web of Conferences 460, 06002 (2023). 1-9 pp. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346006002>

[3] Суржун К.В. Влияние временных предупреждений об ограничении ходовой скорости по состоянию пути на пропуск грузовых поездов: Дис. кан. техн. наук. ВНИИАС МПС. – 2005. – 28 с.

[4] Феоктистов В. Резервы технической скорости при наличии её ограничений / В. Феоктистов, С. Борисенков // Мир транспорта. 2013. 1 (45). С. 64-68 с.

[5] Jumayev Sh.B. Vagonlar oqimini tashkil etishda axborot texnologiyalari asosida transport jarayonlari texnologiyasini takomillashtirish: texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) ... dissertatsiya. – Toshkent: TDTrU, 2021. – 120 b.

[6] Бутонов Д.Б. Определение причины потер, влияющие на величину времени нахождения вагонов на станции / Д.Б. Бутонов, Ж.С. Баратов, Ж.П. Кабулов, К.А. Журабоев // ВЕСТНИК, Ташкент: ТАДИ. - 2019. №2, - С. 89 – 97.

[7] Jumayev Sh. Assessment criteria for optimization of parameters affecting to local wagon-flows at railway sites / Sakijan Khudayberganov, Oybek Achilov, Munira Allamuratova // E3S Web of Conferences 264, 05022 (2021), pp.

[8] Huaqing Mao. Train Schedule Adjustment Strategies for Train Dispatch / Huaqing Mao, Zhu Li // TELKOMNIKA. – 2013. №5. – S. 2526-2534 pp.

[9] Кузнецов Г.А. Учет выполнения графика движения грузовых поездов / Г.А. Кузнецов // Железнодорожный транспорт. - 2011. - № 3. - С. 20–25.

[10] Иванов П.А. График движения поездов как основа качества перевозочного процесса // Железнодорожный транспорт. - 2014. - № 2. - С. 21–23.

[11] Котенко А. Г. Вопросы повышения стабильности выполнения графика движения поездов / А. А. Грачев, А. В. Гоголева, Т. М. Шманев // Железнодорожный транспорт. - 2019. - № 3. - С. 29–35.

[12] Dilmurod Butunov, Sardor Abdukodirov, Shuhrat Buriyev, and Muslima Akhmedova. Development factor model of train movement graph indicators. E3S Web of Conferences 531, 02008 (2024). 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453102008>

[13] Незевак В.Л. Оптимизация графика движения поездов по критерию расхода электрической энергии на тягу на участках железных дорог в условиях применения рекуперативного торможения / А. П. Шатохин, О.В. Гателюк // Транссиба. -2015. №1(21). - С. 59-69 с.

[14] Butunov D. Effective organization of train movement taking into account the costs of electrical energy / Butunov D., Abdukodirov S // Journal of Transport. - 2024. №1 (2). 73-78 pp. <https://t.me/tdtuilmiynashrlar>

## Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Butunov Dilmurod Baxodirovich / Butunov Dilmurod Bakhodirovich	Toshkent davlat transport universiteti "Temir yo'ldan foydalanish ishlarini boshqarish" kafedrasini professori. t.f.f.d (PhD) E-mail: <a href="mailto:dilmurodpgups@mail.ru">dilmurodpgups@mail.ru</a> Tel.: +99897 2675567 <a href="https://orcid.org/0009-0009-4165-0257">https://orcid.org/0009-0009-4165-0257</a>
--	--

Abduqodirov Sardor Asqar o'g'li / Abdukodirov Sardor Askarugli	Toshkent davlat transport universiteti "Temir yo'ldan foydalanish ishlarini boshqarish" kafedrasini dotsenti. t.f.f.d (PhD) E-mail: <a href="mailto:sardor_abduqodirov@bk.ru">sardor_abduqodirov@bk.ru</a> Tel.: +99897 7342992 <a href="https://orcid.org/0000-0001-9457-255X">https://orcid.org/0000-0001-9457-255X</a>
--	--

Axmedov Zohid Sobirovich/ Ahmedov Zohid Sobirovich	Jizzax politexnika instituti "Transport logistikasi" kafedrasini katta o'qituvchisi Tel.: +998 91 566 88 00
--	--





## Using satellite data to monitor tropospheric gases

U.A. Shermukhamedov<sup>1</sup><sup>a</sup>

<sup>1</sup>Scientific Research Institute of Hydrometeorology, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** It is known that harmful gases from transport react quickly in the air and form secondary substances. Among such substances, ozone gas stands out in terms of stability and toxicity. The article analyzes the level of ozone concentration near the ground for the city of Tashkent by comparing satellite data and Uzgidromet data.

**Keywords:** ozone concentration, aura, OMI, NASA, dobson

## Troposfera gazlarini monitoring qilish uchun sun'iy yo'ldosh ma'lumotlaridan foydalanish

Shermuxamedov U.A.<sup>1</sup><sup>a</sup>

<sup>1</sup>Gidrometeorologiya ilmiy tadqiqot instituti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ma'lumki transportdan chiquvchi zararli gazlar havoda tez reaksiyaga kirishadi va ikkilamchi moddalarni hosil qiladi. Ana shunday moddalar ichida turg'unligi va zaharligi nuqtai nazaridan ozon gazi alohida ajralib turadi. Maqolada Toshkent shahri uchun yer yaqinidagi ozon konsentratsiyasi darajasi sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari, hamda O'zgidromet ma'lumotlarini o'zaro qiyoslash orqali tahlil qilingan.

**Kalit so'zlar:** ozon konsentratsiyasi, aura, OMI, NASA, dobson

### 1. Kirish

Zamonaviy amaliyotda sun'iy yo'ldosh o'lchov ma'lumotlari asosida atmosferaning quyidagi xususiyatlarni o'rganish mumkin: meteorologik parametrlarning vertikal profillari, atmosferaning yuqori qatlamlaridagi ko'plab gazlarning qiymatlari, ifloslantiruvchi moddalarning global tarqalishi, tuproq sharoiti, relief va boshqalar.

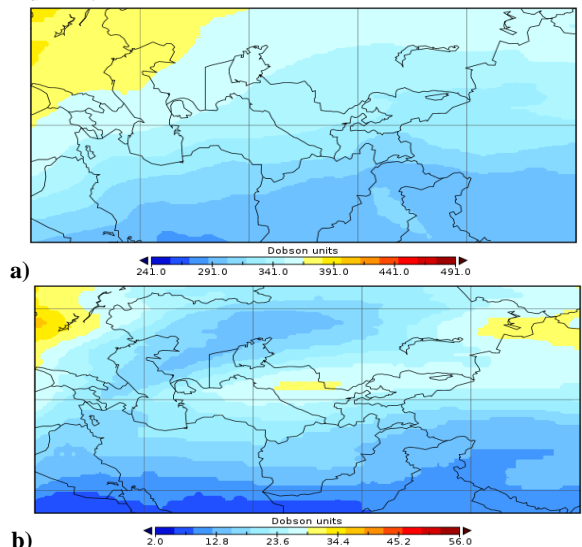
Yuqoridagilarni hisobga olgan holda, sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarini qayta ishlash va turli miqdorlarning qiymatlarini aniqlash dolzarb vazifa hisoblanadi.

Bugungi kunda atmosfera gazlarining konsentratsiyasini o'lchashda Aura sun'iy yo'ldoshi kung ishlatilmoqda. Aura sun'iy yo'ldoshida ozon parametrlarini o'lchash uchun bir nechta asboblari mavjud. Aura asboblari atmosferadagi kichik gazlarni o'lchab, ularning noyob spektral belgilarini aniqlaydi [1,2]. Masalan: MLS asbobi havo molekularining mikroto'lqinli nurlanishlarini kuzatadi. HIRDLS va TES asboblari esa havo molekularining infraqizil issiqlik emissiyasini ham kuzatadi. OMI asbobi yordamida yorug'lik va ultrabinafsha spektrida tarqaladigan quyosh nurlarining molekulyar nurlanishi o'lchanadi [4,5,6]. Ushbu asboblash o'zaro kesishivchi diapazonda ishlab, ma'lumotlar NASAning faol ma'lumotlarni saqlash markazlariga yuboradi va u yerdan foydalanuvchilarga uzatadi. Tadqiqotlarda aynan shu ma'lumotlar bazasidan foydalanildi.

### 2. Tadqiqot metodologiyasi

Ma'lumotlarni yuklash va import qilish MATLAB paketining qobig'ida amalga oshirildi. Olingan ma'lumotlar

\*.mat formatida - MATLAB formatida saqlanadi va uni sayyoramizning bizni qiziqirgan hududlarida ozon tahlili uchun ishlatishga imkon beradi. PanoplyJ kabi vositalardan foydalanib, siz ozon taqsimoti xaritalarini yaratishingiz mumkin.



**1-rasm. Aura sun'iy yo'ldosh ma'lumotlariga ko'ra stratosfera ozon ustuni (a) va troposfera ozon ustuni (b) ning uzoq muddatli o'rtacha yillik qiymatlarini taqsimlanish xaritalari**

1a va 1b rasmda Aura sun'iy yo'ldosh ma'lumotlariga ko'ra stratosfera va troposfera ozon ustunining uzoq muddatli o'rtacha yillik qiymatlarini taqsimlash xaritalarini ko'rsatilgan. Troposfera ozon ustuni xaritalari 2005 yil

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1718-5331>



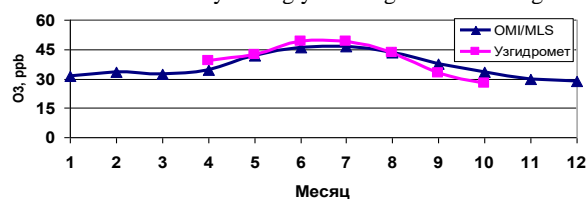
oktyabridan 2018 yil dekabrighacha bo'lgan 13 yillik ozon o'lchovlarini birlashtirish orqali olingan. OMI/MLS troposfera ozon konsentratsiyasi ma'lumotlari vaqt va fazoviy o'zgarishlarni ko'rsatadi.

1-rasmda umumiy troposfera ozonining uzoq muddatli o'rtacha yillik qiymatlarining taqsimlanishi ko'rsatilgan. Turli xil sun'iy yo'ldoshlar o'rtasidagi qiyosiy tahlilimiz shuni ko'rsatdiki, umumiy troposfera ozon ham mutlaq qiymatda, ham yillik o'zgarishlarda farq qiladi. Unga ko'ra Aura sun'iy yo'ldoshida ozon konsentratsiyasi qiymatlari 34,2 DU dan 56 DU gacha o'zgaradi. Solishtirish uchun Nimbus sun'iy yo'ldosh ma'lumotlariga ko'ra qiymatlar O'zbekiston hududida 49,6 DU dan 50,6 DU gacha o'zgarsa, NOAA sun'iy yo'ldoshiga ko'ra qiymatlar 36,5 DU dan 38,5 DU gacha o'zgarib turadi. [1,3].

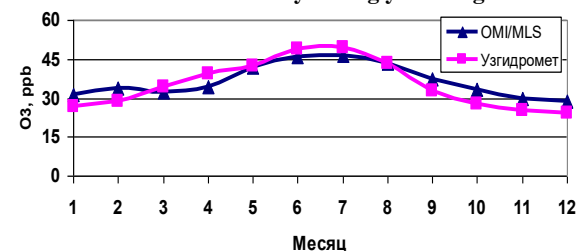
Sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari va O'zgidromet ma'lumotlarini taqqoslab, biz Nimbus ma'lumotlari O'zgidromet ma'lumotlariga nisbatan ko'p, NOAA ma'lumotlari kam baholangan va Aura ma'lumotlari o'xshash qiymatlarga ega degan xulosaga kelishimiz mumkin [3].

**Sun'iy yo'ldosh va yerga asoslangan o'lchov ma'lumotlarini taqqoslash.** O'zgidromet tomonidan yer yaqinida ozon gazi faqat 7 oy davomida o'lchanadi. Keyingi tadqiqotlarda sun'iy yo'ldosh ma'lumotlaridan foydalanib, 5 oy davomida yetishmayotgan ma'lumotlar uchun O'zgidrometning yer sathi ozon ma'lumotlarini ekstrapolyatsiya usuli bilan Aura sun'iy yo'ldoshining OMI/MLS ma'lumotlari asosida to'ldiriladi.

2 va 3-raslarda O'zgidromet tomonidan apreldan oktyabrgacha (2-rasm) va qolgan besh oying ekstrapolyatsiya qilingan qiymatlarini hisobga olgan holda O'zgidromet tomonidan troposfera ozonining sun'iy yo'ldoshi o'lchovlari va yer sathi ozon o'lchovlarining o'rtacha konsentratsiyasining yillik o'zgarishi ko'rsatilgan.



2-rasm. Apreldan oktyabrgacha O'zgidromet tomonidan troposfera ozonining sun'iy yo'ldoshi o'lchovlari (OMI/MLS) va yer darajasidagi ozon o'lchovlari konsentratsiyasining yillik o'zgarishi



3-rasm. Amalga oshirilgan ekstrapolyatsiyani hisobga olgan holda O'zgidromet tomonidan troposfera ozonining sun'iy yo'ldoshi o'lchovlari (OMI/MLS) va yer sathi ozon o'lchovlari konsentratsiyasining yillik o'zgarishi

Grafiklar shuni ko'rsatdiki, O'zgidromet va OMI/MLSning yetti oylik va butun yil davomidagi ma'lumotlari troposfera ozonining o'rtacha konsentratsiyasi va yer sathidagi ozonning o'zgarishi bo'yicha yaxshi mos

keladi. 2-rasmdagi grafiklar uchun qiymatlarning o'rtacha og'ishi 8% va 3-rasmdagi grafiklar uchun 10%.

### 3. Xulosa

“Aura” sun'iy yo'ldoshidan olingan OMI/MLS ma'lumotlarini O'zgidromet ma'lumotlari bilan qiyosiy tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, O'zgidrometdan olingan yer sathi ozon konsentratsiyasi (etti oy davomida) va OMI bo'yicha troposfera ustunidagi o'rtacha ozon konsentratsiyasi haqidagi ma'lumotlar/MLS ma'lumotlari yaxshi mos keladi (o'rtacha og'ish 8%). OMI/MLS ma'lumotlaridan foydalanib, O'zgidrometdan yer sathi ozon konsentratsiyasi bo'yicha etishmayotgan ma'lumotlar ekstrapolyatsiya tartibi asosida tiklandi. Shu bilan birga, O'zgidromet va OMI/MLS ma'lumotlarining yil davomidagi o'rtacha og'ishi 10 foizni tashkil etdi. Bu natijalar sun'iy yo'ldosh ma'lumotlaridan, ayniqsa, Aura sun'iy yo'ldoshidan troposfera ozonini monitoring qilish imkonini beradi.

Ushbu olingan natijalar ozon konsentratsiyasini butun yil davomida to'liq monitoring qilish imkonini beradi. Ozon gazining sanoat va transport faoliyati natijasida oshishini hisobga olsak, ushbu usulning ko'p sohalar uchun (qurilish, transport, ishlab chiqarish, energetika) amaliy ahamiyatini yanada oshiradi.

### Foydalangan adabiyotlar / References

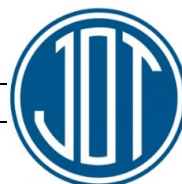
- [1] Арушанов М.Л., Шермухамедов У.А. Исследования гелиогеофизических факторов, влияющих на изменчивость тропосферного озона на основе данных OMI. //Проблемы вычислительной и прикладной математики. №2(20). –2019. –С.104-111.
- [2] Арушанов М.Л., Шермухамедов У.А. Использование спутниковых измерений для мониторинга тропосферного озона в Узбекистане. //Известия Географического общества Узбекистана. 55-том. –2019. –С.181-185.
- [3] Шермухамедов У.А. Сравнительный анализ спутниковых данных тропосферного озона для г. Ташкента. //Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам XXIV междунар. науч.-практ. конф. – № 5(24). – М., Изд. «МЦНО», 2019. С. 29-35
- [4] Ozone Monitoring Instrument (OMI) Data User's Guide. OMI-DUG-5.0 January 5, 2012. 62 pages.
- [5] Livesey N.J., et al. 2011. EOS MLS Version 3.3 Level 2 data quality and description document, Tech. rep., Jet Propulsion Laboratory. Available from: <http://mhs.jpl.nasa.gov>.
- [6] Ziemke J.R., Chandra S., Duncan B.N., Froidevaux L, Bhartia P.K., Levelt P.F. and Waters J.W. 2006. Tropospheric ozone determined from Aura OMI and MLS: Evaluation of measurements and comparison with the Global Modeling Initiative's //Chemical Transport Model. J. Geophys. Res. 111(D19): 303.
- [7] Электронный ресурс: <https://aura.gsfc.nasa.gov/about.html>.



**Mualliflar to'g'risida ma'lumot/  
Information about the authors**

Shermuxamedov Ulug'bek Abdulazizovich /  
Gidrometeorologiya ilmiy tadqiqot instituti, doktorant (DSc), PhD,  
E-mail: ulugbek\_sher@mail.ru

Shermukhamedov Ulugbek Abdulazizovich  
Tel.: +998974462696  
<https://orcid.org/0000-0003-1718-5331>



## Selection and justification of components from heterocomposite polymer materials for working bodies of pneumatic transport fans

Kh.T. Toychiyev<sup>1</sup><sup>a</sup>, U.A. Ziyamukhamedova<sup>2</sup><sup>b</sup>, L.Y. Bakirov<sup>3</sup><sup>c</sup>

<sup>1</sup>Andijan Machine Building Institute, Andijan, Uzbekistan

<sup>2</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

<sup>3</sup>Andijan Institute of Economics and Construction, Andijan, Uzbekistan

**Abstract:** The study focuses on developing antifriction and wear-resistant heterocomposite polymer materials for pneumatic transport fan components. The ED-20-based material composition was optimized using local raw materials. Results demonstrate high efficiency and durability.

**Keywords:** heterocomposite materials, epoxy resin, Angren kaolin, adhesion strength, tribotechnical efficiency

## Pnevмотransпорт вентиляторлари ishchi organlari uchun getrekompozit polimer materiallarning komponentlarini tanlash va asoslash

To‘ychiyev X.T.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Ziyamuhammedova U.A.<sup>2</sup><sup>b</sup>, Bakirov L.Y.<sup>3</sup><sup>c</sup>

<sup>1</sup>Andijon mashinasozlik instituti, Andijon O‘zbekiston

<sup>2</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

<sup>3</sup>Andijon iqtisodiyot va qurilish instituti, O‘zbekiston

**Annotatsiya:** Tadqiqot pnevмотransпорт вентиляторлари ishchi organlari uchun antifriktsion va yeyilishbardosh geterokompozit polimer materiallarni yaratishga qaratilgan. ED-20 asosidagi materiallar tarkibi optimallashtirilib, mahalliy xom ashyolar qo‘llandi. Natijalar yuqori samaradorlik va uzoq muddatli foydalanishni ta‘minlaydi.

**Kalit so‘zlar:** geterokompozit materiallar, epoksid smola, Angren kaolini, adgezion mustahkamlik, tribotexnik samaradorlik

### 1. Kirish

Bugungi kunda mashinasozlik sanoatini rivojlantirish dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Zamonaviy texnologik ehtiyojlar va jahon bozorida raqobatbardosh mahsulotlar yaratish uchun turli sohalar uchun import o‘rnini bosadigan innovatsion texnologiyalar, mashinalar va mexanizmlarni ishlab chiqish talab etiladi. Shu bilan birga, paxtani qayta ishlovchi mashinalarning ekspluatatsion ishonchligini oshirish maqsadida yuqori samarali kompozitsion polimer materiallardan foydalanish dolzarb ilmiy-texnik masalalardan biri sifatida namoyon bo‘lmoqda. Xususan, texnologik jihozlar ishchi sirtlarini obraziv zarralarning zararli ta‘siridan himoya qilish uchun yangi materiallarni qo‘llash masalasi hal etilishni kutayotgan muhim vazifalardan biridir.

Mashinasozlik sohasida turli ekspluatatsion sharoitlar uchun polimer asosidagi kompozit materiallardan foydalanish keng rivojlanmoqda. Bunday materiallarni ishlab chiqarishda tarkibiy komponentlar, struktura va olish texnologiyalariga bog‘liq ravishda materiallarning yangi xossa va xususiyatlari namoyon bo‘lishi ehtimolga ega. Ayniqsa, polimer materiallarni modifikatsiyalash orqali ularning strukturasida fazalararo mustahkam bog‘lar hosil


qilish, bu jarayonning ekspluatatsion xossalarga ta‘sirini aniqlash va materiallarning ishonchligini oshirish bugungi kunda materialshunoslikning ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Tadqiqotning asosiy obyekti sifatida pnevмотransпорт вентиляторлари parraklari tanlab olindi. Kuzatishlar shuni ko‘rsatdiki, ushbu вентиляторlarning ishchi yuzalari namlik va obraziv yeyilish ta‘sirida tez yemirilib, ekspluatatsion ishonchligini yo‘qotadi. Bu muammo parrak yuzalarini himoya qilish uchun yuqori mustahkamlikka, namga va yeyilishbardoshlikka ega bo‘lgan polimer kompozit materiallardan foydalanishni talab qiladi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi pnevмотransпорт вентиляторлари ishchi organlari uchun geterogen kompozit polimer materiallarning optimal komponentlarini tanlash, ularning ekspluatatsion xossalari o‘rganish va yangi materiallarni yaratish texnologiyasini asoslashdan iboratdir.

Mazkur ish zamonaviy mashinasozlik sohasida yangi texnologiyalarni tadbiq qilishda muhim ahamiyat kasb etadi va texnologik jihozlarning ishlash muddatini sezilarli darajada oshirishga xizmat qilishi kutilmoqda.

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0000-1117-7862>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5005-0477>

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0009-0007-8471-2089>





## 2. Tadqiqot metodikasi

Biz tadqiqot ishimizni amalga oshirishda Andijon mashinasozlik institutida yaratilgan materialshunoslik laboratoriyasida amalga oshirdik. Tadqiqot davomida, olingan natijalarning polimer kompozit materialning qattiqligi, metallar, shisha materiallar, keramik materiallar, minerallar va boshqa materiallarning qattiqligini aniqlash uchun mo'ljallangan PMT-3 markali mikro qattiqlikni o'lchash uskunasi aniqlandi. Namunalarning mexanik xususiyatlari ISO/MEK 17025:2005 Xalqaro va O'zDST ISO/IEC 17025:2007 Respublika standartlari asosida faoliyat olib borayotgan akkreditatsiyalangan sinov laboratoriyasida quyidagi ko'rsatkichlar olindi:

HB-mikroqattiqlik (tvyordomerlar №3635 ser. №3389/06);

$\sigma_{ud}$  – zarbiy mustahkamlik IMPAST TESTER J-020 №5512 ser. №10-951;

$\sigma_{eg}$  – egilishga mustahkamlik Bending Tester №5750 ser. №10-954 28.11.2018-28.11.2019;

adgezion mustahkamlik №315 ser 2236 adgeziomer yordamida aniqlandi.

Tadqiqotning maqsad va vazifalaridan kelib chiqib pnevmotransport ventilyatorlari ishchi organlari konstruksiyasini optimallashtirish uchun bog'lovchi sifatida sovuq holatda qotuvchi ED-20 epoksid smolasi tanlandi. Mashinasozlik materiallari uchun ED-20 smoladan bog'lovchi sifatida foydalanishda quyidagi afzalliklarga erishish mumkin:

-zichlikning yuqoriligi va detallarning g'ovaklarsiz bo'lishi;

-qattiqlikning yuqoriligi, mexanik ta'sirlar, agressiv muhitlar va namlikka bardoshlilik;

-issiqbardoshlilik;

-dielektriklik va korroziyaga bardoshlilik xususiyatlarining yuqoriligi;

-to'ldiruvchilar bilan adgezion xossalarning yaxshiligi;

-detailar tayyorlashning osonligi;

-qisqarishning va solishtirma og'irlikning kamligi.

ED-20 epoksid smolasining xossalari 1-jadvalda keltirilgan [8].

1 - jadval

ED-20 epoksid smolasining fizik-mexanik xossalari

№	Nomlanishi	Miqdori
1	Cho'zilishga mustahkamligi, MPa	40-90
2	Egilishga mustahkamligi, MPa	80-140
3	Siqilishga mustahkamligi, MPa	100-200
4	Zichlik (20 °C haroratda), kg/m <sup>3</sup>	1,16-1,25
5	Issiqbardoshlilik, °C	55-170
6	Qovushqoqlik (20 °C haroratda), mPa·s	4000

Geterakompozit materiallarda, tarkibida turli xil oksidlarni saqlovchi AKT-10 markali Angren kaolinini to'ldiruvchi sifatida qo'shish, kompozit materialning mexanik xossalari yaxshilashga xizmat qiladi.

Pnevmotransport ventilyatorlari ishchi organlari konstruksiyasini optimallashtirishda, Angren kaolini (AKT-10) o'z ichiga olgan kompozit materialdan yopishtiruvchi vosita sifatida amalga oshirish yopishqoqlikka qarshi qo'shimcha bo'lib, ishlab chiqarish jarayonlarini

osonlashtiradi va materialning qolipga yopishib qolishiga yo'l qo'ymaydi. «Angren-Kaolin» MChJ tomonidan ishlab chiqarilgan AKT-10 kaolinining tarkibi va xossalari 2 - jadvalda keltirilgan.

Har qanday kompozit materiallarda armirlovchi to'ldiruvchilar bo'lganligi kabi, vebtilyator parragini optimallashtirishda foydalanilayotgan kompozit materialimizda ham armirlovchi sifatida ipak chiqindisidan foydalanildi. Armirlash kompozit materiallarning mexanik mustahkamligini, zarbiy kuchlanishini, dinamik kuchlarga bardoshlilikini va issiqbardoshlilikini oshiradi.

2 - jadval

AKT-10 to'ldiruvchining O'z Dst 1056: 2004 bo'yicha xossalari

№	Ko'rsatkichlar	Miqdori
1	Kimyoviy tarkibi bo'yicha, % a) Alyuminiy oksidining miqdori, % b) Temir oksidining miqdori, % v) Kremniy ikki oksidining miqdori, % g) Titan oksidining miqdori, % d) ishqoriy va ishqoriy yer metal oksidlari, %	30,0-32,0 0,5-0,8 52,0-59,0 0,5-0,6 qolgan qismi
2	Dispersligi, mkm	2,5-4
3	Namlik miqdori, %	6-8
4	Radionuklidlar faolligi (BK/kg),	740
5	pH ko'rsatkichi	8,2-8,4
6	ISO 2470 bo'yicha oqlik darajasi (R <sub>457</sub> ), %	77-78
7	Leman bo'yicha qovushqoqliqi, Pa·s	1,2-1,4

Reaktoplast kompozit material tayyorlash uchun tanlangan komponentlar 3 - jadvalda keltirilgan.

Neft chiqindisini polifunksional deb belgilashimiz shu bilan izohlanadiki, bunda uning tarkibiga kiruvchi uglerod ham to'ldiruvchi, ham quruq moylovchi vazifasini bajaradi, uning yuqori parafinli moy qoldiqlari ishqalanish zonalarida harorat ko'tarilganda suyuq moylovchi vazifasini, tarkibidagi faol kimyoviy bog'lar mexanik faollashtirish jarayonida ikkilamchi Van-der Vaals va vodorod bog'larini hosil qilib, geterosistemadagi strukturaviy bog'lanishlarni yaxshilaydi.

3 - jadval

Reaktoplast kompozit material komponentlari

№	Nomlanishi	GOST va TSH	Vazifasi
1	Epoksid smolasi (ED-20)	GOST 10587-72	Termoreaktiv bog'lovchi
2	Dibutilftalat (DBF)	GOST 8728-76	Plastiklovchi
3	Polietilenpoliamin (PEPA)	TSH 6-02-594-70	Qotiruvchi
4	AKT-10	O'z DSt 1056:2004	To'ldiruvchi
5	Ipak chiqindisi	GOST 319132011	To'ldiruvchi
6	Neft chiqindisi		Polifunksional -to'ldiruvchi

Tadqiqot uchun yuqorida keltirilgan komponentlar tanlab olindi.



### 3. Tadqiqot natijalari

Tanlab olingan komponentlar asosida 5 xil namunlar tayyorlab olindi.

Quyidagi 4- va 5- jadvallardan ko'rinib turibdiki, taklif etilayotgan ED-20 texnologik bog'lovchisi asosidagi qoplama uchun antifriksion va yeyilishbardoshli geterokompoziti va maxalliy xom ashyo bo'lmish moddalar kaolin, mustahkamlovchi IQICH chiqindisi kam miqdordagi uvalanuvchi tuzilishga ega bo'lgan elektr o'tkazuvchi neft chiqindisidan foydalanish, o'z analoglaridan fizik-mexanik va tribotexnik xususiyatlari bilan ancha ustundir.

Yuqorida olingan natijalar taxlili asosida yangi GKPM tarkiblari ishlab chiqildi (4-jadval).

4 - jadval

Yangi GKPM tarkiblari

Qoplamalar uchun kompozitlar tarkibi va xususiyati	Tarkibiy massa qism				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
ED-20	100	100	100	100	100
DBF	10	10	10	10	10
PEPA	10	10	10	10	10

Neft chiqindisi	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
Angren Kaolini	20	25	30	40	50
IQICHchi-qindisi	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
	1	2	3	4	5
<b>Mikromustahkamlik <math>N_m, \text{Mpa}</math></b>	210	216	212	205	195
<b>Adgezion mustahkamlik (na o'gryv) <math>\sigma_{ad}, \text{Mpa}</math></b>	32,5	33,2	28,2	26,6	25,1
<b>Zarbiy-mustahkamlik <math>\sigma_{ud}</math></b>	22	25,2	28,1	31,1	32,2

O'tkazilgan tadqiqotlar asosida, antifriksion va yeyilishbardoshli geterokompozit materiallar tarkibida ED-20 bog'lovchisi, Angren kaolini, IQICH chiqindisi, va boshqa qo'shimchalar ishlatilgan.

Adgezion mustahkamlik: 1-namunadan 5-namunaga o'zgartirilgan tarkiblar bo'yicha o'zgarishlar kuzatildi. Eng yuqori adgezion mustahkamlik 2-namunada qayd etildi (33,2 Mpa), keyinchalik pasayish tendensiyasi kuzatildi.

5 - jadval

Antifriksion-yeyilishbardosh epoksid qoplamalarining yuza va tribotexnik xossalari

Ishqalan maydigan qoplama namunalari	Tuzilish parametrlari:			Triboparametrlar*			
	Qoplama uchun kenglik $\rho_s$ (Om), i $R_z^1$ (mkm o'lchamlarda)			F	$\sigma_e \cdot 10^5$ KI/m <sup>2</sup>	$\delta_0$	$I_{nisb}$
	boshlang'ich	parlatilgan	ishlab chiqilgan				
1-namuna	$5,4 \cdot 10^8/4,5$	$4,6 \cdot 10^5/3,8$	$4,8 \cdot 10^3/7,2$	0,22	16,5	0,41	2,58
2-namuna	$8,6 \cdot 10^8/3,2$	$6,2 \cdot 10^2/2,5$	$3,5 \cdot 10^2/5,8$	0,29	24,6	0,46	2,52
3-namuna	$3,5 \cdot 10^8/4,5$	$6,2 \cdot 10^4/4,2$	$1,3 \cdot 10^3/6,4$	0,225	13,1	0,35	2,51
4-namuna	$6,6 \cdot 10^7/3,8$	$9,2 \cdot 10^3/4,1$	$2,8 \cdot 10^3/6,1$	0,23	12,2	0,38	2,62
5-namuna	$7,6 \cdot 10^8/3,9$	$8,9 \cdot 10^3/3,6$	$2,6 \cdot 10^3/5,2$	0,235	11,1	0,40	2,68

\*eslatma: energetik (ekspluatatsiya) omil ta'sir etgandafaktora  $\nu=0,10 \text{ Mpa} \cdot \text{m/s}$ ; ishlab chiqish vaqtit=2 s.; prototipga nisbatan  $\delta_0$  i  $I_{nisb}$

Mikromustahkamlik: Materiallarning mikromustahkamligi 210 Mpa (1-namuna) dan 195 Mpa (5-namuna) oralig'ida o'zgardi. Maksimal mikromustahkamlik 2-namunada 216 Mpa ga yetdi.

Zarbiy mustahkamlik: Namuna tarkibining o'zgarishi zarbiy mustahkamlikning ortishiga olib keldi. 1-namunada 22 Mpa bo'lgan ko'rsatkich, 5-namunada 32,2 Mpa ga yetdi.

Tribotexnik xususiyatlarga ko'ra, 2-namuna eng samarali ko'rsatkichlarni taqdim etdi, jumladan ishqalanish koeffitsiyenti 0,29 va bosim ostidagi barqaror ishlash imkoniyatlari bilan ajralib turdi.

### 4. Muhokama

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, ED-20 asosidagi antifriksion materiallar tarkibidagi komponentlarning nisbati qoplamaning fizik-mexanik va tribotexnik xususiyatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Adgezion mustahkamlik bo'yicha olingan yuqori ko'rsatkichlar materialning qatlamlararo bog'lanishini kuchaytiruvchi komponentlar mavjudligini tasdiqlaydi. 2-namuna komponentlari adgezion mustahkamlikni

optimallashtirish uchun eng mos nisbiy tarkibni namoyish etdi.

Zarbiy mustahkamlikning o'sishi: IQICH chiqindisi va Angren kaolinining yuqori miqdori materialning deformatsiya qobiliyatini oshirgan. Bu qoplamaning chidamliligini oshiradi.

Tribotexnik samaradorlik: 2-namuna ishqalanish koeffitsiyenti va bosim ostidagi o'zini tutish parametrlari bo'yicha optimal natijalarni ko'rsatdi. Bu yuqori darajadagi antifriksion xususiyatlarini ta'minlaydi.

Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, ED-20 asosidagi yangi qoplamalar ishlab chiqarishda foydalanilgan mahalliy xom ashyolar yuqori samaradorlikka ega materiallar yaratishga imkon beradi. Kelajakda geterokompozit tarkibni optimallashtirish orqali materialning mexanik va ekspluatatsion xususiyatlarini yanada yaxshilash mumkin.

### 5. Xulosa

Ushbu tadqiqotda pnevmotransport ventilyatorlari ishchi organlari uchun antifriksion va yeyilishbardoshli



geterokompozit polimer materiallarning tarkibiy qismlari tanlanib, ularning xossalari tahlil qilindi. ED-20 epoksid smolasi asosidagi materiallar tarkibi optimallashtirilib, Angren kaolini, IQICH chiqindisi va boshqa komponentlar qoʻllandi. Olingan natijalar yangi materiallarning yuqori adgezion, mikromustahkamlik va tribotexnik samaradorlikka ega ekanligini koʻrsatdi. 2-namuna komponentlari eng samarali natijalarni taqdim etdi. Ushbu materiallar mahalliy xom ashyodan foydalanib, texnologik jihozlarning ishlash muddatini uzaytirishga imkon beradi.

## Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Pious, C. V., & Thomas, S. (2016). Polymeric materials—structure, properties, and applications. *Printing on polymers*, 21-39.
- [2] Bai, J. (Ed.). (2022). *Advanced fibre-reinforced polymer (FRP) composites for structural applications*. Woodhead Publishing.
- [3] Alateyah, A. I., Dhakal, H. N., & Zhang, Z. Y. (2013). Processing, properties, and applications of polymer nanocomposites based on layer silicates: a review. *Advances in polymer technology*, 32(4).
- [4] Huang Y. et al. Conductive polymer composites from renewable resources: an overview of preparation, properties, and applications // *Polymers*. – 2019. – T. 11. – №. 2. – C. 187.
- [5] Pang, H.; Xu, L.; Yan, D.-X.; Li, Z.-M. Conductive polymer composites with segregated structures. *Prog. Polym. Sci.* 2014, 39, 1908–1933.
- [6] Bakirov, L. Y., Ziyamukhamedova, U. A., Mamasoliev, B., & Mahammadjonov, N. (2022). RESEARCH OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF HETEROCOMPOSITE POLYMER

## MATERIALS AND COATINGS FORMED FROM THEM HELIOTECHNOLOGICAL METHOD.

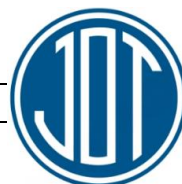
Theoretical aspects in the formation of pedagogical sciences, 1(6), 224-230.

[7] UA, Z., LY, B., EA, R., & Sh, B. B. (2019). Structure and properties of heterocomposite polymeric materials and coatings from them obtained by heliotechnological method.

[8] Физико-механические свойства композиционных материалов. Упругие свойства: монография / А. М. Капитонов, В. Е. Редькин. - Красноярск Сиб. фдср. ун-т, 2013. - 532 с.

## Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

- |   |  |
|---|--|
| To'ychiyev Xasanboy / Tuychiev Khasanboy      | Andijon mashinasozlik instituti, tayanch doktorant<br>E-mail: <a href="mailto:xasanboy.toychiyev.toxiroqli@gmail.com">xasanboy.toychiyev.toxiroqli@gmail.com</a><br>Tel: +99899-368-88-39<br><a href="https://orcid.org/0009-0000-1117-7862">https://orcid.org/0009-0000-1117-7862</a>                     |
| Ziyamuhammedova Umida / Ziyamukhamedova Umida | Toshkent davlat transport universiteti "Materialshunoslik va mashinasozlik" kafedrası professori t.f.d.<br>Tel.: +998911915665<br><a href="https://orcid.org/0000-0001-5005-0477">https://orcid.org/0000-0001-5005-0477</a>  |
| Bakirov Lutfillo / Bakirov Lutfillo           | Andijon iqtisodiyot va qurilish instituti o'quv ishlari bo'yicha prorektor, t.f.f.d., professor<br>Email: <a href="mailto:lutfillo.bakirov@yandex.ru">lutfillo.bakirov@yandex.ru</a><br>Tel: +99897-490-30-37<br><a href="https://orcid.org/0009-0007-8471-2089">https://orcid.org/0009-0007-8471-2089</a> |



## Foreign experiences in organizing container trains and improving terminal operations

Z.G. Adilova (Mukhamedova)<sup>1</sup><sup>a</sup>, N.B. Akhmatov<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** The main objective of the work is to identify and systematize foreign experiences in organizing container trains and improving the operation of terminals in railway transport. This article analyzes the work of foreign scientists in container transportation and, on this basis, identifies existing problems in the subject under consideration. As a result of the analysis of international and domestic transportation, solutions to problems in the field of container transportation are presented. The study covers issues such as transport infrastructure limitations, safety, incompatibility of international standards, problems in management systems, environmental impact, economic uncertainties, legislation and tariffs, container management systems, and efficient use of resources. Appropriate solutions are proposed for each problem, which are aimed at introducing modern technologies, optimizing management processes, increasing environmental safety, harmonizing international standards, and improving customer service. These conclusions determine the necessary measures to increase the efficiency of the container transportation system, reduce environmental damage, and ensure economic stability.

**Keywords:** container transportation, container train, terminal operation improvement, problems, solutions, foreign experience, technological process

## Konteyner poyezdlarini tashkil qilish va terminallar ishini takomillashtirish bo'yicha xorijiy tajribalar

Adilova (Muxamedova) Z.G.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Axmatov N.B.<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ishdan asosiy maqsad temir yo'l transportida konteyner poyezdlarini tashkil qilish va terminallar ishini takomillashtirish bo'yicha xorijiy tajribalarni aniqlash va ularni tizimlashtirishdan iborat. Ushbu maqolada konteyner tashishlarda xorijiy olimlar ishlari tahlili olib borildi hamda buning asosida ko'rilayotgan mavzudagi mavjud muammolar aniqlandi. Xalqaro va mahalliy tashishlar tahlillari natijasida konteyner tashish sohasidagi muammolarning yechimlari keltirilgan. Tadqiqotda transport infratuzilmasining cheklovlari, xavfsizlik, xalqaro standartlarning uyg'un emasligi, boshqaruv tizimlaridagi muammolar, ekologik ta'sir, iqtisodiy noaniqliklar, qonunchilik va tariflar, konteynerlarni boshqarish tizimlari va resurslardan samarali foydalanish kabi masalalar yoritilgan. Har bir muammo uchun mos yechimlar taklif etilgan bo'lib, ular zamonaviy texnologiyalarni joriy etish, boshqaruv jarayonlarini optimallashtirish, ekologik xavfsizlikni oshirish, xalqaro standartlarni harmonizatsiya qilish va mijozlarga xizmat ko'rsatishni yaxshilashga yo'naltirilgan. Ushbu xulosalar konteyner tashish tizimining samaradorligini oshirish, atrof-muhitga zararni kamaytirish va iqtisodiy barqarorlikni ta'minlash uchun zarur choralarni belgilaydi.

**Kalit so'zlar:** konteyner tashishlar, konteyner poyezd, terminal ishini takomillashtirish, muammolar, yechimlar, xorijiy tajriba, texnologik jarayon

### 1. Kirish

Transport tizimlari orqali mahsulotlarni yetkazib berishda zamonaviy texnologiya yutuqlaridan foydalanish tez orada o'zining iqtisodiy samaradorligini ko'rsatishi jahon tajribasida o'zining isbotini topdi. Mamlakatimiz hududida konteyner, konteyner, yechib olinadigan kuzovlar kabi intermodal tashish turlari ichidan faqat konteyner tashish tizimidan samarali foydalanilmoqda. Mamlakat iqtisodiyotining rivojlanishida mahsulot va xizmatlarning

jahon bozoriga tezlik bilan qulay usullar yordamida kirib borishi muhim ahamiyat kasb etadi. Rivojlangan mamlakatlarda transport sohasida kundan-kunga yangi texnologiyalar joriy etilmoqda va amaliyotda ushbu texnologiyalar qo'llanilmoqda. Mamlakatimizda transport sohasining, xususan, temir yo'l transportining rivojlanishi iqtisodiy ko'rsatkichlarni yanada yaxshilash imkoniyatini yaratadi. Jahon bozoriga mahsulot va yuklarning tez, ishonchli tarzda kirishi orqali iqtisodiyotning sezilarli darajada o'sishiga hamda davlatlararo transport

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1825-2447>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0004-8987-961X>





aloqalarining yanada mustahkamlanishiga erishiladi. Buning uchun texnika va texnologiya yutuqlarini qoʻllagan holda mahalliy hamda xalqaro tashishlarda zamonaviy tashish tizimlaridan foydalanish lozim. Jahon tajribasida yaxshi koʻrsatkichlarni koʻrsatayotgan va keng imkoniyatlarga ega boʻlgan zamonaviy texnologiyalardan biri konteyner tashish tizimi hisoblanadi.

Dunyo boʻylab yuklarni qayta ortishlarsiz “eshikdan eshikkacha” yetkazib berish usullari orasida eng keng tarqalgani konteyner tashishlar hisoblanadi. Ushbu tashish usuli yuklarni saqlash va tashish jarayonlarida bosqichma-bosqich rivojlanib bordi va hozirgi kunda konteynerlashtirish nafaqat mamlakat, balki butun jahonda tashishlarni tashkil etishda texnik taraqqiyotning eng ilgʻor koʻrinishlaridan sanaladi. Konteyner tashishda qadoqlash, markalash, qayta ortish, mahkamlash, ombor ishlari, iqtisodiy sarf-xarajatlar kabi transport ishlari va ekologik jihatdan samarali intermodal turi ekanligi xalqaro tashish tajribasidan oʻz isbotini topgan.

Konteyner transport tizimi–yuklarni uzluksiz jarayonda, bir yoki bir necha marta transportda, ichki va xalqaro yoʻnalishlarda jadal sifat berishni taʼminlovchi tashkiliy–texnik majmuadan iborat. Konteyner poyezdi – bu bir necha konteynerlarni turli manzillarga yetkazish uchun ishlatiladigan transport vositasi.

Konteyner transport tizimini takomillashtirish esa transportning mavjud kamchiliklarini aniqlash, temir yoʻl transportining oʻziga xos imkoniyatlaridan samarali foydalangan holda bartaraf etish transport sohasida eng muhim jihatlardan biri hisoblanadi. Avtomobil, temir yoʻl va suv transportining oʻzaro bogʻliqligini taʼminlovchi konteyner tashish eng samarali innovatsion texnologiyalardan biri hisoblanadi. Bundan tashqari, konteyner tashishni mamlakatimizda joriy qilish va rivojlantirish orqali dunyo bozorlari bilan xalqaro transport aloqalarini yanada mustahkamlashga erishish mumkin.

Tashiladigan yuk miqdorlarining kundan-kunga ortib borishi sababli transportga boʻlgan ehtiyoj ham koʻpayib bormoqda. Bu ehtiyojni toʻliq qondirish uchun barcha transport turlarida zamonaviy texnologiyalar ishlab chiqish va amaliyotda qoʻllash lozim.

## 2. Adabiyotlar tahlili va metodologiyasi

Temir yoʻl transportida konteyner poyezdlarini tashkil etish va konteyner terminallarining texnologik samaradorligini oshirish usullari boʻyicha jahondagi yirik tadqiqotchilar, jumladan X. Chan, D.V. Vasilyev, N.V. Malishev, K.B. Yevseyev, Y.K. Bolandova, A.V. Mikushov, O.V. Moskvichev, va boshqalar tomonidan soʻngi yillarda ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan.

X. Channing [1] ishida terma marshrut konteyner poyezdlari texnologiyasi asosida konteyner tashishni tashkil etishni takomillashtirish koʻrib chiqiladi. X. Chan terma konteyner poyezdida konteynerlarni optimal joylashtirishni topish algoritmining oqim diagrammasi va belgilangan transport tarmogʻida marshrut konteyner poyezdlarini rejalashtirish algoritmining oqim diagrammasini taklif qiladi. Ishda belgilangan transport tarmogʻidagi konteyner poyezdlarining maʼlum bir transport talabi bilan optimal yoʻnalishlarini tanlashga eʼtibor qaratadi. Taklif etilayotgan ishning kamchiliklari konteyner poyezdi uchun maʼlum bir transport talabi boʻyicha yoʻnalishni tanlash hisoblanib,

terminal joylashgan hududdagi boshqa omillar bunga imkon bermaydi. Shu sababli ishda koʻrsatilgan usullar konteyner poyezdini tuzishda oqim yoʻnalishlarini optimal aniqlab bera olmaydi.

D.V. Vasilyev oʻz ishida [2] konteyner terminallarida qayta ishlash amallarini aniqlab, konteyner poyezdlarni tashkil qilish samaradorligini oshirishni koʻrib chiqadi. Konteyner terminallarining samarali ishlashiga toʻsquinlik qiluvchi asosiy omillarni tahlil qilish asosida, konteynerlarni qayta ishlash optimal ketma-ketligini aniqlash algoritmi taklif etiladi. Konteyner poyezdi uzunligining har xil parametrlari uchun oʻziga xos foydaning doimiy tarifdagi toʻliq tarkib koeffitsientiga bogʻliqligi koʻrsatib oʻtilgan. Ishda raqamli texnologiyalarni joriy etish asosida konteyner terminalini qayta ishlashni takomillashtirish masalalar ham oʻrganilgan.

N.V. Malishev oʻz ishida [3] Terminallarda konteyner oqimini joʻnatish modellari va usullarini taklif qilgan. Yuk koʻtarish va tashish mashinalariga ehtiyoj ehtimoli taqsimotining gistogrammasi tahlili asosida konteyner terminalining yuk tashish tizimini boshqarish sxemasi ishlab chiqilgan. Yuk tashish operatsiyalari ostida ikkita vagonni yetkazib berishning oʻrtacha ishlamay qolish vaqtining yetkazib berish oʻrtasida almashinish paytiga bogʻliqligini koʻrib chiqadi. Texnologik omillarni hisobga olgan holda vazifalar va yuklagichning mosligini tanlashning matematik modeli ishlab chiqilgan.

K.B. Yevseyevning [4] ishida konteyner transporti uchun yuqori harakatlanuvchi gusenitsali poyezdlarini ishlab chiqish usullarini koʻrib chiqadi. Tajriba davomida va matematik modellashtirish natijalaridan olingan zvenolar harakatining trayektoriyalarini tadqiq qiladi. Ishda tabiiy-matematik modellashtirish majmuasini qoʻllash orqali “kuch” burilish usuli bilan poyezdlarni elektromexanik uzatishning oqilona sxemalarini asosli tanlash modeli ishlab chiqilgan.

Y.K. Bolandovanning [5] ishida ixtisoslashtirilgan temir yoʻl platformalarida tashishda konteynerlarning agʻdarilishiga qarshi barqarorlikni baholash usullari oʻrganilgan. Harakatlanuvchi tarkibning agʻdarilishiga qarshi barqarorligini baholash muammosi ogʻirlik markazi yuqori boʻlgan vagonlar va yirik yuklarni tashish uchun moʻljallangan maxsus vagonlar uchun muvaffaqiyatli hal etilgan. Harakatlanuvchi tarkibni shomol yuklamasi va boshqa xavfli ekologik taʼsirlardan harakatlanayotganda favqulodda xavfni baholash usuli ishlab chiqilgan. Temir yoʻl platformalari fitting joylari va konteyner mahkamlagichlari dizaynini modernizatsiya qilishning asosiy yoʻnalishlari koʻrib chiqiladi.

A.V. Mikushovning [6] ilmiy ishida yongʻin statistikasi va konteyner terminali uchun yongʻin xavfsizligi tizimlari tahlili koʻrib chiqilib, konteyner maydonchasining yongʻin va portlash xavfi toifasini aniqlash usuli ishlab chiqilgan. Konteyner terminalida yongʻin masofalarining qiymatini hisoblash algoritmi tuzilgan. Ishda konteyner terminallaridan xavfsiz foydalanish uchun koʻp faktorli regressiya modellarini yaratish algoritmi ishlab chiqilgan. Yukning yonishini hisoblash muammosining grafik yechimi, konteynerdagi yongʻin maydonning oʻzgarishini hisoblash va konteyner terminali yongʻindan himoya qilish tizimining parametrlarini baholash koʻrib chiqilgan. Temir yoʻl stansiyalarida standart harorat rejimini konteynerdagi yongʻin bilan taqqoslash va yongʻin sharoitida konteyner devorlarining kuchlanish-deformatsiya holatining oʻzgarishi aniqlangan. Konteyner maydonchalari,



konteyner terminali ob'ektlari va qo'shni korxonalar obyektlari orasidagi yong'in masofalariga yong'in xavfsizligi talablari ishlab chiqilgan.

O.V. Moskvichevning [7] ilmiy ishida mijozlarga yo'naltirilgan prinsiplar va terminal-logistika faoliyatini tashkil etishning kontsepsual modeli taklif etiladi, konteyner tashish infratuzilmasi konteyner poyezdlari texnologiyasini ommaviy ravishda joriy etish uchun zarur bo'lgan konteynerga yaroqli mahsulotlar hajmining konsentratsiyasini ta'minlaydigan ikki darajali tizim sifatida, shuningdek temir yo'l transporti qismi bo'lgan konteynerlarda yuklarni yetkazib berish samaradorligini oshirish ko'rib chiqilgan. Mahsulotlarning konteynerga yaroqliligi darajasini aniqlashning ko'p mezonli yondashuviga asoslangan mintaqaning konteyner jozibadorligi darajasini aniqlash usuli ishlab chiqilgan. Ishda konteyner transport tizimining ikki darajali terminal-logistika infratuzilmasini modellashtirish algoritmi va turli xil optimallashtirish mezonlari bo'yicha taklif qilingan model va usullarni amalga oshirishga imkon beradigan amaliy vositalar to'plami ishlab chiqilgan.

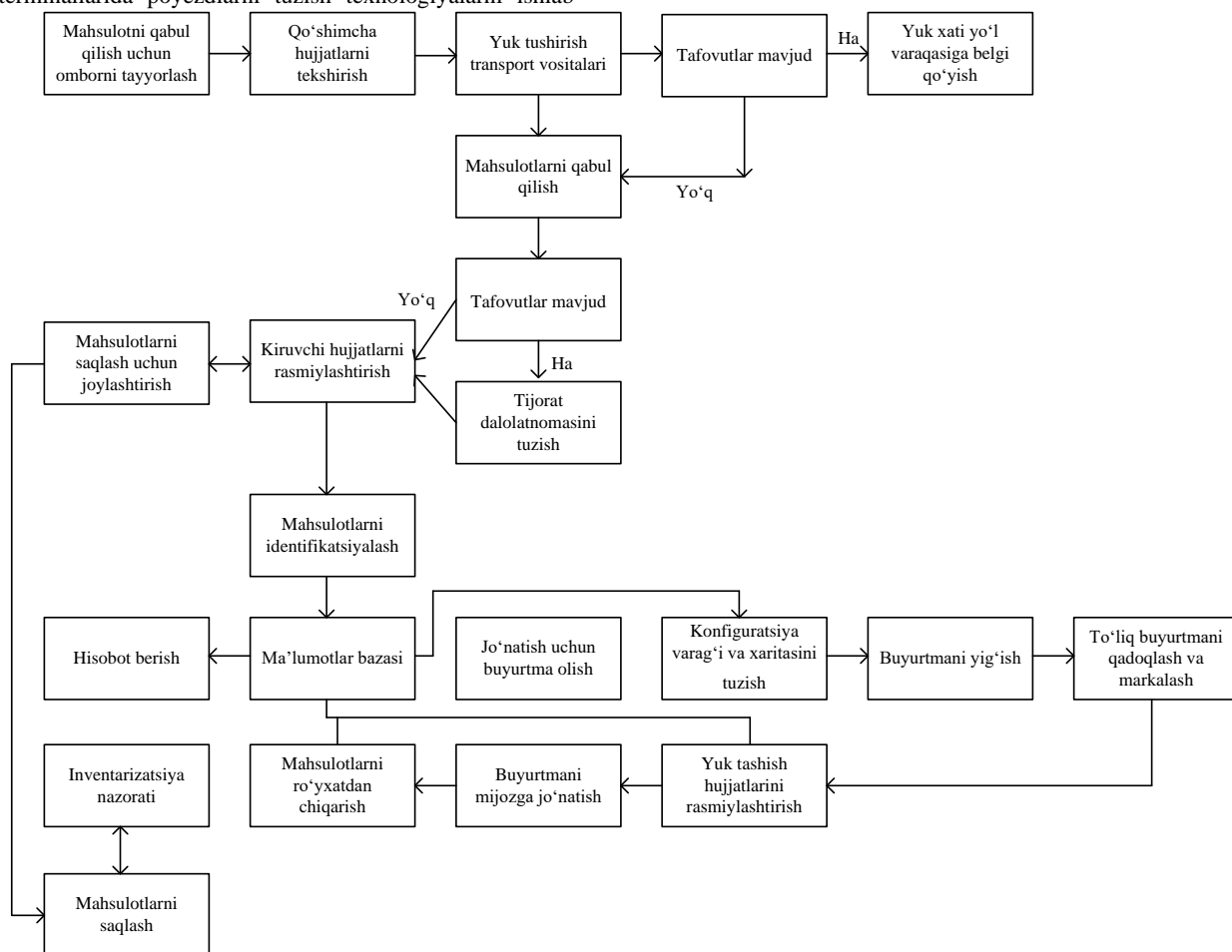
Mahalliy va xorijiy amaliyot natijalari tahlilidan kelib chiqib, temir yo'l transportida konteyner tashishlarni takomillashtirish va terminallar samaradorligini oshirish usullarini ishlab chiqish bo'yicha ko'p yillar davomida bajarilib kelingan ilmiy va amaliy tadqiqot ishlari yetarli emasligini ta'kidlash mumkin. Shuningdek, konteyner terminallarida poyezdlarni tuzish texnologiyalarini ishlab

chiqish va amaliyotda qo'llash bo'yicha bajarilgan tadqiqotlar yetarli darajada o'rganilmagan.

### 3. Natija va muhokama

Konteyner tashishlarni rejalashtirishda boshqa davlatlarning ushbu texnologiyadan foydalanish tajribasini hamda ularning shakllanish yutuqlari va muammolarini o'rganish muhim. Buning yordamida transport infratuzilmasiga mos keluvchi xususiyatlar aniqlanib, samarali jihatlari bo'lgan mexanizmlarini qo'llash mumkin. Bunda xarajatlarning minimalligi, ekologik ta'sirning holati, ehtiyojlarni qondira olishi va rivojlanishni inobatga olish kabi masalarni hal qilish kerak. Bu o'z navbatida, konteyner mexanizmlarini bekat va terminallar orasida samarali taqsimlash uchun yordam beradi.

Yuklarni konteynerlarga yoki vagonlarga yuklashdan oldin ularning ortish jarayonigacha bo'lgan amallarini ham hisobga olish kerak. Tashish birliklarini tashkil qilishdan uchun mahsulotlarni saqlash, qabul qilish, hujjatlarni tayyorlash va tekshirish kabi bir qator ishlar amalga oshiriladi. Poyezd tuzishni belgilangan tartibda tez va mukammal tashkil qilish uchun aynan shu jarayonlar ham ta'sir qilishi mumkin. 1-rasmda mahsulotlarga xizmat ko'rsatish uchun omborning texnologik jarayoni ketma-ketligi keltirilgan. (1-rasm).



1-rasm. Omborning texnologik jarayoni ketma-ketligi



## Terminallarda konteyner poyezdlarini tashkil qilish muammolari va xalqaro tajribalar

№	Muammolar	Kelib chiqish sababi	Yechimlar	Xalqaro tajribalar
1	Infratuzilma yetishmasligi	Ko'plab mamlakatlarda konteyner terminallari va temir yo'l infratuzilmasi eski va zamon talablariga javob bermaydi.	Infratuzilmani modernizatsiya qilish	Yaponiyada konteyner terminallari uchun avtomatlashtirilgan tizimlar va zamonaviy texnologiyalar qo'llaniladi. Bu yerda konteynerlar avtomatik ravishda yuklanadi va joylashtiriladi, bu esa jarayonni tezlashtiradi.
2	Logistika va boshqaruv jarayonlarining samaradorligi	Konteynerlarni joylashtirish va yuklash jarayonlari ko'pincha uzoq vaqt oladi, bu esa transport xarajatlarini oshiradi.	Logistika boshqaruvi	Gollandiyada "Port of Rotterdam"da zamonaviy logistika yechimlari, masalan, smart logistika tizimlari, qo'llaniladi. Bu tizimlar yukni kuzatishda va boshqarishda yordam beradi, samaradorlikni oshiradi.
3	Axborot texnologiyalarining yetarlicha qo'llanilmasligi	Ko'plab terminallarda zamonaviy IT yechimlari yetarli darajada integratsiya qilinmagan, bu esa jarayonlarni sekinlashtiradi.	Axborot texnologiyalaridan foydalanish	Singapurda konteyner terminallarida IoT (Internet of Things) texnologiyalari orqali yuklarni kuzatish va boshqarish jarayonlari amalga oshiriladi. Bu esa axborot almashinuvi va monitoringni yaxshilaydi.
4	Xalqaro hamkorlikning pastligi	Boshqa davlatlar bilan hamkorlik etishmasligi transport jarayonlarini murakkablashtiradi va qo'shimcha xarajatlarni keltirib chiqaradi.	Xalqaro hamkorlikni kuchaytirish	Yevropa Ittifoqi mamlakatlari o'rtasida transport va logistika sohasida hamkorlikni kuchaytirish maqsadida bir qator dasturlar va tashabbuslarni amalga oshiradi, bu esa umumiy transport tarmog'ini yaxshilashga yordam beradi.

Konteyner poyezdlarini tashkil qilish va konteyner terminallari ishini takomillashtirishda bir qator muammolar mavjud. Ushbu muammolarni hal etish uchun xalqaro rivojlangan davlatlar tajribasidan foydalanish mumkin. Quyida 1-jadvalda ayrim muammolar va ularning yechimlari xorijiy davlatlar tajribalari asosida keltirilgan.

Konteyner poyezdlarini tashkil qilish va konteyner terminallari ishini takomillashtirishda xalqaro tajribalar muhim rol o'ynaydi. Mavjud muammolarni hal etish uchun zamonaviy texnologiyalar, samarali boshqaruv tizimlari va xalqaro hamkorlikni rivojlantirish zarur. Bu orqali transport jarayonlari yanada samarali va tez yo'lga aylanadi [8-10].

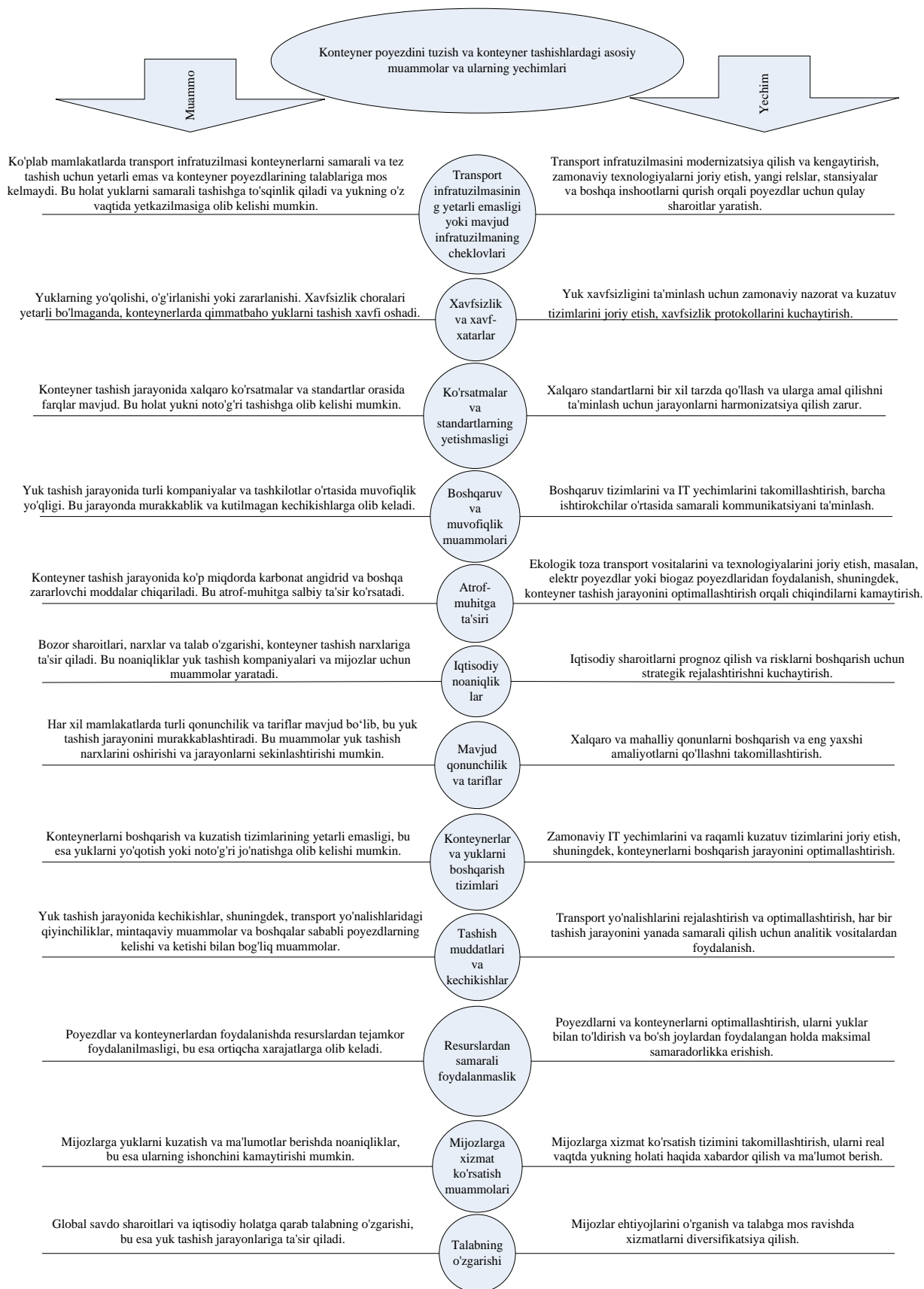
Konteyner tashishlari global savdo va logistika sohasida muhim o'rin tutadi. Biroq, bu jarayonda bir qancha muammolar va qiyinchiliklar mavjud. Konteyner poyezdini tuzishda bir qancha muammolar paydo bo'lishi mumkin. Bu

muammolarni hal qilish uchun zamonaviy yechimlar va strategiyalarni qo'llash zarur. 2-rasmda konteyner poyezdini tuzish va konteyner tashishlardagi asosiy muammolar va ularning yechimlari keltirilgan.

Konteyner tashishlarida mavjud muammolarni hal qilish uchun zamonaviy texnologiyalarni, strategiyalarni va xalqaro standartlarni qo'llash zarur. Bu nafaqat yuk tashish jarayonini soddalashtiradi, balki uni samaraliroq va xavfsizroq qiladi.

Konteyner poyezdini tuzishda mavjud muammolarni hal qilish uchun zamonaviy texnologiyalar, boshqaruv tizimlarini yaxshilash, xavfsizlikni oshirish va resurslardan samarali foydalanish zarur. Bularning barchasi konteyner poyezdlarining samaradorligini oshirishga va xarajatlarni kamaytirishga yordam beradi.





**2-rasm. Konteyner poyezdini tuzish va konteyner tashishlardagi asosiy muammolar va ularning yechimlari**





## 4. Xulosa

Konteyner tashish bugungi kunda global savdoning ajralmas qismi bo'lib, uning samaradorligi va xavfsizligi iqtisodiy barqarorlikni ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Shu bilan birga, konteyner tashishda uchraydigan muammolar va ularga mos ravishda taklif etilgan yechimlar infratuzilma va boshqaruv tizimlarini yanada rivojlantirish zarurligini ko'rsatadi. Maqolada ushbu masalalar batafsil yoritilgan.

Konteyner tashish infratuzilmasi va boshqaruv tizimlaridagi mavjud muammolarni hal qilish uchun texnologik yangiliklarni joriy etish, ekologik toza yondashuvlarni qabul qilish, xalqaro standartlarni birlashtirish va samarali boshqaruv tizimlarini rivojlantirish muhimdir. Ushbu yechimlar nafaqat transport jarayonlarining samaradorligini oshiradi, balki global savdoga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Konteyner tashish infratuzilmasida uchrayotgan muammolar butun transport tizimining samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Bu muammolar transport infratuzilmasining yetarli emasligi, xavfsizlik choralari sustligi, xalqaro standartlarning uyg'un emasligi, boshqaruv tizimlaridagi muvofiqlik yetishmasligi, ekologik ta'sir, iqtisodiy noaniqliklar, qonunchilikdagi tafovutlar va resurslardan samarali foydalanmaslik kabi masalalarni o'z ichiga oladi. Ushbu muammolarni hal etish uchun zamonaviy texnologiyalarni joriy etish, infratuzilmani modernizatsiya qilish, boshqaruv jarayonlarini takomillashtirish va ekologik xavfsizlikni oshirish zarur.

Bu jarayonlarda xalqaro ko'rsatmalar va standartlarni uyg'unlashtirish, xavfsizlikni kuchaytirish va mijozlarga xizmat sifatini yaxshilash kabi choralar ham muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, talab va iqtisodiy sharoitlarning o'zgarishiga moslashish ham yuk tashish tizimining barqarorligi va raqobatbardoshligini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Ushbu yondashuvlar global transport tizimini yanada barqaror, samarali va ekologik jihatdan qulay qilishga xizmat qiladi.

## Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Чан, Х. Совершенствование организации контейнерных перевозок на основе технологии сборных маршрутных контейнерных поездов: автореф. дис. ... к-т техн. наук: 2.9.1. – Екатеринбург, 2022.
- [2] Васильев, Д.В. Повышение эффективности терминальной обработки и организации контейнерных поездов: автореф. дис. ... к-т техн. наук: 2.9.4. – Самара, 2023.
- [3] Малышев, Н.В. Модели и методы диспетчеризации контейнеропотока на терминалах:

автореф. дис. ... к-т техн. наук: 2.9.4. – Санкт-Петербург, 2022.

[4] Евсеев, К.Б. Методы разработки высокоподвижных гусеничных поездов для внедорожных контейнерных перевозок: автореф. дис. ... к-т техн. наук: 2.5.11. – Москва, 2022.

[5] Боландова, Ю.К. Методы оценки устойчивости от опрокидывания контейнеров при перевозке на специализированных железнодорожных платформах: автореф. дис. ... к-т техн. наук: 05.22.07. – Москва, 2021.

[6] Микушов, А.В. Метод и модели оценки пожарной безопасности контейнерных терминалов: автореф. дис. ... к-т техн. наук: 05.26.03. – Санкт-Петербург, 2018.

[7] Москвичев, О.В. Методология организации функционирования контейнерно-транспортной системы на основе клиентоориентированности: автореф. дис. ... док. техн. наук: 05.22.01. – Москва, 2019.

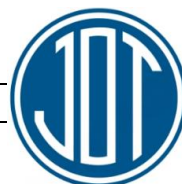
[8] Muhamedova Z.G., Boboyev D.Sh. Yuklarni yetkazib berish jarayonida zamonaviy tashish tizimini takomillashtirishni tadqiq qilish // Railway transport: topical issues and innovations, №3(1), 2022/3/28, 15–24.

[9] Muxamedova Z.G., Boboyev D.Sh. Kontreyler tashishni qo'llash orqali ekologik xavfsiz transport tizimini tashkil etish // «Zamonaviy dunyoda innovation tadqiqotlar: Nazariya va amaliyot» / Innovative academy.uz. 8(08) –Toshkent, 2022.

[10] Бобоев Д.Ш., Мухамедова З.Г., Якумбаев Х.М. Обоснование факторов, влияющих на технологию контейнерных перевозок // Известия транссиба. 2022-йil, №3(51), Ст. 136-144.

## Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Adilova (Muxamedova)	Toshkent davlat transport universiteti “Yuk transport tizimlari” kafedresi
Ziyoda	professori. t.f.d (DSc)
Gafurdjanovna / Adilova	E-mail: mziyoda@mail.ru
(Mukhamedova)	Tel.: +99890 3298300
Ziyoda	<a href="https://orcid.org/0000-0002-1825-2447">https://orcid.org/0000-0002-1825-2447</a>
Gafurdjanovna	
Axmatov	Toshkent davlat transport universiteti
Navruz	“Yuk transport tizimlari” kafedresi
Baxtiyrovich / Akhmatov	tayanch doktoranti
Navruz	E-mail: <a href="mailto:axmatov.navruz@bk.ru">axmatov.navruz@bk.ru</a>
Baxtiyrovich	Tel.: +99894 6206166
	<a href="https://orcid.org/0009-0004-8987-961X">https://orcid.org/0009-0004-8987-961X</a>



## Conducting engineering - geological researches on bridges located in our country and diagnosing their super structures, methods of eliminating identified defects

D.I. Gulomov<sup>1</sup><sup>a</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** This article presents information and research on the conduct of engineering and geological surveys on the bridges of our country and the diagnosis of their superstructures, methods of eliminating identified defects. The article also mentions the bridge, located Jizzakh (highway 4P38) - Pakhtakor - Dustlik.- Gagarin - Highway M39 (918 km) - 4 +35 km of highway 0P164 which passes through the Sangzor River, built according to outdated design standards and given information on inspection and elimination of defects of the bridge, which is in disrepair.

**Keywords:** bridge repair, superstructure, sulfite-alcohol composition, regulatory loads, technological cracks, cement-polymer mortar

## Проведение инженерно- геологических изысканий на мостах, расположенных в нашей стране, и диагностика их пролетных строений, методы устранения выявленных дефектов

Гуломов Д.И.<sup>1</sup><sup>a</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

**Аннотация:** В данной статье представлены информация и исследования по проведению инженерно-геологических изысканий на мостах нашей страны и диагностике их пролетных строений, методам устранения выявленных дефектов. В статье также упоминается мост, расположенный в Джизаке (шоссе 4P38) - Пахтакор - Дуслик.- Гагарин - шоссе М39 (918 км) - 4 +35 км шоссе 0P164, проходящего через реку Сангзор, построенного по устаревшим проектным нормам и имеющего информацию об осмотре и устранении дефектов моста, который находится в аварийном состоянии.

**Ключевые слова:** ремонт моста, пролетное строение, сульфатно-спиртовой состав, нормативные нагрузки, технологические трещины, цементно-полимерный раствор

### 1. Введение

В целях разработки месторождения был принят Указ Президента Республики Узбекистан № ПП-5083 от 21 апреля 2021 года "О дополнительных мерах по активному привлечению инвестиций в сферу геологии, преобразованию сетевых предприятий и расширению минерально-химической базы республики" из области геологии. Кроме того, приняты новые способы преобразования предприятий геологической отрасли на основе передового международного опыта внедрить эффективную систему управления в них, чтобы снизить стоимость геологоразведочных работ по выявлению новых месторождений полезных ископаемых, увеличение притока прямых иностранных инвестиций в целях создания новых рабочих мест в отрасли.

В мире и в нашей стране строительство транспортных объектов часто ведется в сложных инженерно-геологических условиях, в том числе в регионах, состоящих из солончаков. Такие земли занимают большие площади земной поверхности, в частности Австралию, Америку, Мексику, Египет,

Пакистан, Индию, Китай, Иран, Казахстан, Узбекистан, Россию, а также ряд европейских стран и почти все три климатические зоны. Поэтому изучение свойств соляных решеток, в частности, оценка устойчивости построенных в них транспортных сооружений, является одной из актуальных задач. При эксплуатации транспортных сооружений, а также автомобильных дорог и транспортных сооружений, построенных на засоленных почвах, под ними из-за естественных и искусственных факторов образуются уровни грунтовых вод. В результате повышения уровня грунтовых вод и увеличения влажности грунта основания происходит неравномерное разрушение конструкции. Это приводит к чрезмерной трате времени[7].

Более 90% мостов и трубопроводов в Узбекистане построены из железобетона, большинство из них - из сборного железобетона. В настоящее время расширяется применение монолитного железобетона.

Повышение уровня индустриализации в мостостроении осуществляется за счет использования более совершенных технологических приемов, преобразования строительства в машинное производство, то есть организации строительства на

 <https://orcid.org/0000-0002-0894-8766>



основе современных методов и применения эффективных технологий, а также повышения уровня механизации работ и использования экономически дешевые конструкции [8].

При проектировании мостов инженер должен учитывать природные и климатические условия территории, диагностику, а также тип грунта.

Мост, расположенный на 4+35 км автодороги ОП164 “Джизак (шоссе 4R38) - Пахтакор - Дуслик - Гагарин - шоссе М39 (918 км)”, которая проходит через реку Сангзор в Джизакской области, был построен примерно в 1965 году. Пролетное строение моста составляет 3 x 16,76 м. Мост, расположенный на дороге второй технической категории, имеет габаритные размеры g-7,55 м и два тротуара по 1,0 м каждый. Мост состоит из трех пролетов. Пролетное строение моста состоит из шести Т-образных пролетов с предварительно натянутой арматурой длиной 16,76 м. Пролетные строения соединены между собой монолитными железобетонными соединениями в непосредственной близости от дорожного полотна. Ширина моста составляет 20,0 м, общая длина моста - 50,88 м.



Рис. 1. Общий вид моста

## 2. Метод исследования

В последние годы рост тяжелых нагрузок и возрастающая потребность в их доставке в необходимые места, снижение качества строительных работ по определенным причинам и неудовлетворительный уровень вопросов их ремонта, поддержания в надлежащем состоянии приводят к почти двукратному сокращению срока службы мостов и других дорожные сооружения. А это, в свою очередь, требует дополнительных затрат на поддержание их состояния на удовлетворительном уровне [5]. Как правило, выполнение этих работ также возлагается на дорожных инженеров. В нашей республике большинство таких сооружений было построено в 50-60-е годы, и большинство из них либо не в полной мере отвечают современным требованиям, либо в последнее время стало трудно выдерживать вес развивающегося крупногабаритного транспорта, габариты которого к тому же невелики, что, в свою очередь, требует принятия необходимых мер. для измерения или усиления конструктивных элементов, увеличения ширины и т.д. требуется расширение. Пролетное строение моста состоит из сборного железобетона,

движение которого осуществляется над ним, рассчитанного на стандартные нагрузки Н-18 и НК-80. В качестве высокопрочного строительного материала использовался железобетон класса В25. Пролетное строение состоит из 6 Т-образных каркасных пролетов, предварительно не натянутых. Тротуар выполнен из сборных пористых ледяных плит. Ширина пешеходной дорожки составляет 100 см. Тип основания моста - асфальтобетонное. Общая толщина дорожного покрытия составляет 18-22 см. Береговые и промежуточные опоры моста установлены в два ряда. Площадь опоры составляет 30x35 см. Стойки средних опор имеют длину 3,20 м. Верхняя часть опор объединена монолитной железобетонной стяжкой. Размеры столешницы: длина - 10,30 м, ширина - 120 см, высота - 45-50 см. Фундамент монтируется на естественном грунте монолитно-массивным способом. Балки в промежуточных устройствах моста монтируются на металлических подушках по касательной. Расчет опор производится методом нулевого штакетника, расчет типов свай и столбов производится слева направо на протяжении километра. По словам представителей ответственной организации, за время эксплуатации на мосту не произошло ни одного несчастного случая [1]. Необходимость правильного решения этих вопросов порождает необходимость решения достаточно сложных организационных рабочих и экономических задач или диктует необходимость разработки технико-экономических рекомендаций по расширению объекта, определению порядка и сроков проведения работ, организационно-технической направленности, созданию сырьевой базы и, если при необходимости, их готовность к массовому использованию. к ним относятся расширение конструкций, укрепление их элементов, ремонт изношенных, максимально возможная механизация работ, эффективное использование новых материалов и новых методов, а также выполнение всех работ с высоким качеством. Определение грузоподъемности конструкций с большим весом, появившееся в более поздние времена, также входило в обязанности путеводителей [4]. Для правильного решения этих вопросов инженерам необходимо в совершенстве знать конструкции различных типов возводимых сооружений, как осуществляется их проектирование, технологию строительства и как правильно использовать возводимые сооружения. Качество диагностируемых искусственных сооружений во многом зависит от хорошей организации и полноценного выполнения геодезических, разметочных и контрольно-измерительных работ на всех этапах строительства. Геодезические и разметочные работы при строительстве малых и средних мостов и трубопроводов выполняются подрядчиком или инженером производственно-технического отдела. Оценка состояния покрытия является основным вопросом выбора технических решений для проведения работ. Исходя из этого, стало известно, что о защитных свойствах покрытия судят по его внешнему виду [1]. Потеря способности покрытия защищать металл от коррозионного износа определяется согласно таблице 1.

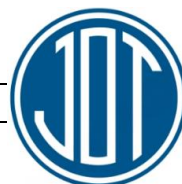


Таблица 1  
Оценка защитных свойств покрытия [2]

Метки	Покрываемая поверхность, %		Покрываемая поверхность по размерам	
	разрушение	коррозия металла	глубина разрушения	диаметр очагов коррозии, мм
1	Никаких разрушений			
2	до 5	до 1	Разрушение внешнего слоя становится заметным, когда оно увеличивается в 10 раз	до 0,5
3	5-25	1-5	Становится виден внешний разрушенный слой	0,5-1,0
4	25-50	5-15	Разрушается грунтовочный слой	1,0-3,0
5	Выше 50	Выше 15	Разрушается окрашиваемая поверхность	Выше 3,0

Степень устранения дефектов, выявленных в результате диагностики, очистки металла от ржавчины и остатков старой краски, определяется исходя из требований, предъявляемых к поверхностям, в зависимости от типа краски (таблица 2) [3].

Таблица 2  
Требования к подготовке поверхностей к ремонтным работам в результате диагностики

Степень подготовки поверхности	Степень очистки от загрязнений и продуктов коррозии	Особенности подготовленных поверхностей
I	Полная очистка лакокрасочного покрытия и продуктов коррозии	Потеря окислов до второй степени (это невозможно увидеть без инструментов). Подготовка поверхности продолжается так же, как и подготовка к нанесению нового продукта
II	Очистка старых лакокрасочных покрытий, остатков ржавчины, побелки при перемещении больших кусков	На поверхности покрытия остаются: отдельные точки ржавчины, мелкие кусочки окалина, плотно прилегающие к основанию, фрагменты, похожие по цвету на ржавчину.

Степень подготовки поверхности	Степень очистки от загрязнений и продуктов коррозии	Особенности подготовленных поверхностей
		в местах, где раньше была ржавчина
III	Дефектные участки старых лакокрасочных покрытий, отделившиеся от основы	Неповрежденные фрагменты лакокрасочного покрытия на поверхности конструкций, плотно прилегающих к основанию

### 3. Результаты исследований

При диагностике пролетного строения моста было установлено следующее: промежуточные конструкции моста - сборные железобетонные, ход - верхний, рассчитанный на стандартные нагрузки Н-18 и К-80. В качестве высокопрочного строительного материала использовался железобетон класса В25.

Общая длина пролетного строения составляет 16,76 м, и оно состоит из шести нерастянутых балок в форме буквы "Т". Балки соединены между собой на уровне железобетонных перекрытий. Расчетная длина составляет 16,10 м. Высота перемычки составляет 100 см. Толщина токопроводящей пластины составляет 15 см. Расстояние между ребрами проводников составляет от 165 до 183 см.



Рис. 2. Обзор дефектов в пролетном строении моста

В результате диагностики было выявлено следующее:

- нарушены сварочные швы по краям тротуарной плитки и на столбах. Это связано с динамическими воздействиями проезжающего мимо автомобиля и нарушением работы компенсаторов;
- наблюдается частичная потеря защитного слоя бетона, а также вскрытие арматуры в некоторых местах;
- имеются технологические трещины и полочки, вызванные охлаждением промежуточного устройства;
- в результате нарушения гидроизоляции на поверхности бетона появляются участки, подверженные коррозии.





#### 4. Выводы

Исследование, проведенное с целью изучения их солевых характеристик и степени засоления, связанных с количеством исходной штукатурки и степенью вымывания солей при длительном воздействии воды на соляные решетки зданий и сооружений, позволяет сделать следующий вывод.

Разработаны следующие рекомендации по ремонту пролетного строения моста и восстановлению его технического состояния [9]:

1. Восстановление деформационных швов, обработка металлическими щетками трещин, образовавшихся ранее на плитах проезжей части;

2. Отремонтируйте промежуточные устройства, заделайте трещины бетоном с полимерцементной смесью. Залейте эпоксидной смолой, если трещины не более 0,5 мм;

3. Заделайте сильные дефекты балок металлическими рычагами;

4. Отремонтируйте пешеходную дорожку и установите ограждения в соответствии с нормативными правилами;

5. Очистка поверхности промежуточных устройств от остатков щелочей.

Для восстановления разрушенного железобетонного пролета моста следует использовать материалы двух категорий:

тип I - составы, образующие после нанесения на бетон твердые покрытия, сходные по свойствам с цементным камнем (цементно-песчаные растворы, полимерцементные композиции);

Категория II - резиноподобные эластичные компаунды (компаунды типа "наполнитель", нитритные, резинобитумные компаунды, эпоксидные смолы, композиции на основе перхлорвиниловых смол), которые не разрушаются при значительных деформациях.

Рекомендуется использовать цементно-песчаные растворы и бетоны с добавлением сульфитно-спиртового связующего SSB. Сульфитно-спиртовой инертный SSB улучшает гидратацию частиц раствора, повышает их адгезию к старому бетону, минеральным компонентам и арматуре. Ремонт и реставрацию железобетонных конструкций с толщиной восстанавливаемого слоя до 60 мм рекомендуется выполнять из раствора, а бетонных конструкций толщиной 60 мм и более.

В результате проведенных исследований было установлено, что технология приготовления цементно-полимерного раствора должна осуществляться следующим образом:

1. Для приготовления цементно-полимерных растворов в качестве вяжущего следует использовать портландцемент марки М400 (ГОСТ 10178-85), в качестве наполнителя - песок (ГОСТ 8736-93);

2. Содержание порошкообразной и глинистой смесей не должно превышать 1%. Соотношение цемента

и песка должно составлять 1:3;

3. Смешивание вяжущего (цемента) и наполнителя (песка) проводят в лопаточных смесителях или бетономешалках с принудительным перемешиванием в сухом состоянии в течение 3-5 минут до получения однородной массы;

4. Добавки СБР в количестве 0,2% от массы цемента растворяют в воде. Полученный раствор постепенно вводят в сухую смесь цемента и песка, тщательно перемешивают до получения однородной массы, затем смешивают с водой так, чтобы соотношение воды и цемента составляло  $W:C \leq 0,45$  [9].

#### Использованная литература / References

[1] Dmitriev V.V., Yarg L.A. Methods and quality of laboratory study of soils: textbook / V.V. Dmitriev, L.A. Yarg. -M.: KDU, 2008. - 502 p.

[2] Trofimov V. T., Koroleva V. A. Laboratory work on soil science. -M.: KDU, University book, 2017. - 654 p.

[3] Trofimov V. T. et al. Ground science. -M., Publishing House of Moscow State University, 2005. - 1024 p.

[4] Muzaffarov A. A., Fanarev P. A. Engineering and geological support for the construction of highways, airfields and special structures. Tutorial. M.: MADI, 2016. - 180 p.

[5] Wesley Cook, "Bridge Failure Rates Consequences and Predictive Trends" 2014.

[6] Blank, S. A., M. M. Blank, and H. Kondazi. 2014. "Chapter 3: Concrete Bridge Construction," Bridge Engineering Handbook, Second Edition: Construction and Maintenance, eds. W. F. Chen and L. Duan, CRC Press, Boca Raton.

[7] Ch. S. Raupov. "Operation, testing and rehabilitation of transport facilities" Volume 2, 2016.

[8] S.S. Salikhanov "Design and construction of transport facilities", Volume 1, 2018.

[9] MSHN 32-2004 MSHN 32-2004 "Instructions for determining the load-bearing capacity of existing reinforced concrete beams of road bridges".

#### Информация об авторах/ Information about the authors

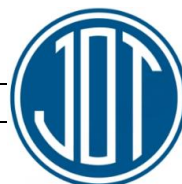
Гуломов Достон / Иномжон угли / Gulomov Doston / Inomjon ogli

Ташкентский государственный транспортный университет, докторант кафедры "Мосты и тоннели"

E-mail: [bigfire8088@gmail.com](mailto:bigfire8088@gmail.com)

Тел.: +99891 207-80-88

<https://orcid.org/0000-0002-0894-8766>



## Modern solutions for monitoring axle boxes: safety and real-time train operation efficiency

N.N. Irgashev<sup>1</sup> <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** The article is devoted to the development of an intelligent monitoring system for axle boxes of railway rolling stock to improve safety and operational efficiency. Overheating of axle boxes often causes accidents and failures, increasing operating costs and risks for passengers. The proposed system, based on infrared sensors and wireless technologies, provides real-time temperature measurement and operator warning of overheating. Data filtering algorithms, heat transfer modeling, and signal parameter analysis are described, which increase the accuracy and stability of the system under operational interference conditions. MATLAB simulations have confirmed that the system responds effectively to temperature deviations. The implementation of this system will reduce the number of accidents, improve traffic safety and optimize the maintenance processes of rolling stock.

**Keywords:** monitoring of axle boxes, overheating, intelligent system, railway transport, infrared sensors, wireless data transmission, Wi-Fi, GSM, modeling in MATLAB, security, maintenance, database, remote server, data processing

## Современные решения для мониторинга букс: безопасность и эффективность движения поездов в режиме реального времени

Иргашев Н.Н.<sup>1</sup> <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

**Аннотация:** Статья посвящена разработке интеллектуальной системы мониторинга буксовых узлов железнодорожного подвижного состава для повышения безопасности и эффективности эксплуатации. Перегрев буксовых узлов часто становится причиной аварий и отказов, увеличивая эксплуатационные затраты и риски для пассажиров. Предложенная система, основанная на инфракрасных датчиках и беспроводных технологиях, обеспечивает измерение температуры в реальном времени и предупреждение оператора о перегреве. Описаны алгоритмы фильтрации данных, моделирование теплопередачи и анализ параметров сигнала, которые повышают точность и устойчивость системы в условиях эксплуатационных помех. Моделирование в MATLAB подтвердило, что система эффективно реагирует на отклонения температуры. Внедрение данной системы позволит снизить количество аварий, повысить безопасность движения и оптимизировать процессы технического обслуживания подвижного состава.

**Ключевые слова:** мониторинг буксовых узлов, перегрев, интеллектуальная система, железнодорожный транспорт, инфракрасные датчики, беспроводная передача данных, Wi-Fi, GSM, моделирование в MATLAB, безопасность, техобслуживание, база данных, удаленный сервер, обработка данных

### 1. Введение

Безопасность на железнодорожном транспорте является одной из важнейших задач, стоящих перед транспортной отраслью, поскольку неисправности в работе компонентов могут привести к катастрофическим последствиям. Одним из таких элементов железнодорожного транспорта являются буксовые узлы, которые играют ключевую роль в обеспечении нормальной работы колесных пар подвижного состава. Буксовые узлы испытывают значительные механические и тепловые нагрузки, поскольку они обеспечивают вращение колесных пар подвижного состава. Перегрев буксовых узлов может привести к серьёзным авариям в свою очередь, приводить значительные финансовые затраты и временные задержки на восстановление исправности. В

наихудших случаях такие случаи могут привести к гибели людей, что ставит под угрозу безопасность пассажиров, персонала и самого состава.

На сегодняшний день для контроля температуры буксовых узлов применяются различные системы мониторинга, такие как KTCM, HOT BOX, FEUS и другие. Эти системы позволяют отслеживать состояние буксового узла и выявлять случаи перегрева. Однако традиционные методы мониторинга имеют ряд ограничений. Например, они часто не обеспечивают своевременное и полное оповещение о перегреве в реальном времени. В большинстве случаев эти системы фокусируются на отдельных точках маршрута или на периодических проверках, что делает невозможным постоянный контроль за состоянием узлов в процессе движения подвижного состава.

<sup>a</sup>  <https://orcid.org/0009-0000-3736-1748>



Разработка интеллектуальной системы мониторинга буксовых узлов, использующей современные беспроводные технологии передачи данных, такие как Wi-Fi, LoRa и GSM. В частности, для получения точной информации о температуре буксовых узлов в реальном времени используется датчик температуры, который позволяет с высокой точностью измерять температуру на каждом из буксового узла подвижного состава. Система будет работать в режиме реального времени, предоставляя информацию о температуре, перегреве и состоянии буксовых узлов, а также позволяя оперативно реагировать на изменения температуры на буксовом узле подвижного состава. Внедрение данной системы направлено на повышение безопасности движения поездов, сокращение времени на техническое обслуживание и аварийные ремонты, а также на улучшение общей эффективности работы подвижного состава.

## 2. Метод исследования

**Описание системы.** Система контроля нагрева буксовых узлов пассажирских вагонов использует датчики температуры DS1820, которые измеряют температуру бесконтактным способом. Датчики устанавливаются в зоне буксовых узлов каждого вагона, обеспечивая мониторинг температуры в буксе

Микроконтроллер ESP32 обрабатывает данные с датчиков, сравнивает их с пороговыми значениями, управляет индикаторами и передаёт информацию через Wi-Fi и GSM.

Пороговые значения температуры:

Тревога-1 (температура > 45°C): включается желтый индикатор и средний звуковой сигнал.

Тревога-2 (температура > 85°C): включается

Каждое измерение привязано к конкретному вагону и буксе, что позволяет точно определить место перегрева.

Передача данных:

Wi-Fi: информация передается на дисплей в кабине машиниста,

GSM: модуль SIM800L отправляет данные на ближайшую станцию и сервер для удаленного мониторинга.

Система автоматически проверяет состояние сети и при необходимости переключается между каналами связи (Wi-Fi, LoRa, GSM). При сбоях или неудачных попытках передачи данных генерируется тревога для оперативного устранения проблемы.

Индикация и отображение данных:

В кабине машиниста на дисплее отображаются:

Номер вагона.

Тип тревоги (Тревога-1 или Тревога

Местоположение перегрева (левая/правая букса).

Текущая температура.

Индикаторы сигнализируют о перегреве:

Тревога-1: желтый светодиод и средний сигнал.

Тревога-2: красный светодиод и громкий сигнал.

Анализ и диагностика:

Данные передаются на центральный сервер для удаленного мониторинга и анализа. Система прогнозирует вероятность перегрева, что помогает сократить время устранения неисправностей. Специалисты могут проводить удаленную диагностику

и оперативно реагировать на события, даже находясь вне объекта.

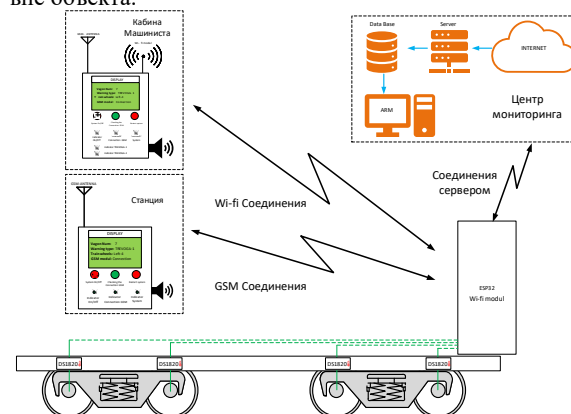


Рис. 1. Структурная схема интеллектуальная система мониторинга буксовых узлов в режиме реального времени

**Математические модели.** Для прогнозирования перегрева и оптимизации работы системы была разработана тепловая модель буксового узла. Эта модель основывается на уравнениях теплопередачи и учитывает тепловое сопротивление материалов буксов, а также внешние условия (например, скорость движения поезда, температура окружающей среды и механическое трение). Модель позволяет точно прогнозировать температурные изменения в реальном времени, что помогает заранее предупредить о возможном перегреве.

Математическая формулировка: используем уравнение теплопроводности:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \nabla^2 T + Q$$

где  $T$  — температура,  $\alpha$  — коэффициент теплопроводности, который определяет, как быстро тепло распространяется в материале буксового узла ( $\text{м}^2/\text{с}$ ),  $\nabla^2 T$  — оператор Лапласа,  $Q$  — источник тепла, возникающий в результате трения.

При начальной температуре  $T_0=40^\circ$ , тепловой мощности  $Q=100$  Вт, и коэффициенте теплопроводности  $\alpha=1 \times 10^{-5}$   $\text{м}^2/\text{с}$  температура увеличивается.

Реализация в MATLAB:

Определите параметры материала (теплопроводность, теплоемкость, плотность) и начальные условия.

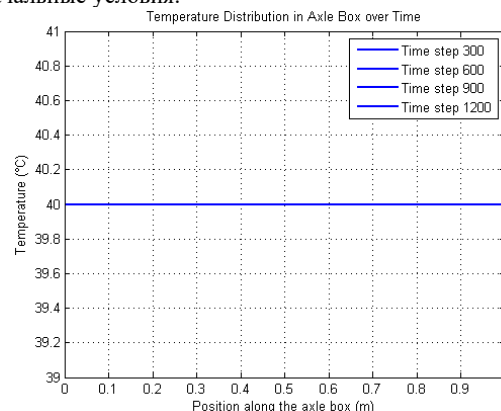
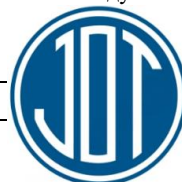


Рис. 2. Распределение температуры в буксовом узле  
Модель распространения сигнала и учет помех для обеспечения надежной передачи данных между



микроконтроллером и удаленными устройствами (дисплеем и сервером) применяется модель распространения сигнала, которая учитывает возможные помехи и затухание сигнала в зависимости от расположения компонентов. Модель позволяет оптимизировать параметры передачи данных, чтобы минимизировать потери информации и повысить надежность системы, особенно в сложных условиях (например, в туннелях или зонах с высокой плотностью застроек).

Описание задачи: моделируем передачу данных от датчиков к станции мониторинга через беспроводную сеть с учетом потерь сигнала и помех.

Математическая модель:

Используем уравнение затухания сигнала в свободном пространстве:

$$P_r = P_t - 20 \log_{10}(d) - 20 \log_{10}(f) + G_t + G_r$$

где  $P_r$  — мощность принимаемого сигнала,  $P_t$  — мощность передатчика,  $d$  — расстояние,  $f$  — частота,  $G_t$  и  $G_r$  — усиление антенн.

Реализация в MATLAB:

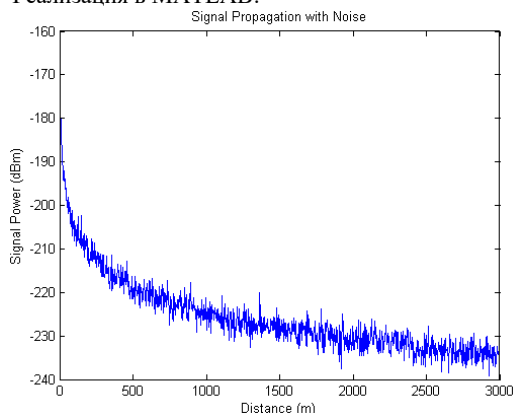


Рис. 3. Модель распространения сигнала с учетом шума

Модель отношения сигнал/шум (SNR) используется для оценки качества связи между устройствами в условиях возможных помех и снижения качества сигнала. Она позволяет прогнозировать вероятность потери пакетов данных или искажений информации в зависимости от уровня шума и мощности сигнала. Для повышения надежности система использует адаптивные алгоритмы, которые позволяют автоматически регулировать мощность сигнала или переключаться на резервные каналы связи в случае потери качества.

Рассчитываем качество связи между передатчиком и приемником, учитывая уровень шума.

Математическая модель:

$$SNR = 10 \log_{10} \left( \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \right)$$

где  $P_{signal}$  — мощность сигнала,  $P_{noise}$  — мощность шума.

При мощности сигнала  $P_{signal} = 1$  Вт и мощности  $P_{noise} = 0.01$  Вт, отношение SNR будет следующим:

$$SNR (dB) = 10 \cdot \log_{10}(1/0.01) = 20 \text{ дБ}$$

На рисунке Рис. 4 показана зависимость SNR от расстояния при постоянном уровне шума. С увеличением расстояния SNR снижается, что подтверждает необходимость оптимизации дальности передачи.

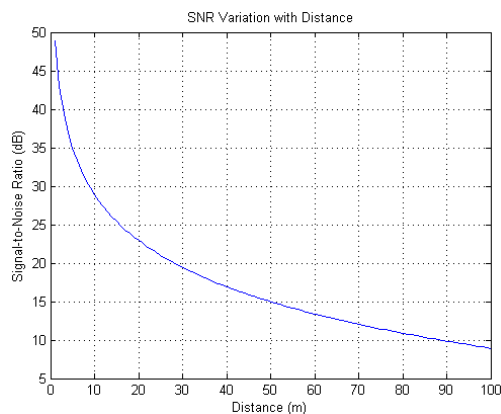


Рис. 4. Отношение сигнал/шум (SNR) в зависимости от расстояния

В MATLAB была создана математическая модель системы для анализа поведения температурных данных и оценки влияния различных параметров на результаты измерений. Модель включает:

- Моделирование температурных данных: использовались случайные и синусоидальные функции для генерации данных о температуре, что позволяет воспроизвести поведение системы при нормальной и аномальной работе буксовых узлов.

- Анализ фильтрации сигналов: исследовали, как примененные алгоритмы фильтрации влияют на уменьшение шумов в данных, вызванных внешними факторами и вибрацией поезда.

- Оценка системы сигнализации: Программная реализация логики управления светодиодами (зеленым, желтым и красным) и оценка их реакции на изменение температуры.

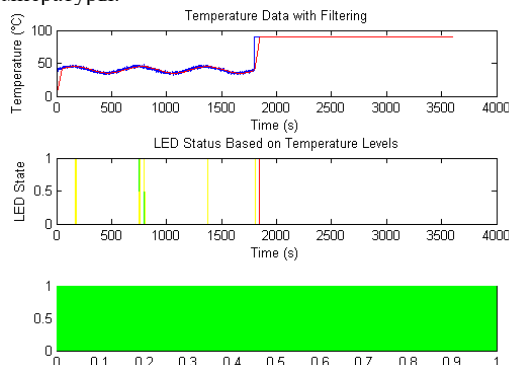


Рис. 5. Математическая модель системы для анализа поведения температурных данных и оценки влияния различных параметров на результаты измерений

### 3. Результаты исследований

Измерение температуры буксовых узлов

Температурная динамика:

При нормальных условиях температура возрастает постепенно, начиная с 20°C и достигая 40°C в течение 10 минут.

В условиях повышенной нагрузки (ускорение, подъём) температура достигает 60°C, активируя тревогу уровня Тревога-1 (45°C).

При критическом перегреве (отказ смазки) температура превышает 85°C, вызывая тревогу уровня





Тревога-2 (85°C).

Пороговые значения тревог:

Тревога-1 (45°C):

Частота срабатывания: 40% при моделировании повышенной нагрузки.

Реакция системы: предупреждение машиниста с указанием точного номера вагона, колёсной пары и стороны перегрева.

Тревога-2 (85°C):

Сработала в 5% случаев симуляции, в основном при критическом перегреве.

Реакция системы: отправка аварийного сообщения на сервер и в кабину машиниста.

Дополнительные сценарии:

Смоделировано поведение системы в условиях ложных сигналов (например, внешние помехи или временное повышение температуры). Ложные тревоги отсутствовали, что подтверждает надёжность системы.

Точность идентификации перегревов

Система точно фиксировала превышение пороговых значений, включая данные о:

Номере вагона, Колёсной паре, Стороне буксового узла (левая/правая).

Результаты анализа:

Среднее время срабатывания тревоги (от превышения порога до отправки сигнала): 2–5 секунд.

Точность фиксации перегрева: 100% (все перегревы идентифицированы корректно).

Ложные срабатывания: 0%, что подтверждает устойчивость к внешним помехам.

Разработанная тепловая модель буксового узла позволяет прогнозировать температуру узлов в различных эксплуатационных условиях, включая изменения нагрузки, скорости движения состава и окружающей температуры.

Модель учитывает:

Температуру окружающей среды: задаётся как базовая температура.

Тепловую нагрузку: изменяется в зависимости от скорости поезда и состояния смазки.

Коэффициенты теплопроводности: зависят от материалов буксового узла.

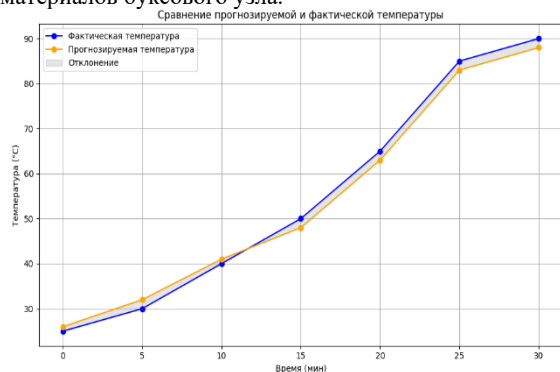


Рис. 6. Сравнение прогнозируемой и фактической температуры

На графике ниже представлено сравнение прогнозируемой и фактической температуры. Отклонения не превышают  $\pm 5^\circ\text{C}$ , что подтверждает высокую точность модели. Область между фактическими и прогнозируемыми значениями выделена серым цветом для наглядности.

## 4. Выводы

Разработка интеллектуальной системы мониторинга перегрева буксовых узлов стала важным шагом к повышению безопасности и эффективности эксплуатации подвижного состава. Прототип системы успешно функционирует в реальных условиях, предотвращая перегрев буксов. Система продемонстрировала высокую надежность в обработке и передаче данных, обеспечивая точный контроль температуры. Использование удаленного мониторинга через серверы позволило организовать постоянный контроль состояния буксов, а реализованные режимы энергосбережения обеспечили автономность работы устройства в полевых условиях. Для дальнейшего совершенствования системы планируется оптимизация алгоритмов прогнозирования отказов, расширение функциональности за счет дополнительных датчиков и интеграция с другими системами безопасности, а также проведение испытаний на реальных железнодорожных линиях. Эти меры позволят повысить надежность и уровень безопасности железнодорожного транспорта.

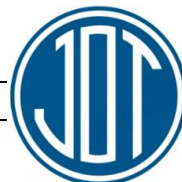
## Использованная литература / References

- [1] Maldague, X. P. (2001). Infrared thermography for temperature monitoring. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- [2] Raghunathan, V., & Chou, P. (2006). Design of autonomous systems with energy harvesting. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 41(6), 1298-1308.
- [3] Kurbanov, J. F., Yaronova, N. V., & Irgashev, N. N. (2024, September). Development of a Microprocessor System for Automatic Temperature Control Heating of Axle Boxes of Train Cars. In 2024 International Russian Automation Conference (RusAutoCon) (pp. 1124-1128). IEEE.
- [4] Toullier, T., Dumoulin, J., and Bourgeois, V., "Comparative study of moving train hot boxes pre-detection and axles counting by in-situ implementation of two infrared cameras," in [QIRT Asia 2019-Quantitative InfraRed Thermography Conference], (2019).
- [5] J. Clarhaut, E. Lemaire, El-M.-El Koursi, Methodology for Assessing Safety System Application for a Railway Hot Box Protection System, Forms/Format, 2010, pp. 125–133.
- [6] Burchenkov, V. V. Operational information on the condition of the rolling stock of the Belarusian Railway / V. V. Burchenkov // Problems of transport safety: materials of the VI International Scientific and Practical Conference – Gomel: BelGUT, 2012. – pp. 72-73.

## Информация об авторах / Information about the authors

Иргашев  
Нуриддин  
Нормурод угли /  
Irgashev  
Nuriddin  
Normurod ugli

Ташкентский государственный  
транспортный университет,  
ассистент кафедры  
«Радиоэлектронные устройств и  
системы»  
E-mail: [Irgashev\\_nn@bk.ru](mailto:Irgashev_nn@bk.ru)



# Establishment of management policy of personnel in enterprises (in the example of Angren coal mine in Uzbekistan)

B.R. Sarimsakov<sup>1</sup><sup>a</sup>

<sup>1</sup>Andijan Institute of Mechanical Engineering, Andijan, Uzbekistan

**Abstract:** An essential element of any business's efficient operation is people management. Establishing efficient human management practices is especially important for businesses in high-demand industries like mining in Uzbekistan, where industrial development is a major factor in economic growth. The process of creating people management policies at Angren Coal Mine, one of the top coal extraction companies in Uzbekistan, is examined in this thesis. The study examines the problems, tactics, and results of human management today and makes suggestions for raising employee happiness and organizational effectiveness.

**Keywords:** personnel management, skill development, employee recognition, training programs, workforce diversity, data-driven decision making, strategic HRM, organizational success

## 1. Introduction

Significant changes have occurred in the personnel administration of Uzbekistan, particularly after the independence of the country in 1991. Businesses had to reevaluate how they handled human resources as a result of the transition to a market economy. Important topics including workforce training, labor productivity, and the necessity of coordinating human resources with corporate objectives have gained prominence. The appropriate people in the right jobs at the right times with the correct talents are guaranteed by effective personnel management. The entire success of the business is influenced by increased productivity, decreased attrition, and improved working conditions. In Uzbekistan, managing employees is crucial to promoting industrialization and making sure businesses can compete on the international stage.

## 2. Literature review

Recruiting, choosing, training, developing, and keeping employees are all considered aspects of personnel management. Setting performance goals, handling disputes, and maintaining a positive work atmosphere are also included. In contemporary businesses, strategic decision-making heavily relies on human management. Over time, the idea of human management has undergone substantial change. At first, it was mostly concerned with administrative duties like hiring and wage management. However, the scope of human management grew to incorporate strategic functions as organizations became larger and more complex. Modern ideas of personnel management were founded on the work of pioneers in the field of human resources, such as Frederick Taylor and Elton Mayo. Known as the "father of scientific management," Frederick Taylor popularized the notion that productivity might be raised through effective human resource management. [1]. Taylor's concepts placed a strong emphasis on the necessity of training employees, matching them with appropriate jobs, and using organized

techniques to ensure performance. [3]. Despite its original emphasis on industrial environments, his work had an impact on the evolution of personnel management techniques more broadly. The Hawthorne Studies, carried out by Elton Mayo in the 1920s and 1930s, examined the human element of the workplace and demonstrated that employee motivation and job happiness are essential for output. [3]. By highlighting the significance of social variables in the workplace, Mayo's research changed the perspective of people management from one that was solely transactional to one that was more relational. Globalization, changing work settings, and technological advancements all have a significant impact on personnel management today. Because of the growing diversity of the global workforce, managers must deal with a range of cultural, generational, and technical disparities. 75% of multinational corporations stated that enhancing talent management was one of their key goals, per a 2023 World Economic Forum survey. [4]. In addition, 67% of companies were funding leadership development initiatives to create a staff prepared for the future, according to the same research.

In Uzbekistan, where mining and industry are major forces behind economic expansion, human management techniques are changing to satisfy the needs of contemporary businesses. For instance, technological developments in mining operations necessitate a staff with specialized technical skills, making the demand for qualified personnel at the Angren Coal Mine especially urgent. Data from the Uzbek Ministry of Labor indicates that the technical requirements of contemporary industries like mining and the abilities of the labor pool are significantly out of sync. This disparity emphasizes how crucial thorough training initiatives and astute human management are to maintaining a company's competitiveness. Strategic decision-making in modern businesses heavily relies on human management. These days, HR departments help managers understand the skills and competencies needed to accomplish the organization's long-term goals, shape those goals, and offer data-driven insights on workforce trends. For example, data analytics has emerged as a crucial tool for HR professionals, enabling them to make well-informed choices on

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0002-4775-6502>



performance management, employee retention, and talent acquisition. A Gartner survey from 2022 found that 63% of HR directors said they used data analytics to improve their strategy for attracting and retaining people. [5]. Furthermore, it is becoming more widely accepted that encouraging innovation and organizational transformation requires effective personnel management. Effective personnel management ensures that workers at companies like Angren Coal Mine are not only competent but also flexible enough to adjust to new procedures and technology. Personnel management makes sure that the workforce is equipped to meet the difficulties presented by automation and technological change by putting in place leadership initiatives, career development opportunities, and ongoing training programs.

### 3. Research Methodology

This article examines Angren Coal Mine's personnel management using a qualitative case study methodology. In addition to analyzing internal papers and reports, it entails conducting interviews with important stakeholders, such as HR managers, staff members, and union representatives. This method enables a thorough comprehension of the intricate dynamics inside the company. Interviews are conducted with managers, HR staff, and workers at different levels to comprehend workforce management tactics and issues. For instance, according to an interview with the manager, HR Manager at Angren Coal Mine, one of the primary problems is the high incidence of employee turnover among young people, which is linked to a lack of prospects for career advancement. To evaluate the efficacy of current personnel policies, company records, employee satisfaction surveys, and training initiatives are reviewed. Employees' average participation rate in training programs is only 56%, according to the most recent internal data from the mine's HR department. This suggests a deficit in skill development activities. [6]. The difficulties with the current people management system were further highlighted by observations that included conversations with frontline employees who voiced concerns over safety procedures and work-life balance.

### 4. Analysis and Results

The inability to recruit and retain experienced workers, particularly for high-tech operations, is one of the most urgent issues facing Angren Coal Mine. The abilities of available personnel and the technical requirements of these systems are becoming more and more out of sync as the mining sector depends more and more on cutting-edge technology and contemporary equipment to increase productivity and efficiency. This lack of skills is not specific to Uzbekistan; rather, it is a problem in many developing nations where workers are not always prepared to keep up with the quick speed of technological development. For example, the requirement for qualified specialists to operate and maintain the mine's increasingly automated machinery such as conveyor belt systems or automated drilling machines has increased. Many workers, however, lack the formal training or technical know-how required to operate such technology efficiently. Consequently, the mine can encounter difficulties in guaranteeing seamless and effective

operations. For instance, it was discovered that just a small portion of the staff at Angren Coal Mine have the expertise required to run the new automated systems during a recent equipment upgrade. As workers received more training, this resulted in production delays and more downtime. The circumstance serves as an example of the more general problem of skill gaps between the technical demands of contemporary mining operations and the personnel that is now available. Another issue that Angren Coal Mine has is employee motivation. Although the mine provides money incentives, including bonuses for reaching certain goals or high production levels, non-financial accomplishments are not given the same attention. Maintaining a motivated and engaged workforce requires non-monetary rewards including recognition for innovation, better work habits, and safety contributions. Organizational behavior research has demonstrated that, although monetary rewards are significant, non-monetary acknowledgment can significantly affect worker motivation. Verbal acknowledgement, prizes, chances for professional advancement, and cultivating a sense of accomplishment are examples of non-monetary rewards. [7] Many workers at Angren Coal Mine, however, have voiced their displeasure at not being acknowledged for their contributions outside of financial performance. Disengagement, decreased productivity, and even greater turnover rates may result from this. For instance, a worker who adopts a more effective work practice like a more efficient way to carry materials might not be officially recognized even though the technique significantly boosts production. These improvements are frequently overlooked, which irritates staff members who believe their efforts are not acknowledged. [8].

At Angren Coal Mine, worker safety is still a major concern. The nature of mining operations entails substantial dangers, including equipment-related accidents, hazardous substance mishaps, and structural problems in the mine itself, even though safety procedures have improved over time. Despite advancements in safety, the number of accidents at work indicates that further steps are required to protect workers' health. A number of issues, such as inadequate safety training, human error, and disregard for safety procedures, frequently contribute to accidents in the mining sector. Even though Angren Coal Mine has improved its safety protocols, training, communication, and the workplace's general safety culture may all use some work. According to a recent mine report, there were numerous instances of workers suffering minor injuries as a result of slips, falls, or improper equipment usage. [9]. These incidents suggest that safety procedures may not be completely integrated into the mine's day-to-day operations, even with safety briefings and safety equipment in place. Employees have also complained that safety exercises are not done often enough, which leaves them unprepared for situations.

### 5. Conclusions and Recommendations

From being solely an administrative task, personnel management is now a key factor in the success of organizations. This change, which was brought about by influential academics and international best practices, highlights how crucial it is to match human resources with more general company goals. Addressing the issues that



organizations face today, such as workforce diversity, technology improvements, and talent shortages, requires effective hiring, training, and development. With its emphasis on data-driven strategies, modern human management is essential to accomplishing long-term corporate objectives. Organizations should collaborate with academic institutions to provide specialized training programs in order to alleviate the skills deficit. Both soft skills like communication and leadership as well as technical skills like mastery of new technologies should be emphasized in these programs. Employees will be able to stay up to date and prepared to meet changing market expectations with the support of ongoing professional development opportunities. Organizations should put in place reward systems that honor accomplishments like creativity, safety enhancements, and teamwork in addition to offering monetary incentives. Employee engagement and morale can be greatly increased by regularly recognizing their contributions, which promotes a happy and effective work environment. Organizations may make well-informed decisions on hiring, employee performance, and training requirements by integrating data analytics into people management. Businesses may forecast future labor requirements, spot patterns, and create proactive plans to close gaps by utilizing data. Companies should concentrate on developing welcoming cultures that respect many viewpoints and experiences as worker diversity becomes importance. Innovation can be encouraged and organizational performance can be enhanced by putting diversity training into practice and making sure all employees have equal opportunity.

In conclusion, a comprehensive, all-encompassing approach that combines human resource procedures with the overarching business plan is necessary for modern personnel management. Businesses can boost employee satisfaction, boost performance, and eventually achieve long-term success by emphasizing skill development, recognition, data-driven decisions, and diversity.

## References

- [1] Bass, B. M., & Avolio, B. J. (1994). Improving organizational effectiveness through transformational leadership. Sage Publications. Pages: 27-35, 72-85
- [2] Burns, J. M. (1978). Leadership. Harper & Row. Pages: 20-45, 102-115
- [3] Judge, T. A., & Piccolo, R. F. (2004). Transformational and transactional leadership: A meta-analytic test of their relative validity. Journal of Applied Psychology, 89(5), 755-768. Pages: 755-758

[4] Northouse, P. G. (2018). Leadership: Theory and practice (8th ed.). Sage Publications. Pages: 50-65, 150-170

[5] Yukl, G. (2013). Leadership in organizations (8th ed.). Pearson. Pages: 110-130, 175-200

[6] Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., & Hui, C. (1993). Organizational citizenship behaviors and sales unit effectiveness. Journal of Applied Psychology, 78(3), 397-408. Pages: 397-400

[7] Pfeffer, J. (2018). Dying for a Paycheck: How Modern Management Harms Employee Health and Company Performance—and What We Can Do About It. HarperBusiness.

[8] B.R.Sarimsakov. Economic and Social Significance of Personnel Management in Manufacturing Enterprises: A Dual Dimension Analysis// Yashil iqtisodiyot va taraqqiyot. Ijtimoiy, iqtisodiy, siyosiy, ilmiy, ommabop jurnal. №11-12 son. ISSN 2992-8982 – Toshkent 2023-yil, 511–516 betlar. <https://yashil-iqtisodiyot-taraqqiyot.uz/journal/index>

[9] B.R.Sarimsakov. Personnel Excellence: Maximizing Reception, Classification, and Management in Enterprises//Central Asian Journal of Innovations on Tourism Management and Finance (ISSN: 2660-454X) is scholarly open access, high citation leading fully economic-related journal. Volume: 04 Issue: 12/2023 ISSN: 2660-454X

[10] B.R.Sarimsakov. Ishlab chiqarish korxonalarida personal boshqaruvining iqtisodiy va ijtimoiy mohiyati//Synergy: Journl of ethics and governance Volume: 03 Issue: 12/Dec - 2023 ISSN: 2181-2616

[11] B.R.Sarimsakov. Assessing the effectiveness of personnel management in production enterprises: a comprehensive methodology// MODELS AND METHODS IN MODERN SCIENCE International scientific-online conference France. 2023. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10409095>

[12] B.R.Sarimsakov. Personal boshqaruvining nazariy va uslubiy rivojlanish jihatlarini// International Journal of Finance and Digitalization www.ijfd.uz ISSN: 2181-3957 Vol. 2 Issue 06, 2023.

## Information about the authors

Sarimsakov  
Bakhtiyor  
Rahmonjanovich

Researcher at the Andijan Institute of Mechanical Engineering,  
Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD)  
E-mail: [krona\\_0688@mail.ru](mailto:krona_0688@mail.ru)  
Tel.: +998949300087  
<https://orcid.org/0009-0002-4775-6502>





# Assessment of the impact of minor gases in the atmosphere on climate change of the Fergana valley

U.A. Shermukhamedov<sup>1</sup>, M.M. Arzikulov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Scientific Research Institute of Hydrometeorology, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** Climate change is strongly influenced by many areas, especially low concentration gases in the atmosphere. This effect was studied on the example of the Fergana Valley, and the change of dust and gases in the atmosphere during the last climatic period was analyzed.

**Keywords:** climatic parameters, atmospheric pollution, dust, sulfur dioxide, carbon monoxide, nitrogen dioxide

## Farg'ona vodiysi iqlimining o'zgarishida atmosferadagi kichik gazlarning ta'sirini baholash

Shermuxamedov U.A.<sup>1</sup>, Arziqulov M.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gidrometeorologiya ilmiy tadqiqot instituti, Toshkent, O'zbekiston

<sup>2</sup>Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Iqlim o'zgarishiga ko'p sohalar, hususan atmosfera tarkibidagi kichik konsentratsiyadagi gazlar ham kuchli ta'sir qiladi. Aynan shu ta'sirni Farg'ona vodiysi misolida o'rganib chiqildi va so'nggi iqlimiy davrda atmosferadagi chang va gazlar o'zgarishi tahlili qilindi.

**Kalit so'zlar:** iqlimiy parametrlar, atmosferaning ifloslanishi, chang, oltingugurt dioksidi, uglerod oksidi, azot dioksidi

### 1. Kirish

Atmosfera asosan azot (N<sub>2</sub>) va kisloroddan (O<sub>2</sub>) tashkil topganiga qaramay, aynan uning tarkibidagi chang va kichik gazlar (uglerod oksidi (CO), oltingugurt dioksidi (SO<sub>2</sub>), Azot dioksidi (NO<sub>2</sub>) iqlim o'zgarishi, atrof-muhitni shakllanishida muhim rol o'ynaydi. Ushbu atrof-muhitni ifloslantiruvchi moddalarning ortishi atmosfera tarkibining o'zgarishi va turli texnogen ofatlarning ko'payishiga olib kelmoqda.

Bugungi kunda atmosfera qatlamida kuzatilayotgan salbiy o'zgarishlarning asosiy omili inson faoliyatidir. Inson faoliyati - sanoat korxonalarini qurilishi, o'rmonlarning kesilishi, suv havzalarining ifloslanishi, tuproqqa noto'g'ri ishlov berish bularning hammasi atrof-muhitga ta'sir qiladi.

**Ishning maqsadi va vazifasi.** Shu bilan birga atmosfera ifloslanishida tabiiy omillarning roli ham juda muhim. Masalan vulqonlarning harakati, cho'llarda shamol natijasida ko'tarilgan ulkan chang massalari va boshqalar atmosfera qatlamiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Bizning tadqiqotlar aynan shu tabiiy omillarni o'rganishga qaratilgan. Eng birinchi va muhim omil sifatida iqlim omilini ko'rib chiqamiz. Namangan, Farg'ona va Andijon shaharlarida iqlim holati, so'nggi 30 yil ichida uni qanday o'zgartirgan, havodagi chang va gazlarning o'rtacha yillik o'zgarishlari va ushbu moddalarning konsentratsiyasi iqlim kattaliklariga qanchalik bog'liqligini umumiy holda ko'rib chiqamiz. Namangan, Farg'ona va Andijon shaharlari uchun iqlim kattaliklari va uning atmosferasi tarkibida o'lgangan 4 ta ifloslovchilar (chang, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> va CO) orasida bog'liqlik bor yoki yo'qligini aniqlash.[2]

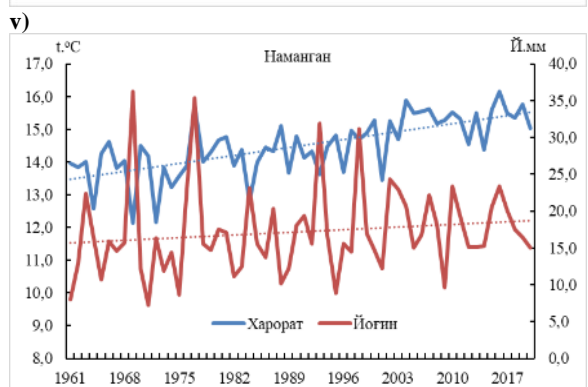
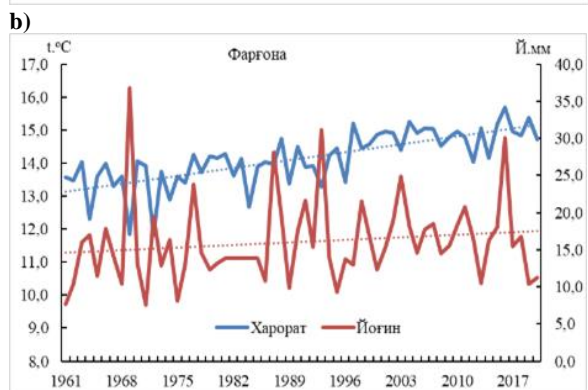
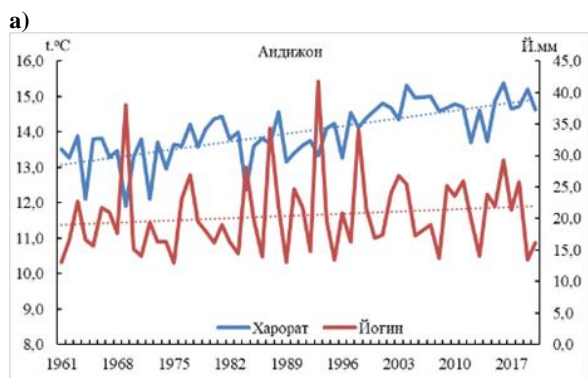
### 2. Tadqiqot metodologiyasi

Farg'ona vodiysi shaharlarida so'nggi iqlimiy davrda haroratning umumiy trendi o'sishni ko'rsatgan va 20 ga ko'tarilgan. Shu davr mobaynida yog'ingarchilik o'garishi yaqqol o'sish yoki kamayish tendensiyasini ko'rsatmagan. Juda katta tebranishlar bilan yog'in miqdori o'rtacha 18-23 mm atrofida saqlanib qolganini kuzatishimiz mumkin. Andijon, Farg'ona va Namangan shaharlarida Atmosfera yog'inlari va havo haroratining ko'p yillik o'zgarishi trend chizig'i asosida ortayotganligi aniqlandi. Uchala shaharda ham havo harorati yuqori qiymatlarda ortayotganligi aniqlandi. Atmosfera yog'inlarining bu shaharlarda kichik qiymatlarda ko'payganini ko'rishimiz mumkin (1-rasm)[1].

Borzenkova, Gruza, Sirotenko va boshqalar o'z ishlarida eng asosiy xavf CO<sub>2</sub> ning atmosferaga chiqishi deb qarashgan, chunki u nafaqat atrof-muhit holatiga, balki inson salomatligi holatiga ham o'ta salbiy ta'sir ko'rsatadigan moddadir. Dimnikov va boshqalar esa o'z ishlarida nafaqat karbonat angidrid, balki korxonalarining sanoat faoliyati natijasida havoda qo'rg'oshin, azot oksidi, ftor va boshqa kimyoviy birikmalarning konsentratsiyasi ortib borayotganiga ham alohida urg'u berishgan. Biz ham asosiy e'tiborni kichik gazlarga qaratdik. Sababi karbonat angidridning atmosferaga ta'siri ko'p marta isbotlangan, boshqa gazlarning iqlim o'zgarishidagi roli esa bugungi kun uchun dolzarb vazifadir.[3,4]

<sup>a</sup><https://orcid.org/0000-0003-1718-5331>





**1-rasm. Andijon, Farg'ona va Namangan shaharlarida Atmosfera yog'inlari va havo haroratining ko'p yillik o'zgarishi**

Oltinugurt oksidi (SO<sub>2</sub>) konsentratsiyasi davr boshida yuqori bo'lgan va 1998-yilgacha kamayib kelgan va 2014-yilgacha kichik qiymatlarda ortgan va shu vaqtdan boshlab hozirgi vaqtgacha yuqori qiymatda ortib borayotganini ko'rsatmoqda. Azot oksidi (NO<sub>2</sub>) konsentratsiyasi o'rtacha qiymatlarda tebranib kelgan va davr oxirida ortgan (1-rasm).

Biz o'z tadqiqotlarimizda iqlim ma'lumotlariga mos ravishda yuqoridagi atmosfera parametrlari va atmosferadagi gazlarning 1990-2020-yillar uchun o'rtacha oylik qiymatlaridan foydalandik. Iqlim kattaliklari bilan bog'liqligi bor yoki yo'qligini tadqiq etish uchun yillik o'zgarish grafiklari tanlandi. Biz gazlarning yillik o'zgarishi va mos ravishda iqlim kattaliklarining 1990-2020-yillar joriy iqlimiy davrdagi o'zgarishi orasidagi korrelyatsion bog'lanishlarni ko'rib chiqdik. Chang va gazlarning konsentratsiyasi iqlim kattaliklariga korrelyatsion bog'liqligi natijalari: korrelyatsion koeffitsient qiymatlaridan Namangan shahrida iqlim parametrlaridan havo harorati, havoning mutloq namligi va shamol, o'lchangan chang va kichik gazlar bilan to'g'ri chiziqli

bog'lanishga, atmosfera bosimi, havoning nisbiy namligi va atmosfera yog'inlari bilan teskari korrelyatsion bog'lanishga ega ekanligi aniqlandi.

1-jadval

**Farg'ona vodiysida 1990-2020-yillarda o'lchangan iqlim parametrlari bilan atmosfera gazlarining korrelyatsion bog'lanishi**

Korrelyatsiya koeffitsienti	CO <sub>2</sub>	HO <sub>2</sub>	CO	Chang
Havo harorati, °C	0.57	-0.20	0.77	0.82
Atmosfera bosimi, gPa	-0.46	0.30	-0.66	-0.69
Havoning nisbiy namligi, %	-0.50	0.27	-0.73	-0.78
Atmosfera yog'inlari, mm	-0.44	-0.16	-0.78	-0.89
Shamol, m/s	0.30	-0.49	0.36	0.40

Iqlimiy parametrlar bilan chang va azot dioksidi (NO<sub>2</sub>) yuqori qiymatli nochiziqli to'g'ri va teskari korrelyatsion bog'lanish mavjud. oltinugurd dioksidi (SO<sub>2</sub>) bilan bog'lanish mavjud emasligi aniqlandi, uglerod oksidi (CO) bilan o'rtacha qiymatli bog'lanish mavjud. Havoning mutloq namligi bilan atmosfera havosidagi chang to'g'ri chiziqli yuqori korrelyatsion bog'lanish borligi, uglerod oksidi va azot dioksidi bilan o'rtacha chiziqli korrelyatsion bog'lanish aniqlandi. Oltinugurd dioksidi bilan korrelyatsion bog'lanish aniqlanmadi (1-jadval).

### 3. Xulosa

Asosiy iqlim kattaliklari hisoblangan havo haroratining yuqori qiymatlarda o'sishiga bizning tadqiqot obekti yopiq vodiya hududi ekanligi, antropogen landshafti, vodiyning geografik joylashuvi, mahalliy sirkulyatsiyalar, tanlangan joyning rel'yefiga bog'liq hisoblanadi. Bundan tashqari umumiy sinoptik jarayonlarni ham hisobga olish kerakligini ko'rsatadi. Yuqorida olingan bog'lanishlar havo harorati bilan atmosfera tarkibidagi chang orasida yuqori qiymatli to'g'ri chiziqli korrelyatsion bog'lanish borligini aniqlash imkonini berdi. Namangan shahrida havo harorati bilan oltinugurd dioksidi orasida o'rtacha qiymatli teskari korrelyatsion bog'lanish mavjud. Asosiy ifloslantiruvchi moddalar orasida azot dioksidi, oltinugurd dioksidi va uglerod oksidi havo harorati bilan to'g'ri chiziqli korrelyatsion bog'liqligi aniqlandi. Olingan natijalarga ko'ra iqlim kattaliklari bilan atmosferadagi chang va gazlar orasida yuqori bog'lanish aniqlandi. Yanada aniqroq natijalar olish uchun alohida yillar, oylar va kunlar kesimida ushbu iqlim parametrlari va ifloslovchi gazlar orasidagi bog'liqliklarni tahlil etish talab etadi.

### Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Shermuxamedov U.A, Arziqulov M.M. Farg'ona vodiysi misolida harorat o'zgarishi tahlili. GEOGRAFIK



TADQIQOTLAR: INNOVATSION G'OYALAR VA RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI. 2- xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari 2-tom. 15-16-aprel 2022-yil. Toshkent-2022. – B. 496-500.

[2] Shermuxamedov U.A, Arziqulov M.M. So'ngi iqlimiy davrda Namangan shahrida harorat o'zgarishi tahlili. ILMIY TADQIQOTLAR SAMMITI. Respublika ko'p tarmoqli ilmiy sammit materiallari to'plami 2- tom. 22-fevral, 2022-yil. Toshkent-2022. B. 112-116.

[3] Айнзенштата Б.А., Леухиной Г. Н., Бабиченко В.Н. Климат Наманган. Среднеазиатский региональный Научно-исследовательский институтим. Имена В. А. Бугаев Л., Гидрометеиздат, 1983.150 с.

[4] Борзенкова И.И. Определение чувствительности глобального климата к газовому составу атмосферы по палеоклиматическим данным // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39. № 2. С. 222–228.

[5] J.N., Hampson R.F., Hynes R.G., Jenkin M.E., Rossi M.J., Troe J.: Evaluated kinetic and photochemical data for atmospheric chemistry: Volume I – gas phase reactions of O<sub>x</sub>, HO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, and SO<sub>x</sub> species. Atmos. Chem. Phys. 4, 1461–1738 (2004).

[6] Dons, E (2019). "Transport most likely to cause air pollution peak exposures in everyday life: Evidence from over 2000 days of personal monitoring". Atmospheric Environment. 213: 424–432.

[7] Mickley L.J., Jacob D.J., Field B.D. and Rind D. Effects of future climate change on regional air pollution episodes in the United States //Geophys. Res. Lett. 30(L2). – 2004. – PP. 4103-4110.

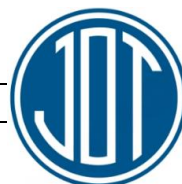
[8] Ravshnov N., Sharipov D., Muradov F. Computational experiment for forecasting and monitoring the environmental Condition of industrial region. //Theoretical & Applied Science. International Scientific Journal. -2016. –vol.35. –Issue 3. -Pp 132-139.

[9] Sharipov D. A Mathematical Model and Computational experiment for the Study and Forecast of the concentration of Harmful Substances in the Atmosphere. //American Journal of Computation, Communication and Control. –2016. –№ 2(6). –Pp 48-54.

[10] Tinsley M.R., Field R.J. Dynamic instability in tropospheric photochemistry an excitability threshold. Geophysical Research Letters, vol.28, No.23, pages 4437-4440, December 1, 2001.

## Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Shermuxamedov Ulug'bek Abdulazizovich / Shermukhamedov Ulug'bek Abdulazizovich	Gidrometeorologiya ilmiy tadqiqot instituti, doktorant (DSc), PhD, E-mail: ulugbek_sher@mail.ru Tel.: +998974462696 <a href="https://orcid.org/0000-0003-1718-5331">https://orcid.org/0000-0003-1718-5331</a>
Arziqulov Mirzobek Muhiddin o'g'li	Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti, uslubiy ta'minot bo'limi uslubchisi E-mail: <a href="mailto:arziqulovmirzobek09@gmail.com">arziqulovmirzobek09@gmail.com</a>



## Traffic safety assessment of intersections of Parkent and Mirzo Ulugbek branch streets

R.G. Samatov<sup>1</sup>, A.S. Rakhmanov<sup>1</sup>, N.H. Tursunov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** This article analyzes the issues of traffic safety assessment at the intersection of Parkent and Mirzo Ulugbek branch streets. In the study, traffic accident statistics, traffic density and specific characteristics of the road infrastructure at this intersection were studied. During the evaluation process, the existing risk factors were identified, and a scientific proposal and practical recommendations were developed to eliminate them. Also, technological solutions, including traffic light systems and alternative control methods, were analyzed in order to increase the efficiency of the intersection and ensure the safety of passengers and drivers. The results of the research can be presented as scientifically based proposals to local authorities and official organizations to improve road safety.

**Keywords:** conflict point, fatality rate, road safety, intersection, Parkent street, Mirzo Ulugbek branch street

## Parkent va Mirzo Ulug‘bek shox ko‘chalari kesishmalarni harakat xavfsizligini baholash

Samatov R.G.<sup>1</sup>, Raxmonov A.S.<sup>1</sup>, Tursunov N.H.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

**Annotatsiya:** Mazkur maqolada Parkent va Mirzo Ulug‘bek shox ko‘chalari kesishmasida harakat xavfsizligini baholash masalalari tahlil qilinadi. Tadqiqotda ushbu kesishmadagi yo‘l-transport hodisalari (YTH) statistikasi, harakat zichligi va yo‘l infratuzilmasining o‘ziga xos xususiyatlari o‘rganilgan. Baholash jarayonida mavjud xavf omillari aniqlanib, ularni bartaraf etish bo‘yicha ilmiy taklif va amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan. Shuningdek, kesishma samaradorligini oshirish va yo‘lovchilar hamda haydovchilar xavfsizligini ta‘minlash maqsadida texnologik yechimlar, jumladan, svetofor tizimlari va muqobil boshqaruv usullari tahlil etilgan. Tadqiqot natijalari yo‘l harakati xavfsizligini yaxshilash bo‘yicha mahalliy hokimiyat va mutasaddi tashkilotlarga ilmiy asoslangan takliflar sifatida taqdim etilishi mumkin.

**Kalit so‘zlar:** ziddiyatli nuqta, halokatlilik koeffitsiyenti, yo‘l harakati xavfsizligi, kesishma, Parkent ko‘chasi, Mirzo Ulug‘bek shox ko‘chasi

### 1. Kirish

XXI asrda yo‘l harakati xavfsizligini ta‘minlash global miqyosdagi dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Shaharsozlikning jadallashuvi va avtomobillar sonining ortishi transport tizimi samaradorligini ta‘minlash bilan bir qatorda, yo‘l harakati xavfsizligiga ham jiddiy e‘tiborni talab qilmoqda. Ayniqsa, chorrhalar avtomobil oqimlari kesishuvchi asosiy nuqtalar sifatida yo‘l-transport hodisalarning (YTH) ko‘p uchraydigan joylaridan biridir. Chorrhada harakat qatnashchilarining ko‘p yo‘nalishli harakati, svetofor va belgilar bilan boshqaruv tizimining murakkabligi sababli xavfli vaziyatlar yuzaga kelishi ehtimoli yuqori bo‘ladi.

O‘zbekistonda yo‘l infratuzilmasini rivojlantirish va xavfsizlikni ta‘minlashga qaratilgan keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilayotganiga qaramay, chorrhalarda sodir bo‘layotgan YTHlarning soni va og‘irlik darajasi hanuzgacha dolzarb masala bo‘lib qolmoqda. Aynan


chorrahalarda harakat xavfsizligini ta‘minlash nafaqat insonlar hayoti va salomatligini muhofaza qilish, balki shahar transport tizimining samaradorligini oshirishda ham muhim rol o‘ynaydi.

### 2. Tadqiqot metodikasi

Yo‘l harakati xavfsizligi – bu yo‘l harakati ishtirokchilarining yo‘l-transport hodisalari (YTH) va ularning oqibatlaridan himoyalanganlik darajasini ifodalaydigan tushuncha. Yo‘l harakati xavfsizligi darajasi bevosita yo‘llardagi intizom va infratuzilmaning rivojlanish darajasiga bog‘liq bo‘lib, aholining harakatlanishdagi xavfsizligini ta‘minlashga qaratilgan chora-tadbirlardan kelib chiqadi[1].

Yo‘l transport hodisasi bu transport vositalarining yo‘lda harakatlanish jarayonida sodir bo‘lgan, fuqarolarning vafot etishi yoki tan jarohati olishlari, transport vositalati,

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0007-4701-2518>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1640-8839>

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0009-0000-6675-855X>





inshoatlar, yuklarning shikastlanishi va boshqa moddiy zarar yetkazish tushuniladi[2].

Yo'l harakati xavfsizligini ta'minlash – bu yo'l-transport hodisalarining (YTH) sabablarini oldini olish va ularning oqibatlarini yengillashtirishga qaratilgan tizimli va doimiy faoliyatdir.

Halokatlilik koeffitsiyenti deb yo'l bo'lakalarning rejada va kesimdagi har xil elementlardagi yo'l transport hodisalarini soni yo'lning etalon qisimdagi hodisalar soniga nisbatiga aytiladi. Chorraha va yo'l birikmalari xavfsizligi va xavfli nuqtalar soni, transport oqimining kesishishi, qo'shilayotgan va ajiralayotgan transport miqdoriga bog'liq ravishda o'zgarishi[2].

Chorrahalaridagi yillar davomida sodir bo'lishi mumkin bo'lgan yo'l transport hodisalar soni quyidagicha aniqlanadi[2]:

$$G = \sum_1^n q_i;$$

bu yerda: n - xavfli nuqtalar soni;

$q_i$  - tekshirilayotgan nuqtalarning xavflilik darajasi.

$$q_i = K_i \cdot M_i \cdot N_i \frac{25}{K_r} \cdot 10^{-7};$$

bu yerda:

$K_i$  - nisbiy halokatlilik tekshirilayotgan ziddiyatli nuqtalardagi kesishayotgan transport oqimi miqdori avt/soat  
 $K_r$  - harakat miqdorining oylar bo'yicha yillik notekislik koeffitsiyenti.  $K_r$ -ning qiymati 1/12 ga teng deb qabul qilinishi mumkin[2].

Chorraha yoki tutashmadagi halokatlilik ko'rsatkichi quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$K_a = \frac{G \cdot K_r \cdot 10^7}{(M+N) \cdot 25};$$

bu yerda:

M va N – asosiy va ikkinchi darajali yo'llardagi transport oqimining harakat miqdori, avt/sut;

25 koeffitsiyenti – bir oyda 25 ish kuni

Tadqiqot obekti sifatida Parkent va Mirzo Ulug'bek shox ko'chalari kesishmasi olingan. Parkent ko'chasining umumiy tasmalar soni 4 ta, piyodalar o'tish joyi bilan jihozlangan, ko'chaning umumiy eni 28 metr, Mirzo Ulug'bek shox ko'chasining umumiy tasmalar soni 4 ta, piyodalar o'tish joyi bilan jihozlangan, ko'chaning umumiy eni 32 metr, tashkil etdi.

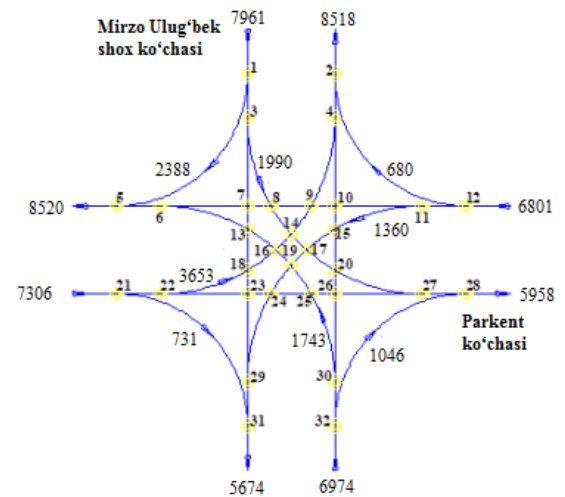
Ushbu yo'nalishda transport vositalari harakati miqdori soatiga o'rta 4 mingta, kundalik transport oqimi o'rta 45 ming dan ortiq. Ma'lumotlar yig'ishda yo'lning geometrik ma'lumotlari (uzunligi, kengligi va yo'laklar soni (polosalari)), piyodalar o'tish joyi, avtobus bekatlari, chorrahada signal vaqtlari va ishlash rejimi hamda boshqa ma'lumotlar o'rganildi. Belgilangan uchastkada transport oqimi va tezligini o'rnatilgan GPS moslamalari yordamida harakati tezligi ma'lumotlari to'planildi. Transport vositalarining maksimal tezligi 67 km/soat, minimal tezligi 20 km/soat va o'rta harakatlanish tezligi esa 35 km/soat tashkil etdi.

Transport vositalari turli tezliklarda harakatlanishi va yo'llardagi yo'laklarning (polosa) o'zgarishi ko'cha yo'llarning o'tkazish qobiliyatiga ta'sir qiladi. Bundan tashqari shahardagi svetoforlar esa o'tkazish qobiliyatini yanada cheklaydi.

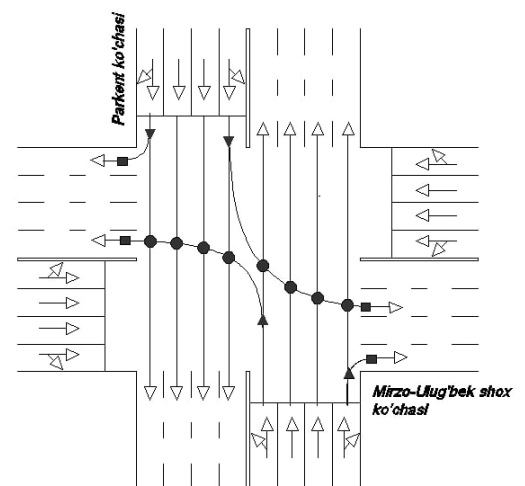


1-rasm. Parkent va Mirzo Ulug'bek shox ko'chalari kesishmasi google xaritada ko'rinishi

Parkent va Mirzo Ulug'bek shox ko'chalari kesishmasida 1 soat davomida kuzatish usuli yordamida transport oqimining harakat miqdori o'rganilganda Mirzo Ulug'bek shox ko'chasidan umumiy 14935 ta, Parkent ko'chasida 14107 ta transport vositasi harakatlandi.



2-rasm. Parkent va Mirzo Ulug'bek shox ko'chalari kesishmalarining transport oqimi



3-rasm. Parkent va Mirzo Ulug'bek shox ko'chalari kesishmalarining sxematik ko'rinishi



1-jadval

Chorrahadagi ziddiyatli nuqtalarining  $k_i$  holatlari uchun nisbiy xavflilik koeffitsientlarining qiymati

No	Harakatlanish shartlari	Avtomobil yo'nalishi	Kesishuv	$k_i$
1	Oqimning qo'shilishi	O'nga burilish	$R < 15 m$	0,025
			$R \geq 15 m$	0,004
		Chapga burilish	$R < 10 m$	0,032
			$10 < R < 25 m$	0,025
2	Oqimning ajralishi	O'nga burilish	$R < 15 m$	0,02
			$R \geq 15 m$	0,006
		Chapga burilish	$R < 10 m$	0,03
			$10 < R < 25 m$	0,004
3	Oqimning kesishishi	Burchak ostida kesishish	$a \leq 30^\circ$	0,008
			$50^\circ \leq a \leq 75^\circ$	0,036
			$90^\circ \leq a \leq 120^\circ$	0,012
			$150^\circ \leq a \leq 180^\circ$	0,035

$$q_1 = 0.025 * 2388 * 5573 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 8.32$$

$$q_2 = 0.004 * 680 * 7840 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 0.53$$

$$q_3 = 0.03 * 3583 * 1990 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 5.34$$

$$q_4 = 0.032 * 3653 * 4187 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 12.2$$

$$q_5 = 0.025 * 2388 * 6558 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 9.78$$

$$q_6 = 0.032 * 1743 * 4815 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 6.71$$

$$q_7 = 0.0056 * 3583 * 4815 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 2.41$$

$$q_8 = 0.021 * 1990 * 4761 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 4.97$$

$$q_9 = 0.021 * 3653 * 4761 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 7.98$$

$$q_{10} = 0.0056 * 4185 * 4761 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 2.79$$

$$q_{11} = 0.03 * 4185 * 3583 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 11.2$$

$$q_{12} = 0.02 * 6121 * 680 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 2.08$$

$$q_{13} = 0.021 * 6121 * 3583 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 11.5$$

$$q_{14} = 0.002 * 1190 * 3653 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 0.59$$

$$q_{15} = 0.021 * 1360 * 4185 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 2.98$$

$$q_{16} = 0.002 * 1743 * 3653 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 0.32$$

$$q_{17} = 0.002 * 1990 * 1360 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 0.13$$

$$q_{18} = 0.021 * 3653 * 3583 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 6.87$$

$$q_{19} = 0.002 * 1743 * 1360 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 0.12$$

$$q_{20} = 0.021 * 1990 * 4185 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 4.37$$

$$q_{21} = 0.02 * 731 * 6575 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 2.4$$

$$q_{22} = 0.03 * 3653 * 2922 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 8$$

$$q_{23} = 0.0056 * 3583 * 2922 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 1.46$$

$$q_{24} = 0.021 * 2922 * 1360 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 2.08$$

$$q_{25} = 0.021 * 2922 * 1743 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 2.67$$

$$q_{26} = 0.0056 * 2922 * 4185 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 1.71$$

$$q_{27} = 0.032 * 2922 * 1990 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 4.65$$

$$q_{28} = 0.025 * 1046 * 4912 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 3.21$$

$$q_{29} = 0.025 * 1360 * 731 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 0.62$$

$$q_{30} = 0.03 * 1743 * 4185 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 5.47$$

$$q_{31} = 0.025 * 731 * 3583 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 1.63$$

$$q_{32} = 0.02 * 1046 * 5928 * \frac{25}{0.1} * 10^{-7} = 3.1$$

$$G = 8,32+0,53+5,34+12,2+9,78+6,71+2,41+4,97+7,98+2,79+11,2+2,08+11,5+0,59+2,98+0,32+0,13+6,87+0,12+4,37+2,4+8+1,46+2,08+2,67+1,71+4,65+3,21+0,62+5,47+1,63+3,1=138,19$$

$$K_a = \frac{138.19 * 10^{-7} * 0.1}{29042 * 25} = 19.03$$

### 3. Xulosa

Xulosa qilib aytish mumkinki, Parkent va Mirzo Ulug'bek shox ko'chalari kesishmada transport oqimlarining barcha mumkin bo'lgan yo'nalishlarini va transport oqimini hisobga olgan holda chorrahaning harakat xavfsizligini baholaganda xavflilik darajasi 19,03 ni tashkil qildi. Shundan kelib chiqadiki, bu chorrahada juda xavfli hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotda Parkent va Mirzo Ulug'bek shox ko'chalari kesishmalaridagi harakat xavfsizligi holati batafsil o'rganildi. Tahlil natijalariga ko'ra, ushbu chorralarda yo'l harakati xavfsizligiga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi omillar aniqlanib, ularning asosiy sifati yuqori harakat zichligi, svetofor va yo'l belgilarining yetarlicha samarador ishlamasligi hamda qatnashchilar intizomining pastligi ko'rsatib o'tildi.

Tadqiqot jarayonida yo'l-transport hodisalari statistikasi tahlil qilinib, asosiy xavf tug'diruvchi nuqtalar va hodisalarning sabablarini aniqlashga urg'u berildi. Harakat



xavfsizligini yaxshilash maqsadida yo‘l infratuzilmasini optimallashtirish, svetoforlar ishlash rejimini qayta ko‘rib chiqish va innovatsion boshqaruv texnologiyalarini joriy etish bo‘yicha amaliy takliflar ishlab chiqildi.

## Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения.— М.: Транспорт, 1982.— с. 110.

[2] Клинковштейн, Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения. [Электронный ресурс].— Режим доступа: URL: [http://gendocs.ru/v33022/клинковштейн\\_г.и.\\_организация\\_дорожного\\_движения?page=14](http://gendocs.ru/v33022/клинковштейн_г.и._организация_дорожного_движения?page=14) (дата обращения: 15 декабря 2014).

[3] Конфликтные точки [Электронный ресурс].— Режим доступа: URL: <http://lektsiopedia.org/lek-9910.html> (дата обращения: 15 декабря 2014).

[4] Ф3 от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения» [Электронный ресурс].— Режим доступа: URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=156600> (дата обращения: 15 декабря 2014).

[5] Kutlimuratov K, Khakimov Sh, Mukhitdinov A, Samatov R 2021 Modelling traffic flow emissions at

signalized intersection with PTV vissim E3S Web of Conferences 264 02051.

[6] Treiber M., and Kesting A. (2013). Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-642-32460-4,

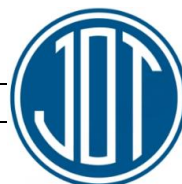
[7] Haight F. A., (2012). Mathematical Theories of Traffic Flow, Academic Press, ISBN-13: 978-0124110052.

## Mualliflar to‘g‘risida ma‘lumot/ Information about the authors

Samatov Toshkent davlat transport universiteti  
Rustam / “Transport intellektual tizimlari  
Rustam muhandisligi” kafedrası PhD dotsent  
Samatov E-mail:  
samatovrustam5005@gmail.com  
Tel.: +998997965005  
<https://orcid.org/0009-0007-4701-2518>

Raxmonov Toshkent davlat transport universiteti  
Azimjon / doktaranti  
Azimjon E-mail: tursunovnodir7069@gmail.com  
Rakhmonov Tel.: +998912407697  
<https://orcid.org/0009-0000-6675-855X>

Tursunov Toshkent davlat transport universiteti  
Nodir / doktaranti  
Nodir E-mail: tursunovnodir7069@gmail.com  
Tursunov Tel.: +998912407697  
<https://orcid.org/0009-0000-6675-855X>



# Assessment of the socio-economic potential of the region and its level of competitiveness

D.A. Karimov<sup>1</sup> <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Institute for Macroeconomic and Regional Studies, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** The article presents a scientific analysis aimed at assessing the socio-economic potential of the region and its level of competitiveness, using the example of the Surkhandarya region. The analysis covers the main structural components of competitiveness, the region's role in interregional labor division, trends in changes in the economic structure, and the competitiveness levels of various regions. Based on these analyses, scientific and practical recommendations for the development of the regional economy have been formulated.

**Keywords:** Surkhandarya, regional economy, competitiveness, regional potential, labor division, structural changes

## Mintaqaning ijtimoiy-iqtisodiy salohiyati va raqobatbardoshlik darajasini baholash

Karimov D.A.<sup>1</sup> <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Makroiqtisodiy va hududiy tadqiqotlar instituti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Maqolada mintaqaning ijtimoiy-iqtisodiy salohiyati va raqobatbardoshlik darajasini baholash maqsadida Surxondaryo viloyati misolida ilmiy raqobatbardoshligining asosiy tarkibiy tuzilishi, hududlararo mehnat taqsimotidagi o'zgarish, iqtisodiyot tarkibining o'zgarish tendensiyalari, mintaqalarin raqobatbardoshlik darajasi ilmiy jihatdan tahlil etilgan. Mazkur tahlillar natijasida mintaqqa iqtisodiyotini rivojlantirish bo'yicha ilmiy va amaliy takliflar ishlab chiqilgan.

**Kalit so'zlar:** Surxondaryo, mintaqqa iqtisodiyoti, raqobatbardoshlik, mintaqqa salohiyati, mehnat taqsimoti, tarkibiy o'zgarish

### 1. Kirish

O'zbekistonda hududlarni mutanosib rivojlantirish barqaror iqtisodiy o'sishni ta'minlash muhim ustuvor yo'nalishlar qatoriga kiritilgan bo'lib, Yangi O'zbekistonning 2022-2026-yillarga mo'ljallangan taraqqiyot strategiyasida "hududiy iqtisodiyotni 1,4-1,6 barobarga oshirish" maqsadli ko'rsatkich sifatida belgilangan[1].

Mustaqillik yillarida, ayniqsa oxirgi 2015-2022-yillarda mintaqalarni mutanosib rivojlantirishga alohida e'tibor qaratilgan holda, mamlakatda o'ziga xos milliy mintaqaviy siyosatni amalga oshirish yo'lga qo'yildi. Buni mintaqalarda rivojlanishning turli samarali shakllariga e'tibor qaratildi. Ular joylarda tashkil etilgan erkin iqtisodiy zonalar, farmatsevtika zonalar, kichik sanoat zonalar, yoshlar zonalar, tadbirkorlar zonalar, tarmoqlar va sohalar bo'yicha klasterlar, innovatsion markazlar va hududar, texnoparklar, aqlli xudud, shahar kabilar bilan asoslash mumkin.

#### Adabiyotlar tahlili

Mintaqqa iqtisodiyoti masalasida bir qator xorijlik iqtisodchi Armstrong, J.Taylor[2], M. Edgar, G. Frank[3], V.I. Butov, V.G.Ignatov, N.P.Ketova[4], G. P. Ermoshina, V. J. Pozdnjakov[5], G. G Fetisov., V. P Oreshin[6] kabi olimlar ilmiy izlanishlar olib borishgan.

Shuningdek, mahalliy olimlardan I.S. Abdullayev[7], T.M. Axmedov[8], A.Qadirov, M. Askarova[9], A.M.

Sadiqov[10], B.T, Salimovlar[11] ham mazkur mavzuda ilmiy tadqiqotlar olib borishgan.

### 2. Tadqiqot metodologiyasi

Mintaqaning ijtimoiy-iqtisodiy salohiyati va raqobatbardoshlik darajasini baholash uchun mazkur tadqiqot ishida reyting, nisbiy ustunlik, taqqoslash, kuzatish, statistik usullaridan foydalanilgan.

Shu bilan birgalikda, mintaqaning ijtimoiy-iqtisodiy salohiyati va raqobatbardoshlik darajasini baholash orqali mintaqaning barqaror rivojlantirish bo'yicha ilmiy tadqiqot olib borish bugungi kundagi muhim ahamiyat kasb etadi.

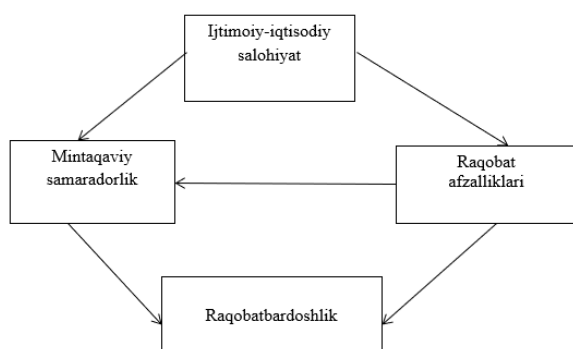
### 3. Tahlil va natijalar

Mintaqqa iqtisodiyotining raqobatbardoshligi asosan hozirda shakllangan ijtimoiy-iqtisodiy salohiyat darajasi, mavjud raqobat afzalliklardan samarali foydalanish va mintaqqa iqtisodiyotining samaradorligini tashkil etadi. (1-rasm).

<sup>a</sup>  <https://orcid.org/0009-0001-9588-8916>







**1-rasm. Mintaqa raqobatbardoshligining asosiy tarkibiy tuzilishi<sup>1</sup>**

Mazkur tadqiqot ishida Mintaqaning ijtimoiy-iqtisodiy salohiyati va raqobatbardoshlik darajasini baholash Surxondaryo viloyati misolida amalga oshirildi.

2017-2023-yillarda erishilgan natijalarning tahlili shuni ko'rsatmoqdaki Surxondaryo viloyatida barcha ko'rsatkichlar bo'yicha salbiy siljish yuz berganini ko'rish mumkin (1-jadval).

**1-jadval**

**Surxondaryo viloyatining hududlararo mehnat taqsimotidagi o'rni (aholi jon boshiga)<sup>2</sup>**

№	Ko'rsatkichlar	2017y.	2023y.	O'zgarish
1	Yalpi hududiy mahsulot	13	14	-1
2	Sanoat ishlab chiqarish	14	14	-

**Surxondaryo viloyati iqtisodiyoti tarkibining o'zgarish tendensiyalari (foiz)<sup>3</sup>**

№	Ko'rsatkichlar	2017y.	2018y.	2019y.	2020y.	2021y.	2022y.	2023y. o'zgarish
1	Yalpi xududiy mahsulot	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	uning tarkibi:							
2	Qishloq va o'rmon xo'jaligi	40,3	40,№	39,9	39,5	39,2	39,3	-1,0
3	Sanoat va qurilish	15,9	16,0	16,1	16,3	16,4	16,2	+0,3
4	Xizmatlar	43,8	43,7	43,0	44,2	44,4	44,5	+1,7

Oxirgi 6 yilda viloyat iqtisodiyoti tarkibida deyarli o'zgarishlar ro'y bermagan. Iqtisodiyot tarmoqlari orasida qishloq xo'jaligining o'rni yuqori bo'lib, mamlakat miqyosida ixtisoslashuv jihatidan agrar hududlar qatoriga kiradi (yalpi hududiy mahsulotda qishloq xo'jaligi ulushi eng yuqori bo'lib, hududlararo taqqoslashda viloyat birinchi o'rinni egallaydi). Alohida qishloq xo'jaligi mahsulotlari yetishtirishda 2023-yil natijalariga ko'ra viloyat kartoshka (11,0 foiz), savzavotlar (10,0 foiz), mevalar (7,0 foiz), bug'doy (9,0 foiz), go'sht (8,0 foiz), sut (8,2 foiz) bo'yicha nisbatan mamlakatdagi ulushi yuqori bo'lgan. Ushbu holat qishloq xo'jaligining ayrim mahsulotlarini ishlab chiqarishda o'ziga xos afzalliklar mavjudligini ko'rsatadi.

Qishloq xo'jaligi va sanoat tarmoqlarida mahsulotlarning raqobatbardoshligi va nisbiy afzalliklarini viloyatning eksport salohiyati orqali umumiy baholash mumkin. 2017-2023-yillarda viloyat eksport xajmi 1,5 barobar ko'paygan. Ushbu davrda sanoat mahsulotlari

3	Qishloq xo'jaligi	7	8	-1
4	Xizmatlar	14	14	-
5	Investitsiyalar	6	13	-7
6	Chakana savdo aylanmasi	6	7	-1
7	Iste'mol tovarlari ishlab chiqarish	14	14	-1

Jumladan, YAXM indeksi 0,550 dan 0,504 ga, sanoat 0,198 dan 0,170 ga, qishloq xo'jaligi 1,183 dan 0,988 ga tushishi mintaqada samaradorlik past ekanligini ko'rsatmoqda. Ijtimoiy-iqtisodiy salohiyatning bunday shakllanishi o'z navbatida viloyatni hududlararo taqqoslashdagi o'rni yanada past darajaga tushib ketishiga sabab bo'lgan.

Viloyat hududlararo taqqoslanganda qishloq xo'jaligi va chakana savdo bo'yicha nisbatan o'rtacha o'rin bilan kifoyalanib qolmoqda. Ayniqsa investitsion faollik, yalpi hududiy mahsulot, qishloq xo'jaligi, ijtimoiy sohalarida o'z mavqegining tushib ketishi, ijtimoiy-iqtisodiy salohiyat darajasi juda past ekanligini ko'rsatmoqda.

Bu o'z navbatida viloyat iqtisodiyotini samaradorligi mavjud nisbiy afzallikdan foydalanishda mummolar borligini ko'rsatmoqda. Xozirda viloyat asosan iqtisodiyot tarmoqlari orasida qishloq xo'jaligi sohasida salohiyatni mavjudligi bilan hududlararo taqsimotda ma'lum mavqega ega xolos. Ushbu xulosani viloyatning iqtisodiy tarkibini shakllanishida ham ko'rish mumkin (2-jadval).

**2-jadval**

eksportining jami eksportdagi ulushi 34,0 foizdan 40,0 foizga yetgan va xajmi 17,0 foizga oshgan. Ayniqsa meva-sabzavot eksportini deyarli 3,0-marta oshganini alohida ta'kidlash kerak, ushbu mahsulotlarni yetishtirishda sifatida va bahosida nisbiy afzallik borligini ko'rsatmoqda.

Asosan mahsulotlar Qozog'iston (24,0 foiz), Xitoy (18,6 foiz), Pokiston (18,3 foiz), Afg'oniston (12,4 foiz), Rossiyaga (12,0 foiz) eksport qilingan. Bu o'rinda qo'shni chegaradosh bo'lgan Tojikiston va Turkmanistonni eksportdagi ulushini nisbatan pastligini, shuningdek eksport va import xajmlari o'rtasidagi nisbat import foydasiga to'g'ri kelayotganligini ijobiy holat deb bo'lmaydi.

Viloyat eksport salohiyati tarkibida ma'lum o'zgarishlar yuz berayotganligi qayd qilish lozim. Eksport tarkibida meva-sabzavotlarning o'rni yuqori bo'lib (59,0 foiz), uning ulushini kamayishini salbiy holat sifatida qash mumkin. Chunki viloyatning asosiy ixtisoslashuvi tabiiy-salohiyatdan kelib chiqqan holda hozirda va kelajakda meva-sabzavotlar

<sup>1</sup> Manba: Muallif tomonidan ishlab chiqilgan

<sup>2</sup> Manba: Davlat statistika ko'mitasi ma'lumotlari asosida hisoblangan

<sup>3</sup> Manba: Davlat statistika ma'lumotlari asosida hisoblangan



eksportining o'zni yuqori bo'lib qolishi obyektiv holat bo'lib, mavjud raqobat afzalliklariga asoslanadi. To'qimachilik sohasining o'zni eksportda keskin oshganligini ijobiy holat sifatida ko'rish mumkin. Oxirgi yillarda qurilish sanoati mahsulotlarini eksport qilish bo'yicha dastlabki qadamlar qo'yilgan. Ularni kengaytirish imkoniyatlari va afzalliklari to'liq ishga tushirilmagan.

Jahon tajribasida keng qo'llaniladigan "Pattern" ushbu uchta yo'nalish bo'yicha ko'rsatkichlar tizimidan foydalangan holda amalga oshiriladi.

Ushbu usulni O'zbekiston mintaqalarini raqobatbardoshlik darajasini aniqlashda 2022-yil axborot bazasidan foydalangan holda hisoblangan (3-jadval).

3-jadval

O'zbekiston mintqalarinin raqobatbardoshlik darajasi (Pattern uslubi)[12]

Raqobatbardoshlik darajasi bo'yicha guruhlar	mintaqalar	Iqtisodiy salohiyat indeksi	Mintaqaviy samaradorlik indeksi	Raqobat afzalliklari indeksi	Raqobatbardoshlikning umumiy indeksi
I guruh-nisbatan yuqori daraja	Toshkent shahri	0,842	0,790	0,822	0,818
	Navoiy viloyati	0,921	0,780	0,604	0,768
	Toshkent viloyati	0,654	0,672	0,610	0,645
	Buxoro viloyati	0,603	0,681	0,593	0,625
II guruh-o'rtacha daraja	Samarqand viloyati	0,452	0,610	0,571	0,544
	Andijon viloyati	0,515	0,604	0,474	0,531
	Jizzax viloyati	0,516	0,512	0,502	0,510
	Sirdaryo viloyati	0,536	0,503	0,451	0,497
	Xorazm viloyati	0,480	0,555	0,410	0,481
III guruh-past daraja	Farg'ona viloyati	0,371	0,501	0,452	0,441
	Qashqadaryo viloyati	0,392	0,490	0,417	0,433
	Qoraqalpog'iston viloyati	0,401	0,468	0,375	0,415
	Namangan viloyati	0,320	0,464	0,393	0,392
	Surxondaryo viloyati	0,292	0,315	0,305	0,304

Birinchi yo'nalishdagi iqtisodiy salohiyat indeksi mehnat resurslari, bandlik, asosiy fondlar, yer maydoni, mahalliy byudjet, investitsiyalar, yalpi hududiy mahsulot ko'rsatkichlari asosida aniqlangan. Surxondaryo viloyati III - raqobatbardoshlik darajasi past bo'lgan, eng oxirgi o'rinni egallagan mintaqalar qatoriga kirgan. Iqtisodiy salohiyat oxirgi o'rinni egallashi yuqorida tahlil qilingan yalpi xududiy mahsulot, sanoat va qishloq xo'jaligining ixtisoslashuvi, shuningdek tashqi iqtisodiy aloqalar orqali ham tasdiqlangan.

Mintaqaviy samaradorlik indeksi mehnat unumdorligi, aholi jon boshiga to'g'ri keladigan yalpi hududiy mahsulot, sanoat mahsulotlari, ish haqi miqdori kabi ko'rsatkichlar orqali hisoblangan. Surxondaryo bo'yicha samaradorlik indeksi (0,315) boshqa mamlakat xududlari bilan solishtirilgan holda eng past natijani bergan.

Umuman iqtisodiy salohiyat va iqtisodiy samaradorlik bo'yicha viloyatni keskin orqada qolayotganligi uchun bu yo'nalishlarda amalga oshirilishi kerak bo'lgan murakkab va ma'lum muddatni talab qiladigan chora-tadbirlar ishlab chiqish zarur bo'ladi.

Surxondaryo viloyatini raqobat afzalliklari bo'yicha mamlakatda oxirgi o'rinni egallashda ma'lum e'tirozlar mavjud. Birinchidan hisoblashda foydalanilgan ko'rsatkichlar tizimi (bir kishiga to'g'ri keladigan asosiy fondar, investitsiyalar, temir va avtomobil yo'llari uzunligi) mintaqaviy afzalliklarni to'liq ifoda etmaydi. Ikkinchidan, nisbiy afzallikni tashkil qiluvchi asosiy transport-geografik

joylashuv, agroiklim salohiyati, mineral xom ashyo resurslari va boshqalar e'tiborga olinmaganligini ko'rsatish mumkin.

Shu sababli viloyatni tabiiy-iqtisodiy resurslar raqobat afzalliklarini hisoblashni qaytadan ko'rib chiqish, uni yangi ko'rsatkichlar bilan boyitgan holda indeksni aniqlash taklif etiladi.

Reyting usuliga muvofiq mintaqalar uchta alohida yo'nalish, ya'ni omillar asosida raqobat salohiyati, olingan natijalar asosida raqobat salohiyati va raqobatbardoshlik darajasi hisoblanadi[13].

Omillar bo'yicha aniqlangan raqobat salohiyati reytingi moliyaviy, tabiiy xom ashyo, ijtimoiy, ta'lim, innovatsiya, infratuzlma, biznes muhitining hozirgi holatini baholovchi ko'rsatkichlar tizimi orqali ularning umumiy o'rni topiladi[14].

Hisoblarga ko'ra Surxondaryo viloyati oxirgi besh yilda omil bo'yicha raqobat salohiyati reytingida egallagan xozirgi (14-o'rin) o'rnida o'zgarishlar bo'lmagan. Natijaviy raqobat salohiyat reytingi inson kamoloti indeksi iqtisodiy faollik indeksi, texnologik daraja indeksi orqali aniqlangan. Ushbu reytingga ko'ra viloyat 11 o'rindan 14 o'ringa tushib ketib, eng yomon natija ko'rsatgan.

Mintaqalarni raqobatbardoshlik darajasi indeksi bo'yicha o'zgina bo'lsa ham viloyatda salbiy siljish yuz berganini ko'rish mumkin. Agarda viloyat 2016-yilda 12 o'rinda bo'lgan bo'lsa, 2020-yilda 13 o'rinni egallagan.

4-jadval

O'zbekiston Respublikasi mintaqalarining raqobatbardoshlik va raqobat salohiyatini baholash reyting usuli[15]

Mintaqalar	Raqobat salohiyati (omilli)				Raqobat salohiyati (natijaviy)				Raqobatbardoshlik					
	2006	2011	2012	2014	2006	2011	2012	2014	2006	2011	2012	2014	2020	
Qoraqalpog'iston Resp.	13	13	13	12	11	13	14	14	14	9	11	12	12	14



Viloyatlar:															
Andijon	9	9	10	13	13	3	3	4	4	6	3	3	2	2	4
Buxoro	11	8	8	10	7	14	6	8	7	5	7	7	7	6	6
Jizzax	8	12	11	6	6	8	9	11	10	11	6	11	13	8	8
Qashqadaryo	12	7	5	7	8	5	4	5	5	4	4	5	3	5	5
Navoiy	4	3	3	3	3	1	2	2	2	1	2	2	4	3	2
Namangan	10	11	12	9	10	12	11	9	11	10	14	9	10	14	7
Samarqand	7	10	9	8	9	9	8	6	8	8	8	8	8	9	10
Surxondaryo	14	14	14	14	14	11	12	12	13	14	12	14	14	11	13
Surdaryo	3	4	5	5	4	7	7	10	9	7	10	13	9	7	11
Toshkent vil.	2	2	2	2	2	4	5	3	3	3	5	4	5	4	3
Farg'ona	5	5	4	4	5	6	13	13	6	12	9	6	6	10	9
Xorazm	6	6	11	11	12	10	10	7	12	13	13	10	11	13	12
Toshkent sh.	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1

Reyting uslubi orqali mintaqa raqobatbardoshligini aniqlash ma'lum ilmiy ahamiyatga ega bo'lgan holda, uni amaliyotda qo'llash murakkab jarayondir. Ayniqsa tumanlar va shaharlar kesimida raqobatbardoshlikni aniqlashda ahborot bazasining yetishmasligi tufayli bir qator muammolarni keltirib chiqaradi[16].

Shuningdek, ushbu uslubda raqobat afzalliklariga to'la e'tibor berilmagan. Faqat tabiiy xom ashyo mineral resurslar bilan ta'minlanganligi bilan kifoyalaniq qolingan. Bir qator tabiiy-iqtisodiy afzalliklar (transport-geografik joylashuv, iqlim, yer va suv salohiyati va boshqalar) reytingini hisoblaganda to'liq foydalanilmagan.

Yuqoridagi tahlillardan kelib chiqqan holda viloyat ijtimoiy-iqtisodiy salohiyati, uning mintaqalararo ixtisoslashuvdagi, tashqi iqtisodiy aloqalarning hozirgi holati past darajada ekanligi raqobatbardoshlikni aniqlashni turli usullaridan raqobat afzalliklari to'liq aks ettirilmaganligi aniqlangan.

Xozirda birinchi navbatdagi chora-tadbirlar avvalambor mavjud ijtimoiy-iqtisodiy salohiyatni yanada yuqori darajaga ko'tarishda ustuvorlik mavjud nisbiy afzalliklarda samarali foydalanishga qaratilishi maqsadga muvofiq bo'ladi deb o'ylaymiz.

Bir qator xorij olimlari va mutaxassislarining fikriga qo'shilgan holda qolqoq mintaqalar jumladan, Surxondaryo viloyatini raqobatbardoshlik darajasi avvalam bor uning tabiiy resurslar va geografik joylashuv afzalliklaridan samarali foydalanishga bog'liqligini aytib o'tishimiz lozim.

Viloyatni mamlakatning boshqa hududlardan farqligi va o'ziga xosligi, jumladan, afzalliklari uning transport-geografik joylashuvi, agroiklim sharoiti, qishloq xo'jaligi va

yer-suv resurslarining salohiyati, mineral xom ashyo bazasi, mavjud turizm va mehnat resurslaridan iborat.

Surxondaryo viloyati o'zining transport geografik joylashuvi bilan mamlakatimizda eng janubiy hudud sifatida bir qator xususiyatlari bilan ajralib turadi. Birinchidan, boshqa mintaqalarning uzoqda joylashuvi aholi va iqtisodiyot uchun kerakli bo'lgan tovarlarni olib kirishda va import qilishda transport xarajatlarini ko'payishiga olib keladi. Viloyatda bu holat mahalliy lashtirish dasturiga boshqa hududlarga qaraganda ustuvor yo'nalish sifatida qaralishi lozimligini ko'rsatadi. Hisob-kitoblarga ko'ra eng yaqin hudud bo'lgan Qashqadaryo viloyati poytaxti Qarshi shahri va Termiz shahri o'rtasidagi masofa 202 km tashkil qiladi. Mos ravishda ushbu masofa Andijon shahrigacha 1092 km, Farg'ona shahrigacha 1094 km, Namangan shahrigacha 1001 km, Nukusgacha 1010 km, Urgenchgacha 900 km, Gulistongacha 891 km, Toshkentgacha 709 km ga teng. Surxondaryo viloyatiga tovarlarni boshqa viloyatlardan olib borishda hisoblarga ko'ra transport xarajatlari 1,5 dan 3,0 barobar yuqori bo'lishini ko'rish mumkin.

Ikkinchi tomondan viloyatni transport geografik joylashuvining o'ziga xos afzalliklari ham mavjud. Bu viloyat mamlakat hududlari orasida yagona uchta qo'shni davlatlar bilan chegaradosh (Afg'oniston, Tojikiston va Turmaniston). Ushbu holat avvalambor eksport salohiyatini oshirishda muhim omil bo'lib xizmat qiladi, mahsulotlarni raqobatbardoshligiga transport xarajatlarni kamayishi hisobiga erishiladi. Xozirda bunday afzallikdan samarali foydalanilmayapti (5-jadval).

#### 5-jadval

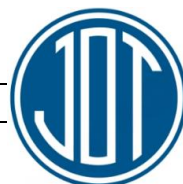
Surxondaryo viloyatini qo'shni davlatlar bilan tashqi-iqtisodiy aloqalari (mln.doll)<sup>4</sup>

№	Qo'shni davlatlar	2020y.		2021y.		2022y.	
		eksport	import	eksport	import	eksport	import
1	Tojikiston	3325,3	8084,5	1379,4	5013,8	2010,0	6015,0
2	Turkmaniston	0,0	1048,1	0,0	1423,6	0,0	1401,0
3	Afgoniston	36611,8	169,5	17966,1	518,4	250,4	150,2

Mavjud salohiyatga qaramasdan qo'shni davlatlar bilan viloyat o'rtasidagi tovar ayirboshlash salbiy dinamikaga ega.

Asosiy hamkor sifatida Tojikistonni ko'rish mumkin. Turkmanistonga deyarli eksportni yo'qligini ham aytib

<sup>4</sup> Manba: Statistika agentligi ma'lumotlari asosida xisoblangan



o'tish lozim. Xozirda viloyatda qo'shni davlatlarga eksport qilinayotgan tovarlar tarkibi turlicha bo'lib, ularning hajmi ham yuqori darajada emas (5-jadval va 6-jadval).

6-jadval

**Surxondaryo viloyatidan Tojikiston davlatiga qilingan eksport tovarlari<sup>5</sup>**

t/r	Tovar nomi	Og'irligi (tn)	Qiymati(ming AQSH dollarida)
1	Ko'chatlar	153	28
2	Bug'doy	103	44
3	Donli chiqindilar	93	46
4	Plastmassa mahsulotlar	81	36
5	Pomidorlar	67	53
6	Urug'lik (zira, zigir, kungoboqar, paxta va boshqalar)	66	73
7	Toshlarni qaya ishlovchi uskunalari	59	45
8	Kunjara	49	18
9	Sabzi	48	6
10	Gips mahsulotlari	45	7
11	Plenka	43	109
12	Yog'och plitalari (MDF)	42	12
13	Yong'oqlar	26	27
14	Uzum	23	10
15	Tuxumlar	21	116
16	Sut mahsulotlari	18	55
17	Qora metallar (quvurlar, profillar, armatura. Relslar, mixlar va x.k)	18	7
18	Gilam, palaslar	16	17

7-jadval

**Surxondaryo viloyatidan Afg'oniston davlatiga qilingan eksport tovarlari<sup>6</sup>**

t/r	Tovar nomi	Og'irligi (tn)	Qiymati(ming AQSH dollarida)
1	Loviya	51 292	71997
2	Un	30608	8 389
3	Konservlangan sabzavotlar	3 519	2 449
4	Kartoshka	3 448	443
5	Piyoz	2 605	299
6	Yong'oqlar	2 401	2 512
7	Mosh	2 318	2 547
8	Paxta ip kalavasi	1 256	3 496
9	Urug'lik (zira, zig'ir, kungaboqar va boshqalar)	939	882
10	Ehtiyot qismlar	795	266
11	Kungaboqar yog'i	649	706
12	Uzum	639	868

<sup>5</sup> Manba: Statistika agentligi ma'lumotlari asosida hisoblangan

13	Etilen	594	571
14	Margarin	443	926
15	Uy qushlari	386	296
16	Jun va junli mahsulotlar (matolar)	309	28
17	Tuxumlar	267	226
18	Osh tuzi	256	9
19	Keramik idishlar	212	88
20	Qalampir	142	115
21	Sovun	118	69
22	Zamazkalar, shpatlevkalar	113	11
23	Bug'doy	100	22

Tojikistonga eksport tovarlar orasida asosan qishloq ho'jaligi mahsulotlari keng o'rin egallagan. Bular bug'doy, ko'chatlar, pomidor, kunjara, sabzi, yong'och, uzum, tuxum, sut mahsulotlari va boshqalar. Shuningdek, oxirgi yillarda plyonka, yog'och plitalari, gilamlar kabi mahsulotlarni eksport qilish boshlangan.

Afg'oniston bilan tovarayirboshlash 2022-yildan boshlab, u yerdagi vaziyatni o'zgarishi tufayli keskin kamaygan. Asosiy eksport tovarlarga loviya, un, kartoshka, piyoz, mosh, yong'och, paxta ip kalavasi, qalampir, sovun, osh tuzi va boshqalarni ko'rsatish mumkin. Oxirgi yillarda Turkmanistonga ham eksport qilish oz bo'lsada amalga oshirilmoqda. Tovarlar kesimida paxta kalavasi, turli asboblari bor. Eksport xajmi 0,7 mln.dollar atrofida.

Afg'oniston bilan hamkorlik na faqat viloyat, balki mamlakat va halqaro darajada muhim ahamiyat kasb etadi. Surxondaryo viloyati ushbu hamkorlikni tashkil qilish va kengaytirishda o'ziga xos transport-tranzit-logistika markazi bo'lishi uchun barcha imkoniyatlar bor. Ushbu raqobat afzalliklaridan samarali foydalanish uchun Afg'onistondagi vaziyatni tezroq barqarorlashuvi lozim.

Viloyatni yirik transport logistika markazi bo'lishi uchun yana bir katta imkoniyat ochilishi arafasida turibmiz. Import qilingan tovarlar ichida Afg'onistondan sitrus mahsulotlari va ayrim mevalar, Turkmanistondan sement, benzin, oyna, karbamid, neft, Tojikistondan sement, sitruslar, alyuminiy, ko'mir, olma, keramik plitalarni ko'rsatish mumkin. Lekin ushbu import mahsulotlari ehtiyojga qarab o'zgarib turadi.

O'zbekiston Prezidenti tashabbusi bilan taklif etilayotgan Termez-Mozori-Sharif-Qobul-Peshavor-Karachi temir yo'li qurilishi loyihasini amalga oshirish bo'yicha ma'lum ishlar olib borilmoqda. Temir yo'l uzunligi 600 km bo'lgan ushbu loyiha tovarlarni tashishni 35 kundan 3-5 kunga qisqartiradi. Konteynerlarni Toshkentdan Qarachi portigacha tashish xarajatlari 1,4-1,6 ming dollarni tashkil etadi. Ma'lumot uchun Eron porti Bandar-Abbos orqali yuklarni tashish 2-3 ming dollarga tushmoqda (1 ta konteyner uchun). Loyiha qiymati 4,8 mlrd.doll bo'lib, xozirda investorlarni jalb qilish jarayoni boshlangan.

Umuman viloyat transport geografik joylashuvi, tranzit salohiyati tashki iqtisodiy aloqalarni yanada kengaytirish, raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarishni tashkil qilish, mamlakatning boshqa hududlari tadbirkorlarini qo'shni davlatlar bilan kooperatsion aloqa va esport-import operatsiyalarini yanada oshirishda o'ziga xos nisbiy afzalliklarga ega.

<sup>6</sup> Manba: statistika agentligi ma'lumotlari asosida hisoblangan





Surxondaryo viloyatining o'ziga xos afzalliklariga agroiqlim sharoitini ham ko'rsatish mumkin. Viloyat 4 ta agroiqlim zonasiga bo'linadi (Denau, Boysun, Bobotog', Surxon-Sherobod).

Denau zonasi Guzar tog'lari janubiy qisimda joylashgan bo'lib Tojikiston Respublikasi va Qashqadaryo viloyati bilan chegaradosh. Termik resurslar bo'yicha issiq zona bo'lib, 10°S dan yuqori temperaturalar yig'indisi 5000°S tashkil qiladi. Qishi yumshoq, yozi issiq (absolyut sovuq - 25°S, absolyut issik 47°S). Boy termik resurslar ushbu zonada subtropik o'simliklar o'stirish imkonini beradi. Bu yerda xurmoning 40 ta, anorning 90 ta turi va yong'oq yetishtiriladi. Mavjud agroiqlim yuqori xosildorlikka ega shakarqamish o'stirish uchun qulay.

Surxon-Sherobod zonasi Surxondaryo va Sherobod vodiylarida joylashgan. Yuqori termik resurslarga ega (5200-6000°S). Qishi nisbatan issiq, sovuq bo'lmagan kunlar 240-270 kun atrofida, absolyut temperatura -23°S va-25°S. Yozi juda issiq (absolyut ko'rsatkich 48-50°S). Mavjud termik resurslar ushbu zonada ingichka tolali paxta, bog'dorchilik, uzumchilik, subtropik mahsulotlar yetishtirish uchun qulay imkoniyatlarga ega.

Bobotog' zonasi viloyatning sharqida joylashgan, asosan tog' oldi yaylovlari mavjud bo'lib chorvachilikni rivojlantirishga mo'ljallangan.

Boysun agroiqlim zonasi Janubiy sharda Boysuntau tog' yon bag'rida joylashgan. Termik resurslar 4600-5100°S. Qish yumshoq, sovuqsiz muddat 220-240 kun, yoz issiq va quruq. Temperatura maksimum 43-49°S. Past tog' yon bag'rida ingichka tolali paxta, ipakchilik, uzumchilik, bog'dorchilik uchun qulay sharoit shakllangan.

Umuman Surxondaryo viloyatining agroiqlimi, jumladan, termik resurslari O'zbekistonning boshqa xududlariga nisbatan subtropik mahsulotlar - anor, xurmo, anjir, shakarqamish va boshqalarni yetishtirishda o'z afzalliklariga ega. Shuningdek, termik resurslar yil davomida sabzavot, jumladan erta navlari, mevalar yetishtirishda ham ma'lum raqobat ustunliklari mavjud. Yana bir o'ziga xos afzallik maysa va ozuqa ko'katlaridan yil davomida o'rtacha 4-6-marta hosil olish mumkin. Iqlim sharoiti sug'oriladigan yerlardan 3-4-marta sabzavot va mevalar yetishtirish imkonini beradi.

#### 4. Xulosa va takliflar

Mazkur tadqiqoti natijalariga ko'ra qo'yidagi xulosalarga kelindi.

1. Transport geografik joylashuvining afzalliklari avvalambor viloyatni tashqi iqtisodiy aloqalarini kengaytirish salohiyati (uchta xorij davlatlar bilan chegaradoshligi), eksport xarajatlarini nisbatan kamligi, global miqyosda Afg'oniston bilan hamkorlikni yo'lga qo'yish, dunyo okeanlariga chiqish bo'yicha transport koridorlarini tashkil qilishdagi o'rni va boshqalar. Shuningdek, ikkinchi tomondan viloyatni mamlakatning asosiy markazlaridan yiroqda joylashuvi ma'lum muammolarni keltirib chiqarishi va asosiy e'tiborni mahalliy lashtirishga qaratishni talab etadi.

2. Mavjud turizm salohiyatini xalqaro ahamiyatga ega ekanligi, ulardan oqilona foydalanish eng dolzarb bo'lib, xalqaro musulmonlar turizmini tashkil etish (Imom At Termiziy maqbarasi) o'ziga xos raqobat afzalliklariga ega ekanligini ko'rsatadi.

3. Arzon ishchi kuchi ham ma'lum darajada ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish omili bo'lib xizmat qiladi. Bunda asosiy e'tibor mahalliy yoshlarni ta'lim va mahorat darajalarini oshirishga urg'u karatilishi lozim.

4. Raqobat afzalliklari orasida viloyatda yillar davomida shakllangan agroiqlim sharoiti muhim o'rinni egallaydi. Ushbu omil oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashda, o'ziga mos bo'lgan oziq-ovqat mahsulotlari yetishtirishni keskin ko'paytirish imkonini beradi. Birinchi galda bu subtropik mahsulotlar, mevalar va sabzavotlarning raqobatbardosh navini yetishtirish, ekologik toza tovarlar eksporti salohiyatini oshirishdan iborat.

6. Viloyatda suv va yer resurslarini ijobiy salohiyatidan tashqari ma'lum darajada ularni cheklanganligini ham aytib o'tish lozim. Bu o'rinda har bir qishloq tumanlarini, o'sish drayverlarini aniqlashtirish orqali mavjud raqobat afzalliklaridan samarali foydalanish imkonligini ta'kidlab o'tish lozim.

#### Foydalangan adabiyotlar / References

[1] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-son "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni.

[2] Armstrong, J.Taylor. Regional economics and policy. 3 edition. WilleyBlackwell publisher, 2010.

[3] Hoover, Edgar M. and Giarratani, Frank, "An Introduction to Regional Economics" (2020). Web Book of Regional Science. 4

[4] Butov V.I., Ignatov V.G., Ketova N.P. (2000). Osnovy regional'noy ekonomiki: ucheb. posobie [The basics of regional economics: an educational guidance]. Moscow, Rostov-on-Don.

[5] Ermoshina G. P., Pozdnjakov V. Ja. (2011). Regional'naja jekonomika: ucheb. posobie [Regional economics: an educational guidance]. Moscow, Infra-M.

[6] Fetisov G. G., Oreshin V. P. (2006). Regional'naja jekonomika i upravlenie: Uchebnik [Regional economy and management: a textbook]. Moscow, Infra-M.

[7] Abdullayev I.S. "Mintaqaviy iqtisodiy tizimni optimal tartibga solishning mexanizmlarini takomillashtirish". Iqtisodiyot fanlari doktori (DS)dissertatsiyasi avtoreferati, Toshkent 2017.

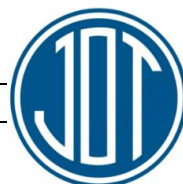
[8] T.M. Axmedov. "Regulirovaniye territorialnoy organizatsii proizvoditel'nyx sil i kompleksnoye razvitiye regionov Uzbekistana". -T.: Fan, 1992.

[9] Кадыров А., АскарOVA M. i dr. "Regionalnaya ekonomika. Uchebnoye posobiye". - T.:Izdatelskiy dom Innovatsionnogo razvitiya, 2018 g.

[10] Saдыkov A.M. "O'zbekiston mintaqalarini ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishi va uni tartibga solish mexanizmlari". Iqt. fan. dok. diss.-T.: UzMU, 2006.

[11] Salimov B.T. "Modelirovaniye ispolzovaniya i razvitiya proizvodstvennogo potentsiala regiona". T.: O'qituvchi - 1995.

[12] Peter Mieszkowski and Mahlon R. Straszheim (eds.), Current Issues in Urban Economics (Baltimore: Johns Hopkins University Press, (1979).



[13] Axmedov T.M. "Regulirovaniye territorialnoy organizatsii proizvoditel'nykh sil i kompleksnoye razvitiye regionov Uzbekistana". -T.: Fan, 1992.

[14] Butov V.I., Ignatov V.G., Ketova N.P. (2000). Osnovy regional'noj jekonomiki: ucheb. posobie [The basics of regional economics: an educational guidance]. Moscow, Rostov-on-Don.

[15] Manba: Sh.Nazarov. Mintaqaviy iqtisodiyot va boshqaruv. Toshkent. 2021. 196b.

[16] Abdullayev I.S. "Mintaqaviy iqtisodiy tizimni optimal tartibga solishning mexanizmlarini takomillashtirish". Iqtisodiyot fanlari doktori (DSs)dissertatsiyasi avtoreferati, Toshkent 2019.

## Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Karimov  
Dilshod  
Abdumalikovich  
Makroiqtisodiy va hududiy  
tadqiqotlar instituti  
mustaqil izlanuvchisi  
E-mail: kda051980@mail.ru  
Tel.: +998909010368  
<https://orcid.org/0009-0001-9588-8916>



## Operational reliability of compressed natural gas cylinder buses

A.A.Tadjibaev<sup>1</sup><sup>a</sup>, V.U. Jovlijev<sup>1</sup><sup>b</sup><sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** This article compiles statistical data on the operation of MAN A22 buses to determine the characteristic indicators of the operational reliability of the gas supply system. Based on this data, the operational reliability indicators were identified, a functional model of the system was developed according to its scheme, and the probability of failure-free operation as a complex system was calculated.

**Keywords:** bus, bus fleet, public transport, operational reliability, failure, malfunction, probability of failure-free operation, runtime, gas supply system, functional model

## Siqilgan gaz ballonli avtobuslarning ekspluatatsion ishonchligi

Tadjibayev A.A.<sup>1</sup><sup>a</sup>, Jovliyev V.U.<sup>1</sup><sup>b</sup><sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada gaz ta'minot tizimining ekspluatatsion ishonchlikning xususiyat ko'rsatkichlarini aniqlash uchun ekspluatatsiyadagi MAN A22 avtobuslari bo'yicha statistik ma'lumotlari to'plandi. Ushbu ma'lumotlar asosida ekspluatatsion ishonchlikni xususiyat ko'rsatkichlari aniqlandi va ta'minot tizimi sxemasi asosiga ko'ra uning funksional modeli qurildi hamda buzilmasdan ishlash ehtimolligi, murakkab tizim sifatida hisoblandi.

**Kalit so'zlar:** avtobus, avtobus saroyi, jamoat transporti, ekspluatatsion ishonchlik, buzilish, nosozlik, buzilmasdan ishlash ehtimolligi, ishlash muddati, gaz ta'minot tizimi, funksional model

## 1. Kirish

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 2-fevraldagi 111-son "Toshkent shahar jamoat transporti tizimini yanada rivojlantirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarori va O'zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasining "Tabiiy gaz resurslaridan oqilona foydalanish chora-tadbirlari to'g'risida"gi 2024-yil 6-iyuldagi 387-son qarorlari asosida Toshkent shahrida va viloyat markazlarida siqilgan gaz ballonli avtobuslarni ekspluatatsiyasi keng yo'lga qo'yilgan. Shuning uchun siqilgan gaz ballonli avtobuslarni ekspluatatsiyasi jarayonida uning texnik holati va ishonchligini tadqiq etish dolzarb muammo hisoblanadi. Ushbu ilmiy yo'nalish bo'yicha ko'pgina davlatlarda va O'zbekistondagi olimlar ilmiy ishlar olib bormoqda. [2,3].

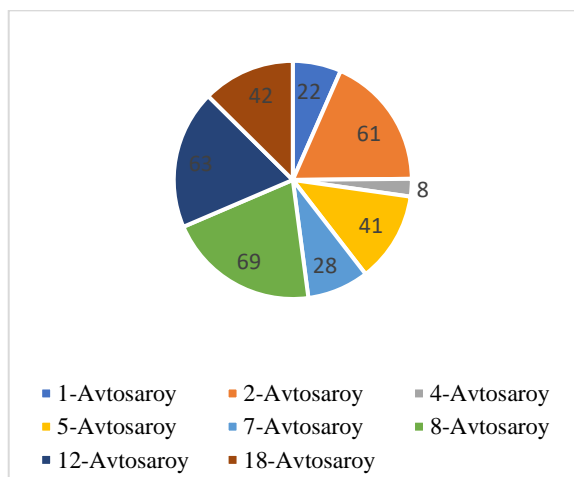
Bugungi kunda "Toshshahartransxizmat" AJ ga qarashli avtobus saroylaridagi siqilgan gaz ballonli avtobuslarning ta'minot tizimiga texnik servis va ta'mirlash ishlari "Olimpiya metan SERVICE" MJCH tomonidan o'tkaziladi. Ushbu tashkilot tomonidan 2023 yil sentyabr oyidan, 2024 yil sentyabr oyigacha olib borilgan ishlarning avtobus saroylari bo'yicha vujudga kelgan buzilish, nosozlik jadvali (1- jadval) va siklogrammasi (1-rasm) keltirilgan.

Bir yil vaqt mobaynida 8 ta avtobus saroyi bo'yicha umumiy 334 ta holat yuzasidan gaz ta'minot tizimi bo'yicha buzilishi va nosozliklarini aniqlangan.

1-jadval.2023 yil sentyabr oyida 2024 yil sentyabr oyigacha olib borilgan ishlarning buzilish va nosozliklar taqsimoti

T/R	Avtobus saroylari raqami	Avtobus saroylaridagi MAN A22 avtobuslari soni	Buzilish va nosozliklar umumiy soni	Gaz ta'minot tizimini tozalash	Germetikligini tekshirish	Ta'minot tizimi filtrlari	Kran klapani	Xavfsizlik klapani	Mexanik klapan	Gaz quvish klapani	Gaz reduktori ta'mirlash yoki	Injektor ta'miri	Kran (Jumraklar)
1	1	30	22		1	1	5	1	4		4	4	2
2	2	60	61	7	2		30	2	10		4	3	3
3	4	13	8	1		1	4		1		1		
4	5	44	41	4	2	1	2		7		6	7	10
5	7	56	28	4	2	2	5	2	2	1	2	2	6
6	8	30	69	4	8	5	28	2	7	2	8	9	4
7	12	37	63	4	5	2	22	2	7	2	6	3	11
8	18	47	42	10	4	1	14		2	2	4	2	3
Jami	319	334	34	24	13		110	9	40	7	35	30	39
Ish turlari bo'yicha ulushi %		100,0	10,2	7,2	3,9	32,9	2,7	12,0	2,1	10,5	9,0		11,7

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0000-7926-281X><sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2840-0343>



**1-rasm. “Toshshahartransxizmat” AJga tegishli siqilgan gaz ballonli avtobuslarning ta’minot tizimining buzilishi va nosozliklarini avtobus saroylari bo’yicha taqsimoti siklogrammasi**

Yuqoridagilar orqali eng ko’p taminot tizimi bo’yicha buzilish nosozliklar 8-avtobus saroyida 69 dona (21,3%), eng kam buzilish va nosozliklar 4-avtobus saroyida 8 dona (2,5%) kuzatilgan. Bu qiymatlar faqat “Olimpiya metan SERVICE” MCHJ tomonidan hisobga olingan buzilish va nosozliklarni taxlil qilish natijasida shakllangan. Bunda avtobus saroylarida ta’minot tizimi bo’yicha bajarilgan ishlar hisobga olinmagan.

## 2. Tadqiqot metodikasi

Olingan ma’lumotlar asosida har bir avtobus saroylari bo’yicha ta’minot tizimining ekspluatatsion ishonchligi murakkab tizim sifatida ko’rish mumkin. Statistik ma’lumotlar asosida Toshkent shahrida joylashgan 5-avtobus saroyidagi siqilgan gaz ballonli MAN A22 avtobuslarni ob’ekt sifatida olingan.

2-jadvalda 5-avtobus saroyining gaz ballonli MAN A22 avtobuslar haqida ma’lumotlar keltirilgan.

**2-jadval**

**5-avtobus saroyidagi MAN A22 bo’yicha ta’minot tizimi nosozliklari haqidagi ma’lumotlar jadvali**

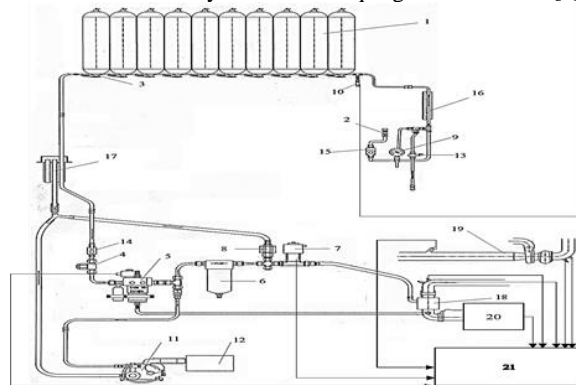
T/R	Avtobuslar ekspluatatsiyaga qo’yilgan yillar	Avtobuslar soni, dona	Avtobuslar ulushi, %	Foydalanishda boshlab bo’lgan bosib o’tgan masofasi, mln km
	2016	1	2,34	57000
	2018	16	37,2	0
	2022	19	44,1	20000
	2023	7	16,2	15000
	Jami	43	100,00	0

2023 yilda 5-avtobus saroyida 43 ta MAN A22 avtobuslar mavjud bo’lib, 2016 yildan boshlab, 2023 yilga bo’lgan vaqtlarda ekspluatatsiya qilishga topshirilgan. 2023 yil sentyabr oyidan 2024 sentyabr oyigacha 5-avtobus

saroyida avtobuslar ta’minot tizimida uchragan buzilish va nosozlik soni 1-jadvaldan 41 ta ekanligi, shundan asosan gaz reduktori, injektor va mexanik klapan, gaz quyish jumraklarida buzilish va nosozliklar ko’p uchragan.

Ushbu buzilish va nosozliklar orqali ekspluatatsion ishonchlilikni ta’minot tizimi sxemasi bo’yicha taxlil qilish uchun uning funksional modeli tuzildi.

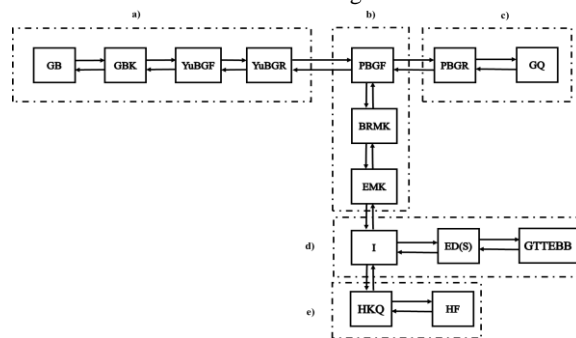
Funksional model- uni qurish ishonchlilikni tadqiq etish obyekt sifatida qaraladigan tizimni bir-biri bilan funksional bog’langan kichik tizimlarga bo’lish mumkin deb hisoblanadi va bu model asosida tizim ishonchligini taxlil etish va kerakli tavsiyalar ishlab chiqishga imkon beradi [2].



**2-rasm. Siqilgan tabiiy gaz ballonli avtobuslar ta’minot tizimi**

1-gaz ballon; 2-xavfsizlik klapani; 3-gaz ballon jumrak klapani; 4-yuqori bosimli filtri; 5-yuqori bosimli gaz reduktori; 6-gaz filtri; 7-elektromagnitli klapan; 8-bosimni rostdash mexanik klapani; 9-manometr; 10-bosim sensori(datchigi); 11-past bosimli reduktor; 12-gazni qizdirgich; 13-gaz quyish jumragi(krani); 14-jumrak; 15-havfsizlik jumragi; 16-gaz quyish joyidagi shamollatish liniyasi; 17-dvigatel bo’lmasidagi shamollatish liniyasi; 18-gazni injektorga borish; 19-chiqarish quvuri; 20-injektor; 21-Gaz ta’minot tizimi elektron boshqaruv bloki.

Siqilgan tabiiy gaz ballonli ta’minot tizimining funksional modeli 3-rasmda keltirilgan.



**3-rasm. Siqilgan gaz ballonli ta’minot tizimining funksional modeli**

Yuqori bosimli kichik tizim; b) past bosimli kichik tizim; c) gazni qizdirish tizimi; d) gaz va havo aralashmasini furkash tizimi; e) havo kiritish kichik tizimi; GB-gaz ballon; GBK-gaz ballon klapani; YuBGF-yuqori bosimli gaz filtri; YuBGR-yuqori bosimli gaz reduktori; PBGF- pas bosimli gaz filtri; PBGR-past bosimli gaz reduktori; GQ- gaz qizdirgich; BRMK-bosim rostdash mexanik klapani; EMK-elektromagnit klapan; I-injektor; ED(S)-elektron datchik(sensor)lar; GTTEBB- gaz ta’minot tizimi elektron boshqaruv bloki; HKQ- havo kiritish quvuri; HF- havo filtri.





Funksional modelda ta'minot tizimi beshta kichik tizimlarga ajratgan;

- yuqori bosimli kichik tizim;
- past bosimli kichik tizim;
- gazni qizdirish tizim;
- gaz va havo aralashmasini furkash kichik tizim;
- havo kiritish tizimlari.

Har bir kichik tizimni buzilmasdan ishlash ehtimolligini  $R(L)$  bo'lib, umumiy ta'minot tizimining buzilmasdan ishlash ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{GTT}(L) = R_{YB}(L) \cdot R_{PB}(L) \cdot R_{GQ}(L) \cdot R_{GH}(L) \cdot R_{HK}(L) = \prod_{i=1}^n R_i(L) \quad (1)$$

Bu yerda:  $R_{YB}(L)$ ,- yuqori bosimli kichik tizimning buzilmasdan ishlash ehtimolligi;  $R_{PB}(L)$ -past bosimli kichik tizimning buzilmasdan ishlash ehtimolligi;  $R_{GQ}(L)$ - gazni qizdirish tizimi buzilmasdan ishlash ehtimolligi;  $R_{GH}(L)$ - gaz va havo aralashmasini furkash tizimi buzilmasdan ishlash ehtimolligi;  $R_{HK}(L)$  havo kiritish kichik tizimi buzilmasdan ishlash ehtimolligi.

Tizim elementlarining buzilmasdan ishlash ehtimolligi olingan statistik ma'lumotlar asosida hisoblash uchun quyidagi ifodadan foydalaniladi[3].

$$R_i(L) = \frac{N_o - \sum m_i(L)}{N_o} \quad (2)$$

bu yerda:  $N_o$ – kuzatuvga olingan buyumlar soni 44 dona (mavjud avtobuslar soni) , dona;  $\sum m_i(L)$ – kuzatuv davri ichida i-chi element bo'yicha buzilishlar soni, dona.

### 3. Natija va muhokamalar

Ta'minot tizimini ishonchligi yuqorida funksional modelning kichik tizimlarida eng ishonchi past detal va agregatlarning ishonchligidan ham past bo'ladi

5-avtobus saroyida mavjud avtobuslarning ta'minot tizimi bo'yicha buzilish va nosozliklar sonini quyidagi 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

5-avtobus saroyida mavjud avtobuslarning ta'minot tizimi bo'yicha buzilish va nosozliklar soni

T/R	Kichik tizimlar	Buzilish va nosozliklar	Buzilish va nosozliklar soni, marta
1		Gaz balloni	0
2	Yuqori bosimli kichik tizim	Gaz ballon klapani	4
3		Yuqori bosimli gaz filtri	5
4		Yuqori bosimli gaz reduktori	1
5	Past bosimli kichik tizim	Past bosimli gaz fitri	4
6		Bosimli roslash mexanik klapani	2
7		Elektromagnit klapan	2
8	Gazni qizdirish kichik tizimi	Past bosimli gaz reduktor	2
9		Gaz qizdirgich	0
10	Gaz va havo aralashmasini	Ijektor	2
11		Elektron datchik(sensor)lar	0

12	furkash kichik tizimi	Gaz ta'minot tizimi elektron boshqaruv tizimi	0
13	Havo kiritish tizimi	Havoni kiritish quvuri	0
14		Havo filtri	0

Ushbu jadvaldan qiymatlarni olib (2) formulaga qo'yib har bir element ishonchlik ko'rsatkichi buzilmasdan ishlash ehtimolligi topiladi. Buzilish va nosozliklar qayt etilmagan kichik tizim va elementlarning buzilmasdan ishlash ehtimolligini 1 deb qabul qilib olamiz.

Yuqori bosimli kichik tizim bo'yicha Gaz ballon klapanining buzilmas ishlash ehtimolligi;

$$R_1(L) = \frac{N_o - \sum m(L)}{N_o} = \frac{44-4}{44} = 0,91;$$

Yuqori bosimli gaz filtri buzilmas ishlash ehtimolligi;

$$R_2(L) = \frac{N_o - \sum m(L)}{N_o} = \frac{44-5}{44} = 0,89;$$

Yuqori bosimli gaz reduktori buzilmas ishlash ehtimolligi;

$$R_3(L) = \frac{N_o - \sum m(L)}{N_o} = \frac{44-1}{44} = 0,98;$$

Yuqori bosimli kichik tizim buzilmasdan ishlash ehtimolligi

$$R_{YB}(L) = R_1(L) \cdot R_2(L) \cdot R_3(L) = 0,91 \cdot 0,89 \cdot 0,98 = 0,79$$

Past bosimli kichik tizim bo'yicha

Past bosimli gaz fitri buzilmas ishlash ehtimolligi;

$$R_1(L) = \frac{N_o - \sum m(L)}{N_o} = \frac{44-4}{44} = 0,91;$$

Bosimli roslash mexanik klapani buzilmas ishlash ehtimolligi;

$$R_2(L) = \frac{N_o - \sum m(L)}{N_o} = \frac{44-2}{44} = 0,95;$$

Elektromagnit klapan buzilmas ishlash ehtimolligi;

$$R_3(L) = \frac{N_o - \sum m(L)}{N_o} = \frac{44-2}{44} = 0,95;$$

Past bosimli kichik tizim buzilmasdan ishlash ehtimolligi

$$R_{YB}(L) = R_1(L) \cdot R_2(L) \cdot R_3(L) = 0,91 \cdot 0,95 \cdot 0,95 = 0,82$$

Gazni qizdirish kichik tizimi bo'yicha;

Past bosimli gaz reduktor buzilmas ishlash ehtimolligi;

$$R_1(L) = \frac{N_o - \sum m(L)}{N_o} = \frac{44-2}{44} = 0,95;$$

Gazni qizdirish kichik tizimi bo'yicha;

$$R_{YB}(L) = R_1(L) = 0,95$$

Gaz va havo aralashmasini furkash kichik tizimi bo'yicha;

Bosimli roslash mexanik klapani buzilmas ishlash ehtimolligi;

$$R_1(L) = \frac{N_o - \sum m(L)}{N_o} = \frac{44-2}{44} = 0,95;$$

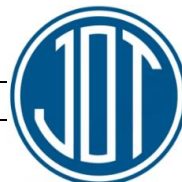
Gaz va havo aralashmasini furkash kichik tizimi buzilmas ishlash ehtimolligi;

$$R_{YB}(L) = R_1(L) = 0,95$$

Umumiy ta'minot tizimining buzilmasdan ishlash ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{GTT}(L) = R_{YB}(L) \cdot R_{PB}(L) \cdot R_{GQ}(L) \cdot R_{GH}(L) \cdot R_{HK}(L) = 0,79 \cdot 0,82 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 1 = 0,58$$

Umumiy ta'minot tizimi buzilmasdan ishlash ehtimolligiga kichik tizim buzilmasdan ishlash ehtimolligi keskin ta'sir etadi.



## 4. Xulosa

Yuqori bosimli kichik tizimning ishonchliligi eng past ekanligi va shu tizimda ko'p nosozliklar uchraganligini aniqlandi va tizim ishonchliligini oshirish uchun ushbu kichik tizim ishonchliligini oshirishga ko'p e'tibor berish kerak ekanligini aniqlandi. Hisob natijalariga ko'ra eng past buzilmasdan ishlash ehtimollik yuqori bosimli kichik tizimga to'g'ri keladi, tizimning umumiy buzilmasdan ishlash ehtimolligi bundan ham kichik. Texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash ishlari o'z vaqtida va sifatli bajarilishini ta'mirlash orqali har qanday tizimning buzilmasdan ishlash ehtimolligini yaxshilash uchun kichik tizimlarning detallari ishonchliliklar o'rganilib qaysi kichik tizim ishonchlilik xususiyat ko'rsatkichlarini miqdori murakkab tizim ishonchliliga ta'siri aniqlanib, uni oshirish yo'llari ishlab chiqiladi va avtotransport korxonasiga texnik servis ishlarining bajarilishi va uning tarkibini shakllantirish hamda mehnat sarflarini miyyorlashga tavsiyalar beriladi.

## Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] А.Э. Цыганков. Техническая эксплуатация автомобилей, работающих на альтернативных видах топлива. Методические указания. Ставрополь 2015
- [2] Sh.P.Magdiyev. Avtomobillar texnik ekspluatatsiyasi va servisi. Darslik. Toshkent "NIF MSH" nashriyoti 2021 yil. 308 bet.
- [3] A.A. Tojiboyev, Q.M. Sidiqnasarov, K.I. Ibrohimov, N.V. Kusnetsov. Ishonchlilik nazariyasi va diagnostika asoslari: Oliy o'quv yurtlari bakalavrlari uchun darslik. T.: "Extremum-Press" 2015. 296 b.
- [4] Аринин, И. Н. Техническая эксплуатация автомобилей: управление технической готовностью подвижного состава: учеб. пособие для вузов / И. Н. Аринин, С. И. Коновалов, Ю. В. Баженов. - Изд. 2-е. - Ростов: Феникс, 2009.
- [5] Cairo Air Improvement Project Compressed Natural Gas Component Operations and Maintenance Manual for CTA and GCBC CNG Garages. Chemonics International, Inc. USAID/Egypt, Office of Environment. Cummins Westport, Inc. Engine Overview: March 2015
- [6] Abdinabi Abdirakhmonovich Tadjibayev, Vasik Ulashovich Jovliyev, and Mirjahan Istam ugli Ergashev. Advantages and disadvantages of operating gas cylinder vehicles // Central Asian Journal of Mathematical Theory and Computer Sciences 02.02 (2023): 102-107.
- [7] Tadjibayev Abdinabi Abdiraxmonovich, Jovliyev Vasik Ulashovich "Gaz ballonli avtomobillarni ekspluatatsiyasi afzalliklari va kamchiliklari" // Образование наука и инновационные идеи в мире №16, 03.2023.
- [8] Tadjibaev A.A. Determination of the coefficient of technical readiness of trucking companies depending on the

availability of spare parts. TARCI, Bulletin 2/2017. Pages 98-103.

[9] Tadjibaev A.A. Influence of the resources of replacement parts on the reliability of vehicles during operation. TARCI, Bulletin 1/2020. P. 3-9.

[10] Tadjibaev A.A. Methodology for determining the need for spare parts for cars. TARCI Bulletin 3-4 / 2017. Pages 81-85.

[11] Tadjibaev A.A. "Determination of the required quantity of spare parts for the car park" 187-194 pp. Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan. Ministry of Innovative Development of the Republic of Uzbekistan. International scientific-practical seminar "Innovations in automobile transport: the main direction between science and business" 18-19 September 2019 y Tashkent.

[12] Tadjibayev A.A. Avtomobillarning ishonchliligini ekspluatatsiya jarayonida tadqiq etish. /monografiya/; -Toshkent: "Innovatsiya-Ziyo", 2022. 150 b.

[13] Kadirshaev T., Tadjibaev A., Ibrahimov K. Improving the Technological Accounting of Maintenance Stations Located in Cities, AIP Conference Proceedings 2789,040091(2023) research article June 23 2023 <https://doi.org/10.1063/5.0145667>

[14] Tadjibayev A.A., Jovliyev V.U., and Ergashev M.I. "Advantages and disadvantages of operating gas cylinder vehicles" Central Asian Journal of Mathematical theory and Computer Sciences 02.02 (2023): 102-107.

[15] A.A. Tadjibaev, V.U. Jovliyev, S.O. Narziev, I.T. Karimov. Determination of the gas reducer resource of gas cylinder buses. Fifteen International Conference on Thermal Engineering: Theory and Applications May 28-June 1, 2024 Tashkent, Uzbekistan.

[16] Abdinabi A. Tadjibayev, Vasik U. Jovliyev. Evaluation of operational reliability indicators. E3S Web of Conferences 587, 03014 (2024) GreenEnergy 2024 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458703014>.

## Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Tadjibayev  
Abdinabi  
Abduraxmonovich  
Toshkent davlat transport universiteti "Avtomobil va avtomobil xo'jaligi" kafedrası professori.t.f.n.  
E-mail: Abdunabi-t@mail.ru  
Tel.: +99890 947-19-47  
<https://orcid.org/0000-0000-7926-281X>

Jovliyev  
Vasik  
Ulashovich  
Toshkent davlat transport universiteti "Avtomobil va avtomobil xo'jaligi" kafedrası doktoranti  
E-mail: jvosiq@gmail.com;  
Tel.: +99897 383-86-76  
<https://orcid.org/0000-0002-2840-0343>



## Assessing the demand for outsourcing services by transport logistics companies

N.N. Sulaymonov<sup>1</sup>, D.Q. Hakimov<sup>1</sup>, M.N. Irisbekova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

**Abstract:** This article examines the growing demand for outsourcing services among transportation and logistics companies, driven by operational complexities and the need for efficiency. It analyzes current trends, challenges, and opportunities in the outsourcing landscape, providing insights into how logistics firms can strategically assess their need for external collaboration.

**Keywords:** outsourcing, transportation companies, logistics, operational efficiency, demand assessment, supply chain management, cost reduction, strategic partnerships

## Transport va logistika kompaniyalari tomonidan outsorsing xizmatlariga bo'lgan talabni baholash

Sulaymonov N.N.<sup>1</sup>, Hakimov D.Q.<sup>1</sup>, Irisbekova M.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada transport va logistika kompaniyalari o'rtasida outsorsing xizmatlariga ortib borayotgan talab ko'rib chiqiladi, bu esa operatsion murakkabliklar va samaradorlik zarurati tufayli yuzaga keladi. U outsorsing landshaftidagi mavjud tendentsiyalar, muammolar va imkoniyatlarni tahlil qiladi, logistika firmalari tashqi hamkorlikka bo'lgan ehtiyojini strategik jihatdan qanday baholashi mumkinligi haqida tushuncha beradi.

**Kalit so'zlar:** outsorsing, transport kompaniyalari, logistika, operatsion samaradorlik, talabni baholash, ta'minot zanjirini boshqarish, xarajatlarni kamaytirish, strategik hamkorlik

### 1. Kirish

So'nggi yillarda transport va logistika sanoati globallashuv, texnologik taraqqiyot va mijozlarning o'zgaruvchan umidlari kabi omillar ta'sirida sezilarli o'zgarishlarni boshdan kechirdi. Ushbu kompaniyalar raqobatbardoshlikni saqlab qolish va xizmatlar sifatini yaxshilashga intilayotgani sababli, ko'pchilik operatsiyalarni soddalashtirish va xarajatlarni kamaytirish uchun outsorsingga murojaat qilmoqda. Outsorsing firmalarga asosiy bo'lmagan funktsiyalar uchun tashqi ekspertizadan foydalangan holda o'zlarining asosiy vakolatlariga e'tibor qaratish imkonini beradi. Biroq, outsorsing xizmatlariga bo'lgan talabni baholash tashkilot ehtiyojlarini, bozor tendentsiyalarini va umumiy ko'rsatkichlarga potentsial ta'sirni to'liq tushunishni talab qiladi. Ushbu maqola transport va logistika sohasida outsorsingga bo'lgan talabni qo'zg'atuvchi omillarni, tashqi hamkorlikni ko'rib chiqishda kompaniyalar duch keladigan qiyinchiliklarni va talabni samarali baholash strategiyalarini o'rganishga qaratilgan.

Outsorsing xizmatlariga bo'lgan talabni baholashda transport logistika faoliyati bilan shug'ullanayotgan bir nechta kompaniyalarning oxirgi 5 yillikdagi faoliyatini va dunyo bozorida holatni tahlil qilib ko'ramiz:

Yillar	Autsorsing bozori o'sishi (Dunyo miqyosida)	Kompaniya nomi	Autsorsing xizmatiga bo'lgan talab (o'rtacha)	Xodimlar soni (o'rtacha)	Trucklar soni (o'rtacha)	Texnologik o'sish indeksi (o'rtacha)
2019	1-2%	Switlink	27	8	12	3,5
2020	2-3%	Logistics Midland Trucking	25	6	18	3
2021	4-6%	Nomad Trans Services	21	11	20	3,2
2022	8-9%	Revo Tech	40	16	26	3
2023	9-8%	ST Logistics Services	57	31	48	5


#### 1-rasm. Tanlab olingan 5ta logistik kompaniyaning ba'zi bir tahliliy ma'lumotlari

Transport va logistika sohasida outsorsing xizmatlariga talab bir necha asosiy tendentsiyalarga asoslangan holda o'sib bormoqda:

- AI, IoT va ma'lumotlar tahlili kabi ilg'or texnologiyalarning integratsiyasi logistika kompaniyalariga operatsiyalarni optimallashtirish va qarorlar qabul qilishni yaxshilash imkonini berdi. Natijada, ko'plab firmalar IT va ma'lumotlarni boshqarish xizmatlarini maxsus provayderlarga outsorsing qilmoqdalar.

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0009-0001-8201-0944>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0009-8894-8915>

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0009-0004-9126-9490>



2. Omborxon va yuklarni boshqarish kabi asosiy bo'lmagan faoliyatni outsorsing qilish orqali transport kompaniyalari o'zlarining asosiy biznes funksiyalariga e'tibor qaratishlari mumkin, bu esa samaradorlik va xizmatlar ko'rsatishning yaxshilanishiga olib keladi.

Autsorsing operatsion xarajatlarni sezilarli darajada kamaytirishi mumkin, ayniqsa mehnat, infratuzilma va texnologiya kabi sohalarda. Kompaniyalar bu xizmatlarni sifatga putur etkazmagan holda arzon narxlarda taqdim eta oladigan tashqi hamkorlarni tobora ko'proq qidirmoqda.

## 2. Tadqiqot metodikasi

Autsorsing xizmatlariga bo'lgan talabni samarali baholash uchun transport va logistika kompaniyalari haqidagi strategik yondashuvlarni hisobga olishlari kerak:

1. Bozor tahlili: tendentsiyalarni, mijozlarning afzalliklarini va raqobat dinamikasini aniqlash uchun puxta bozor tadqiqotlarini o'tkazish outsorsing imkoniyatlari haqida qimmatli ma'lumotlarni taqdim etishi mumkin.

2. Xarajat-foйда tahlili: outsorsingning ichki operatsiyalarga nisbatan moliyaviy oqibatlarini baholash kompaniyalarga ongli qarorlar qabul qilishga yordam beradi. Bunga potentsial xarajatlarni tejash, xizmat sifatiga ta'sirini baholash kiradi.

3. Manfaatdor tomonlarni jalb qilish: outsorsing bo'yicha qarorlar qabul qilish jarayoniga asosiy manfaatdor tomonlarni, shu jumladan xodimlar va boshqaruv guruhlarini jalb qilish sotib olishni rag'batlantirishi va o'tish jarayonini osonlashtirishi mumkin.

Ushbu tadqiqot transport logistika kompaniyalarida outsorsingga bo'lgan talabni baholash uchun miqdoriy va sifat ma'lumotlarini birlashtirgan aralash usullarni qo'llaydi. Metodologiya logistika sektoridagi outsorsing amaliyotlari haqidagi tushunchalarni ochib berish uchun so'rovlar, chuqur intervyular va ma'lumotlarni tahlil qilishni o'z ichiga oladi.

## 3. So'rov va tahlil natijalari

Anketa yirik yuk tashuvchi kompaniyalar, uchinchi tomon logistika provayderlari va elektron tijorat logistika firmalari kabi transport logistika kompaniyalari namunasiga tarqatiladi. So'rov quyidagi jihatlar bo'yicha ma'lumotlarni to'plash uchun mo'ljallangan:

- **Autsorsing xizmatlari:** outsorsing qilingan maxsus logistika funksiyalari (masalan, omborxon, transport, ekspeditorlik).
- **Autsorsing uchun motivatsiyalar:** outsorsing sabablari, jumladan, xarajatlarni pasaytirish, xizmat sifatini yaxshilash, moslashuvchanlik va ekspertizadan foydalanish.
- **Autsorsingning qiyinchiliklari:** outsorsing paytida duch keladigan muammolar, masalan, nazoratni yo'qotish, sifat muammolari va uchinchi tomon provayderlariga qaramlik.
- **Biznes samaradorligiga ta'siri:** outsorsing kompaniya samaradorligiga, xarajatlar tarkibiga va mijozlar ehtiyojini qondirishga qanday ta'sir qildi.

So'rov ma'lumotlari bir nechta logistika funksiyalari bo'yicha outsorsingning sezilarli o'sishini ko'rsatadi. Eng yaxshi outsorsing xizmatlariga quyidagilar kiradi:

- **Ombor:** Respondentlarning 70% xarajatlarni kamaytirish va inventar boshqaruvini yaxshilash uchun ombor operatsiyalarini outsorsing qiladi.
- **AT va texnologiya xizmatlari:** Logistika kompaniyalarining 60% IT xizmatlarini, jumladan, dasturiy ta'minotni ishlab chiqish, tizim integratsiyasi va kiberxavfsizlikni ta'minlaydi.
- **Transportni boshqarish:** kompaniyalarning 50% transportni boshqarishning outsorsing aspektlarini, ayniqsa oxirgi milga yetkazib berish va xalqaro tashish uchun.

So'rovda aniqlangan outsorsing uchun asosiy motivlar:

Xarajatlarni pasaytirish: Respondentlarning 85% outsorsing uchun asosiy omil sifatida xarajatlarni kamaytirishni ta'kidlaydi. Tashqi provayderlar ko'pincha miqyosdagi iqtisod va ixtisoslashgan tajriba tufayli xizmatlarni arzonroq narxda taqdim etishlari mumkin.

Ekspertizadan foydalanish: logistika firmalarining 60% o'zlarida bo'lmasligi mumkin bo'lgan maxsus bilim va texnologiyalardan foydalanish uchun outsorsing qiladilar.

Moslashuvchanlik va miqyoslilik: Respondentlarning 55 foizi outsorsingni talabning o'zgarishiga qarab operatsiyalarni oshirish yoki kamaytirish vositasi sifatida ko'rishadi.

Yaxshilangan xizmat darajalari: kompaniyalarning 50% outsorsing xizmatlar sifatini yaxshilashga yordam berganligini, ayniqsa mijozlarga xizmat ko'rsatish va yetkazib berish tezligi kabi sohalarda xabar berishadi.

Afzalliklarga qaramay, outsorsing ham bir qancha muammolarni keltirib chiqaradi:

- **Nazoratning yo'qolishi:** kompaniyalarning 45% outsorsing funksiyalari ustidan nazoratni yo'qotishdan xavotirda, ayniqsa sifat va samaradorlik.
- **Sifat muammolari:** Respondentlarning 30% outsorsing operatsiyalari paytida barqaror xizmat sifatini saqlab qolish bilan bog'liq muammolarni keltirib chiqaradi.
- **Tashqi provayderlarga qaramlik:** Logistika kompaniyalarining 25% uchinchi tomon provayderlariga haddan tashqari qaram bo'lib qolishdan xavotirda, bu moslashuvchanlikni cheklaydi va xavfni oshiradi.

Tahlil shuni ko'rsatadiki, outsorsing bir nechta sohalarda biznes samaradorligini oshirishga olib keldi:

- **Xarajatlarni tejash:** outsorsing bilan shug'ullanadigan kompaniyalar operatsion xarajatlarning o'rtacha 15-20% ga kamayishi haqida xabar berishadi.
- **Samaradorlik yutuqlari:** Autsorsing, ayniqsa, omborxon va transportni boshqarish kabi sohalarda ish samaradorligini oshirishga olib keldi.
- **Mijozlarning qoniqishi:** Mijozlarga xizmat ko'rsatish va so'nggi milni yetkazib berishni outsorsing qilgan kompaniyalar tez yetkazib berish muddatlari va mijozlarni yo'llab-quvvatlashni yaxshilash bilan mijozlar ehtiyojini qondirish darajasining yaxshilanishini ko'rdilar.





Mutaxassislarning intervyulariga asoslanib, logistika sohasida outsorsing quyidagi tendentsiyalar asosida o'sishda davom etishi aniq:

- Texnologiyalar integratsiyasi: AI, avtomatlashtirish va ma'lumotlar tahlilidan foydalanish outsorsing qilingan IT xizmatlari va texnologik echimlarga talabni oshiradi.
- Elektron tijoratning o'sishi: Elektron tijorat kengayishda davom etar ekan, logistika kompaniyalari tezroq yetkazib berishga bo'lgan talabni qondirish uchun etkazib berish va bajarish xizmatlarini ko'proq outsorsing qiladilar.
- Barqarorlik: Atrof-muhitning barqarorligi asosiy e'tiborga aylanmoqda va logistika kompaniyalari uglerodni kuzatish va barqaror qadoqlash kabi yashil tashabbuslarni ixtisoslashgan firmalarga topshirishlari mumkin.

#### 4. Xulosa

Ushbu maqolada transport logistika kompaniyalari tomonidan outsorsing xizmatlariga bo'lgan talab baholandi, bunda outsorsingni qo'zg'atuvchi omillar, uning afzalliklari va muammolariga e'tibor qaratildi. Tadqiqot shuni ko'rsatadiki, outsorsing xarajatlarni kamaytirish, xizmatlar sifatini oshirish va operatsion moslashuvchanlikni yaxshilash uchun muhim strategiyaga aylandi. Biroq, outsorsing, shuningdek, kompaniyalar ehtiyotkorlik bilan boshqarishi kerak bo'lgan nazoratni yo'qotish va sifat nomuvofiqliklari kabi xavflarni keltirib chiqaradi.

Logistika sohasida outsorsingning kelajagi texnologiya taraqqiyoti, elektron tijoratning o'sishi va barqarorlikka e'tiborning ortishi bilan bog'liq bo'lishi kutilmoqda. Outsorsingga strategik yondashuvni qo'llagan, ishonchli hamkorlarni tanlagan va outsorsing qarorlarini o'zlarining asosiy biznes maqsadlariga muvofiqlashtiradigan logistika kompaniyalari tobora kuchayib borayotgan raqobat bozorida muvaffaqiyat qozonish uchun yaxshi mavqega ega bo'ladi.

#### Foydalangan adabiyotlar / References

[1] McKinnon, A. C. (2018). The outsourcing of logistical activities. *Global logistics and distribution planning*, 215-234.

[2] Improving methodology of automobile operating companies' activities simulation modeling Mavluda Irisbekova E3S Web Conf. 264 05024 (2021) DOI: 10.1051/e3sconf/202126405024.

[3] Irisbekova, M., & Sulaymonov, N. (2024). TRANSPORT TIZIMIDA AUTSORSING

MATRITSASINI QO'LLASH BOSQICHLARI. SO 'NGI ILMIIY TADQIQOTLAR NAZARIYASI, 7 (5), 486-494.

[4] Logan, M. S. (2000). Muvaffaqiyatli outsorsing munosabatlarini loyihalash uchun agentlik nazariyasidan foydalanish. *Logistika menejmenti xalqaro jurnali*, 11 (2), 21-32.

[5] Rabinovich, E., Windle, R., Dresner, M. va Corsi, T. (1999). Integratsiyalashgan logistika funktsiyalarini outsorsing qilish: sanoat amaliyotini tekshirish. *Jismoniy taqsimot va logistika boshqaruvi xalqaro jurnali*, 29 (6), 353-374.

[6] Zailani, S., Shaharudin, M. R., Razmi, K., & Iranmanesh, M. (2017). Ta'sir etuvchi omillar va logistika outsorsing amaliyotining samaradorligi: Malayziya kompaniyalarining isboti. *Menejment fanining sharhi*, 11, 53-93.

[7] Aalders, R. (2001). IT outsorsing bo'yicha qo'llanma. John Wiley & Sons, Inc.

[8] Bolumole, Y. A., Frankel, R. va Naslund, D. (2007). Logistika outsorsing uchun nazariy asosni ishlab chiqish. *Transport jurnali*, 46 (2), 35-54.

[9] Damm, D.A.V. va Amstel, M.J. (1996). Logistika boshqaruvi faoliyatini outsorsing. *Logistika menejmenti xalqaro jurnali*, 7 (2), 85-94.

#### Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Sulaymonov Nazar  
Normurod o'g'li / Sulaymonov Nazar  
Normurod ugli  
Toshkent davlat transport universiteti  
"Transport va logistikasi" kafedrası  
doktoranti  
E-mail: tipratikann1808@gmail.com  
Tel.: +998930470044  
<https://orcid.org/0000-0001-8201-0944>

Hakimov Diyorjon Qurbonali o'g'li / Hakimov Diyorjon Qurbonali ugli  
Toshkent davlat transport universiteti  
"Transport logistikasi" kafedrası  
assistant  
E-mail: xakimovdiyorjon1817@gmail.com  
Tel.: +998979668687  
<https://orcid.org/0009-0009-8894-8915>

Irisbekova Mavluda Narinbayevna/ Irisbekova Mavluda Narinbayevna  
Toshkent davlat transport universiteti  
"Transport va logistikasi" kafedrası  
i.f.d. professori  
E-mail: m.Irisbekova@mail.ru  
Tel.: +998973300058  
<https://orcid.org/0009-0004-9126-9490>

