

Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім
министрлігі
Азаматтық авиация академиясының Жаршысы

Вестник Академии гражданской авиации
Министерства науки и высшего образования
Республики Казахстан

Bulletin of Civil aviation Academy
Ministry of Science and Higher Education of the
Republic of Kazakhstan

№4(35) 2024

АЛМАТЫ – 2024

«Азаматтық Авиация Академиясының Жаршысы»

Ғылыми басылым

*Қазақстан Республикасы инвестициялар және даму министрлігі
Байланыс, ақпараттандыру және ақпарат комитеті
Мерзімді баспасөз басылымын және ақпараттық агенттікті есепке қою
туралы куәлігі
№15452-Ж 1 маусым, 2015 жыл*

*Қазақстан Республикасының ұлттық мемлекеттік кітап палатасы
(ЮНЕСКО, Франция, Париж қ.) сериялық басылымдарды тіркейтін ISSN
Халықаралық орталығында тіркелген және халықаралық номер берілген
ISSN 2413-8614*

2015 жылдан бастап

*Журналдың шығу мерзімділігі - жылына 4 рет
Басылымның тілдері: қазақ, орыс, ағылшын*

*Журналда авиация саласындағы техникалық, жаратылыстану,
гуманитарлық және әлеуметтік ғылымдардың әртүрлі салаларында
ғалымдардың, оқытушылардың, PhD докторанттар мен магистранттардың
зерттеулерінің нәтижелері бойынша ғылыми мақалалар жарияланады.*

"Азаматтық авиация академиясы" АҚ Закарпатская көшесі, 44, Каб. №202
А35М2Н5 (жаңа индекс), Алматы қ., Қазақстан Республикасы,
Тел.: 8 747 182 52 41, e-mail: vestnik@agakaz.kz

"ААА Жаршысы" ғылыми журналының электрондық нұсқасы
<https://vestnik.agakaz.kz/> сайтында "Мұрағат" бөлімінде орналастырылған

Бас редакторСейдахметов Б.К., э.ғ.к., асс.профессор (**h-индекс:2**)**Бас редактордың орынбасары**Көшеков Қ.Т., т.ғ.д., профессор (**h-индекс:5**)**Редакциялық алқа:**

1. А.В.Стрельцов, доктор (PhD), Эмбри-Риддл Аэронавтика университетінің жаратылыстану ғылымдары кафедрасының профессоры (Дейтона жағажайы, Флорида) (**h-индекс:24**);
2. И.В. Яцкив, инженерия ғылымдарының докторы, профессор Көлік және байланыс институтының (TSI) Басқарма Төрағасы, Еуропалық көлік зерттеу қауымдастығының Басқарма мүшесі (**h-индекс:8**);
3. И.А. Искендеров, ф.-м.ғ. к., Әзірбайжанның Ұлттық авиация академиясының "Аэроғарыштық құралдар" кафедрасының меңгерушісі, профессор (**h-индекс:1**);
4. К.Б. Алдамжаров, т.ғ.д, профессор «Азаматтық авиация академиясы» АҚ (**h-индекс:1**);
5. Е.А. Оспанов, 6D070200 – «Шәкәрім атындағы Университет» КЕАҚ-ның «Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша PhD, ЖАК қауымдастырылған профессоры (**h-индекс:9**);
6. С.А. Бельгинова, 6D070300 – Ақпараттық жүйелер (салалар бойынша) мамандығы бойынша PhD, Тұран университетінің, Ақпараттық технологиялар кафедрасының қауымдастырылған профессоры (**h-индекс:6**);
7. Р.К. Анаятова, PhD докторы, «Азаматтық авиация академиясы» АҚ, «Авиациялық ағылшын тілі» кафедрасының меңгерушісі (**h-индекс:3**);
8. Е.Е. Қарсыбаев, т.ғ.д, профессор, «Азаматтық авиация академиясы» АҚ (**h-индекс:1**);
9. М.Н. Қалимолдаев, ф.-м. ғ. д., профессор, ҚР БҒМ Ғылым комитеті информатика және басқару мәселелері институты (**h-индекс:10**);
10. Тулешов А. Қ., т. ғ. д., ХАА академигі, Механика және машинатану институты (**h-индекс:4**).

Жауапты редактор: А.Макеева**Редактор - корректор:** А. Манапова

«Вестник Академии гражданской авиации»

Научное издание

*Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания и информационного агентства №15452-Ж1 от 1 июля 2015 года**Комитета связи, информатизации и информации**Министерство по инвестициям и развитию Республики Казахстан**Национальная государственная книжная палата Республики Казахстан
Зарегистрирован в Международном центре по регистрации сериальных изданий ISSN (ЮНЕСКО, г. Париж, Франция) и ей присвоен международный номер**ISSN 2413-8614**Год основания - 2015**Периодичность издания журнала – 4 номера в год.**Языки издания: казахский, русский, английский**В журнале публикуются научные статьи по результатам исследований ученых, преподавателей, докторантов PhD и магистрантов в различных областях технических, естественных, гуманитарных и общественных наук авиационной отрасли.*

АО «Академия гражданской авиации» ул. Закарпатская, 44, Каб. №202

А35М2Н5 (новый индекс), г. Алматы, Республика Казахстан

Тел.: 8 747 182 52 41, e-mail: vestnik@agakaz.kzЭлектронная версия научного журнала "Вестник АГА" размещено на сайте <https://vestnik.agakaz.kz> / в разделе "Архив"

Главный редактор

Б.К.Сейдахметов, к.э.н., асс. профессор (**h-индекс:2**)

Зам. главного редактора

К.Т.Кошеков, д.т.н., профессор (**h-индекс:5**)

Редакционная коллегия:

1. А.В. Стрельцов, доктор (PhD), профессор кафедры естественных наук университета авионавтики Эмбри-Риддл (г. Дейтона-Бич, штат Флорида) (**h-индекс:24**);
2. И.В. Яцкив, Председатель правления Института транспорта и связи (TSI), доктор инженерных наук, профессор, член правления Европейской ассоциации транспортных исследовательских институтов (**h-индекс:8**);
3. И.А.Искендеров, к.ф.-м.н., профессор, зав. каф. «Аэрокосмические приборы» Национальной авиационной академии Азербайджана (**h-индекс:1**);
4. К.Б. Алдамжаров, д.т. н., профессор АО «Академия гражданской авиации» (**h-индекс:1**);
5. Е.А. Оспанов, PhD по специальности 6D070200 – «Автоматизация и управление», ассоциированный профессор ВАК, НАО «Университет имени Шакарима» (**h-индекс:9**);
6. С.А. Бельгинова, PhD по специальности 6D070300 – Информационные системы (по отраслям), ассоциированный профессор университета Туран, кафедры информационных технологии (**h-индекс:6**);
7. Е.Е. Карсыбаев, д.т.н., профессор АО «Академия гражданской авиации» (**h-индекс:1**);
8. Р.К. Анаятова, доктор PhD, зав. каф. «Авиационный английский язык», АО «Академия гражданской авиации» (**h-индекс:3**);
9. М.Н. Калимолдаев, д.ф.-м.н., профессор, Институт проблем информатики и управления комитета науки МОН РК (**h-индекс:10**);
10. А.К. Тулешов, д.т.н., академик МИА, Институт механики и машиноведения (**h-индекс:4**).

Ответственный редактор: А. Макеева

Редактор – корректор: А. Манапова

“Bulletin of the Civil Aviation Academy”*Scientific publication*

*The certificate of registration of a periodical and
Information Agency from July 1, 2015, №154521 Ж1
Communication, Informatization and Information Committee*

*The Ministry of Investment and Development of the Republic of Kazakhstan
Registered in the International Center for the Registration of Serials ISSN
(UNESCO,
Paris, France) and assigned an international number ISSN 2413-8614*

Foundation year – 2015

Periodicity is 4 issues per year.

Publication Languages are Kazakh, Russian and English

*The journal publishes scientific articles based on the results of research by
scientists, teachers, PhD students and undergraduates in various fields of technical,
natural, humanitarian and social sciences of the aviation industry.*

JSC “Academy of Civil Aviation” Zakarpatskaya str., 44, Office No. 202
A35M2N5 (new index), Almaty, Republic of Kazakhstan
Tel.: 8 747 182 52 41, e-mail: vestnik@agakaz.kz

The electronic version of the scientific journal "Bulletin of the AGA" is posted on the
website <https://vestnik.agakaz.kz/> in the "Archive" section

Editor-in – chief

Seydakhmetov B.K., Candidate of Economics, Associate Professor (**h-index:2**)

Deputy Chief Editor

Koshekov K.T., doctor of technical sciences, professor (**h-index:5**)

Editorial staff:

1. A.V. Streltsov, Doctor of Philosophy (PhD), Professor of Engineering Physics department of Physical Sciences at Embry-Riddle Aeronautics University (Daytona Beach, Florida) (**h-index:24**);
2. I.V. Yatskiv, Chairman of the Board of the Institute of Transport and Communications (TSI), Doctor Engineering Sciences, Professor, Member of the Board of the European Association of Transport Research Institutes (**h-index:8**);
3. I.A. Isgandarov, candidate of physical and mathematical sciences, professor, Head of the Department "Aerospace Devices" of the National Aviation Academy of Azerbaijan (**h-index:1**);
4. K.B. Aldamzharov, doctor of technical sciences, professor (**h-index:1**);
5. Ospanov E. A., PhD in the specialty 6D070200 – "Automation and Control", Associate Professor of the Higher Attestation Commission, NJSC "Shakarim University" (**h-index:9**);
6. S. A. Belginova, PhD in specialty 6D070300 – Information Systems (by industry), Associate Professor of Turan University, Department of Information Technology (**h-index:6**);
7. E.E. Karsybaev, Doctor of Technical Sciences, Professor, JSC "Academy of Civil Aviation" (**h-index:1**);
8. R.K. Anayatova, PhD, Head of the Department "Aviation English", JSC "Academy of Civil Aviation" (**h-index:3**);
9. Kalimoldaev M.N., PhD, Professor, Institute of Problems of Informatics and Management of the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (**h-index:10**);
10. A.K.Tuleshov, PhD, Academician MIA, Institute of Mechanics and Machine Science (**h-index:4**).

Responsible editor: A. Makeeva

Editor-proofreader: A. Manapova

МАЗМҰНЫ/СОДЕРЖАНИЕ/ CONTENTS

<i>ӘУЕ КӨЛІГІ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ И ТЕХНОЛОГИИ AIR TRANSPORT AND TECHNOLOGY</i>	
Islam Isgandarov, Sakhavat Amirbayli STRUCTURAL MODEL AND REPORTING METHODOLOGY OF THE PERSPECTIVE ANTI-ICING SYSTEM FOR CIVIL AVIATION AIRCRAFT	10
Сулейменова А. Н., Карипбаев С.Ж. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В АВИАЦИИ: ПОДХОДЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ	22
И.А.Искендеров, С.С. Абдуллаева ОБЗОР АНАЛИЗА ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ В КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ РАННИХ ЗАПУСКОВ	30
Abdulayev Kh. I., Vazirova T.N. APPLICATION OF TERAHERTZ WAVES IN AVIATION SECURITY	39
<i>ЛОГИСТИКА, ТАСЫМАЛДАУДЫ ҰЙЫМДАСТЫРУ, КӨЛІКТЕГІ ҚАУІПСІЗДІК ЛОГИСТИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ LOGISTICS, TRANSPORTATION ORGANIZATION, TRANSPORT SECURITY</i>	
Сайдумаров И.М., Бойманов И.Ж. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ	47
Гойколов Л.Н., Абжапбарова А.Ж. ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АВТОТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ	60
Темиртасова С.Т., Абжапбарова А.Ж. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДОСМОТРА БАГАЖА: ТОМОГРАФЫ КАК ЧАСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ДОСМОТРА БАГАЖА В АЭРОПОРТАХ	71
<i>КОМПЬЮТЕРЛІК ҒЫЛЫМДАР, АСПАП ЖАСАУ ЖӘНЕ АВТОМАТТАНДЫРУ КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ, ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ COMPUTER SCIENCE, INSTRUMENTATION AND AUTOMATION</i>	
Suleimenova M.U., Mukhammedzhanova D.M., Amanova R.T. A SCIENTIFIC APPROACH TO UTILIZING ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE DIAGNOSIS AND PREDICTION OF EARLY AGING	80
Mukhammedzhanova D.M., Suleimenova M.U. AI-BASED REMOTE PATIENT MONITORING SYSTEMS IN KAZAKHSTAN	87

CONTENTS

<i>AIR TRANSPORT AND TECHNOLOGY</i>	
Islam Isgandarov, Sakhavat Amirbayli STRUCTURAL MODEL AND REPORTING METHODOLOGY OF THE PERSPECTIVE ANTI-ICING SYSTEM FOR CIVIL AVIATION AIRCRAFT	10
Suleimenova A.N., Karipbayev S. Zh. OPTIMIZING AVIATION MAINTENANCE: APPROACHES AND CASE STUDIES	22
İsgandarov İ.A., Abdullayeva S.S. REVIEW OF THE ANALYSIS OF RELIABILITY PROBLEMS IN EARLY LAUNCH SPACECRAFT	30
Abdulayev Kh. I., Vazirova T.N. APPLICATION OF TERAHERTZ WAVES IN AVIATION SECURITY	39
<i>LOGISTICS, TRANSPORTATION ORGANIZATION, TRANSPORT SECURITY</i>	
Saydumarov I.M., Boymanov I.J. A METHOD FOR DETERMINING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF INCREASING RUNWAY CAPACITY	47
Goikolov L.N., Abzhapbarova A.Zh. LOGISTIC QUALITY MANAGEMENT SYSTEM FOR ROAD TRANSPORT SERVICES AND STANDARDIZATION OF LOGISTIC CUSTOMER SERVICE	60
Temirtasova S.T., Abzhapbarova A.Zh. IMPROVING THE BAGGAGE SCREENING SYSTEM: TOMOGRAPHS AS PART OF THE BAGGAGE SCREENING TECHNOLOGY AT AIRPORTS	71
<i>COMPUTER SCIENCE, INSTRUMENTATION AND AUTOMATION</i>	
Suleimenova M.U., Mukhammedzhanova D.M., Amanova R.T. A SCIENTIFIC APPROACH TO UTILIZING ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE DIAGNOSIS AND PREDICTION OF EARLY AGING	80
Mukhammedzhanova D.M., Suleimenova M.U. AI-BASED REMOTE PATIENT MONITORING SYSTEMS IN KAZAKHSTAN	87

=====

ӘУЕ КӨЛІГІ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ И ТЕХНОЛОГИИ
AIR TRANSPORT AND TECHNOLOGY

=====

IRSTI 629.7.05

https://doi.org/10.53364/24138614_2024_35_4_1

¹Islam Isgandarov, ¹Sakhavat Amirbayli*
¹National Aviation Academy, Azerbaijan, Baku

*E-mail: Sakhavat.Zahid92@gmail.com

**STRUCTURAL MODEL AND REPORTING METHODOLOGY OF THE
PERSPECTIVE ANTI-ICING SYSTEM FOR CIVIL AVIATION AIRCRAFT**

Abstract: *In this article, analyzes the operational and technical characteristics of anti-icing systems used in modern civil aircraft, as a promising anti-icing system, a structural model of a system equipped with a microwave generator that can be installed on the wing of an aircraft, as well as on other aircraft surfaces that may be subject to icing, has been proposed. An application scheme for such a system for carbon-fiber and aluminum-based front edges has been developed, and the microwave generator to be used in the system will be used in the form of a block with low energy consumption and minimal traction on the icy parts of a particular type of aircraft.*

Keywords: *Anti-icing system, Leading edges, Carbon fiber, De-icing, Anti-icing, Unmanned aerial vehicle, Composite, Dielectric, Aerodynamic surface, Thermal anti-icing system, Pneumatic anti-icing system, Laminar flow, Turbulent flow, Microwave energy.*

Introduction. Aircraft icing in flight is recognized as a serious safety problem worldwide. Under certain flight conditions, water droplets can cool and freeze within clouds, causing damage to the leading edge of the aircraft fuselage, wings, controls, and engine air intakes. The ice sheet changes the shape of the aerodynamic surfaces and the resulting aerodynamic performance of the aircraft can be dangerous to the flight. As we know, the aircraft eliminates ice accumulation during flight by activating anti-icing systems. Most systems currently in use can be divided into two main types: thermal and pneumatic. There are real limits to the application of other types such as vibration, chemical, shape memory alloys and super hydrophobic and are still under development. Thermal anti-icing systems melt ice build up on the wing's protected surface or prevent ice from forming by applying heat. This is done either by the use of electric heaters or by transferring hot air from a jet engine. Typical applications of off-wing anti-icing systems are on the leading edges, as well as the engine and propeller blades, where ice accumulation can be detrimental. Therefore, each anti-icing system has its own impact on weight, energy, as well as consumption and costs, for this reason

we will try to classify all possible technical solutions, of course, this leads to ratings with no general reliability. In this article, operational and technical features of anti-icing systems applied in modern civil aviation aircrafts are analyzed, and a structural model of a system that can be installed on the aircraft wing and also on other aircraft surfaces that may be exposed to icing by being equipped with a microwave generator as a prospective anti-icing system is proposed. The application scheme of such a system for carbon-fiber and aluminum-based front edges has been worked out, and the placement of the microwave generator to be used in the system in the form of a block is justified by consuming less energy and having a minimum weight in the parts of a specific type of aircraft subject to icing [1].

Development of the scheme of perspective anti-icing systems. Since the early days of aviation, the growth of ice on the surface of airplanes during flight has been able to cause from minor danger to major disasters. Despite great developments, aircraft anti-icing systems have become more effective over the years due to increased understanding, but unfortunately, accidents due to this reason still occur during icing. As it is known, the ice formed on the aerodynamic surfaces of the plane disrupts the laminar flow of air, as a result, the lifting force decreases, the resistance increases, and it weakens the stability by complicating the work of the control bodies. Maintaining altitude, increasing angle of attack, and expending power to compensate for additional drag allow ice to accumulate on the underside of the fuselage and wing. Ice accumulates not only on the wings, fenders and windshields, but also on the front surfaces of the aircraft, including antennas, vents and inlets. Vibrating the antennae so severely eventually causes them to break. Most of the systems in use today are classified according to two main types: thermal and pneumatic. Other types, vibration, chemical, shape memory alloys and superhydrophobic are limited in real application and are still under development. Thermal systems melt ice on the wing's protected surface and prevent ice from forming through heat. This occurs through electric heaters or hot air from the engine. Pneumatic de-icing systems usually consist of a rubber inflatable cargo area located on the leading edges of the wing. In this research topic, we will talk about the application of microwave anti-icing system for carbon-fiber reinforced plastic front edges. Thus, the microwave anti-icing system for carbon-fiber-based front edges is capable of performing both anti-icing and de-icing functions through a microwave generator placed on those front edges, which has a high absorption rate of microwaves. Thanks to such a high ratio, the efficiency of the system is extremely high with negligible losses. Typical power consumption for a regional aircraft is approximately (20kW). The system is always reliable due to its vital importance, but can result in difficulty caused by the heavy weight as protection of adjacent structures and systems is required. A schematic diagram of the microwave anti-icing system for composite leading edges is shown in figure 1.

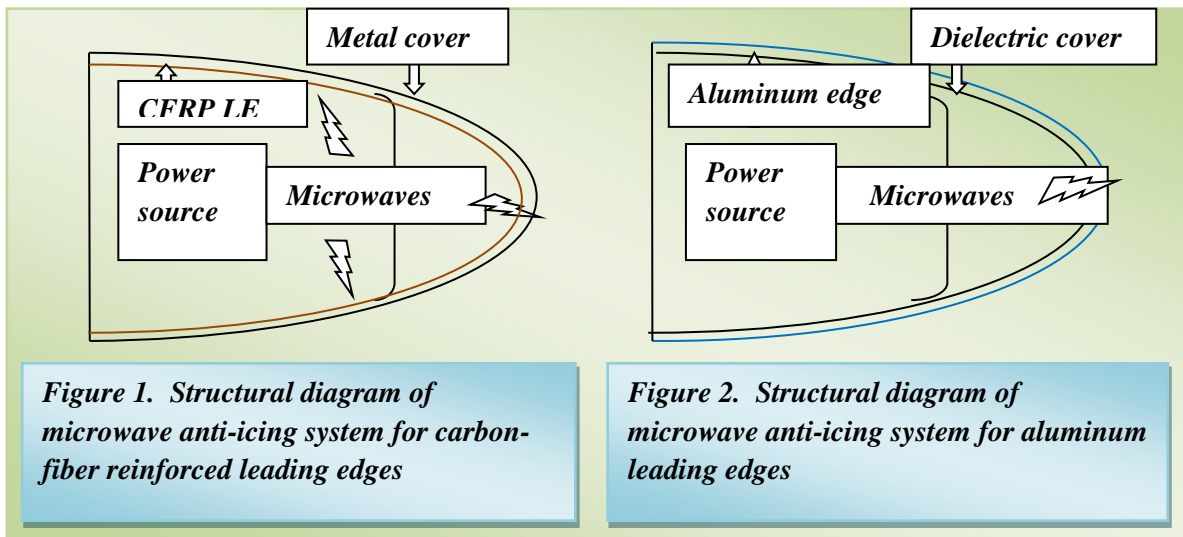


Figure 1. and figure 2. Structural diagram of microwave anti-icing system for carbon-fiber reinforced and aluminum leading edges

However, the microwave anti-icing system for aluminum front edges only has a de-icing function, which heats and melts the accumulated ice by absorbing microwaves. In this case, the microwave absorption process is not very high, and therefore the system efficiency usually causes energy loss below 70% when the system is in operation [1,2,3]. A structural diagram of the microwave anti-icing system for aluminum front edges is shown in figure 2.

In general, this system is designed for the wing, rotor and aerodynamic profile of the aircraft. The working principle is that the radiated microwave energy is absorbed in the propagation tube of the leading edge of the wing of the aircraft and eventually turns into heat energy. In order to ensure the most efficient conversion of microwave energy into heat energy, a highly absorbent coating and a mirror-insulator are placed on the inner surface of the tube. As a result, heat energy is transferred to the wing, rotor and aerodynamic profile through special heat transfer channels, so the temperature of the wing parts, rotor and aerodynamic profile increases. and melting of ice formed even at temperatures above freezing occurs and is preventable. So, we can use Maxwell's equations and Lambert's law to describe the absorption of microwave energy. Since Maxwell's equations are complex equations, we can give a numerical model of the report using these two equations that represent the absorption of microwave energy. Using these, it is possible to compare the numerical model's predictions based on the two equations that show the absorption of microwave energy. As a result, it can be concluded that the penetration depth, which is a function of the predictions of the two formulas, depends on the critical density. According to Lambert's law, melting occurs during microwave heating, and as a result, the microwave power P_0 at a normal surface is expressed as a distance x from the surface. This dependence can be characterized by the following dependence:

$$P(x) = P_0 e^{-2\delta x} \tag{1}$$

where δ is the attenuation constant, specified in units of 1/m. The penetration depth δ_p is defined as $\delta_p = 1/(2\delta)$, where $P(x)/P_0 = 1/e$ [2]. From here it can be said that if the

thickness of the surface is 2.7 times greater than the depth of penetration, then the two formulas will have the same results. Therefore, for sufficiently thick surfaces, models based on the absorption of microwave radiation can be performed using Lambert's law. The exact determination of the P_0 - quantity is very important for the development of the microwave model algorithm. The surface power can be expressed as a function equal to the absorbed power and the absorbed surface power. The proposed equations are shown to correspond to this approach for cylindrical samples. However, the powers calculated by the calorimetric model are averaged over absorbed powers rather than surface powers. In this case, the absorbed power can be defined by the following expression:

$$P_{abs} = \int_V P(x)dV = \int_0^H \int_0^{2\pi} \int_0^R P_0 e^{-2\delta x} = dx d\theta dz \quad (2)$$

and after integration, the following equation related to the force can be obtained in terms of the surface force absorption equation:

$$P_0 = \frac{P_{abs}\delta}{(1-e^{-2\delta R})\pi H} \quad (3)$$

However, in a cylindrical body, the volume element is not $(dx d\theta dz)$, and the dimensions on the left and right sides of equation are inconsistent. The aim of the present work is to design a difference model to predict the experimental data, using the absorbed power and surface power as well as the estimated surface power in a finite way using the approach related to. The unsteady state heating for microwave radiation on a long cylindrical surface can be modified by the equation of conductivity for solids with constant physical properties by adding the absorption term of microwave power.

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} \equiv \frac{k\partial}{r\partial r} \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{P}{V} \quad (4)$$

where the P/V ratio is the volumetric heat generation time.

It should also be noted that the surface power for a certain geometry and charge at a certain position in microwave radiation should not depend on the irradiated samples, this movement is associated with inaccuracies in the attenuation constants, and the non-uniformity in the microwave field or its absence reduces the probability of the assumption of normal energy transfer. I would like to note that the microwave de-icing and anti-icing system for airplanes is usually designed for airplane wings, rotors, and airfoils. The principle of operation can be briefly explained as follows: microwave energy is absorbed by the rising tube inside the front leading edges of the wing and eventually turns into heat energy. Therefore, placing a highly absorbent coating and a mirror insulator on the inner surface of the tube ensures the conversion of microwave energy into thermal energy. And as a result, the heat energy spreads to the surface of the wing, rotor and airfoils through the heat transfer channels, and at the same time, the temperature in the wing part, rotor and airfoils increases, the elimination and formation of icing is prevented [4].

Microwave technology in the field of aviation. Microwave technology is widely used for point-to-point telecommunications (ie, non-broadcast uses). Microwave ovens are particularly well suited for this use because they are more easily focused into narrower beams than radio waves, allowing frequencies to be reused; their relatively high frequencies allow for large bandwidths and high data rates, and antenna sizes are smaller than those at lower frequencies because the size of the antenna is inversely proportional to the transmitted frequency. Microwaves are used in spacecraft communications, and much of the world's data, TV and telephone communications are transmitted over long distances by microwaves between ground stations and communication satellites. Microwave radiation is also used in microwave ovens and radar technology. A microwave oven passes microwave radiation at a frequency near 2.45 GHz (12 cm) through food, causing dielectric heating primarily by absorbing energy in water. Microwave ovens became a common kitchen appliance in western countries after the development of cheaper cavity magnetrons in the late 1970s. Water in its liquid state has many molecular interactions that broaden the absorption peak. Water molecules isolated in the vapor phase are absorbed at a frequency of 22 GHz, which is almost ten times the frequency of a microwave oven. Many semiconductor processing techniques use microwaves to generate plasma for purposes such as reactive ion etching and plasma-enhanced chemical vapor deposition. The word "beam" refers to energy emitted from a source, not radioactivity. The main effect of microwave absorption is to heat materials; electromagnetic fields cause polar molecules to vibrate. Microwave radiation (or other non-ionizing electromagnetic radiation) has not been conclusively proven to have significant adverse biological effects at low levels. Some studies, but not all, show that long-term exposure can have a carcinogenic effect. Considering that the two plates located inside and the electromagnetic rays passing through that plate cause the substance to be heated from negative temperature to positive temperature [5].

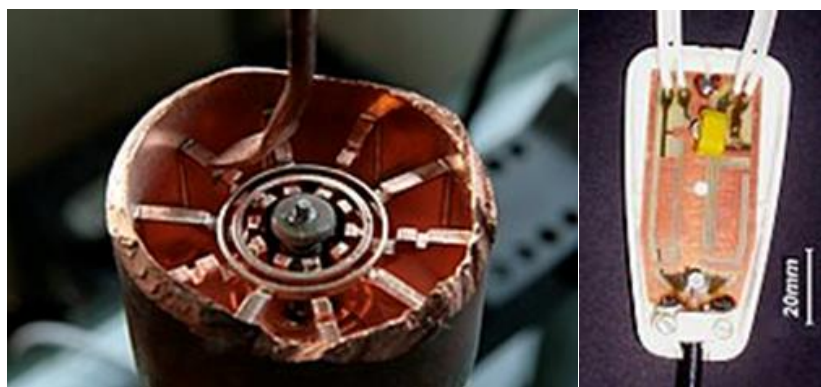


Figure 3. Cutaway profile view of a magnetron

At low frequencies, open-wire and coaxial transmission lines are replaced by waveguides and strip lines, and lumped-element tuned circuits are replaced by cavity resonators or resonant stubs. In turn, at higher frequencies, when the wavelength of electromagnetic waves is small compared to the size of the structures used to process them, the microwave technique becomes inadequate and optics methods are used. High

power microwave sources use special vacuum tubes to generate microwave beams. These devices operate on different principles than low-frequency vacuum tubes, using the ballistic motion of electrons in a vacuum under the influence of controlling electric or magnetic fields, and are divided into magnetron (used in microwave ovens), klystron, traveling wave tube (TWT) and gyrotron types. These devices operate in density modulation mode rather than current modulation mode. This means that instead of using a continuous stream of electrons, they operate on piles of electrons that fly ballistically over them. A cutaway view of the inside of a cavity magnetron used in a microwave oven (left). Antenna splitter: microstrip techniques become increasingly necessary at higher frequencies (right) figure 3. [6].

Effect of ice accumulation on wing aerodynamics and perspective reporting methodology and scheme. One of the main objectives of this project is to determine the effects of icing on aerodynamics according to the performance of the aircraft configuration (since each geometric surface accumulates ice differently and a general study would be impossible). The effect of ice on the airflow depends on the location of the ice and is regulated by the pressure distribution of the airflow. The ratio of the height of the ice formation to the length of the chord of the wing determines the shape of the ice wing and its geometry. Furthermore, its effects do not appear to be linear or proportional in any sense. In general, icing has the effect of increasing wind resistance by increasing the vertical load of the structure and increasing the open area of its wings. This leads to reduced performance, loss of lift, variable control and eventual stalling and subsequent loss of control. The least thing to do is that icing directly changes the shape of the variable airfoil, which will increase its aerodynamics (changing the airflow) and also its mass (important in UAVs, more so than other types of aircraft due to their smaller mass), and most importantly, change the center of mass, which, currently we will analyze it. Aerodynamic problems in airplanes are mainly observed with a decrease in lift force and an increase in wing drag. These two forces are the forces that control aerodynamics, and their variation is what gives us the aerodynamic degradation caused by icing. The drag force is the force parallel to the flow direction, and the lift force is the force perpendicular to it. Lift is the (ideal) upward force created by the aircraft as a result of its motion in the air. However, how air flow creates lift can be explained by Bernoulli's principle (as well as Newton's laws). According to Bernoulli's principle, we know that there is a direct relationship between pressure and velocity. Like air flow, a pressure imbalance occurs, so that the air passing through the upper part flows at a different speed than the lower part [7,9]. This pressure difference is exactly the lifting force. Also, the lifting force depends on the air density, the square of the speed of the plane, the area of the wing, the shape of the wing and the angle of attack.

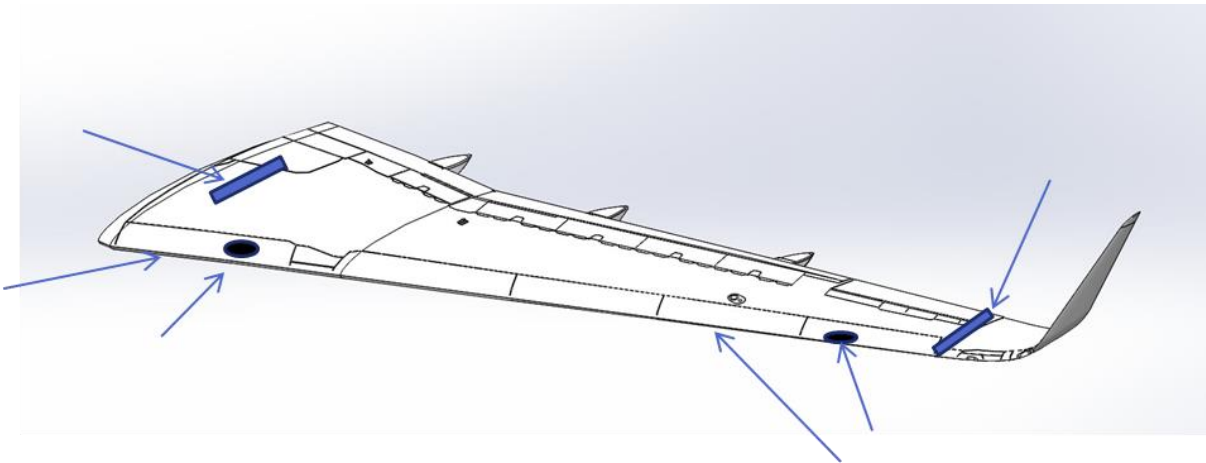


Figure 4. The principle of location of magnetrons and temperature transmitters on the airfoil

■ Magnetrons

● Temperature transmitters

This is the angle of attack and its shape (the lift coefficient in the lift force formula is expressed in the form of the equation (5)). Icing greatly affects the shape of the wing, resulting in reduced lift and lift. We will refer to the lift force as the lift coefficient, as this is what FENSAP will output. Its equation is shown in (5). This coefficient is dimensionless and will be perfect for comparison between the cases we will be working with here, F_L - is the lifting force, S - is the surface area, V - is the velocity of the air flow, and ρ - is the density of the liquid.

$$C_L = \frac{2F_{Lift}}{\rho V^2 S} \quad (5)$$

Drag is the opposite force of air, a force that opposes the relative motion of an object, or in this case (aerodynamic drag), a force directed against the direction of flow. This force is viscous and we will also work with a dimensionless drag coefficient. Its equation is shown in expression (6). Similarly, the lifting force coefficient depends on the liquid density ρ and the square of the flow rate V . However, this coefficient depends on the cross-sectional area (A) unlike S .

$$C_D = \frac{2F_{Drag}}{\rho V^2 A} \quad (6)$$

The change in the center of mass is also very important. Generally, water droplets hit near the front leading edge of the wing, and most of the ice accumulates on the leading edge. This changes the mass distribution and center of mass of the fuselage. For this reason, the change in center of mass caused by ice accumulation can be very detrimental to flight. There are two different approaches to numerically calculate fluid dynamics: one is Lagrangian and the other is Euler. The Lagrangian specification of the field is a way of tracking the fluid motion followed by an individual fluid particle as an observer moves through space and time. The position of an individual particle over time gives the trajectory of that particle. The Eulerian approach, on the other hand, focuses on specific locations in the space through which the fluid flows, instead of following a fluid particle. With this approach, we can see the motion of the fluid

particle at all observed locations. The problem is that CFD analysis usually fails to accurately determine the lift and drag forces and results in low Reynolds numbers with free passage. This is due to laminar separation effects, which cannot be fully captured by common CFD methods [8-11].

Microwaves are a form of electromagnetic radiation with wavelengths of about one meter to one millimeter, corresponding to frequencies between 300 MHz and 300 GHz, respectively. Different sources define different frequency ranges as microwaves; the broad definition above includes the UHF, SHF and EHF (millimeter wave) bands. A more common definition in radio frequency engineering is the range between 1 and 100 GHz (wavelength between 0.3 m and 3 mm). Microwaves travel in the line of sight; unlike low-frequency radio waves, they do not diffract around hills, follow the earth's surface like ground waves, or reflect from the ionosphere, so that terrestrial microwave communications are limited to about 40 miles (64 km) beyond the visual horizon [12,13]. At the high end of the range, they are absorbed by gases in the atmosphere, limiting practical communication distances to a kilometer. In modern times, microwaves are used in aviation, medicine and other fields, including household applications. It should also be noted that microwave ovens are used in modern technology, for example, in point-to-point communications, wireless networks, microwave radio relay networks, radar, satellite and widely used in spacecraft communications, medical diathermy and cancer treatment, remote sensing, radio astronomy, particle accelerators, spectroscopy, industrial heating, collision avoidance systems, garage door and keyless entry systems, and microwave cooking, etc. Microwave radiation occupies a place in the electromagnetic spectrum with a frequency above ordinary radio waves and below infrared light:

Electromagnetic radiation			
Name	Wave length	Frequency	Photon energy
Gamma radiation	< 0.01 nm	> 30 EHz	> 124 keV
X-ray	0.01 nm – 10 nm	30 EHz – 30 PHz	124 keV – 124 eV
Ultraviolet	10 nm – 400 nm	30 PHz – 750THz	124 eV – 3 eV
Visible light	400 nm – 750 nm	750THz – 400THz	3 eV – 1.7 eV
Infrared	750 nm – 1 mm	400THz–300 GHz	1.7 eV– 1.24 meV
Microwave	1 mm – 1 m	300 GHz–300Mhz	1.24meV – 1.2 μ ev
Radio	\geq 1 m	\leq 300 MHz	\leq 1.24 μ eV

Microwave radiation is also used in microwave ovens and radar technology. A microwave oven passes microwave radiation at a frequency near 2.45 GHz (12 cm) through food, causing dielectric heating primarily by absorbing energy in water.



Figure 5. Newly designed 1.5k W microwave magnetron

The characteristics of a microwave magnetron are as follows:

Output voltage: 3.8kV~4.4kV

Output current: Max.480mA

Destination: magnetron

Dimensions: 254 (L) x 173 (W) x 92 mm (H)

Output power: 100~2000W

Input voltage: 220V

Product name: New design 1.5kW microwave magnetron

Efficiency: more than 90%

As the main result of our research, we can say that the development of a mathematical model that simulates the operation of the anti-icing system with the conversion of microwave energy into thermal energy will provide ample opportunities for the application of this system to a specific type of aircraft in the future [14]. And as a new proposal, through the placement of microwave magnetrons in the wing profile, it is possible to use about 2kW of power as a result of pulsed electromagnetic radiation. As a result of the analysis, it was determined that the anti-icing system based on the microwave generator is the most promising system. It has been shown that the use of carbon-fiber-based reinforced plastic leading edges for a specific aircraft type can be achieved in this work. As an innovation, it is considered appropriate to place the microwave generator to be used in the system in the form of a block, consuming less energy and having a minimum weight in the parts of the system that are subject to icing.

Conclusion. As a result of the analysis, it was determined that the anti-icing system based on the microwave generator is the most promising system. It has been shown that the use of carbon-fiber-based reinforced plastic leading edges for a specific aircraft type can be achieved in this work. It has been determined that this system, besides being reliable in terms of its working capacity, is capable of performing both

de-icing and anti-icing functions. In the article, as an innovation, the placement of the microwave generator to be used in the system in the form of a block is justified by consuming less energy and having a minimum weight in the parts of the system that are subject to icing of a specific type of aircraft. In general, with the application of temperature transmitters, magnetrons cause the melting of ice and the prevention of icing on aerodynamic surfaces that may be subject to icing with the heat energy released as a result of electromagnetic radiation. Harmful radiation can be relatively avoided by operating in 1.5kW pulse mode.

Ислам Искендеров, Сахават Амирбейли

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ И МЕТОДИКА ОТЧЕТНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

***Аннотация:** В статье анализируются эксплуатационные и технические характеристики противообледенительных систем, применяемых на современных гражданских самолетах, в качестве перспективной противообледенительной системы предложена структурная модель системы, оснащенной СВЧ-генератором, которая может быть установлена на крыле самолета, а также на других поверхностях самолета, которые могут подвергаться обледенению. Разработана схема применения такой системы для передних кромок из углепластика и алюминия, а используемый в системе СВЧ-генератор будет использован в виде блока с малым потреблением энергии и минимальным тяговым усилием на обледенелых частях конкретного типа самолета.*

***Ключевые слова:** противообледенительная система, передние кромки, углеродное волокно, противообледенительная защита, беспилотный летательный аппарат, композитный материал, диэлектрик, аэродинамическая поверхность, тепловая противообледенительная система, пневматическая противообледенительная система, ламинарный поток, турбулентный поток, микроволновая энергия.*

Ислам Искендеров, Сахават Амирбейли

АЗАМАТТЫҚ АВИАЦИЯНЫҢ ҰШАҚТАРЫНЫҢ ҚҰЗҒА ҚАРСЫ ЖЕТІЛДІК ЖҮЙЕСІНІҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ МОДЕЛІ ЖӘНЕ ЕСЕПТІК ӘДІСІ

***Аңдатпа:** Мақалада заманауи азаматтық ұшақтарда қолданылатын мұздануға қарсы жүйелердің пайдалану және техникалық сипаттамалары талданады, перспективалы мұздануға қарсы жүйе ретінде микротолқынды генератормен жабдықталған жүйенің құрылымдық моделі ұсынылады, оны ұшақтың қанатына, сондай-ақ мұздануға ұшырауы мүмкін басқа ұшақ*

беттеріне орнатуға болады. Мұндай жүйені көміртекті пластиктен және алюминийден жасалған алдыңғы жиектерге қолдану схемасы жасалды, ал жүйеде қолданылатын микротолқынды генератор белгілі бір ұшақ түрінің мұзды бөліктерінде энергияны аз тұтынатын және минималды тарту күші бар блок түрінде қолданылады.

Түйін сөздер: мұздануға қарсы жүйе, алдыңғы жиектер, көміртекті талшық, мұздан қорғау, ұшқышсыз ұшу аппараты, композициялық материал, диэлектрик, аэродинамикалық бет, термиялық мұздануға қарсы жүйе, пневматикалық мұздануға қарсы жүйе, ламинарлы ағын, турбулентті ағын, микротолқынды энергия.

References

1. PhD course in Aerospace, Naval and Quality Engineering XXIII PhD course in Aerospace Engineering, Author: F. De Rosa Tutor: Prof. G.P. Russo, 2008-2010
2. G.C. Botura, D. Sweet, “Concept Development of Low Power Electro-thermal Deicing System”, AIAA 2006-864, 2006.
3. Icing of aerodynamic surfaces: conditions of occurrence and calculation methods, Prikhodko A.A., Alekseenko S.V. O. Gonchar Dnipropetrovsk National University, Ukraine. 2012.
4. A mathematical model for predicting the temperature profiles during microwave heating, Coskan İlicalı Kyrgyzstan, Turkey, Manas University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 2011.
5. Amirbayli S.Z., Abdullayev P.Ş. Structural model of perspective ice protection system for civil aviation aircraft, "February Reports 2021 Creative Potential of Youth in Solving Aerospace Issues" VI International Scientific and Practical Youth Conference, Baku February 2-4, 2021, on page 65-67.
6. The experimental investigation of a rotor hover icing model with shedding, Edward W. Brouwers, Research Assistant, Aerospace Engineering, Jose L. Palacios, Research Associate, Aerospace Engineering, Edward C. Smith, 2010.
7. “Electrically heated composite leading edges for aircraft anti-icing applications” By Francesco De Rosa 2010.
8. Study of the Effects of In-Flight Icing on Fixed Wing UAV's Aerodynamic Performance, Eloi Soldevila Dalmau, Narvik, Codirectors: Muhammad Shakeel Virk (UiT), Josep Maria Olm (UPC), June 2018.
9. Beads and Rivulets Modelling in Ice Accretion on a Wing / P. Louchez, G. Fortin, G. Mingione, V. Brandi // 36th Aerospace Sciences Meeting & Exhibit, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reno, Nevada. – 1998.
10. Dillingh, J.E. Accumulation of Ice Accretion on Airfoils during Flight [Text] / J.E. Dillingh, H.W.M. Hoeijmakers // Federal Aviation Administration Inflight Icing and Aircraft Ground De-icing, Conference, Chicago, Illinois. – 2003.
11. Langmuir, I. A mathematical investigation of water droplet trajectories / I. Langmuir, K.B. Blodgett. – Program Press 196, Report No. RL-224. – Vol. 10. – 1945.
12. Szilder, K., & Yuan, W. (2017). In-flight icing on unmanned aerial vehicle and its aerodynamic penalties. Progress in Flight Physics—Volume 9, 9, 173-188.

13. Shin, J., Bond, T. (1992). Results of an Icing Test on a NACA 0012 Airfoil in the NASA Lewis Icing Research Tunnel. NASA Technical Memorandum 105374.

14. Amirbayli S.Z., Isgandarov I.A., Abdullayev P.Ş.. Structural model of perspective ice protection system for civil aviation aircraft, "February Reports 2021 Creative Potential of Youth in Solving Aerospace Issues" VI International Scientific and Practical Youth Conference, Baku February 2-4, 2021, on page 65-67.

Islam Isgandarov	Ph.D., Professor, Head of the Department "Aerospace Devices" of the National Aviation Academy of Azerbaijan, E-mail: islam.nus@mail.ru, Baku, Republic of Azerbaijan
Ислам Искендеров	ф.-м. ғ. к., профессор, Әзірбайжан Ұлттық авиация академиясының "Аэроғарыштық аспаптар" кафедрасының меңгерушісі, E-mail: islam.nus@mail.ru , Баку қ., Әзірбайжан республикасы.
Ислам Искендеров	к.ф.-м.н., профессор, зав. каф. «Аэрокосмические приборы» Национальной авиационной академии Азербайджана, E-mail: islam.nus@mail.ru , г. Баку, республика Азербайджан

Sakhavat Amirbayli	Master's degree, Chief Laboratory Assistant of the Department of Aerospace Devices of the National Aviation Academy of Azerbaijan, Baku, Republic of Azerbaijan E-mail: Sakhavat.Zahid 92@gmail.com
Сахават Амирбейли	Магистр, Әзірбайжан ұлттық авиациялық академиясының "Аэроғарыштық аспаптар" кафедрасының бас зертханашысы, Баку қ., Әзірбайжан Республикасы E-mail: Sakhavat.Zahid 92@gmail.com
Сахават Амирбейли	Магистр, главный лаборант кафедры «Аэрокосмические приборы» Национальной авиационной академии Азербайджана, г. Баку, республика Азербайджан E-mail: Sakhavat.Zahid 92@gmail.com

https://doi.org/10.53364/24138614_2024_35_4_2
МРНТИ 73.37.41

¹А. Н. Сулейменова*, магистрант

Научный руководитель: ¹С.Ж. Карипбаев

¹АО «Академия Гражданской Авиации», г. Алматы, Казахстан

*E-mail: amina.suleimenova@list.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В АВИАЦИИ: ПОДХОДЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ

Аннотация. В авиационной отрасли техническое обслуживание (ТО) является критически важным процессом, поскольку оно напрямую влияет на безопасность, надежность и экономическую эффективность эксплуатации воздушных судов. Программы ТО помогают поддерживать самолеты в исправном состоянии, выявлять потенциальные неисправности до их проявления и оптимизировать эксплуатационные расходы. Данная статья посвящена подходам к повышению эффективности ТО самолетов, с акцентом на программу технического обслуживания и программу надежности, а также возможности для адаптации процедур на основе опыта оператора.

Ключевые слова: программа технического обслуживания, программа надежности, повышение эффективности, оптимизация, статистические методы в ТО.

Введение. В сфере авиации эффективность технического обслуживания является ключевым фактором, который напрямую влияет на безопасность и надежность работы воздушных судов. Программы ТО и надежности обеспечивают операторам необходимую гибкость для адаптации процедур обслуживания под специфические условия эксплуатации. Ожидается, что с развитием технологий и углубленным анализом данных, процессы технического обслуживания станут более предсказуемыми, экономически эффективными и безопасными. Данная статья посвящена исследованию различных компонентов программ ТО и надежности, а также представлению практических примеров успешной адаптации процедур.

Основная часть.

Программа технического обслуживания. Программа технического обслуживания строится на стандартах и требованиях, разработанных производителем на основе испытаний, анализа отказов и практического опыта. Основная цель этой программы заключается в том, чтобы поддерживать воздушное судно в исправном состоянии и обеспечивать его безопасную эксплуатацию на протяжении всего жизненного цикла. Ключевые элементы программы ТО включают:

- Базовое и линейное обслуживание: включает регулярные проверки и устранение мелких неисправностей, выполняемые между полетами.

- Периодические проверки: Запланированные осмотры на определенных интервалах, которые помогают выявить неисправности до их проявления.

- Ремонт и замена деталей: включают процедуры по замене или восстановлению компонентов, изношенных в процессе эксплуатации.

Программа ТО разрабатывается с учетом того, что эксплуатация у разных операторов может различаться. Поэтому каждый оператор может внести изменения в программу, адаптируя её под свои эксплуатационные условия и статистику дефектов, что повышает гибкость и точность программы ТО.

Программа надежности. Программа надежности позволяет отслеживать техническое состояние самолетов и выявлять тенденции в появлении дефектов. Она сосредоточена на сборе и анализе данных, что способствует предсказанию будущих неисправностей. Применение статистических методов и моделей прогнозирования позволяет операторам улучшить планирование ТО и своевременно реагировать на потенциальные проблемы.

Элементы программы надежности:

- Сбор данных: фиксируются все неисправности, замены деталей и любые отклонения в работе систем.

- Анализ данных: Инженеры выявляют тенденции, например, если определенный компонент выходит из строя на определенном этапе.

- Рекомендации по улучшению ТО: если данные показывают частое проявление дефекта, это служит основанием для внесения изменений в график ТО или добавления проверок.

Программа надежности позволяет операторам и инженерам предугадывать, какие компоненты могут потребовать обслуживания, что минимизирует неплановые простои и повышает надежность самолета.

Индивидуализация программы ТО. Одним из ключевых преимуществ программы ТО является её гибкость, которая позволяет операторам адаптировать план обслуживания под особенности их работы. Операторы могут добавлять дополнительные пункты в программу ТО на основе анализа повторяющихся дефектов и эксплуатационных условий.

Адаптация программы ТО включает:

- Добавление новых проверок: например, если какой-либо компонент часто выходит из строя через определенное количество часов, оператор может добавить инспекцию или заменить этот компонент ранее, чем указано в стандартной программе.

- Адаптация частоты проверок: если наблюдается высокая износостойкость определенной системы, оператор может увеличить интервал между проверками, что позволит сократить затраты.

- Использование программы надежности: на основании данных о статистике дефектов оператор может внедрять профилактические мероприятия для избежания сбоев.

Эта индивидуализация повышает экономическую эффективность и снижает риск внезапных отказов, так как программа ТО оптимизируется под реальную

эксплуатацию.

Для лучшего понимания, как программы надежности и ТО работают на практике, ниже приведены несколько примеров из опыта операторов.

Пример 1: Адаптация частоты замены фильтра на основе статистики

В стандартной программе ТО (MPD) для самолетов Embraer может быть предусмотрена замена топливного фильтра каждые 2000 циклов. Этот интервал установлен производителем на основе расчетных данных и испытаний, однако реальная эксплуатация может внести коррективы. Например, оператор, анализируя данные программы надежности, заметил, что фильтры начинают засоряться гораздо раньше — примерно каждые 1200-1500 циклов. Это привело к непредвиденным остановкам и необходимости срочного обслуживания.

Принятые меры:

Оператор принял решение сократить интервал замены фильтра с 2000 до 1500 циклов, добавив новую работу в программу ТО. Такое решение было обосновано анализом статистики отказов и предотвращением unplanned простоев.

Методология сбора и анализа данных. Чтобы принять обоснованное решение о сокращении интервала, оператор использует данные программы надежности и определенные аналитические методы. Вот основные шаги методологии:

1. Сбор данных о дефектах и заменах: Каждый раз, когда фильтр засоряется или требует замены раньше установленного интервала, это фиксируется в базе данных ТО. Включаются данные о пробеге, количестве циклов, времени работы, причинах неисправности и любых других сопутствующих факторах.

2. Анализ тенденций: после накопления данных за определенный период инженеры анализируют их, чтобы выявить тенденции. В данном случае было замечено, что фильтры засоряются раньше указанного интервала — чаще всего в пределах 1200-1500 циклов. Анализ выполняется с использованием статистических методов, таких как определение среднего времени отказа и построение распределения по частоте отказов.

3. Определение интервала на основе статистики: на основании данных оператор выявляет оптимальный интервал, при котором фильтры еще работают в норме, но вероятность засорения уже значительно возрастает. В данном случае, анализ показал, что интервал в 1500 циклов является оптимальным для поддержания надежности.

4. Внедрение новой процедуры в программу ТО: на основании выводов анализаторы предлагают изменить программу ТО, добавив замену фильтра каждые 1500 циклов. Эти изменения согласуются с авиационными властями, если это необходимо, и обновленная программа утверждается для использования.

5. Мониторинг после внедрения: после того как новая частота замены фильтра введена в программу, оператор продолжает отслеживать данные, чтобы убедиться, что изменение положительно влияет на эксплуатационные результаты. Если данные покажут дальнейшее отклонение, интервал может

быть пересмотрен снова.

Преимущества методологии:

- Снижение риска простоев: Регулярная замена фильтра до его засорения позволяет предотвратить неплановые остановки, повысить надежность и снизить расходы.

- Экономия на обслуживании: Оператор может сократить затраты за счет более точного интервала замены, исключая риск поломок и необходимости срочного ремонта.

- Повышение эффективности программы ТО: Программа ТО становится более адаптированной и экономичной, поскольку базируется на реальных данных эксплуатации, а не только на расчетах производителя.

Такая методология позволяет операторам эффективно реагировать на изменения в эксплуатационных условиях и поддерживать высокие стандарты безопасности и надежности.

Этот пример отлично иллюстрирует, как операторы могут повысить эффективность ТО, используя данные о качестве компонентов от различных партий и моделей. В данном случае, изменение партийного номера фильтров помогает уменьшить частоту отказов и улучшить общее качество обслуживания.

Пример 2: Ограничение на использование партийных номеров для повышения надежности. Допустим, оператор Embraer обнаружил, что определенная партия фильтров с конкретным номером часто выходит из строя раньше установленного интервала. Анализ программы надежности выявил, что фильтры из данной партии подвержены засорению через каждые 1000-1200 циклов, что существенно ниже запланированного интервала обслуживания. В результате этого возникли непредвиденные простои и дополнительные затраты на внеплановую замену фильтров.

Производитель, получив обратную связь от оператора и других авиакомпаний, проверил качество фильтров данной партии и предложил аналогичный компонент с новым партийным номером, который был протестирован и показал лучшие результаты по долговечности и устойчивости к засорению.

Процесс внедрения улучшений и создание Technical Information Letter (TIL):

1. Сбор данных и анализ качества фильтров: Оператор фиксирует частоту засорения фильтров и связанные с этим случаи внеплановых замен. Данные показывают, что компоненты определенной партии имеют существенные отклонения от нормальных характеристик. Оператор связывается с производителем, чтобы определить альтернативу.

2. Предложение альтернативного партийного номера: Производитель подтверждает, что новый партийный номер фильтров тестировался и показал более высокую устойчивость к загрязнению. Этот компонент также соответствует спецификациям, но имеет улучшенные эксплуатационные характеристики.

3. Проверка и анализ альтернативы: Оператор внедряет новый партийный номер в ограниченном количестве для тестирования, продолжая собирать

данные по частоте засорения и эффективности работы нового фильтра. Тестирование подтверждает, что фильтры из новой партии работают стабильно дольше (например, 2000 циклов), что соответствует или даже превышает первоначальные ожидания.

4. Создание Technical Information Letter (TIL): после того как новый партийный номер фильтра успешно протестирован, оператор создает документ — TIL (Technical Information Letter), в котором рекомендует отказ от закупок фильтров с исходным партийным номером и предлагает использовать только фильтры из новой партии. В TIL описываются:

- Причина изменения: высокая частота отказов старой партии.
- Описание нового фильтра и его преимущества.
- Рекомендации для технических и закупочных отделов — например, ввести ограничение на использование старого партийного номера и приобрести фильтры только из проверенной партии.

5. Ограничение на закупки и внедрение в программу ТО: TIL становится официальным документом, на основании которого закупочный отдел прекращает приобретение фильтров старой партии. Программа ТО обновляется, чтобы включать новые фильтры, и оператор теперь использует только фильтры с улучшенными характеристиками.

Преимущества данного подхода:

- Повышение надежности: Использование компонентов с улучшенными характеристиками увеличивает надежность системы, снижает частоту отказов и минимизирует простои.

- Снижение эксплуатационных затрат: Увеличение интервала между заменами сокращает затраты на ТО и внеплановые простои.

- Оптимизация закупок: Ограничение на использование ненадежных партий помогает компании не тратить средства на некачественные компоненты.

- Адаптация программы ТО: Новые рекомендации становятся частью программы ТО, что позволяет избежать аналогичных проблем в будущем и повысить качество обслуживания.

Использование таких данных для оптимизации закупок и обслуживания — отличный пример того, как аналитический подход к ТО и обмен данными с производителями помогают авиакомпаниям снижать затраты и повышать эффективность обслуживания.

Выводы. Техническое обслуживание в авиационной отрасли является ключевым элементом, обеспечивающим безопасность, надежность и экономическую эффективность эксплуатации воздушных судов.

Критическая роль технического обслуживания: Эффективное ТО способствует предотвращению аварий и снижению вероятности непредвиденных простоев, что напрямую влияет на безопасность полетов.

Гибкость и адаптация процедур: Возможность индивидуализации программ ТО в зависимости от специфики эксплуатации позволяет операторам более точно реагировать на реальные условия работы и улучшать качество обслуживания.

Важность программы надежности: Сбор и анализ данных о состоянии компонентов самолетов помогает выявлять тенденции в появлении неисправностей, что ведет к более эффективному планированию ТО и уменьшению затрат.

Использование статистических методов: Применение статистических методов и моделей прогнозирования позволяет операторам предугадывать возможные проблемы и оптимизировать график технического обслуживания.

Примеры успешных адаптаций: Конкретные примеры из практики показывают, как адаптация интервалов замены компонентов и переход на более надежные партии деталей могут существенно повысить эффективность и снизить эксплуатационные расходы.

Таким образом, внедрение систематического подхода к техническому обслуживанию, основанного на анализе данных и адаптации процедур, является необходимым для достижения высоких стандартов безопасности и надежности в авиации.

А. Н. Сулейменова, С.Ж. Карипбаев

АВИАЦИЯҒА ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ: ТӘСІЛДЕР МЕН МЫСАЛДАР

Аңдатпа. Авиация өнеркәсібінде техникалық қызмет көрсету маңызды процесс болып табылады, өйткені ол әуе кемелерінің жұмысының қауіпсіздігіне, сенімділігіне және үнемділігіне тікелей әсер етеді. Техникалық қызмет көрсету бағдарламалары ұшақтарды жақсы жұмыс күйінде ұстауға, ықтимал ақаулықтарды олар пайда болғанға дейін анықтауға және пайдалану шығындарын оңтайландыруға көмектеседі. Бұл мақалада техникалық қызмет көрсету бағдарламасы мен сенімділік бағдарламасына және оператор тәжірибесіне негізделген процедураларды бейімдеу мүмкіндігіне баса назар аударып, әуе кемелеріне техникалық қызмет көрсету тиімділігін арттыру тәсілдеріне назар аударылады.

Түйін сөздер: техникалық қызмет көрсету бағдарламасы, сенімділік бағдарламасы, тиімділікті арттыру, оңтайландыру, техникалық қызмет көрсетуде статистикалық әдістерді қолдану.

A.N. Suleimenova, S. Zh. Karipbayev

OPTIMIZING AVIATION MAINTENANCE: APPROACHES AND CASE STUDIES

Abstract. In the aviation industry, maintenance (MRO) is a critical process because it directly affects the safety, reliability, and cost-effectiveness of aircraft operations. Maintenance programs help to keep aircraft in serviceable condition, identify potential malfunctions before they occur, and optimize operating costs. This paper focuses on approaches to improve aircraft MRO performance, with emphasis

on the maintenance program and reliability program, as well as opportunities to adapt procedures based on operator experience.

Keywords: *aircraft maintenance program, reliability program, efficiency improvement, optimization, statistical methods in maintenance.*

Список использованных источников

1. EASA. EASA Part-M: Поддержание летной годности / Агентство по авиационной безопасности Европейского союза. — 2020. — 130 с.
2. Сакаути К. Инжиниринг надежности при техническом обслуживании воздушных судов: статистический подход // Международный журнал управления авиацией. — 2019. — Т. 7, № 2. — С. 142–158.
3. Патель Р., Томас Дж. Инновационные подходы к оптимизации технического обслуживания воздушных судов // Международный журнал обзора аэрокосмических технологий — 2022. — Т. 15, № 1. — С. 34–47.
4. Смит Б. Важность программ надежности в техническом обслуживании авиационной техники // Международный журнал авиационной безопасности. — 2021. — Т. 12, № 4. — С. 110–118.
5. Руденко В. А. Инновационные подходы к техническому обслуживанию в авиации // Вестник авиационного университета. — 2019. — Т. 20, № 3. — С. 45–52.
6. Широков В. А. Анализ данных для повышения эффективности технического обслуживания воздушных судов // Научный журнал Авиатехники. — 2022. — Т. 30, № 1. — С. 22–30.

Reference

1. EASA. EASA Part-M: Continuing Airworthiness / European Union Aviation Safety Agency. — 2020. — 130 p.
2. Sakauchi K. Reliability Engineering for Aircraft Maintenance: A Statistical Approach // International Journal of Aviation Management. — 2019. — Vol. 7, No. 2. — P. 142–158.
3. Patel R., Thomas J. Innovative Approaches to Aircraft Maintenance Optimization // Aerospace Technology Review. — 2022. — Vol. 15, No. 1. — P. 34–47.
4. Smith B. The Importance of Reliability Programs in Aviation Maintenance // Aviation Safety Journal. — 2021. — Vol. 12, No. 4. — P. 110–118.
5. Rudenko V. A. Innovative Approaches to Maintenance in Aviation // Vestnik Aviation University. — 2019. — Vol. 20, No. 3. — P. 45–52.
6. Shirokov V. A. Data Analysis for Improving the Efficiency of Aircraft Maintenance // Scientific Journal of Aviation Engineering. — 2022. — Vol. 30, No. 1. — P. 22–30.

Сулейменова Амина Нуркеновна	Магистрант по научно-педагогическому направлению группы образовательных программ “Авиационная техника и технологии”, АО «Академия Гражданской Авиации», г. Алматы, 050039, РК, E-mail: suleimenova.amina@list.ru
Сулейменова Амина Нуркеновна	"Авиациялық техника және технологиялар" білім беру бағдарламалары тобының ғылыми-педагогикалық бағыты бойынша магистрант, "Азаматтық авиация академиясы" АҚ Алматы қ., 050039, ҚР, E-mail: suleimenova.amina@list.ru
Suleimenova Amina Nurkenovna	Master's student in the scientific and pedagogical track of the "Aviation Engineering and Technology" educational program group, JSC "Academy of Civil Aviation", Almaty, 050039, Kazakhstan E-mail: suleimenova.amina@list.ru

Карипбаев Салиакын Жумадилович	Кандидат технических наук, доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры «Авиационная техника и технологии»; Академия гражданской авиации, г. Алматы, Республика Казахстан; E-mail: s.karipbaev@agakaz.kz
Кәріпбаев Салиакын Жұмаділұлы	Техника ғылымдарының кандидаты, PhD докторы, Авиациялық техника және технологиялар кафедрасының қауымдасқан профессоры; Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан Республикасы, E-mail: s.karipbaev@agakaz.kz
Karipbayev Saliakyn Zhumadilovich	Candidate of Technical Sciences, Doctor of PhD, Associate Professor of the Department of Aviation Equipment and Technologies; Academy of Civil Aviation, Almaty, Republic of Kazakhstan, E-mail: s.karipbayev@agakaz.kz

https://doi.org/10.53364/24138614_2024_35_4_3
МРНТИ 89.25.21

¹И.А. Искендеров, ¹С.С. Абдуллаева*
Национальная Академия Авиации, г.Баку, Азербайджан

*E-mail: sbaghirzada@naa.edu.az

ОБЗОР АНАЛИЗА ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ В КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ РАННИХ ЗАПУСКОВ

***Аннотация.** В статье дается обзор анализа причин и частоты отказов космических аппаратов ранних запусков. Рассматриваются результаты исследований надежности и анализируются особенности выявленных причин отказов. В результате, после изучения некоторых работ, посвященных данной проблеме проводится статистический анализ причинно-следственной гипотезы снижения частоты отказов космических аппаратов, а также исследуются недостатки проектирования или исполнения. Для оценки степени отказов приводится классификация отказов в порядке возрастания степени тяжести отказов и в свою очередь они разделяются на категории. В заключение статьи дается разделение отказов на категории опасности, показанном в табличном виде, и представляются итоговые данные.*

Ключевые слова: космический аппарат, надежность, ранние отказы, систематические неисправности, ракета-носитель, программное обеспечение.

***Введение.** Спустя несколько лет после запуска первых спутников стали появляться статистические анализы надежности космических аппаратов и отказов на орбите [1].*

Одно из самых ранних исследований надежности, согласно Leventhal и др. (1969), было опубликовано в 1962 г., и в нем анализировалось поведение 16 спутников, запущенных до ноября 1961 г. (ARINC, 1962). За эти годы были проведены аналогичные анализы с более крупными размерами или группировкой космических аппаратов. Например, Bean и Bloomquist (1968) проанализировали состояние 225 спутников во время отказа; Timmins и Heuser (1971) и Timmins (1974; 1975) проанализировали состояние 57 спутников во время отказа; Hecht и Hecht (1985) и Hecht и Fiorentino (1987) проанализировали состояние около 300 спутников во время отказа. И в работе Saleh и Castet, несущую научную ценность и являющейся наиболее полным исследованием последних лет, анализируется неисправность и “поведение” 1584 спутников на околоземной орбите, запущенных в период с января 1990 г. по октябрь 2008 г [1-3].

Ранние исследования надежности космических аппаратов предполагали экспоненциальное распределение и постоянную частоту отказов. Однако, это предположение было опровергнуто Timmins и Heuser (1971 год), которые показали, что для выбранной им 57 космических аппаратов, запущенных из

центра космических полетов НАСА имени Годдарда, частота отказов была не постоянной, а более высокой в первые дни пребывания на орбите. Этот вывод о ранних отказах (infant mortality) космических аппаратов и снижении частоты отказов повторялся в последующих исследованиях (Timmins, 1974; 1975) [1-3].

Основная часть. Hecht and Hecht (1985 г.) проанализировали различные группировки космических аппаратов, состоящие примерно из 300 космических аппаратов, запущенных в период 1960-1984 годов, и охватывающих 96 различных космических программ. В ходе анализа было обнаружено снижение частоты отказов для выбранных космических аппаратов, а модели постоянной частоты отказов, предложенные в справочнике по военной надежности MIL-HDBK-217, разработанной в 1961 году и переработанной несколько раз после, были сочтены нереальными для прогнозирования надежности системы. Аналогичные выводы сделали так же Krasich (1995) и Sperber (1990 г.; 1994 г.) [1-3].

В результате в некоторых исследованиях изучались причинно-следственные гипотезы снижения частоты отказов космических аппаратов. Norris и Timmins (1976) объяснили это тем, что, так как космические аппараты состоят из множества компонентов, и компоненты с высоким риском выходят из строя, при этом остальные компоненты имеют более низкую частоту отказов. Baker и Baker (1980) исключили космическую среду как возможную причину, не считая ее суровой для космических аппаратов и объясняя тем, что если это было бы так, тогда степень опасности возрастала бы в зависимости от функции времени, поскольку кумулятивное воздействие приводит к отказам.

Но как отмечено в источнике [1], приведенные утверждения о причинах ранних отказов (infant mortality) в космических аппаратах являются сомнительными.

Помимо акцента на частоту отказов при исследовании надежности космических аппаратов Sperber (1994), подобно раннему выводу Bean и Bloomquist (1968) для 225 космических аппаратов, запущенных до 1968 г., которые видели главную причину неисправностей космических аппаратов в неадекватном проектировании, на долю которой приходится почти 60% всех происшествий с объяснимыми причинами, предположил что, причины отказов и неисправностей на орбите не являются случайные перегрузки или износ, а возможно, являются недостатки проектирования или исполнения, выявленной в ходе миссии [1-3]. Как приводится в работе [2] мнение, о преобладании (доминировании) отказов в первом году обусловлено с недостатками проектирования, которые обнаруживаются в начале миссии, так же подтверждается Мак Tafazoli, который изучив более 4000 космических аппаратов, выявил 156 отказов на 129 различных космических аппаратах с 1980 по 2005 гг [3], так и в других [4,7] работах. Результаты Tafazoli показывают, что ранние отказы верны для космических аппаратов (таблица 1).

Таблица.1. Отказы космических аппаратов, сгруппированные по сроку эксплуатации (из источника [3])

Отказы космических аппаратов, сгруппированные по их сроку эксплуатации					Пояснение
0-1	1-3	3-5	5-8	>8	
41%	17%	20%	16%	6%	Отказы космических аппаратов по исследованию Mak Tafazoli, охватывающий 4000 космических аппаратов с 1980 по 2005 гг

Поздние исследования проводились на уровне конкретных подсистем космических аппаратов. Например, Cho (2005 год) и Landis и др. (2006 год) сосредоточили внимание на отказах в подсистеме электропитания космических аппаратов, Brandhorst и Rodiek (2008 год) - на отказах в солнечных батареях, а Roberston и Stoneking (2003 год) - в подсистемах ориентации. Sperber (2002) и Tafazoli (2009) проанализировали сравнительный вклад различных подсистем в отказы космических аппаратов на орбите. А Bedingfield и др. (1996) исследовали отказы, обусловленные космической средой [1].

В работе J.H.Saleh и J.F.Castet [1] классифицируются отказы, выявленные в результате статистического анализа успешно запущенных в период с января 1990 года по октябрь 2008 года, 1584 космических аппаратов на околоземной орбите. В данной работе исследуются классы отказов в порядке возрастания степени тяжести (серьезности) отказов:

Класс IV: незначительный / временный / исправимый отказ, который не оказывает существенного постоянного влияния на работу спутника или его подсистем;

Класс III: серьезный, неисправимый отказ, приводящий к потере резервирования для работы спутника или его подсистем на постоянной основе;

Класс II: серьезный неисправимый отказ, который влияет на работу спутника или его подсистем на постоянной основе.

Класс I: отказ подсистемы, приводящий к выходу из строя спутника. Это фактически полный отказ спутника из-за серьезного отказа подсистемы.

Классы IV и III объединяются, так как влияние этих классов на функциональность спутника и его подсистем незначительно. На рисунке 1. показаны все неисправности и отказы выбранных космических аппаратов, и их распределение по различным классам [1].



Рисунок 1. Распределение неисправностей и отказов по степени тяжести для космических аппаратов, успешно запущенных в период с января 1990 г. по октябрь 2008 г [21]

Так же в данной работе отмечается что, эти представленные числа не должны интерпретироваться за пределами важного, а именно фокусироваться исключительно на надежности космического аппарата, определяемой как вероятность нахождения в рабочем (а не в полном отказе) состоянии, пропуская важную часть деградации космического аппарата на орбите и его «поведение» при отказе.

В источнике [3] на основе двух работ¹ представлено разделение отказов на категории опасности, показанном в табличном виде (таблица 2). В ходе этого анализа было рассмотрено 325 «аномалий» космических аппаратов, в результате чего были получены значения, приведенные в таблице 3 и на рисунке 2. А на рисунке 3 показана разбивка систематических неисправностей (по общей причине).

Таблица 2. Категории анализа опасностей (из источника [3])

Категории Опасности	Определения
Аппаратные Неисправности	Случайные отказы деталей
Систематические неисправности (Общая Причина)	Все неисправности, выходящие за рамки аппаратных и программных сбоев, которые могут возникнуть в любое время жизненного цикла системы, включая стадии проектирования, реализации, эксплуатации и технического обслуживания.
Неисправности программного обеспечения	Отказы программного обеспечения при включении отказов в требования
Космическая среда	Электростатический разряд, микрометеориты, космический мусор...
Технические ошибки (Детали и Материалы)	Неправильное использование материалов для среды при проектировании

Технические ошибки (Проектирование)	Ошибки системного проектирования, проектные недочеты (не включая материалов), ошибки моделирования, ошибки интерфейса
Производственные дефекты (качество изготовления)	Отказы материалов и процессов деталей
Ограниченные инженерные знания	Неудача первой попытки новой феноменологии
Отказы РН	Отказы в результате отказов РН через разделение, включая вывод на низкую орбиту
Неизвестная причина	Категория для всех других отказов или неисправностей

Таблица 3. Общее количество «аномалий» (неисправностей) космических аппаратов (из источника [3])

Категории опасности	Aerospace LL TOR	War Stories	Всего	Проценты	
Аппаратные неисправности	2	48	50	16%	100%
Неизвестная причина	2	32	34	11%	
Систематические неисправности	136	89	22	73%	
Неисправности Программного Обеспечения	7	9	16	7%	100%
Космическая среда	2	13	15	6%	
Технические ошибки (Детали и Материалы)	10	9	19	8%	
Технические ошибки (Проектирование)	40	13	53	22%	
Производственные дефекты (качество изготовления)	46	34	80	33%	
Ограниченные инженерные знания	1	9	10	4%	
Отказы РН	37	11	48	20%	



Рисунок 2. Итоговые данные по категориям опасности космических аппаратов (из источника [3])



Рисунок 3. Систематические неисправности космических аппаратов (из источника [7])

Заключение и выводы. Частичные отказы различной степени тяжести составляют значительную часть неисправных состояний, испытываемых космическими аппаратами во время эксплуатации, и поэтому их анализ дает дополнительную и важную информацию в понимании «поведения» и склонности к сбоям космических аппаратов и подсистем. На основе рисунка 1, в результате проведенных наблюдений пришли к некоторым выводам [1]:

- полные отказы космических аппаратов (класс I) представляют собой относительно небольшую часть происшествий, происходящих на орбите: около 13% этих событий приводят к потере космического аппарата; оставшиеся (большинство) события частичные отказы малой или большой тяжести.

- около 46% проблем, происходящих в выбранных космических аппаратах, являются серьезными отказами (класс II), что означает, что неисправность

приводит к необратимым и значительным ухудшениям функциональности спутника / спутниковой подсистемы (но не полной потере).

- незначительные неисправности встречаются довольно часто (класс III и класс IV), и они составляют 41% всех происшествий, с которыми сталкиваются на орбите выбранные космические аппараты.

Представленные отказы классифицируются с целью интерпретации первопричины. Анализ показывает, что большинство отказов космических аппаратов вызвано общей причиной или систематическими неисправностями, нежели случайными аппаратными неисправностями.

И.А.Искендеров, С.С. Абдуллаева

ЕРТЕ ҰШЫРЫЛАТЫН ҒАРЫШ АППАРАТТАРЫНДАҒЫ СЕНІМДІЛІК МӘСЕЛЕЛЕРІН ТАЛДАУҒА ШОЛУ

Аңдатпа. Мақалада ғарыш аппараттарын ерте ұшыру кезіндегі талдауға шолу жасалады. Сенімділік зерттеулерінің нәтижелері қаралып, ақаулардың себептері анықталады. Нәтижесінде, кейбір зерттеулер ғарыш аппараттарының істен шығу жылдамдығын төмендетуге арналған себеп-салдар гипотезаларын зерттеді, ал кейбіреулері дизайн немесе орындау кемшіліктерін зерттеді. Сәтсіздік кластары сәтсіздіктердің ауырлық дәрежесінің жоғарылау ретімен тізімделеді және олар өз кезегінде санаттарға бөлінеді.

Мақаланың соңында ақаулардың қауіптілік санаттарына бөлінуі кесте түрінде көрсетіліп, қорытынды деректер келтіріледі.

Түйін сөздер: ғарыш аппараты, сенімділік, ерте істен шығулар, жүйелі ақаулар, зымыран тасығыш, бағдарламалық қамтамасыз ету.

İ.A. İsgandarov, S.S. Abdullayeva

REVIEW OF THE ANALYSIS OF RELIABILITY PROBLEMS IN EARLY LAUNCH SPACECRAFT

Abstract. The article provides an overview of the analysis of early spacecraft. The results of reliability studies are considered and the causes of failures are identified. As a result, some studies examined cause-and-effect hypotheses for reducing the failure rate of spacecraft, and some considered design or implementation deficiencies. Failure classes are listed in order of increasing severity of failures and they are in turn divided into categories.

The article concludes with a division of failures into hazard categories, shown in a tabular form, and summary data are presented.

Keywords: spacecraft, reliability, infant mortality, systematic malfunctions, launch vehicle, software.

Список использованной литературы

1. Joseph Homer Saleh and Jean-François Castet. *Spacecraft Reliability and Multi-State Failures: A Statistical Approach, First Edition.*2011.
2. ARINC Research Corporation. Final Report, Satellite Reliability Spectrum Report No. 173-5-280.2009.
3. Mak Tafazoli. A study of on-orbit spacecraft failures.
4. Sarsfield Liam. The cosmos on a shoestring: small spacecraft for space and earth science. 1998.
5. European power supply manufacturers association. Reliability Guidelines to Understanding Reliability Prediction.2005
6. M. S. Hurley Jr. and W. E. Purdy, "Cost vs. Reliability - Focusing on the Mission Objectives," in *Space mission engineering: The new SMAD*, J. R. Wertz, D. F. Everett, and J. J. Puschell, Eds., Hawthorne, CA: Microcosm Press, 2011.
7. Joseph N. Pelton • Scott Madry Sergio Camacho-Lara Editors Handbook of Satellite Applications Second Edition.2017

References

1. Joseph Homer Saleh and Jean-François Castet. *Spacecraft Reliability and Multi-State Failures: A Statistical Approach, First Edition.*2011.
2. ARINC Research Corporation. Final Report, Satellite Reliability Spectrum Report No. 173-5-280.2009.
3. Mak Tafazoli. A study of on-orbit spacecraft failures.
4. Sarsfield Liam. The cosmos on a shoestring: small spacecraft for space and earth science. 1998.
5. European power supply manufacturers association. Reliability Guidelines to Understanding Reliability Prediction.2005
6. M. S. Hurley Jr. and W. E. Purdy, "Cost vs. Reliability - Focusing on the Mission Objectives," in *Space mission engineering: The new SMAD*, J. R. Wertz, D. F. Everett, and J. J. Puschell, Eds., Hawthorne, CA: Microcosm Press, 2011.
7. Joseph N. Pelton • Scott Madry Sergio Camacho-Lara Editors Handbook of Satellite Applications Second Edition.2017

Искендеров Ислам Асад оглы	к.ф.-м.н., проф, зав. кафедрой «Аэрокосмические приборы», Национальная Академия Авиации Азербайджана, г. Баку, E-mail: iisgandarov@naa.edu.az
Искендеров Ислам Асад оглы	ф.м.-ғ.д., проф., Әзірбайжан Ұлттық авиация академиясының «Аэроғарыштық аспаптар» кафедрасының меңгерушісі, Баку қ., E-mail: iisgandarov@naa.edu.az
Isgandarov Islam Asad	PhD, prof., head of the department "Aerospace instruments", National Aviation Academy, Baku, E-mail: iisgandarov@naa.edu.az

Абдуллаева Сакинаханум СеидМирза кызы	магистр, преподаватель кафедры «Аэрокосмические приборы», Национальной авиационной академии Азербайджана, г. Баку, E-mail: sbaghirzada@naa.edu.az
Абдуллаева Сакинаханум СеидМирза кызы	Әзірбайжан Ұлттық авиация академиясының «Аэроғарыштық аспаптар» кафедрасының магистрі, оқытушысы, Баку қ.; E-mail: sbaghirzada@naa.edu.az
Abdullayeva Sakinakhanum SeidMirza	master, lecturer, department of «Aerospace Instruments» National Aviation Academy, Baku; E-mail: sbaghirzada@naa.edu.az

https://doi.org/10.53364/24138614_2024_35_4_4
IRSTI 62.80

¹Kh. I. Abdulayev, ¹T.N. Vazirova*
¹National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan

*E-mail: tvazirova@naa.edu.az

APPLICATION OF TERAHERTZ WAVES IN AVIATION SECURITY

Abstract. *In recent years, the increasing threat of plastic explosives has posed significant challenges to aviation security agencies, emphasizing the critical need for their timely detection and neutralization. Simultaneously, interest in the terahertz region of the electromagnetic spectrum has grown considerably. This study investigates the potential of terahertz time-domain spectroscopy (THz-TDS) for detecting the spectral signatures of concealed plastic explosives and their compounds. Additionally, the article presents the conceptual design of a terahertz spectrometer specifically developed for identifying concealed hazardous substances.*

Key words: *aviation security, terahertz spectrometer, femtosecond laser, GaSe, InSe crystals, plastic explosives, HMX, RDX, TNT.*

Introduction. Terahertz radiation refers to electromagnetic waves within the frequency range of 0.3–10 THz, or 0.3×10^{12} – 10×10^{12} Hz, corresponding to a wavelength of approximately 1 mm. This range lies between the infrared (IR) and microwave regions of the electromagnetic spectrum, often referred to as the far-IR or submillimeter range. The terahertz range encompasses the radiation spectra of various astronomical objects and complex organic molecules, including proteins, DNA, certain explosives, and atmospheric pollutants (e.g., harmful substances).

Advancements in modern technologies have enabled the creation of quantum-scale structures such as quantum dots and quantum wires, widely utilized in nanotechnology. The excitation energy of quantum dots aligns with the photon energy of terahertz radiation, allowing coherent control of these structures using terahertz rays. Furthermore, the non-ionizing nature of terahertz radiation ensures its safety for human use, facilitating its application in diverse fields such as medical diagnostics, modern security systems, environmental monitoring, quality control of pharmaceuticals and food products, and high-speed communication systems.

In recent years, the interest in terahertz technologies, imaging, and protection systems has grown significantly, driven by three primary factors:

- Terahertz radiation can detect concealed non-metallic weapons, as material like cardboard, clothing, and footwear are transparent to it.
- It enables the remote (standoff) detection and identification of explosives and drugs due to their characteristic spectral lines in the terahertz region.
- Terahertz radiation is safe for human exposure, making it suitable for practical applications [1].

The main part. In recent years, plastic explosives, chemical bombs, and biological weapons have increasingly become tools utilized by terrorists, while the expanding illegal drug trade poses a growing global threat. Addressing these challenges requires the development of effective methods for the rapid detection and neutralization of such threats.

One promising approach is the use of terahertz electromagnetic waves, as the materials of interest exhibit unique absorption and reflection characteristics within the terahertz frequency range (0.5–10 THz). Explosives such as C-4, HMX, RDX, and TNT, as well as various illicit drugs, possess distinct absorption and reflection spectra that differentiate them from materials like clothing and human skin. Terahertz radiation's ability to penetrate non-metallic substances enables the identification of these hazardous materials, even when concealed, based on their terahertz spectral signatures.

The influence of atmospheric conditions is a critical factor in distance measurements involving terahertz radiation. Figure 1 presents the results of experiments measuring atmospheric transmittance within the 300 GHz to 4 THz frequency range.

As illustrated in Figure 1, numerous absorption lines are observed across the terahertz spectrum, primarily attributed to water vapor in the atmosphere. Nevertheless, under conditions of relatively short distances (50–100 meters) and moderate humidity levels (<58%), which are adequate for standoff detection, the terahertz range remains sufficiently transparent for the identification of concealed objects.

The study identifies at least five atmospheric transparency windows within the 1.4–4 THz frequency range, demonstrating the viability of this spectral region for practical applications in standoff detection systems.

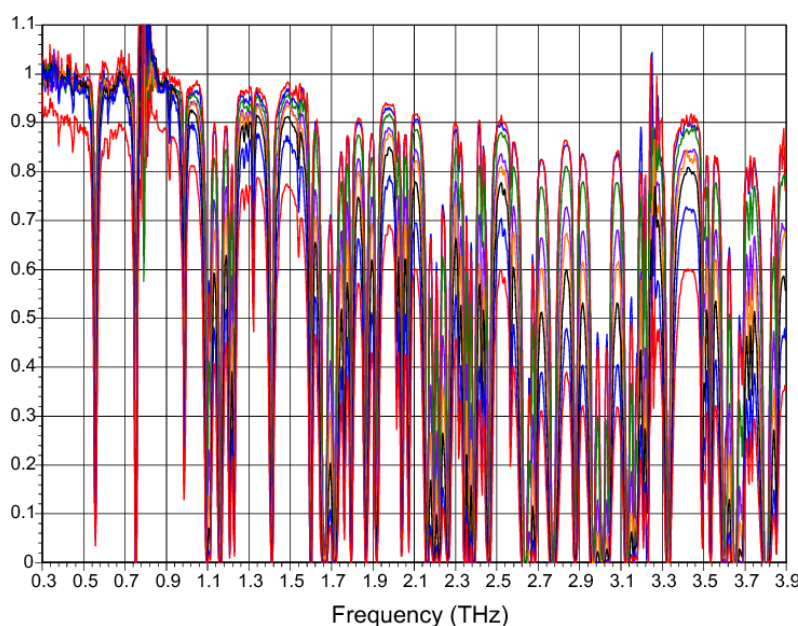


Figure 1. The emissivity of the atmosphere within the frequency range of 0.3–4 THz varies depending on the relative humidity, ranging from 5% (upper curve) to 58% (lower curve), with emissivity at 0.3 THz normalized to unity [2].

Figure 2 presents the absorption spectra of various plastic explosives and their components, as determined through experimental measurements [3]. Each explosive exhibit distinct spectral characteristics. For instance, RDX-based explosives display a resonance peak in the 820 GHz region, allowing for their identification. However, while the presence of a spectral feature is a critical indicator, it alone is insufficient for the definitive identification of an unknown substance.

The primary challenge in explosive detection lies in differentiating the spectra of non-hazardous materials with similar properties from those of explosives. As demonstrated in Figure 3, the terahertz range effectively satisfies these conditions, enabling accurate distinction and identification.

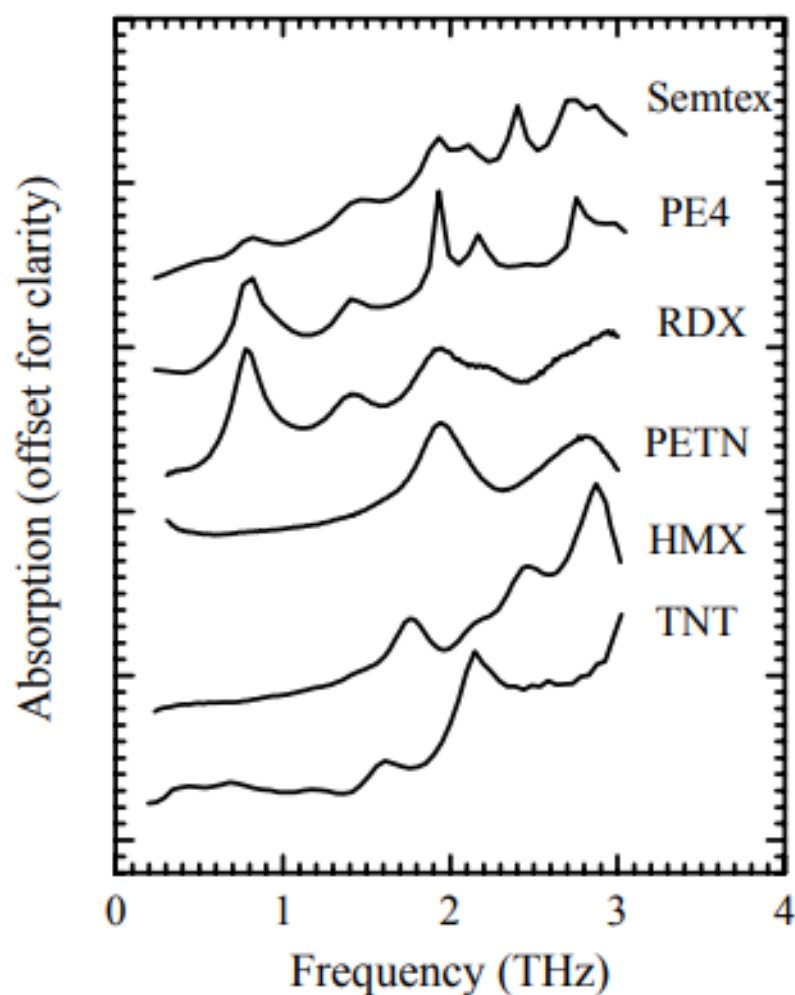


Figure 2. Absorption spectra of plastic explosives and their components

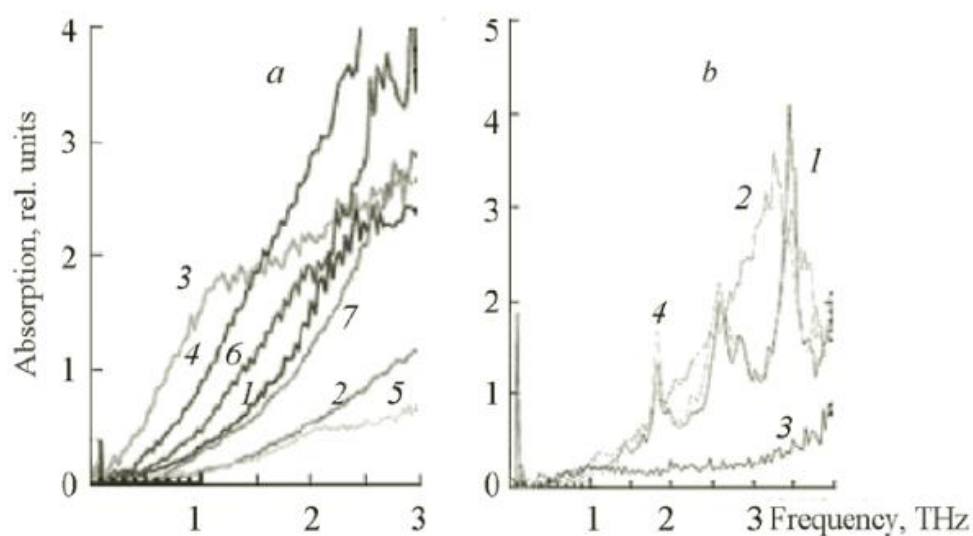


Figure 3. Absorption Spectra of Materials: (a) Materials commonly used in packaging and clothing (1 – cotton; 2 – silk; 3 – wool; 4 – leather; 5 – nylon; 6 – polyester; 7 – polyester/cotton), (b) Materials that may interfere with the identification of explosives (1 – milk chocolate; 2 – vitamins; 3 – granulated sugar; 4 – powdered sugar)

The frequency range from 6 THz to 10 THz exhibits numerous spectral features for explosives; however, moist air is not transparent to radiation in the 2–3 THz range. Therefore, for standoff detection applications, only a relatively narrow portion of the terahertz spectrum, specifically 0.3–3 THz, is suitable.

Terahertz generation method relies on the generation and detection of coherent terahertz pulses using femtosecond laser pulses (10–100 fs). In this setup, the laser beam is split into two components: one generates an ultrashort terahertz pulse using a photoconductive antenna, while the other records the time delay with a photodetector. The photoconductive antenna consists of a semiconductor plate with two parallel metal electrodes spaced 50–200 μm apart. When a constant voltage is applied between the electrodes, the antenna acts as a terahertz pulse generator. Upon exposure to femtosecond laser pulses, charge carriers are generated in the semiconductor, producing a surface current.

In the absence of an applied voltage, the antenna functions as a terahertz radiation detector. In this configuration, the charges generated in the semiconductor by the incident laser pulse are displaced by the terahertz pulse, which arrives with a delay relative to the laser pulse. The resulting current between the electrodes is proportional to the electric field strength of the terahertz pulse. This process is referred to as terahertz spectroscopy. Additionally, this detector can measure not only the amplitude of the radiation passing through and reflected from the sample but also its phase.

In the experiments conducted for the generation and detection of terahertz radiation, a Ti: sapphire femtosecond laser from Toptica, model FFPRONIR (FemtoFiberproNIR), was used, operating at wavelengths of 1560 nm and 780 nm. The

laser had an average power of 360 mW, a spectral width of 108 nm, and a pulse duration of 10 fs. Terahertz radiation was generated and detected using GaSe crystals with thicknesses of 45 μm and 35 μm , respectively. For InSe crystals, the corresponding thicknesses were 40 μm and 32 μm . The results of the experiments confirmed that both GaSe and InSe crystals are suitable as generators and detectors in the 0.1–6 THz frequency range [5].

The remote sensing system using terahertz (THz) beams is illustrated in Figure 4. The Ti: sapphire femtosecond laser beam is split into two components by a beam splitter: one acts as the absorption beam (20%) directed at the photoconductive antenna, while the other serves as the sample beam (80%) for detecting the THz beam reflected from the target object.

In the sample beam channel, fixed delay lines of 1000 mm and a frequency-varying delay of 15 THz are incorporated, forming a time-strobe mechanism (comprising mirror-angle reflectors in the assembly). To enhance the collection efficiency of THz radiation, hyperhemispherical lenses made of high-resistance silicon are placed on the surface of the photoconductive elements. For collimation and focusing of THz beams, two parabolic lenses with an aperture ratio of $f/1$ are employed within the measurement setup.

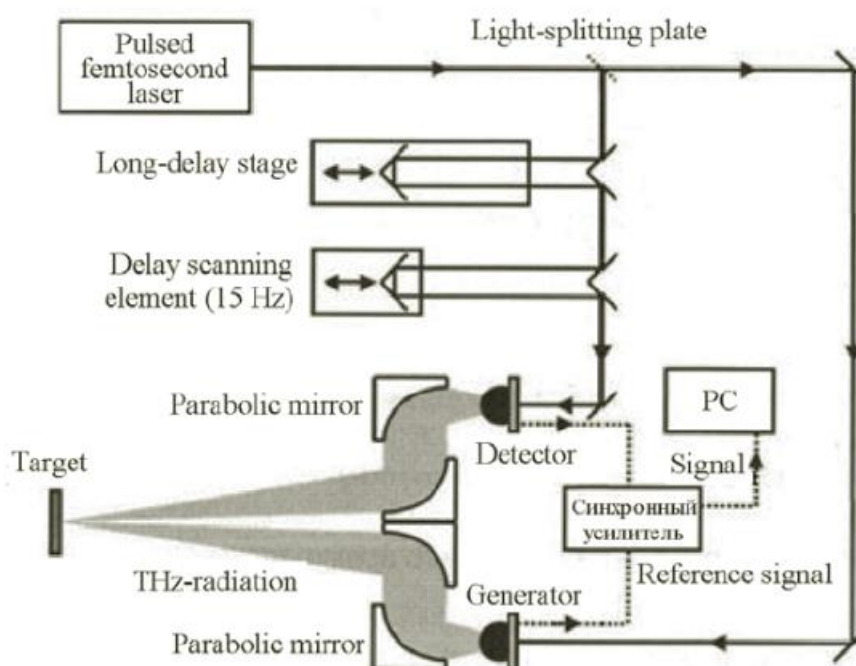


Figure 4. THz system for remote detection of explosives [6]

The measurement results for two different explosive samples are presented in Figure 6. As shown in the figure, there is good agreement with the calculated results. In both cases, characteristic features were observed at frequencies of 0.8, 1.05, and 1.4 THz. Since RDX was the primary component in both samples, these frequencies are consistent [6].

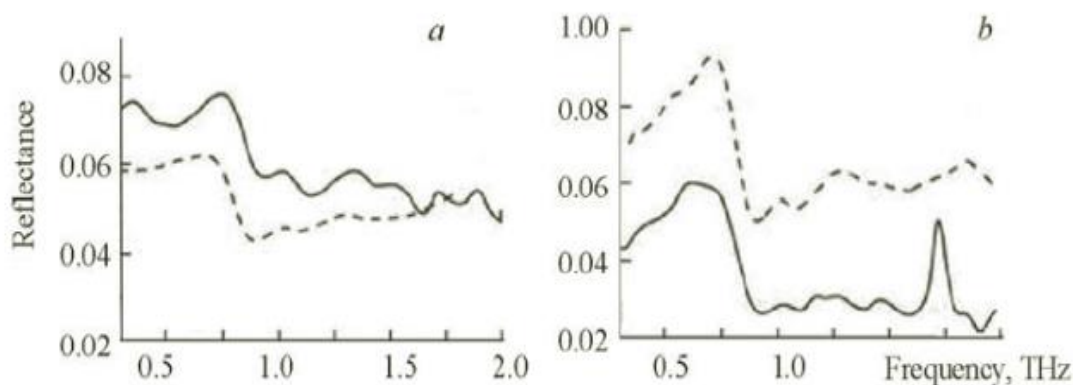


Figure 5. Reflectance spectra of Semtex-H (1) and SX2 (2) measured from a distance of 1m (solid curve);calculated (dashed curve) [6]

Conclusion. Based on the studies conducted, it can be concluded that, under the given conditions, terahertz (THz) radiation presents a promising approach for the detection of concealed explosives.

Х.И.Абдуллаев, Т.Н.Вазирова

АВИАЦИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТЕ ТЕРАГЕРЦ ТОЛҚЫНЫНЫҢ ҚОЛДАНЫЛУЫ

Аңдатпа. Соңғы жылдары пластикалық жарылғыш заттардан туындайтын қауіп-қатер авиациялық қауіпсіздік органдары үшін елеулі қиындықтар тудырып, оларды дер кезінде анықтау және залалсыздандыру қажеттілігін айқындап отыр. Сонымен қатар, электромагниттік спектрдің терагерц аймағына деген қызығушылық айтарлықтай артты. Бұл зерттеу жасырын пластикалық жарылғыш заттар мен олардың қосылыстарының спектрлік ерекшеліктерін анықтау үшін терагерц уақыттық спектроскопиясын (THz-TDS) қолданудың мүмкіндіктерін қарастырады. Сонымен бірге, мақалада жасырын қауіпті заттарды анықтауға арналған арнайы әзірленген терагерц спектрометрінің тұжырымдамалық жобасы ұсынылған.

Түйін сөздер: авиациялық қауіпсіздік, терагерц спектрометрі, фемтосекундтық лазер, GaSe, InSe кристалдары, пластикалық жарылғыш заттар, октоген, гексоген, тротил.

Х.И.Абдуллаев, Т.Н.Вазирова

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРАГЕРЦЕВЫХ ВОЛН В АВИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация: в последние годы растущая угроза, исходящая от пластиковой взрывчатки, создала серьезные проблемы для органов авиационной безопасности, подчеркнув острую необходимость их своевременного обнаружения и нейтрализации. Одновременно значительно возрос интерес к терагерцовой области электромагнитного спектра. В данном исследовании рассматривается возможность использования терагерцовой спектроскопии во временной области (THz-TDS) для обнаружения спектральных характеристик скрытых пластиковых взрывчатых веществ и их соединений. Также в статье представлен концептуальный проект терагерцового спектрометра, специально разработанного для выявления скрытых опасных веществ.

Ключевые слова: авиационная безопасность, терагерцовый спектрометр, фемтосекундный лазер, кристаллы GaSe, InSe, пластиковая взрывчатка, октоген, гексоген, тротил.

References

1. A.Z.Badalov, R.M.Sardarly, T.N.Musa-zade (Vezirova), “Sovremenniye metodi teraqercovoy spektroskopii”, Elmi Mecmueler, Cild 14 №3, 2012, str. 13-24.
2. Kurt J. Linden, Andrew J. Gatesman, Andriy Danylov, William R. Neal, Jerry Waldman. “Terahertz Laser Based Standoff Imaging System”, 34th Applied Imagery and Pattern Recognition Workshop (AIPR'05), 2005, Washington, DC, 7-14.
3. Michael C. Kemp, Millimetre wave and terahertz technology for the detection of concealed threats: a review, Proceedings Volume 6402, Optics and Photonics for Counterterrorism and Crime Fighting II; 64020D (2006) <https://doi.org/10.1117/12.692612>.
4. Tao Yuan; Haibo Liu; Jingzhou Xu; Fatemeh Al-Douseri; Ying Hu; Xi-Cheng Zhang Proc. SPIE 5070, Terahertz time-domain spectroscopy of atmosphere with different humidity, 0000 (29 July 2003); doi: 10.1117/12.504295.
5. Badalov A.Z., Ismayilov N.M, Vezirova T.N., “GaSe ve InSe kristallari ile terahers kristallarinin shualanmasi ve qebulu”, Milli Aviasiya Akademiyasinin Elmi Eserleri, Bakı-2018, №2, seh. 84-91.
6. T. Kubis, C. Yeh, P. Vogl, A. Benz, G. Fasching, and C. Deutsch, Phys. Rev. B: Condens. Matter Mater. Phys., 79, 195323-10, 2009.

Vazirova Turana Natiq	Lecturer, National Aviation Academy, Baku, The Republic of Azerbaijan, E-mail: tvazirova@naa.edu.az
Вазирова Турана Натик	Ұлттық авиация академиясының оқытушысы, Баку қ., Өзірбайжан Республикасы, E-mail: tvazirova@naa.edu.az
Вазирова Турана Натик кызы	Преподаватель Национальной авиационной академии, г.Баку, Азербайджанская Республика, E-mail: tvazirova@naa.edu.az

Abdullayev Khagani Imran	Phd, professor of the National Aviation Academy, Baku, The Republic of Azerbaijan, E-mail: khagani61@gmail.com
Абдуллаев Хагани Имран оглы	доктор наук, профессор Национальной авиационной академии, г. Баку, Азербайджанская Республика, E-mail: khagani61@gmail.com
Абдуллаев Хагани Имран	PhD, Ұлттық авиация академиясының профессоры, Баку қ., Әзірбайжан Республикасы, E-mail: khagani61@gmail.com

=====

ЛОГИСТИКА, ТАСЫМАЛДАУДЫ ҰЙЫМДАСТЫРУ, КӨЛІКТЕГІ ҚАУІПСІЗДІК
ЛОГИСТИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ
LOGISTICS, TRANSPORTATION ORGANIZATION, TRANSPORT SECURITY

=====

https://doi.org/10.53364/24138614_2024_35_4_5
МРНТИ 73.37.21

И.М. Сайдумаров*, И.Ж. Бойманов

Ташкентский государственный транспортный университет,
г. Ташкент, Узбекистан

*E-mail: saidilh@mail.ru

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВЗЛЕТНО- ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ

***Аннотация.** В статье было изучено экономическая эффективность взлетно-посадочной полосы была определена на примере Международного аэропорта «Ташкент».*

С учетом условий сезонного увеличения потока воздушных судов в целях повышения пропускной способности ВПП создан метод определения экономической эффективности повышения пропускной способности взлетно-посадочной полосы. В результате разработан метод определения экономической эффективности ВПП, повышающий пропускную способность взлетно-посадочной полосы аэродрома в условиях сезонного роста воздушного потока. При этом, к какому типу относится работа самолета в случае использования полосы движения и полосы быстрого, а также сумма, уплачиваемая за взлетно-посадочную полосу. Определено экономическую эффективность использования взлетно-посадочных полос аэродрома в условиях сезонного роста воздушного потока в международном аэропорту «Ташкент» в качестве фактора повышения эффективности пропускной способности взлетно-посадочной.

В результате было установлено, что в условиях сезонного роста потока ВС можно добиться повышения экономической эффективности на 10 %, то есть за год сэкономить 878 710 848 сумов.

***Ключевые слова:** Аэродром, взлетно-посадочная полоса, экономической, эффективность, авиация, аэропорт, самолет, пропускная способность.*

***Введение.** Одному аспекту пропускной способности аэропорта - способности системы взлетно-посадочной полосы (ВПП) удовлетворять потребности в движении воздушных судов. По мере приближения спроса к пропускной способности взлетно-посадочных полос воздушные суда, находящиеся на земле и в воздухе, испытывают перегрузки, а также*

дорогостоящие задержки. Оценка этих затрат на задержку будет иметь важное значение для любой оценки эффективности существующих установок и для любого анализа затрат-выгод, связанного с предоставлением увеличенной мощности.

Этому области широко изучается зарубежными учеными. Исследовано в [1] анализируются перспективные технологии очистки взлетно-посадочных полос аэродромов, а также определение наиболее перспективного метода очистки взлетно-посадочных полос. В [2] научном исследовании был предложен обзор математического моделирования проблем движения тяжелых транспортных самолетов на взлетно-посадочных полосах с неоднородным состоянием поверхности, вызванным различными условиями эксплуатации. Метод оценки явлений на основе изучения взаимодействия самолета с покрытием искусственной взлетно-посадочной полосы с помощью системы математического моделирования динамики полета предложено в работе [3]. В [4] использовался метод обнаружения выбросов внешних объектов на взлетно-посадочной полосе аэропорта, а также технология объединения данных для анализа их изображений. В [5] представлена оценка эффективности освещения взлетно-посадочной полосы аэродрома с целью повышения безопасности в условиях ограниченной видимости с использованием режима интегрированного индекса. Рост авиаперевозок - одно из самых впечатляющих технологических достижений последних времен. Быстрый рост количества авиаперелетов приводит к серьезным пробкам в аэропортах крупных городов, которые нуждаются в дополнительных возможностях для быстрорастущих внутренних краткосрочных рынков. Исследования [6] показывают, что Международный аэропорт Ченнаи будет заполнен к 2015 году, поэтому предлагается аэропорт Гринфилд в Шриперумбудуре. Существующие проблемы структуры и методов повреждения земного покрова аэродрома, а также современные методы в работе [7] были тщательно проанализированы и предложен новый метод расчета земного покрова аэродрома.

Эта работа стремится обеспечить понимание способности взлетно-посадочной полосы и факторов, от которых это зависит. Анализ включен в ряд простых в использовании моделей для оценки задержек с самолетом под любым данным образцом требования. Эти модели предназначены, чтобы предоставить планировщику простые инструменты для быстрой оценки воздействия на задержку изменений спроса те, которые могли бы быть достигнуты регулирующим или политикой ценообразования. Кроме того, сам полный анализ образует основание для быстрой предварительной оценки воздействия альтернативных конфигураций взлетно-посадочной полосы, новых типов самолетов или измененных стандартов разделения.

Теоритическая часть

Пропускная способность одной взлетно-посадочной полосы (далее – ВПП), работающей в режиме чередования взлетающих и приземляющихся ВС (без учета пропускной способности воздушного пространства), определяется по формуле:

$$P_{ВПП} = \frac{3600}{T_{ВВ} \cdot (1 - \beta_n)^2 + T_{ПП} \cdot \beta_n^2 + \beta_n \cdot (T_{ВП} + T_{ПВ}) \cdot (1 - \beta_n)},$$

где: $P_{ВПП}$ – пропускная способность ВПП (взлетов-посадок/час);

$T_{ВВ}, T_{ПП}, T_{ВП}, T_{ПВ}$ – средние допустимые интервалы времени между взлетно-посадочными операциями ВС, которые рассчитываются для следующих режимов функционирования ВПП: «взлет-взлет», «посадка-посадка», «взлет-посадка», «посадка-взлет» (секунда);

β_n – доля приземляющихся ВС в общей интенсивности движения.

Средние допустимые интервалы времени между взлетно-посадочными операциями зависят от минимально допустимых интервалов времени между смежными взлетно-посадочными операциями ВС, которые устанавливаются из условий обеспечения безопасности полетов на аэродроме по следующим зависимостям:

$$\begin{aligned} T_{ВВ} &= t_{ВВ_{1-1}} \cdot p_1 \cdot p_1 + t_{ВВ_{1-2}} \cdot p_1 \cdot p_2 + t_{ВВ_{1-3}} \cdot p_1 \cdot p_3 + \dots + t_{ВВ_{1-n}} \cdot p_1 \cdot p_n + \\ &+ t_{ВВ_{2-1}} \cdot p_2 \cdot p_1 + t_{ВВ_{2-2}} \cdot p_2 \cdot p_2 + t_{ВВ_{2-3}} \cdot p_2 \cdot p_3 + \dots + t_{ВВ_{2-n}} \cdot p_2 \cdot p_n = \\ &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m t_{ВВ_{i-j}} \cdot p_i \cdot p_j, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{ПП} &= t_{ПП_{1-1}} \cdot p_1 \cdot p_1 + t_{ПП_{1-2}} \cdot p_1 \cdot p_2 + t_{ПП_{1-3}} \cdot p_1 \cdot p_3 + \dots + t_{ПП_{1-n}} \cdot p_1 \cdot p_n + \\ &+ t_{ПП_{2-1}} \cdot p_2 \cdot p_1 + t_{ПП_{2-2}} \cdot p_2 \cdot p_2 + t_{ПП_{2-3}} \cdot p_2 \cdot p_3 + \dots + t_{ПП_{2-n}} \cdot p_2 \cdot p_n = \\ &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m t_{ПП_{i-j}} \cdot p_i \cdot p_j, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{ВП} &= t_{ВП_{1-1}} \cdot p_1 \cdot p_1 + t_{ВП_{1-2}} \cdot p_1 \cdot p_2 + t_{ВП_{1-3}} \cdot p_1 \cdot p_3 + \dots + t_{ВП_{1-n}} \cdot p_1 \cdot p_n + \\ &+ t_{ВП_{2-1}} \cdot p_2 \cdot p_1 + t_{ВП_{2-2}} \cdot p_2 \cdot p_2 + t_{ВП_{2-3}} \cdot p_2 \cdot p_3 + \dots + t_{ВП_{2-n}} \cdot p_2 \cdot p_n = \\ &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m t_{ВП_{i-j}} \cdot p_i \cdot p_j, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{ПВ} &= t_{ПВ_{1-1}} \cdot p_1 \cdot p_1 + t_{ПВ_{1-2}} \cdot p_1 \cdot p_2 + t_{ПВ_{1-3}} \cdot p_1 \cdot p_3 + \dots + t_{ПВ_{1-n}} \cdot p_1 \cdot p_n + \\ &+ t_{ПВ_{2-1}} \cdot p_2 \cdot p_1 + t_{ПВ_{2-2}} \cdot p_2 \cdot p_2 + t_{ПВ_{2-3}} \cdot p_2 \cdot p_3 + \dots + t_{ПВ_{2-n}} \cdot p_2 \cdot p_n = \\ &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m t_{ПВ_{i-j}} \cdot p_i \cdot p_j, \end{aligned}$$

Где: $t_{ВВ_{i-j}}, t_{ПП_{i-j}}, t_{ВП_{i-j}}, t_{ПВ_{i-j}}$ – минимально допустимые интервалы времени между смежными взлетно-посадочными операциями «взлет-взлет», «посадка-посадка», «взлет-посадка», «посадка-взлет» для «i» и «j» ВС (секунда);

p_i, p_j – доля i и j ВС в общей интенсивности движения;

i, j – переменные индексы, соответствующие: i-ВС, совершающему взлетно-посадочные операции первым; j-ВС, совершающему взлетно-посадочные операции вторым, при этом i и j последовательно изменяются от 1 до m; m – количество типов ВС, рассматриваемых в расчете.

Значения $T_{ВВ}$, $T_{ПП}$, $T_{ВП}$, $T_{ПВ}$ определяются как средневзвешенные величины из произведений минимально допустимых интервалов времени между возможными комбинациями ВС на их долю в общей интенсивности движения.

Эксперименты и обсуждения

Эффективность пропускной способности и среднее время ожидания рейсов в ожидании взлета являются важными показателями эффективности взлетно-посадочной полосы. В результате сокращения времени задержки рейсов это приводит к снижению расхода топлива, повышению экономической эффективности, уменьшению выбросов вредных газов в воздух. Кроме того, пропускная способность взлетно-посадочной полосы напрямую определяет пропускную способность аэропорта. Существует несколько способов улучшить пропускную способность. Наиболее распространенным из них является строительство дополнительной взлетно-посадочной полосы, что требует значительных строительных и эксплуатационных затрат.

Функционально-структурная модель вычислительных выражений математической модели оценки пропускной способности одной взлетно-посадочной полосы, работающей в порядке чередования взлетно-посадочных полос, представлена на рисунке 1.

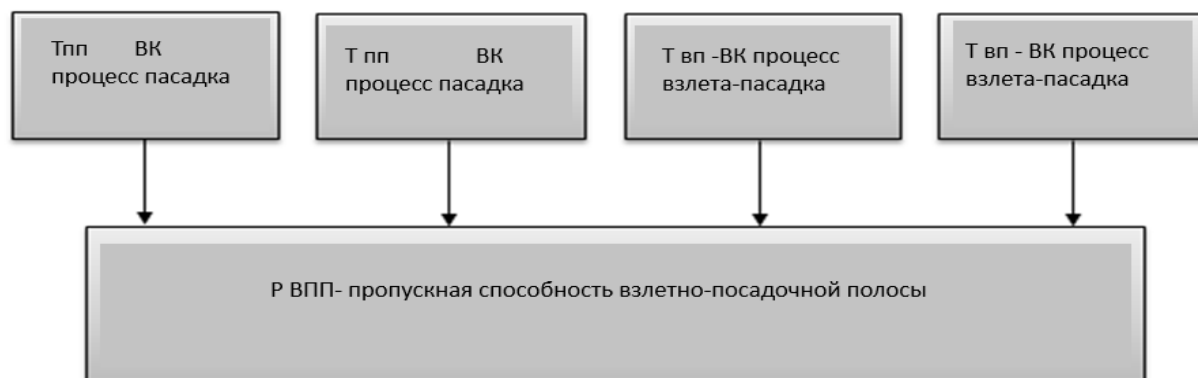


Рисунок 1. Структурная схема оценки пропускной способности взлетно-посадочной полосы аэродрома

Взлетно-посадочная полоса — это полоса движения, соединенная с взлетно-посадочной полосой под острым углом и позволяющая приземляющимся самолетам разворачиваться с относительно большей скоростью по сравнению с другими полосами, тем самым сокращая время пребывания на взлетно-посадочной полосе [8]. Радиус кривизны на внутренней стороне кривой необходимо, чтобы устье полосы движения было достаточно расширено, чтобы было легче входить в полосу движения и определять повороты на дорогах с быстрым выездом. Полоса движения с быстрым выходом должна содержать правильное расстояние после разворота, достаточное для полной остановки уходящего воздушного судна до того, как оно достигнет другой полосы движения, которую оно пересекает, и не менее следующих значений, когда угол пересечения составляет 30° [9]. В рисунок 2 показано, зависимость скорости воздушного судна от радиуса направления движения на быстром выходе.

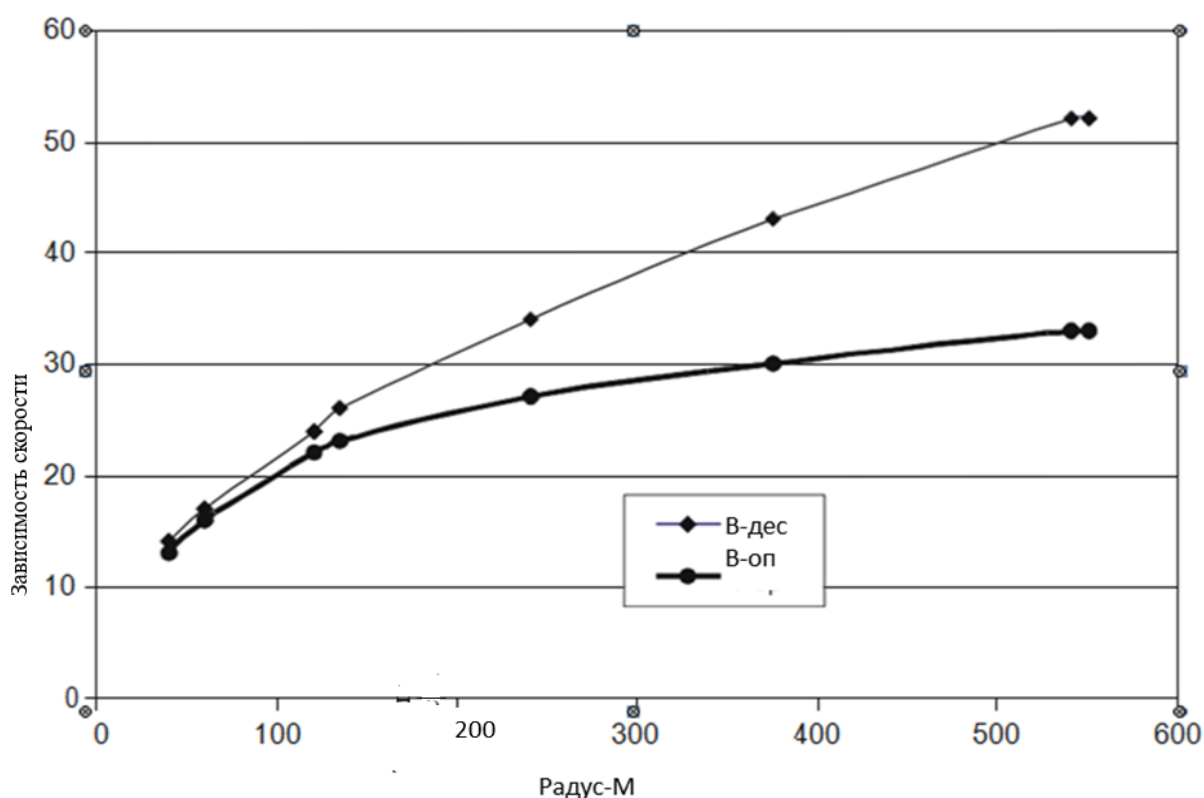


Рисунок 2. Зависимость скорости воздушного судна от радиуса направления движения на быстром выходе.

Полученные результаты показали, что разница во времени, затрачиваемом аэродромом международного аэропорта Ташкент с момента касания взлетно-посадочной полосы до момента покидания взлетно-посадочной полосы в случае применения скоростных взлетно-посадочных полос, составляет от времени, затрачиваемого легкими, тяжелыми и средними самолетами с момента касания взлетно-посадочной полосы до момента покидания взлетно-посадочной полосы. Совершающие посадку на взлетно-посадочную полосу аэродрома международного аэропорта Ташкент, для легких воздушных судов, с момента приземления и до вылета с использованием взлетно-посадочных полос быстрого движения достигнуто сокращение на 90% времени (рис.3). А для тяжелые воздушные суда с момента приземления до вылета, используя полосы быстрого движения было достигнуто сокращение на 70% времени (рис.4), для средние воздушные суда с момента посадки до вылета, используя полосы быстрого движения было достигнуто сокращение на 80% времени (рис.5).



Рисунок 3. Время, затрачиваемое легкими самолетами с момента их касания взлетно-посадочной полосы до момента их покидания (секунд).

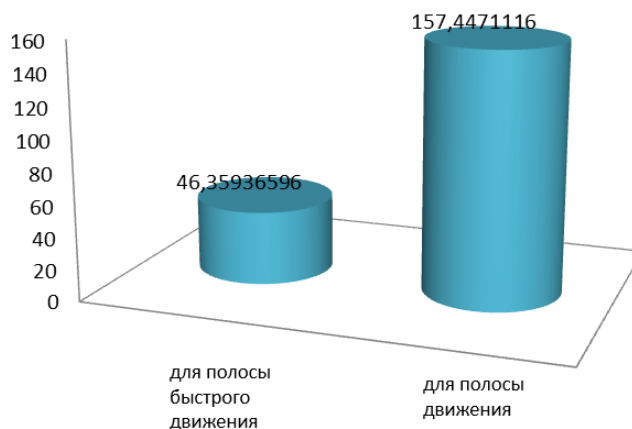


Рисунок 4. Время, затрачиваемое тяжелыми самолетами с момента их касания взлетно-посадочной полосы до момента их покидания (секунд).

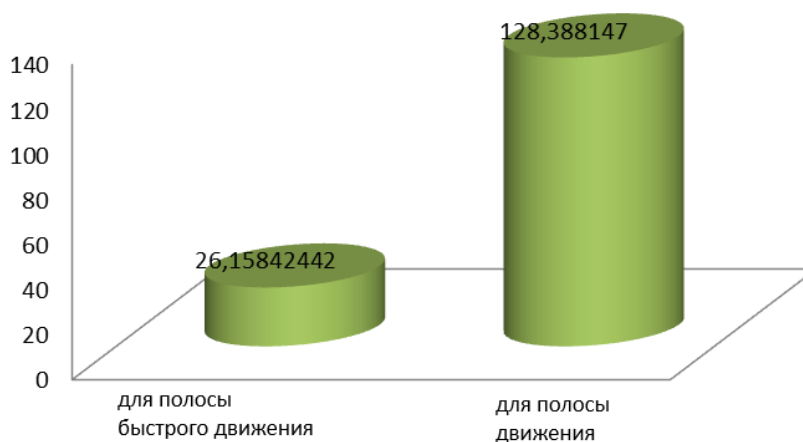


Рисунок 5. В среднем время, затрачиваемое самолетами с момента касания взлетно-посадочной полосы до момента ее покидания(секунд).

В работе разработан метод определения экономической эффективности ВПП, повышающий пропускную способность взлетно-посадочной полосы аэродрома в условиях сезонного роста воздушного потока. При этом, к какому типу относится работа самолета в случае использования полосы движения и полосы быстрого, а также сумма, уплачиваемая за взлетно-посадочную полосу.

Следующее выражение определяет экономическую эффективность для случая, когда полосы быстрого движения были применены к взлетно-посадочной полосе за один час:

F- экономическая эффективность взлетно-посадочной полосы за определенный период по отношению к состоянию, в котором полосы движения были применены с применением метода повышения эффективности пропускной способности взлетно-посадочных полос.

$$F = F_{thy} - F_{hy}, \quad (4.1)$$

F_{thy} - прибыли за определенный период для случая, когда n самолетов использовали полосы быстрого движения.

$$F_{thy} = M_{1thy} + M_{2thy} + m_{3thy} + \dots M_{nthy}, \quad (4.2)$$

M_{ithy} — это сумма прибыли, которую самолет получает за один взлет и посадку на взлетно-посадочной полосе с использованием взлетно-посадочных полос быстрого движения.

$$M_{ithy} = S_{ithy} - H_{ithy}, \quad (4.3)$$

F_{hy} - сумма прибыли за определенный период для случая, когда n самолетов использовали полосу движения.

$$F_{hy} = M_{1hy} + M_{2hy} + M_{3hy} + \dots M_{nhy}, \quad (4.4)$$

M_{ihy} — это сумма прибыли, которую самолет получает за выполнение одного взлета и посадки на взлетно-посадочной полосе с использованием полосы движения.

$$M_{ihy} = S_{ihy} - H_{ihy}, \quad (4.5)$$

Здесь;

S_{ithy} — которую приносит самолет для совершения одного взлета и посадки в ВПП с использованием полосы быстрого движения;

H_{ithy} — сумма затрат, причитающихся самолету за совершение одного взлета и посадки с использованием полосы скоростного движения в ВПП;

S_{ihy} — сумма, которую приносит самолет для совершения одного взлета и посадки в ВПП с использованием полосы движения;

H_{ihy} — это сумма затрат, понесенных самолету за выполнение одного взлета и посадки с использованием полосы движения в ВПП.

Методика определения экономической эффективности повышения пропускной способности взлетно-посадочной полосы в условиях сезонного роста воздушного потока позволяет определить, какую выгоду принесет использование взлетно-посадочных полос по сравнению с используемыми.

Определено экономическую эффективность использования взлетно-посадочных полос аэродрома в условиях сезонного роста воздушного потока в

международном аэропорту «Ташкент» в качестве фактора повышения эффективности пропускной способности взлетно-посадочной. Предположим, что условия сезонного роста воздушного потока составляют около 96 часов в году.

На примере самолета А330 малазийской авиакомпании Malaysia Airlines в международном аэропорту «Ташкент» и вылетаем в международный аэропорт Куала-Лумпур.

За рейс из на самолете А330 с номером рейса и номером назначения рейса MAS 8440 было уплачено 250022618 (22912USD) Сум. За взлет и посадку за все услуги и расходы на взлетно-посадочной полосе было заплачено 38138488 (3495USD) сум. Мы находим, какую экономическую эффективность приносит один час, учитывая, что один взлет/посадка на взлетно-посадочной полосе стоит 38138488 (3495USD) рупий.

Определим экономическую эффективность для случая, когда самолеты тяжелых типов совершали смешанные взлеты и посадки, обратившись к таблице 4.2.

Рейс из Кул-Таш-Кула на А330 с MAS 8440.

$$S_{1thy} = (3495USD)38138488 \text{ Сум};$$

H_{1thy} — если предположить, что стоимость, затрачиваемая самолету на совершение одного взлета и посадки с использованием полосы быстрого движения ВПП, равна 88% от суммы, которую приносит S_{1thy} ;

$$H_{1thy} = (3075USD)33561869 \text{ Сум};$$

$$S_{1hy} = (3495USD)38138488 \text{ Сум};$$

H_{1hy} — если предположить, что стоимость, затрачиваемая самолету на совершение одного взлета и посадки с использованием полосы скоростного движения S_{1hy} в ВПП, равна 88% от суммы, которую приносит S_{1hy} ;

$$H_{1hy} = (3075USD)33561869 \text{ Сум};$$

$$N_{Hy} = 21 \text{ — количество самолетов, использующих полосу движения};$$

n_{thy} = 23 — количество самолетов, когда используется метод повышения пропускной способности полос быстрого движения;

$$t = 96 \text{ часов.}$$

M_{ithy} — это сумма прибыли, которую самолет приносит за один взлет и посадку с использованием полосы движения на взлетно-посадочной полосе.

$$M_{ithy} = 38138488 - 33561869 = 4576619$$

F_{thy} -n самолетов мы умножили на число, поскольку n самолетов принесли ту же сумму прибыли при определении прибыли в час для случая, когда использовались полосы быстрого движения.

$$F_{thy} = 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 = 105262237$$

M_{ihy} — это сумма прибыли, которую самолет приносит за один взлет и посадку с использованием полосы движения на взлетно-посадочной полосе.

$$M_{1hy} = 38138488 - 33561869 = 4576619$$

F_{hy} - мы умножили на число, поскольку n самолетов принесли ту же сумму прибыли при определении прибыли в час для случая, когда n самолетов использовали полосу движения.

$$F_{thy} = 4576619 + 4576619 + 4576619 + \dots + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 + 4576619 = 96108999$$

F_1 - экономическая эффективность состояния, в котором применялись полосы быстрого движения за один час, по сравнению с состоянием, в котором применялись полосы движения.

$$F_1 = 105262237 - 96108999 = 9153238$$

F_{96} - экономическая эффективность состояния, в котором применялись полосы быстрого движения в течение девяноста шести часов, по сравнению с состоянием, в котором применялись полосы движения.

Поскольку мы определяем на примере экономическую эффективность в час без пересчета, умножая ее на период сезонного роста воздушного потока в году (час).

$$F_{96} = 9153238 \times 96 = 878710848$$

В таблице приведена экономическая эффективность сравнения в основном на примере самолетов тяжелого типа, выполняющих смешанные взлеты и посадки в течение одного часа на взлетно-посадочной полосе аэродрома международного аэропорта «Ташкент» с использованием и неиспользуемых взлетно-посадочных полос.

Таблица. Экономическая эффективность взлетно-посадочной полосы

№	Распределение по типов ВС	Сумма при использовании тротуаров движения		Сумма при использовании полос быстрого движения		Прибыли при использовании полос быстрого движения	
		количество	Сум	количество	Сум	Сум	%
1	100% тяжелый	21	9610899 9 23	23	105262 237	91532 38	10

В условиях сезонного роста воздушного потока мы рассмотрели на примере международного аэропорта «Ташкент» метод определения экономической эффективности использования взлетно-посадочных полос с использованием метода определения экономической эффективности повышения эффективности пропускной способности взлетно-посадочных полос. Результаты показали, что при выполнении смешанных полетов тяжелыми типами самолетов экономическая эффективность может быть увеличена на 10% до 9153238 сумов

в час и 878710848 сумов в год при условии минимального сезонного роста потока за 96 часов.

Выводы. Экономическая эффективность ВПП при выполнении взлета и посадки тяжелым типом ВС, на примере “Ташкентского” международного аэропорта достигнута 10 %-ный рост, т. е. учитывая, что период сезонного роста потока ВС составляет 96 часов, определено что за час 9 153 238 сум, за год 878 710 848 сум будет сэкономлено.

И.М. Сайдумаров, И.Ж. Бойманов

ҰШУ-ҚОНУ ЖОЛАҒЫНЫҢ ӨТКІЗУ ҚАБІЛЕТІН АРТТЫРУДЫҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ ӘДІСІ

Аңдатпа. Мақалада “Ташкент” халықаралық әуежайының мысалында ұшу-қону жолағының экономикалық тиімділігі анықталды.

Әуе кемелерінің ағынын маусымдық ұлғайту шарттарын ескере отырып, ҰҚЖ өткізу қабілетін арттыру мақсатында ұшу-қону жолағының өткізу қабілетін арттырудың экономикалық тиімділігін айқындау әдісі құрылды. Нәтижесінде ауа ағынының маусымдық өсуі жағдайында әуеайлақтың ұшу-қону жолағының өткізу қабілетін арттыратын ҰҚЖ-ның экономикалық тиімділігін айқындау әдісі әзірленді. Бұл ретте, жолақ пен жылдам жолақ пайдаланылған жағдайда ұшақтың жұмысы қандай түрге жатады, сондай-ақ ұшу-қону жолағы үшін төленетін сома. “Ташкент” халықаралық әуежайында ауа ағынының маусымдық өсуі жағдайында әуеайлақтың ұшу-қону жолақтарын пайдаланудың экономикалық тиімділігі ұшу-қону жолағының өткізу қабілеттілігінің тиімділігін арттыру факторы ретінде айқындалды.

Нәтижесінде ӘК ағынының маусымдық өсуі жағдайында экономикалық тиімділікті 10% - га арттыруға қол жеткізуге болатындығы, яғни бір жылда 878 710 848 сумма үнемдеуге болатындығы анықталды.

Түйін сөздер: Аэродром, ұшу-қону жолағы, экономикалық, тиімділік, авиация, әуежай, ұшақ, өткізу қабілеттілігі.

I.M. Saydumarov, I.J. Boymanov

A METHOD FOR DETERMINING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF INCREASING RUNWAY CAPACITY

Abstract. The article studied the economic efficiency of the runway was determined by the example of the Tashkent International Airport.

Taking into account the conditions of a seasonal increase in the flow of aircraft in order to increase runway capacity, a method has been created to determine the economic efficiency of increasing runway capacity. As a result, a method has been developed to determine the economic efficiency of the runway, which increases the capacity of the airfield runway in conditions of seasonal air flow growth. At the same

time, what type of operation the aircraft belongs to in the case of using the traffic lane and the fast lane, as well as the amount paid for the runway. The economic efficiency of using the airfield runways in the conditions of seasonal growth of air flow at Tashkent International Airport as a factor in increasing the efficiency of the runway capacity has been determined.

As a result, it was found that in conditions of seasonal growth in the flow of aircraft, it is possible to achieve an increase in economic efficiency by 10%, that is, to save 878,710,848 soums per year.

Keywords: *Airfield, runway, economic, efficiency, aviation, airport, aircraft, capacity.*

Список использованной литературы

1. С.Л. Паршина, И.О. Князева, Д. В. Макаренко, М. В. Сафронов. Анализ перспективных технологий обслуживания взлетно-посадочных полос аэродромов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики – 2017. Том 3. С.92-94.
2. М.С. Кубланов, Н.Б. Бехтина. Математическое моделирование неоднородного состояния взлетно-посадочных полос при решении задач обеспечения безопасной эксплуатации тяжелых транспортных самолетов // Научный вестник МГТУ ГА. № 154.2010.с.152-154.
3. Н.Б. Бехтина, Н.А. Сметанина. Математическое моделирование движения тяжелых транспортных самолетов на посадке // Научный вестник МГТУ ГА.Том.19, №04, 2016.С.26-30.
4. Li Ang. Research and Design of an Airfield Runway FOD Detection System Based on WSN. International journal of distributed sensor networks (Online), International journal of distributed sensor networks // International Journal of Distributed Sensor Networks 2013(4), PP.1-6.
5. Yu. T. Zyryanov, V. M. Dmitriev. Airfield runway lighting efficiency estimating based on simulating landing process in low visibility // Civil Aviation High Technologies. 2014, (207), PP.82-89.
6. Sundeep Chowdary Daggubati, Nazneen, Subham Sharma, Sulabh raj gurung. Runway design and structural design of an airfield pavement // IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE) e-ISSN: 2278-1684, p-ISSN: 2320-334X, Volume 11, Issue 2 Ver. III (Mar- Apr. 2014), PP 10-27 www.iosrjournals.org).
7. Duoyao Zhang, Liangcai Cai, Shaohui Zhou. An Airfield Soil Pavement Design Method Based on Rut Depth and Cumulative Fatigue // Journal of Advanced Transportation Volume 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/6032305>. PP. 1-11.
8. I.J. Boymanov, I.M. Sayidumarov, Aeroportlarni uchish-qo‘nish yo‘laklarining o‘tkazuvchanlik qobiliyati yuqori bo‘lishi omillari. // "Авиация ва космик технологияларда таълим ва илмнинг долзарб муаммолари" Республика илмий-техник анжумани // анжуман маърузалари тўплами. Тошкент, 2021. - 302 б.
9. Aerodrome Design Manual. Part 2 Taxiways, Aprons and Holding Bays.Doc 9157 AN/901. International Civil Aviation Organization. Fourth Edition — 2005.

References

1. S.L. Parshina, I.O. Knyazeva, D. V. Makarenko, M. V. Safronov. Analiz perspektivnix texnologiy obslujivaniya vzletno-posadochnix polos aerodromov // Aktualnie problemi aviatsii i kosmonavtiki – 2017. Tom 3. S.92-94.
- 2.M.S. Kublanov, N.B. Bextina. Matematicheskoye modelirovaniye neodnorodnogo sostoyaniya vzletno-posadochnix polos pri reshenii zadach obespecheniya bezopasnoy ekspluatatsii tyajelix transportnix samoletov // Nauchniy vestnik MGTU GA. № 154.2010.s.152-154.
3. N.B. Bextina, H.A. Smetanina. Matematicheskoye modelirovaniye dvijeniya tyajelix transportnix samoletov na posadke // Nauchniy vestnik MGTU GA. Tom.19, №04, 2016.S.26-30.
4. Li Ang. Research and Design of an Airfiyeld Runway FOD Detection System Based on WSN. International journal of distributed sensor networks (Onlayn), International journal of distributed sensor networks // International Journal of Distributed Sensor Networks 2013(4), PP.1-6.
5. Yu. T. Zyryanov, V. M. Dmitriyev. Airfiyeld runway lighting efficiency estimating based on simulating landing process in low visibility // Civil Aviation High Technologiyes. 2014, (207), PP.82-89.
6. Sundeep Chowdary Daggubati, Nazneyen, Subham Sharma, Sulabh raj gurung. Runway design and structural design of an airfiyeld pavement // IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineeyering (IOSR-JMCE) e-ISSN: 2278-1684, p-ISSN: 2320-334X, Volume 11, Issuye 2 Ver. III (Mar- Apr. 2014), PP 10-27 www.iosrjournals.org).
7. Duoyao Zhang, Liangcai Cai, Shaohui Zhou. An Airfiyeld Soil Pavement Design Method Based on Rut Depth and Cumulative Fatiguye // Journal of Advanced Transportation Volume 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/6032305>. RR. 1-11.
8. I.J. Boymanov, I.M. Sayidumarov, Aeroportlarni uchish-qi 'nish yo 'laklarining o 'tkazuvchanlik qobiliyati yuqori bo 'lishi omillari. // "Aviatsiya va kosmik texnologiyalarda ta'lim va ilmning dolzarb muammolari" Respublika ilmiy-texnik anjumani // anjuman ma'ruzalari to 'plami. Toshkent, 2021. - 302 b.
9. Aerodrome Design Manual. Part 2 Taxiways, Aprons and Holding Bays.Doc 9157 AN/901. International Civil Aviation Organization. Fourth Edition — 2005.

Сайдумаров Илхомжан Миралимович	к.ф.-м.н., доцент кафедры «Системы аэронавигации» Ташкентского государственного транспортного университета, E-mail: saidilh@mail.ru
Сайдумаров Илхомжан Миралимович	ф.-м.ф.к., Ташкент мемлекеттік көлік университеті «Аэронавигация жүйесі» кафедрасының доценті, E-mail:saidilh@mail.ru
Saydumarov Ilkhomzhan Miralimovich	Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of "Air Navigation Systems" of Tashkent State Transport University, E-mail: saidilh@mail.ru

Боймонов Ислон Жураевич	PhD, ст. преподаватель кафедры «Системы аэронавигации» Ташкентского государственного транспортного университета, E-mail: juraevich.islom@mail.com
Боймонов Ислон Жураевич	PhD, Ташкент мемлекеттік көлік университетінің "аэронавигация жүйесі" кафедрасының аға оқытушысы, E-mail: juraevich.islom@mail.com
Boymanov Islam Juraevich	PhD, Senior lecturer at the Department of "Air Navigation Systems" of Tashkent State Transport University, E-mail: juraevich.islom@mail.com

https://doi.org/10.53364/24138614_2024_35_4_6
МРНТИ 81.88

¹Л.Н.Гойколов, * ¹А.Ж. Абжапбарова

¹Академия гражданской авиации, г. Алматы, Казахстан

*E-mail: bucinator_pit@mail.ru

ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АВТОТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ

Аннотация. В статье обоснована целесообразность применения системного подхода к интеграции логистики, управления качеством автотранспортных услуг и логистического сервиса, а также необходимость стандартизации процессов обслуживания клиентов в логистической сфере. Разработка и внедрение логистических систем управления качеством обеспечивают повышение удовлетворенности потребителей, эффективное использование финансовых, материальных, кадровых и информационных ресурсов, а также способствуют применению инновационных технологий. Стандартизация логистического обслуживания, в свою очередь, позволяет четко определить уровень сервиса, оптимизировать логистические потоки, быстрее реагировать на изменения рыночных условий и формировать конкурентные преимущества. Таким образом, интегрированный подход к управлению качеством и стандартизации логистического сервиса формирует основу для повышения производительности, эффективности и системности управленческих решений в транспортно-логистической отрасли.

Ключевые слова: управление качеством, логистика, автотранспортные услуги, TQM, стандартизация обслуживания клиентов, системный подход, конкурентоспособность.

Введение. Экономическая нестабильность и кризисные явления требуют от бизнеса снижения издержек и повышения эффективности управления качеством услуг, в том числе и транспортных. Автотранспортные компании сталкиваются с ростом цен на топливо, устаревшим подвижным составом, низким качеством и отсутствием финансовых инструментов. Текущая ситуация на рынке автотранспортных услуг свидетельствует о необходимости поиска новых резервов, оптимизации процессов и повышения качества. Отсутствие системного подхода к управлению качеством транспортно-логистических услуг снижает их конкурентоспособность. Поэтому актуальной становится разработка системы управления качеством логистики, обеспечивающей удовлетворение потребностей клиентов, эффективное использование ресурсов, повышение производительности и внедрение инноваций.

Анализ последних исследований показывает, что управлению качеством в логистике уделяется значительное внимание. Например, в компании Müller Transporte внедрена сертифицированная система управления качеством (ISO 9001) с дополнительными отраслевыми стандартами (GDP, TAPA), обеспечивающая комплексный контроль по всей цепочке поставок и управление рисками.

В научных работах управление качеством рассматривается как системное использование ресурсов и потенциалов, разрабатываются общие теоретические положения и алгоритмы повышения эффективности и наглядности процессов, влияющих на качество логистических услуг. Однако до сих пор существует необходимость совершенствования принципов и методов, а также создания концепции логистического менеджмента, объединяющей качество и логистику.

Исследователи отмечают, что повышение эффективности работы логистических операторов и интеграция логистики с качеством возможны на основе процессного и системного подходов, с учетом интересов всех участников цепи поставок и общих стратегических целей.

Основная часть. В условиях экономической нестабильности и усиления конкуренции в секторе транспорта и логистики способность эффективно управлять качеством услуг становится ключевым фактором успеха для компаний. Автотранспортные компании сталкиваются с ростом цен на топливо, старением подвижного состава и ограниченностью финансовых инструментов. В то же время, несмотря на важность логистического сервиса, системный подход к управлению качеством все еще недостаточно развит.

Концептуальный подход к управлению качеством автотранспортных услуг включает в себя принципы всеобщего управления качеством (TQM) и логистического менеджмента, ориентированного на постоянное улучшение, оптимизацию цепочки поставок и учет потребностей клиентов. Формирование корпоративной культуры качества и вовлечение персонала на всех уровнях способствуют повышению гибкости и адаптивности системы.

Стандартизация обслуживания клиентов, охватывающая как «жесткие» аспекты (сроки, точность доставки, запасы), так и «мягкие» факторы (поведение персонала, стиль общения), обеспечивает единообразие качества, упрощает обучение персонала, снижает затраты и помогает быстрее реагировать на изменения в предпочтениях клиентов.

Интеграция TQM и стандартизации услуг в логистическую систему расширяет стратегический потенциал предприятия. Системный подход связывает данные о качестве (удовлетворенность клиентов, надежность поставок) с логистическими параметрами (запасы, транспортные возможности, сроки, безопасность). Применение ERP-систем, мониторинга качества и международных стандартов (ISO) делает процесс принятия решений более обоснованным и оперативным.

Таким образом, слияние принципов TQM, стандартизации обслуживания клиентов и логистического подхода формирует комплексную систему управления качеством транспортного обслуживания. Это приводит к

повышению удовлетворенности клиентов, снижению затрат, росту эффективности и формированию устойчивых конкурентных преимуществ на рынке.

Формирование интегрированной логистической системы управления качеством транспортного обслуживания требует не только стратегического видения, но и четкого структурирования элементов системы, распределения ролей между управляющей и управляемой подсистемами, а также определения параметров, необходимых для принятия оперативных управленческих решений.

Субъектом управления в данной системе является совокупность организационно обособленных подразделений и управленческого персонала, ответственных за реализацию функций логистики и менеджмента качества. Управление качеством охватывает множество аспектов - от разработки качественного продукта или услуги, контроля и улучшения качества до удовлетворения потребностей клиентов. Задачи логистики, в свою очередь, включают планирование и контроль движения и хранения материальных ресурсов, распределение, транспортировку и управление запасами, обеспечение оптимизации потоков, необходимых для стабильного предоставления транспортных услуг.

Системный подход предполагает рассмотрение этих функций в их взаимосвязи и взаимовлиянии. Логистика и управление качеством не могут рассматриваться изолированно: они должны быть интегрированы с учетом взаимодействия, синергии и общей направленности на удовлетворение потребностей клиентов. На практике эта интеграция реализуется через такие концепции и инструменты, как «Интегрированное управление цепями поставок», «Логистика, ориентированная на время», «Логистика, ориентированная на спрос», «Точно в срок», «Планирование потребностей/ресурсов» и другие, расширяя возможности оперативного и стратегического управления.

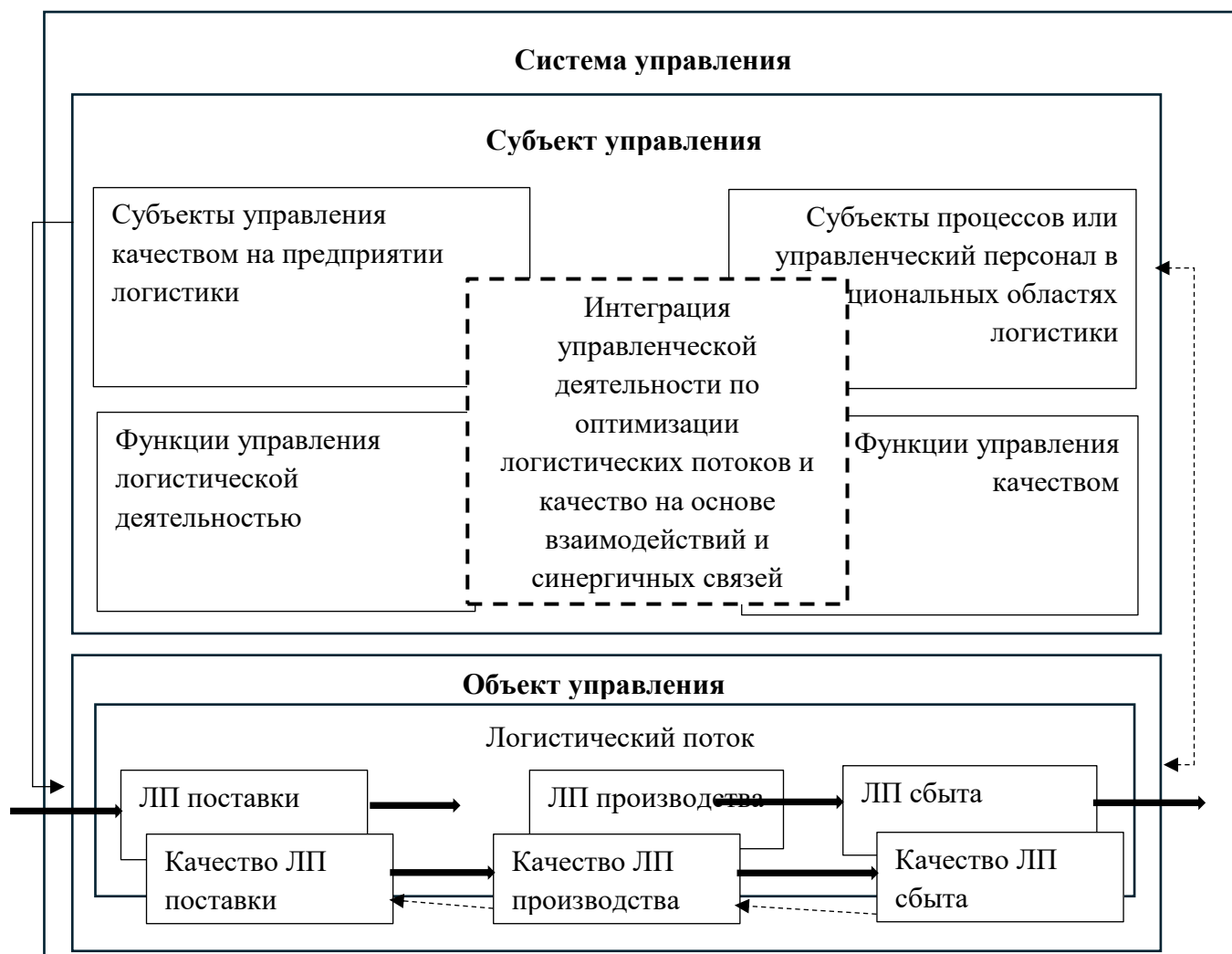


Рисунок 1. Общая схема системного подхода к интеграции логистики и управления качеством на предприятии

Любая система управления качеством логистики функционирует по принципу «вход-выход», где управляемая подсистема (объект) формирует требуемый уровень качества транспортных услуг и логистического сервиса, а управляющая подсистема (субъект) воздействует на объект, основываясь на обмене информацией, анализе данных и системе критериев эффективности. На «вход» управляющей подсистемы поступают показатели качества автотранспортных услуг, потребность в запасных частях, инновационные решения, а также факторы безопасности перевозок. На «выходе» - удовлетворенность клиентов, достигнутый уровень качества и эффективность использования ресурсов.

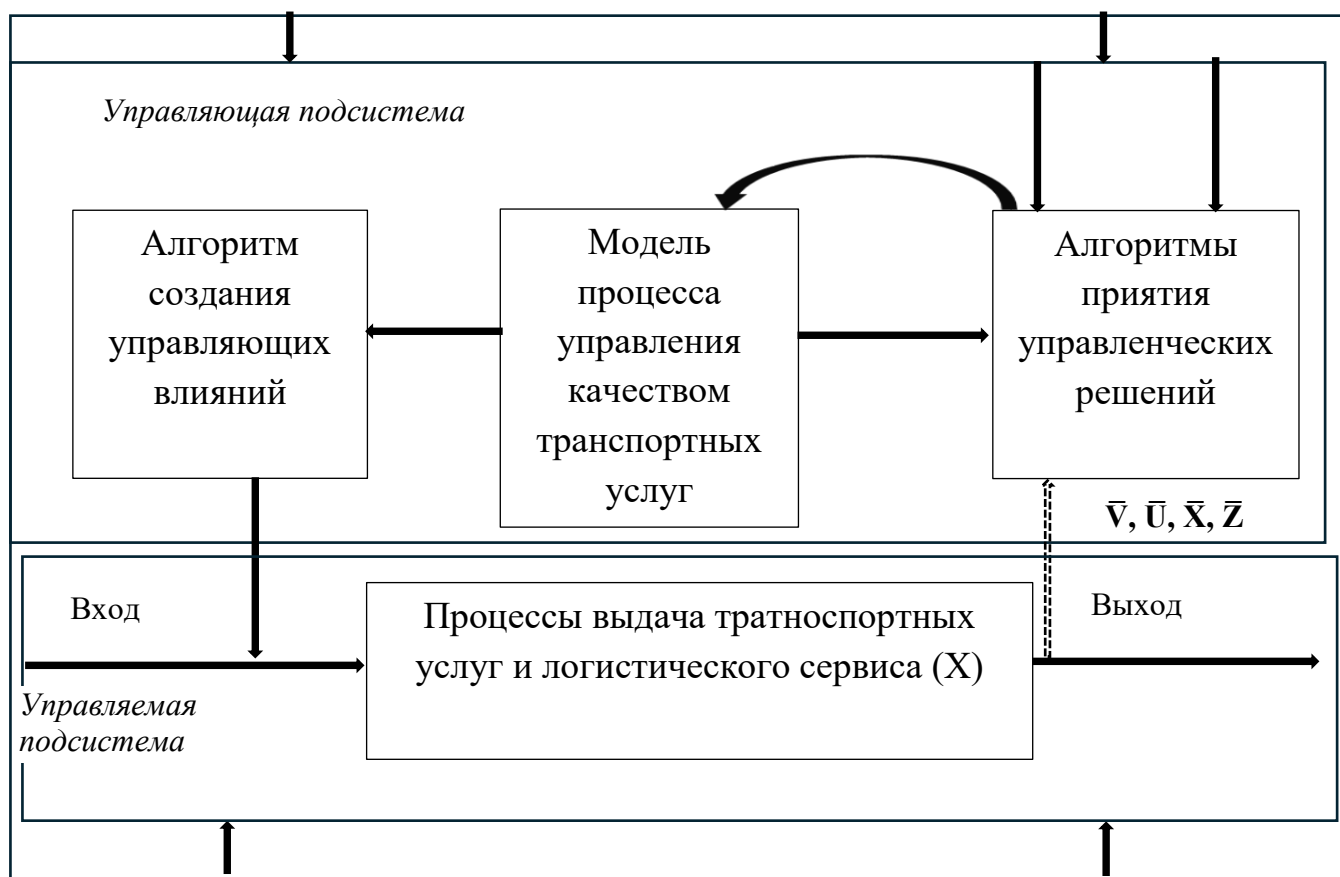


Рисунок 2. Схема логистической системы управления качеством автотранспортных услуг

Применение системного подхода к интеграции логистики и управления качеством на автотранспортном предприятии предполагает четкое определение ролей и взаимосвязей между управляющей и управляемой подсистемами. Управляемая подсистема в данном случае включает в себя непосредственно процессы предоставления транспортно-логистических услуг, а контролирующая подсистема представляет собой совокупность органов управления и сотрудников, уполномоченных принимать решения, направленные на обеспечение требуемого уровня качества.

Информационный обмен между этими подсистемами играет ключевую роль. Управляющая подсистема постоянно получает данные о состоянии управляемой подсистемы: показатели качества предоставляемых автотранспортных услуг, потребность в запасных частях и инновационных решениях, вопросы безопасности перевозок и другие параметры, которые формируют «входы» системы. Кроме того, в управляющую подсистему поступают векторы ограничений (L) и критериев эффективности (E), которые позволяют оценить деятельность компании с точки зрения достижения целевых параметров качества и соответствия международным стандартам (например, требованиям ISO), а также надежности и конкурентоспособности предоставляемых услуг.

$$I = (\bar{V}, \bar{U}, \bar{X}, \bar{Z}, \bar{L}, \bar{E}, t), Z(t) = \bar{Z} = f(I) \rightarrow \{R\}.$$

Сама логистическая система управления качеством может быть представлена как набор векторов, характеризующих различные аспекты ее функционирования. Так, вектор \bar{U} описывает «вход» управляемой подсистемы (потребности в качестве, ресурсном обеспечении, инновациях и безопасности), а вектор \bar{V} - «выход» управляемой подсистемы, отражающий субъективную полезность и степень удовлетворения требований потребителя. Иными словами, \bar{V} демонстрирует фактический уровень качества автотранспортных услуг и интегрированного логистического сервиса.

Внутреннее состояние системы описывается вектором \bar{X} , который включает входной контроль качества материально-технических ресурсов, стабильности и гибкости поставок, а также выходной контроль результатов оказания услуг. Вектор \bar{F} отражает внешние факторы: конъюнктуру рынка, насыщенность рынка определенными услугами, спрос и предложение, конкурентные преимущества и нормативные требования (например, таможенные правила).

Ограничения системы определяются вектором \bar{L} : это могут быть ограничения по финансовым ресурсам, доступному оборудованию, квалификации персонала, складским мощностям и экологическим стандартам. Вектор \bar{E} включает показатели и критерии эффективности системы управления качеством логистики: требования ISO, уровень надежности и другие ориентиры, на основе которых компания оценивает свой прогресс.

Все решения по управлению качеством, включая анализ и планирование, разрабатываются на основе информации, содержащейся в векторах \bar{V} , \bar{U} , \bar{X} , \bar{Z} , \bar{L} и \bar{E} . Эти решения формируются во входные импульсы вектора \bar{Z} , который представляет собой набор управленческих решений, начиная от программ исследования рынка для определения требований к качеству продукции клиентов, калькуляции затрат по уровням качества, планирования технического обслуживания и ремонта и заканчивая анализом конкурентных предложений. В свою очередь, эти управленческие решения преобразуются в конкретные виды деятельности, описываемые вектором $\{R\}$.

Комплекс мероприятий $\{R\}$ может охватывать оптимизацию экономических отношений по критерию качества, подготовку материалов к производственному потреблению, модернизацию автопарка с учетом мировых организационных и технологических стандартов, внедрение системы «канбан», контроль исправности автомобилей, обеспечение качественного обслуживания клиентов, мониторинг процессов в эксплуатации, защиту прав потребителей и другие действия, направленные на повышение общего уровня качества обслуживания.

Таким образом, четко определенная логико-математическая структура логистической системы управления качеством, подкрепленная принципами TQM и стандартизации обслуживания клиентов, обеспечивает целенаправленное и обоснованное управление всеми аспектами транспортно-логистических услуг. Интеграция логистики и менеджмента качества формирует комплексную модель управления, которая не только повышает эффективность, стабильность и соответствие требованиям потребителей, но и способствует достижению стратегических целей предприятия, усилению его конкурентных преимуществ,

повышению удовлетворенности потребителей, а также создает условия для долгосрочного и устойчивого развития рынка транспортно-логистических услуг.

Выводы. Повышение качества обслуживания в логистическом секторе подразумевает не только удовлетворение текущих требований клиентов, но и способность точно предвидеть и превосходить их ожидания. Логистика и маркетинг должны рассматриваться как единая взаимосвязанная система, создающая синергетический эффект и дополнительную ценность для клиента. Стратегии обслуживания клиентов могут варьироваться от традиционных и подражательных до уникальных, позволяющих сократить издержки или получить исключительные конкурентные преимущества. При этом в основу их классификации может быть положено отношение компании к конкуренции и клиентам, доля рынка, степень использования современных логистических решений, уровень развития логистического менеджмента или географический охват.

Ключевой целью стратегий обслуживания клиентов остается достижение конкурентного преимущества. Именно поэтому интеграция логистики и управления качеством на автотранспортных предприятиях имеет особое значение. Применение системного подхода к интеграции логистики, управления качеством и обслуживания клиентов обеспечивает эффективный контроль и оптимизацию всех аспектов поставки и производства транспортных услуг. Формирование интегрированной системы управления качеством логистики позволяет сократить временные и финансовые затраты, минимизировать риски, повысить надежность и стабильность предприятия, а также обеспечить высокую удовлетворенность потребителей.

Таким образом, комплексный подход, сочетающий стратегический выбор модели обслуживания клиентов, прогнозирование их потребностей и внедрение принципов Total Quality Management в логистику, формирует устойчивую основу для долгосрочного развития и конкурентоспособности автотранспортных предприятий в динамично меняющихся рыночных условиях.

Л.Н.Гойколов, А.Ж.Абжапбарова

АВТО КӨЛІК ҚЫЗМЕТТЕРІНІҢ САПАСЫН БАСҚАРУ ЖӘНЕ КЛИЕНТТЕРГЕ АРНАЛҒАН ЛОГИСТИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТТЕРДІ СТАНДАРТТАУ ЛОГИСТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІ

Аңдатпа. Мақалада логистиканы, автомобиль көлігі қызметтері мен логистикалық қызмет көрсету сапасын басқаруды, сондай-ақ логистика саласындағы тұтынушыларға қызмет көрсету процестерін стандарттау қажеттілігін интеграциялаудың жүйелік тәсілін қолданудың орындылығы негізделеді. Логистикалық сапа менеджменті жүйесін әзірлеу және енгізу тұтынушылардың қанағаттану деңгейін арттыруды, қаржылық, материалдық, адами және ақпараттық ресурстарды тиімді пайдалануды қамтамасыз етеді, сондай-ақ инновациялық технологияларды қолдануға ықпал

етеді. Логистикалық қызметті стандарттау, өз кезегінде, қызмет көрсету деңгейін нақты анықтауға, логистикалық ағындарды оңтайландыруға, нарық конъюнктурасының өзгерістеріне тезірек жауап беруге және бәсекелестік артықшылықтарды қалыптастыруға мүмкіндік береді. Осылайша, логистикалық қызмет көрсету сапасын басқару мен стандарттауға кешенді көзқарас көлік-логистикалық салада өнімділікті, тиімділікті және жүйелі басқару шешімдерін арттырудың негізін құрайды.

Түйін сөздер: сапа менеджменті, логистика, автомобиль көлігі қызметтері, TQM, тұтынушыларға қызмет көрсетуді стандарттау, жүйелік тәсіл, бәсекеге қабілеттілік.

L.N. Goikolov, A.Zh. Abzhapbarova

LOGISTIC QUALITY MANAGEMENT SYSTEM FOR ROAD TRANSPORT SERVICES AND STANDARDIZATION OF LOGISTIC CUSTOMER SERVICE

Abstract. *The article substantiates the expediency of using a system approach to the integration of logistics, quality management of road transport services and logistics service, as well as the need to standardize customer service processes in the logistics sphere. The development and implementation of logistics quality management systems provide an increase in customer satisfaction, efficient use of financial, material, human and information resources, as well as promote the use of innovative technologies. Standardization of logistics service, in turn, allows to clearly define the level of service, optimize logistics flows, respond faster to changes in market conditions and form competitive advantages. Thus, the integrated approach to quality management and standardization of logistics service forms the basis for increasing productivity, efficiency and systematic management decisions in the transport and logistics industry.*

Key words: *quality management, logistics, road transport services, TQM, standardization of customer service, system approach, competitiveness.*

Список использованной литературы

1. Kondratenko, N., Dohadina, V. & Troian, V. (2024) [Resource provision of the quality management system of railway transport enterprises]. Экономика и общество, 59. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-104>
2. Матвиенко, М.В., Щербина, В.В. и Бондаренко, В.И. (2017) [Management of the quality of services of transport and logistics companies]. Развитие методов управления и менеджмента на транспорте, 3 (60), 131-146. URL: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2017-3-131-146>
3. Lobo, M. & Pinho, T. (2019) Lean tools applied in transport and logistics services. *Frecuencia continua*, 5, 1. URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/167/1671501014/html/>.

4. Матвиенко М.В., Щербина В.В., Бондаренко В.И. Управление качеством услуг транспортно-логистических компаний. Развитие методов управления и хозяйствования на транспорте. 2017. No 3 (60). С. 131-146. URL: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2017-3-131-146>

5. Демидчук Л. Б. Сущность качества транспортно-экспедиционного обслуживания и логистические принципы его эффективности. Вестник Львовского торгово-экономического университета. Экономические науки. 2023. No 72. С. 30-40. URL: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-econom/article/view/1340>

6. Матвиенко М.В., Щербина В.В., Бондаренко В.И. Управление качеством услуг транспортно-логистических компаний. Развитие методов управления и хозяйствования на транспорте. 2017. No 3 (60). С. 131-146. URL: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2017-3-131-146>

7. Демидчук Л. Б. Сущность качества транспортно-экспедиционного обслуживания и логистические принципы его эффективности. Вестник Львовского торгово-экономического университета. Экономические науки. 2023. No 72. С. 30-40. URL: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-econom/article/view/1340>

8. Kryvoruchko O.N., Shynkarenko V.G., Popova N.V. Quality Management of Transport Services: Concept, System Approach, Models of Implementation. International Journal of Engineering & Technology. 2018. Vol. 7 (4.3). P. 472-476.

9. Kryvoruchko O., Dmytriiev I., Poyasnik G., Shevchenko I., Levchenko Ia Transport and logistics services as a component of the transport complex and their quality management. Problems and prospects of development of the road transport complex: financing, management, innovation, quality, safety – integrated approach / Dmytriiev, I., Levchenko, Ia. (Eds.). Kharkiv: PCTECHNOLOGY CENTER, 2021. Ch. 5. P. 42-62. DOI: 10.15587/978-617-7319-45-9.ch4

10. Baker, P. 2006. Designing distribution centers for agile supply chains. International Journal of Logistics, Research and Applications, 9, 3. doi.org/10.1080/13675560600859136.

11. Делебис М., Фабисиак Б., Левиньска Б., Валковяк П. 2015. Отчет о стандартах 2015. Анализ процесса обслуживания клиентов и обзор решений, используемых на рынке, Сопот.

12. Добжинский, М. 2007. Стратегии обслуживания клиентов в управлении цепочками поставок. Издательский Дом Белостокского университета, Белосток,

13. Добегала-Корона, Б. 2015. Формирование потребительской ценности. Теория и практика. Дифин Пабблишинг Дом, Варшавская, 84. Дычковска, Дж. (изменено)

References

1. Kondratenko, N., Dohadina, V. & Troian, V. (2024) [Resource provision of the quality management system of railway transport enterprises]. *Ekonomika i obestvo*, 59. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-104>

2. Matvienko, M.V., erbina, V.V. i Bondarenko, V.I. (2017) [Management of the quality of services of transport and logistics companies]. *Razvitie metodov upravleniia*

- 1 menedjmenta na transporte, 3 (60), 131-146. URL: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2017-3-131-146>
3. Lobo, M. & Pinho, T. (2019) Lean tools applied in transport and logistics services. *Frecuencia continua*, 5, 1. URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/167/1671501014/html/>.
4. Matvienko M.V., erbina V.V., Bondarenko V.I. Ўправленіе качеством ўслўг транспортно-логістических компаніі. *Razvitie metodov ўpravlennia i hoziaistvovannia na transporte*. 2017. No 3 (60). S. 131-146. URL: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2017-3-131-146>
5. Demidchýk L. B. Sýnost kachestva transportno-ekspeditsionnogo obslýjivannia i logisticheskie printsipy ego effektivnosti. *Vestnik Lvovskogo torgovo-ekonomicheskogo ýniversiteta. Ekonomicheskie náykí*. 2023. No 72. S. 30-40. URL: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-econom/article/view/1340>
6. Matvienko M.V., erbina V.V., Bondarenko V.I. Ўправленіе качеством ўслўг транспортно-логістических компаніі. *Razvitie metodov ўpravlennia i hoziaistvovannia na transporte*. 2017. No 3 (60). S. 131-146. URL: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2017-3-131-146>
7. Demidchýk L. B. Sýnost kachestva transportno-ekspeditsionnogo obslýjivannia i logisticheskie printsipy ego effektivnosti. *Vestnik Lvovskogo torgovo-ekonomicheskogo ýniversiteta. Ekonomicheskie náykí*. 2023. No 72. S. 30-40. URL: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-econom/article/view/1340>
8. Kryvoruchko O.N., Shynkarenko V.G., Popova N.V. Quality Management of Transport Services: Concept, System Approach, Models of Implementation. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol. 7 (4.3). P. 472-476.
9. Kryvoruchko O., Dmytriiev I., Poyasnik G., Shevchenko I., Levchenko Ia. Transport and logistics services as a component of the transport complex and their quality management. Problems and prospects of development of the road transport complex: financing, management, innovation, quality, safety – integrated approach / Dmytriiev, I., Levchenko, Ia. (Eds.). Kharkiv: RSTESHNOLOGY SENTER, 2021. Sh. 5. R. 42-62. DOI: 10.15587/978-617-7319-45-9.ch4
10. Baker, P. 2006. Designing distribution centers for agile supply chains. *International Journal of Logistics, Research and Applications*, 9, 3. doi.org/10.1080/13675560600859136.
11. Delebis M., Fabisiak B., Levinska B., Valkoviak P. 2015. Otchet o standartah 2015. Analiz protsessa obslýjivannia klientov i obzor reshenii, ispolzýemyh na rynke, Sopot.
12. Dobjinskii, M. 2007. Strategii obslýjivannia klientov v ўpravlenii tsepochkami postavok. Izdatelskii Dom Belostokskogo ýniversiteta, Belostok,
13. Dobegala-Korona, B. 2015. Formirovanie potrebitelskoi tsennosti. Teoriia i praktika. Difin Publishing Dom, Varshavskaia, 84. Dychkovska, Dj. (izmeneno).

Гойколов Леонид Николаевич	Бакалавр технических наук, магистрант, Академия Гражданской Авиации, г. Алматы, 050039, РК, E-mail: bucinator_pit@mail.ru
Гойколов Леонид Николаевич	Техника ғылымдарының бакалавры, магистрант, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, 050039, ҚР, E-mail: bucinator_pit@mail.ru
Goikolov Leonid Nikolayevich	Bachelor of Technical Sciences, Master's student, Academy of Civil Aviation, Almaty, 050039, RK, E-mail: bucinator_pit@mail.ru
Абжапбарова Айнур Жадигеровна	Phd, асс.профессор Академии Гражданской Авиации, Алматы, Казахстан; E-mail: a.abzhapbarova@agakaz.kz
Абжапбарова Айнур Жадигеровна	PhD, Азаматтық авиация академиясының ассистенті, Алматы, Қазақстан; E-mail: a.abzhapbarova@agakaz.kz
Abzhapbarova Ainur Zhadigerovna	Phd, Assistant Professor, Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan; E-mail: a.abzhapbarova@agakaz.kz

https://doi.org/10.53364/24138614_2024_35_4_7
MPHTI 73.37.61

¹С.Т.Темиртасова., ¹А.Ж.Абжапбарова

¹АО «Академия Гражданской Авиации», г. Алматы, Казахстан

*E-mail: symbat.temirtasova@gmail.com

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДОСМОТРА БАГАЖА: ТОМОГРАФЫ КАК ЧАСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ДОСМОТРА БАГАЖА В АЭРОПОРТАХ

Аннотация: В статье рассматривается применение томографов в системе авиационной безопасности, также преимущества использования томографов для сканирования багажа, как более эффективное выявление запрещенных предметов и повышение скорости досмотра. Цель исследования заключается в оценке эффективности внедрения томографов в существующую систему безопасности, как они интегрируются с существующими техническими средствами, также выявление преимуществ и недостатков использования томографов от традиционных технологий. В ходе исследования был проведен анализ существующих систем и томографов как часть технологий досмотра, был произведен сравнительный анализ эффективности новой технологии от традиционных технологий в системе авиационной безопасности. В заключении приводится вывод от сравнительного анализа применения современной технологий КТ от традиционной технологии досмотра багажа и ручной клади с помощью РТУ.

Ключевые слова: томографы, багаж, досмотр, система безопасности, авиационная безопасность, аэропорт.

Введение. Эффективное противодействие терроризму – проблема чрезвычайно сложная. Воздушный транспорт является одним из уязвимых для террористической атаки, так как даже несильный взрыв на борту самолета практически всегда приводит к катастрофе. По этой причине аэропорты и авиакомпании особое внимание уделяют именно технологиям и средствам обнаружения взрывчатых веществ, взрывных устройств, оружия и боеприпасов. Как правило, наиболее сложные и дорогие технические средства обнаружения используются сначала именно в аэропортах, а затем применяются на других видах транспорта и в местах массового скопления людей [1-2].

Основная часть. Цель данного исследования – проанализировать существующие техники, применяемые в системе авиационной безопасности, эффективность внедрения томографов в системе авиационной безопасности и его отличие от традиционного метода досмотра багажа рентгеноскопии, а также оценка интеграции данной техники с другими техническими средствами

применяющих для досмотра пассажиров и их ручной клади, багажа, выявление преимуществ и недостатков использования данной технологии в аэропорту.

В настоящее время существуют несколько основных технических и специальных средств для предполетного досмотра пассажиров и их ручной клади, багажа: металлоискатели; устройства радиационного контроля; системы телевизионного и визуального контроля; детекторы взрывчатых и наркотических веществ; рентгеновские системы досмотра (интроскопы) багажа и пассажира. В аэропортах с каждым годом все больше внедряется различных технических средств, позволяющих эффективно и качественно осуществлять процедуру досмотра пассажиров и их ручной клади и багажа [3-4]. Данные средства не только повышают эффективность процедур, но и ускоряют процесс досмотра, значительно снижает риск принятия оператором ошибочных решений и вероятность возникновения человеческого фактора. (Рис. 1)

Исходя из этого, актуальность данного исследования заключается в анализе существующих технологий и проведение сравнительного анализа современной технологий досмотра от существующих систем в сфере авиационной безопасности.



Рисунок 1. Инновационные системы досмотра в аэропорту США

В состав современных инновационных технологий можно включить томографы, предназначенные для углубленного досмотра багажа. Данную технологию уже активно используют зарубежные аэропорты как часть технологии досмотра в сфере авиационной безопасности [5].

Технология компьютерной томографии уже успела доказать свою высокую эффективность с точки зрения авиационной безопасности и скорости обработки багажа.

Томографы – это более современные сканеры, которые основаны на технологии рентгеновских лучей. Вследствие того, что томографы имеют возможность передавать на экран более детализированное трехмерное изображение содержимого сумки, процесс проверки проходит быстрее. Стоит учитывать, что, данная современная технология применяется не только в сфере

авиации, но и находят широкое применение в различных областях, в частности, в медицине.

Принцип работы томографов. Багаж подаётся в короткий туннель, изнутри выложенный свинцом. Через отверстие шириной около 1 см рентгеновские лучи просвечивают каждый предмет багажа. На противоположной от источника стене туннеля находится детектор, измеряющий количество излучения, прошедшего через каждую точку сканируемого объекта. На основании этих данных компьютер создаёт изображение предмета (рис. 2).

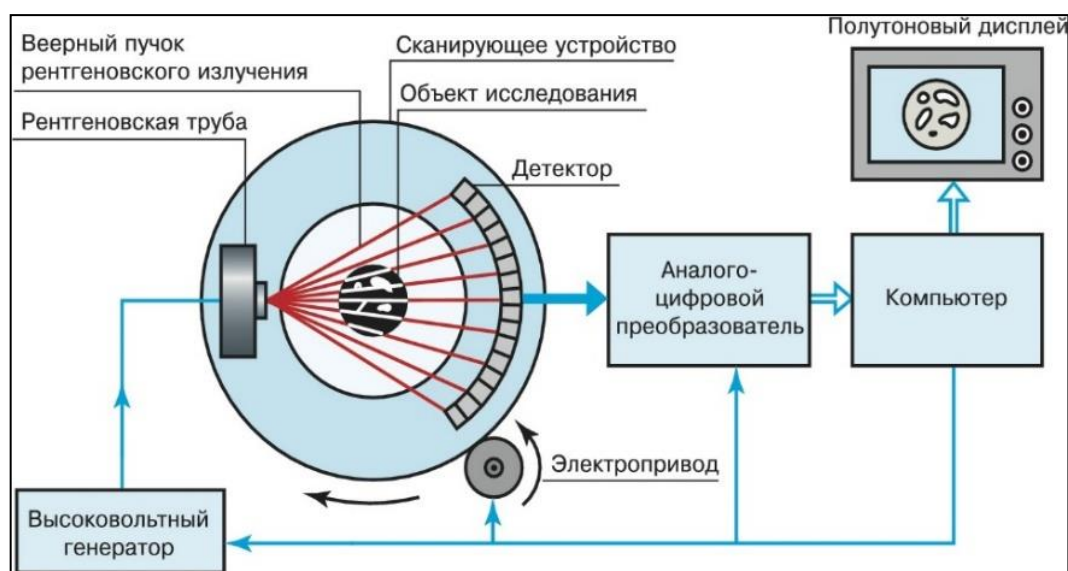


Рисунок 2. Конструкция компьютерного томографа

Рентгеновская трубка, используемая в томографах для сканирования багажа в аэропорту, обычно является высоковольтной трубкой, которая генерирует рентгеновское излучение для создания изображения содержимого багажа. Такая трубка имеет специальное охлаждение, чтобы избежать перегрева и обеспечить непрерывную работу в течение длительного времени (рис. 3).

Томографы являются важной частью технологий систем авиационной безопасности и интегрируются с различными системами безопасности, такими как детекторы взрывчатых веществ, интроскопы, система видеонаблюдения, система охранной сигнализации и другие. Интегрирование томографов в систему авиационной безопасности позволяет значительно улучшить процедуры проверки пассажиров и багажа на предмет наличия запрещенных предметов или материалов. Томографы позволяют более точно и эффективно обнаруживать любые скрытые угрозы, что повышает общий уровень безопасности на борту самолета.

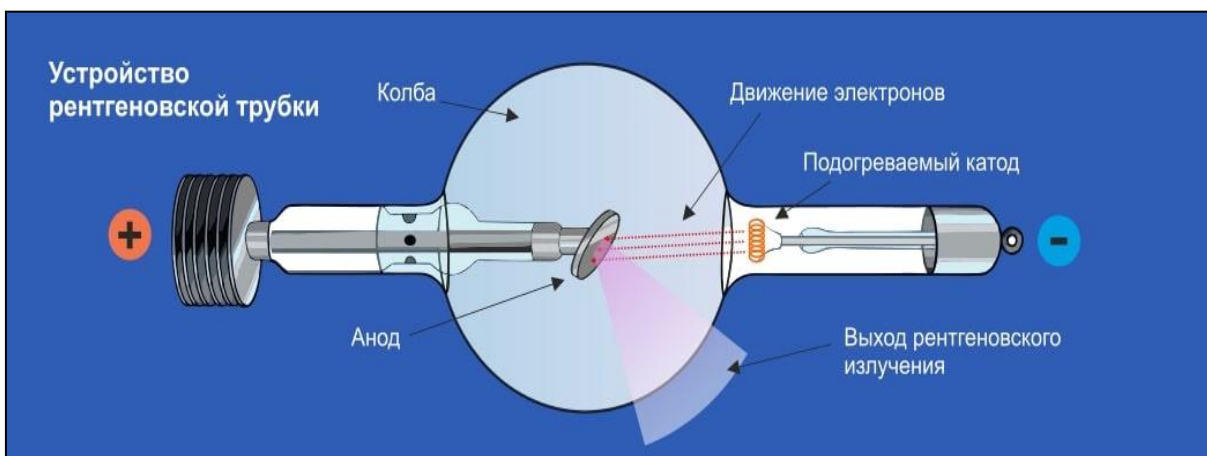


Рисунок 3. Устройство рентгеновской трубки

Благодаря использованию томографов в аэропортах возможно обнаружение опасных предметов, таких как оружие, взрывчатые вещества и наркотики, которые могли бы быть утаены при использовании более традиционных методов контроля. Это значительно снижает риск террористических актов при авиаперевозках и повышает общую безопасность пассажиров и экипажа [6-7].

Преимущества и недостатки данной технологии. Теоретически, каждого пассажира можно досматривать вручную: ощупывать карманы, заставлять разуться, открывать чемодан и перевернуть вещи. Однако на это уйдет слишком много времени. К тому же подобная процедура вряд ли вызовет приятные впечатления. Службе авиабезопасности приходится решать две практически взаимоисключающие задачи: обеспечивать высокий уровень безопасности, при этом обеспечивая максимально возможный комфорт для пассажиров и обеспечивая большую пропускную способность.

Современные технологии досмотра томографы обеспечивают высокую степень безопасности и ускоряют процесс досмотра.

Преимуществами КТ по сравнению с традиционной рентгенографией стали:

- отсутствие теневых наложений на изображении;
- более высокая точность измерения геометрических соотношений;
- чувствительность на порядок выше, чем при обычной рентгенографии

(рис. 4)

Изображение, полученное методом РКТ, представляет собой двумерную проекцию трехмерного объекта, через которого прошло излучение. В этой проекции различные слои объекта на различной глубине накладываются друг на друга, поэтому это изображение также называют суперпозицией изображений. Данная техника обеспечивает более точные результаты и уже успешно используется при сканировании багажа.



Рисунок 4. Процесс досмотра багажа томографом в аэропорту «Платов»

Одним из недостатков систем компьютерной томографии является высокий коэффициент ложного срабатывания, который зачастую составляет около 30%. Стоит помнить, что любой томограф нуждается в точной настройке и калибровке (аппликации) для того, чтобы устранить этот недостаток. Это обусловлено фактором регулярной калибровки и настройки техники, которая зависит от модели и серии устройств.

Системы КТ используются как для первичного, так и для вторичного досмотра. В частности, в настоящее время системы КТ используются в качестве автономных на уровне 1, в линейной конфигурации как часть комплексной системы или для проверки тревожной сигнализации от другой системы уровня 1. Система является надежной, а любые проблемы комплексных систем связаны с системой обработки багажа; требуется строгий учет каждого места багажа в системе

Сравнительный анализ применения томографов от рентгеноскопии. Метод томографического исследования является одной из разновидностей рентгеноскопии и основывается на измерении и обработке посредством компьютера разницы ослабления рентген-лучей, проходящих через ткани либо предметы с различной плотностью. При применении стандартной рентгеноскопии исследователь получает лишь отражение исследуемой ткани, органа, предмета, из-за накладывания одной части предмета на другую происходит их слияние на финальной версии получаемого изображения, что не дает полноценной картины состава какого-либо объекта.

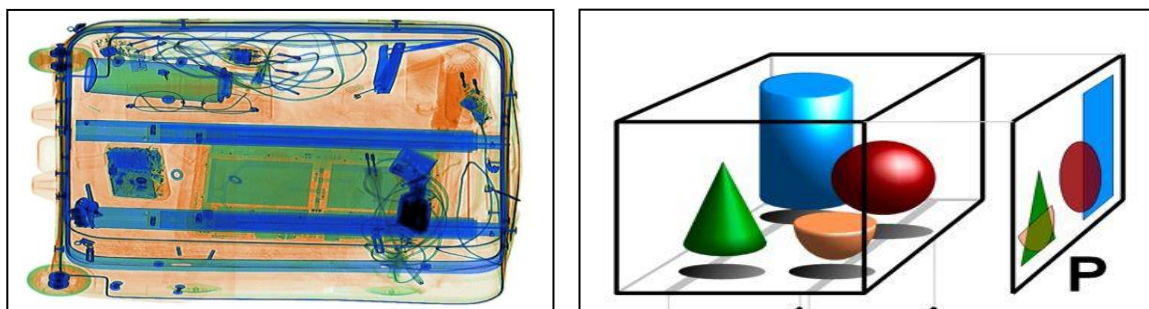


Рисунок 5. Пример сканера багажа полученное с помощью рентгеноскопии

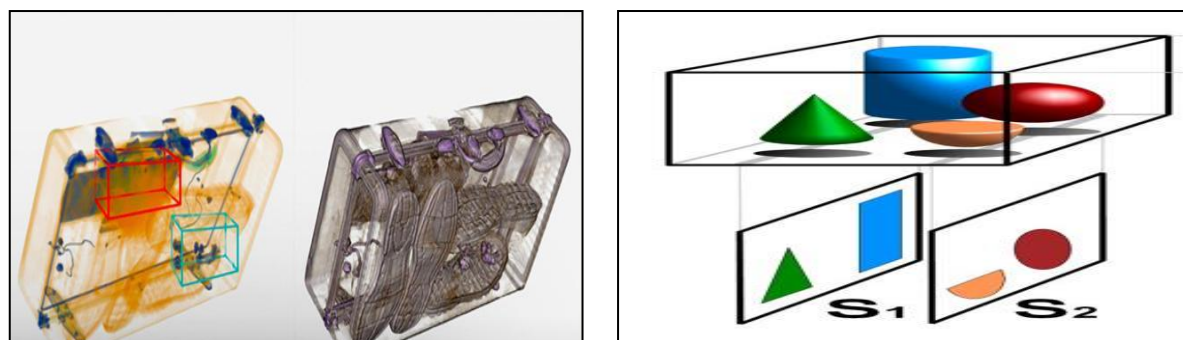


Рисунок 6. Пример сканера багажа полученное компьютерным томографом

Как видно на рисунке 5 P - это изображение, получаемое обычным рентгенотелевизионным аппаратом, как мы видим, происходит накладывание одного предмета на другой, что не позволяет адекватно оценить расположение объектов в пространстве. Таким образом различные предметы, запрещенные к перевозке воздушным транспортом, могут скрыться и не распознаваться оператором в процессе досмотра. (рис. 5)

В случае же использование компьютерной томографии рентгеновская трубка вращается вокруг предмета, что позволяет получить отдельные снимки объекта в разных проекциях. (рис. 6) В итоге, мы можем из целого "багажа" получить отдельные его проекции S1 и S2, которые позволят нам увидеть в отдельности все 4 предмета. Важное отличие заключается в том, что КТ — это совокупность послойных рентгеновских снимков определенной толщины среза, из которых выстраивается объемная проекция, а не плоскость, как на рентгене. В этом одно из основных отличий компьютерной томографии от традиционного рентгеноскопии. Также томографы в отличие от традиционной рентгенотелевизионной установки дают возможность получить более четкие и детализированные изображения содержимого багажа, что значительно упростит и ускорит процесс проверки.

Таким образом, можно сделать выводы что, компьютерная томография является более информативной и высокоэффективной в отличие от обычной рентгеновской установки, так как она гораздо чувствительнее и великолепно отмечает различия в плотности объектов.

Выводы. В заключение, стоит отметить, что томограф — это новейшая технология, способствующая эффективному процессу досмотра багажа и ручной

клади пассажиров. Уникальные возможности этой системы позволяют минимизировать риск проноса запрещенных и опасных предметов на борт воздушного судна, которые могут быть использованы для совершения акта незаконного вмешательства и, несомненно, повышает уровень авиационной безопасности.

На наш взгляд внедрение подобных технологий в аэропортах РК существенно улучшит систему безопасности, так как данная технология применяет сложные алгоритмы для обнаружения взрывчатых веществ и других угроз, создавая 3D-изображение, которое можно просматривать и поворачивать на 360 градусов для тщательного анализа.

Благодаря данной технологии, в течение короткого периода времени, можно осуществить полный досмотр багажа, что значительно снизит возможность возникновения человеческого фактора в условиях постоянно растущего пассажиропотока и задержек.

С. Т. Темиртасова., А.Ж.Абжапбарова

ЖОЛЖҮГІН ТЕКСЕРУ ЖҮЙЕСІН ЖЕТІЛДІРУ: ТОМОГРАФТАР ӘУЕЖАЙЛАРДАҒЫ ЖОЛЖҮКТІ ТЕКСЕРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ БӨЛІГІ РЕТІНДЕ

Аңдатпа. Мақалада авиациялық қауіпсіздік жүйесінде томографтарды қолдану, сондай-ақ багажды сканерлеу үшін томографтарды пайдаланудың артықшылықтары тыйым салынған заттарды тиімдірек анықтау және тексеру жылдамдығын арттыру ретінде қарастырылады. Зерттеудің мақсаты - томографтарды қолданыстағы қауіпсіздік жүйесіне енгізудің тиімділігін бағалау, олардың қолданыстағы техникалық құралдармен қалай интеграциялануы, сондай-ақ дәстүрлі технологиялардан томографтарды қолданудың артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтау. Зерттеу барысында тексеру технологияларының бөлігі ретінде қолданыстағы жүйелер мен томографтарға талдау жүргізілді, авиациялық қауіпсіздік жүйесіндегі дәстүрлі технологиялардан жаңа технологияның тиімділігіне салыстырмалы талдау жасалды. Қорытындыда рентгеноскопия көмегімен жолжүгін және қол жүгін тексерудің дәстүрлі технологиясынан компьютерлік томографияның заманауи технологиясын қолдануды салыстырмалы талдаудан қорытынды келтіріледі.

Түйін сөздер: томографтар, жолжүгі, тексеру, қауіпсіздік жүйесі, авиациялық қауіпсіздік, әуежай.

S.T.Temirtasova, A.Zh. Abzhapbarova

IMPROVING THE BAGGAGE SCREENING SYSTEM: TOMOGRAPHS AS PART OF THE BAGGAGE SCREENING TECHNOLOGY AT AIRPORTS

Abstract. *The article discusses the use of tomographs in the aviation security system, as well as the advantages of using tomographs for scanning luggage, such as more effective detection of prohibited items and increased speed of inspection. The purpose of the research is to assess the effectiveness of the introduction of tomographs into the existing security system, how they integrate with existing technical means, as well as to identify the advantages and disadvantages of using tomographs from traditional technologies. In the course of the research, an analysis of existing systems and tomographs as part of inspection technologies was carried out, and a comparative analysis of the effectiveness of the new technology from traditional technologies in the aviation security system was carried out. In conclusion, a conclusion is drawn from a comparative analysis of the use of modern computed tomography technology from the traditional technology of baggage and hand luggage inspection using fluoroscopy. baggage and hand luggage inspection.*

Keywords: *tomographs, baggage, inspection, security system, aviation security, airportю.*

Список использованной литературы

1.Мазалов А. А. Инновации и основные направления развития автоматизации в аэропортах // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2017. №5 (72). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-i-osnovnye-napravleniya-razvitiya-avtomatizatsii-v-aeroportah> (дата обращения: 07.12.2024).

2.Air transport industry insights. Airport IT trends Survey 2015. URL: <https://www.sita.aero/resources/type/surveys-reports/airline-it-trendssurvey-2023> (дата обращения 01.12. 2024 г.).

3.Авиационная безопасность: томографы в аэропортах. <https://ru-bezh.ru/aleksandr-luzhbin/15990-aviacionnaya-bezopasnost-tomografyi-v-aeroportax>

4.Baggage Tracking. URL: <http://www.iata.org/whatwedo/ops-infra/baggage/Pages/baggage-tracking.aspx> (дата обращения 5.12.2024г)

5.Руководство по авиационной безопасности / утв. ген. секретарем и опубл. с его санкции. 9-е изд. Канада, Монреаль: ИКАО, 2014. 748 с

6. Авиационная безопасность: учеб. пособие: в 2 ч. / сост. А. В. Дормидонтов, С. И. Краснов, Н. В. Павлов. – Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2009.

8.Прозоров, С. Е. Авиационная безопасность: учеб. пособие / С. Е. Прозоров, Б. В. Зубков. – М.: МГТУ ГА, 2004.

References

1. Mazalov A. A. Innovacii i osnovnye napravleniya razvitiya avtomatizacii v aeroportah // Transport Rossijskoj Federacii. Zhurnal o nauke, praktike, ekonomike. 2017. №5 (72). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-i-osnovnye-napravleniya-razvitiya-avtomatizatsii-v-aeroportah> (data obrashcheniya: 07.12.2024).
2. Air transport industry insights. Airport IT trends Survey 2015. URL: <https://www.sita.aero/resources/type/surveys-reports/airline-it-trendssurvey-2023> (data obrashcheniya 01.12. 2024 g.).
3. Aviacionnaya bezopasnost': tomografy v aeroportah. <https://ru-bezh.ru/aleksandr-luzhbin/15990-aviacionnaya-bezopasnost-tomografyi-v-aeroportax> (data obrashcheniya 01.12. 2024 g.)
4. Baggage Tracking. URL: <http://www.iata.org/whatwedo/ops-infra/baggage/Pages/baggage-tracking.aspx> (data obrashcheniya 5.12.2024g)
5. Rukovodstvo po aviacionnoj bezopasnosti / utv. gen. sekretarem i opubl. s ego sankcii. 9-e izd. Kanada, Monreal': ICAO, 2014. 748 s
6. Aviacionnaya bezopasnost': ucheb. posobie: v 2 ch. / sost. A. V. Dormidontov, S. I. Krasnov, N. V. Pavlov. – Ul'yanovsk: UVAU GA(I), 2009.
8. Prozorov, S. E. Aviacionnaya bezopasnost': ucheb. posobie / S. E. Prozorov, B. V. Zubkov. – M.: MGTU GA, 2004.

Ainur Abzhapbarova	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Academy of Civil Aviation, Almaty, E-mail: ainur.abzhapbarova@mail.ru
Айнур Абжапбарова	Азаматтық Авиация Академиясының техника ғылымдарының кандидаты, ассоц. Профессор, Алматы қ. E-mail: ainur.abzhapbarova@mail.ru
Айнур Абжапбарова	кандидат технических наук, ассоциированный профессор Академии Гражданской Авиации, г. Алматы, E-mail: ainur.abzhapbarova@mail.ru

Symbat Temirtassova	Master's degree student of the Academy of Civil Aviation, Almaty E-mail: symbat.temirtasova@gmail.com
Сымбат Теміртасова	Азаматтық Авиация Академиясының магистранты, Алматы қ. E-mail: symbat.temirtasova@gmail.com
Сымбат Темиртасова	Магистрант Академии Гражданской Авиации, г. Алматы E-mai: symbat.temirtasova@gmail.com

КОМПЬЮТЕРЛІК ҒЫЛЫМДАР, АСПАП ЖАСАУ ЖӘНЕ АВТОМАТТАНДЫРУ
КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ, ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
COMPUTER SCIENCE, INSTRUMENTATION AND AUTOMATION

https://doi.org/10.53364/24138614_2024_35_4_8
IRSTI 28.20:61.67

¹M.U. Suleimenova*, ¹D.M. Mukhammedzhanova, ¹R.T. Amanova
¹Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: madekin940@gmail.com

A SCIENTIFIC APPROACH TO UTILIZING ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE DIAGNOSIS AND PREDICTION OF EARLY AGING

Abstract. *Premature ageing is one of the most pressing problems of modern medicine. It is associated with accelerated wear and tear of tissues and organs, which can lead to the development of chronic diseases and reduced life expectancy. In recent years, artificial intelligence (AI) has started to play a key role in healthcare, providing new tools for diagnosis and prognosis. This article reviews current AI advances in the study of premature aging processes, including the use of machine learning to analyse aging biomarkers, estimate biological age, and predict the risk of age-related diseases.*

Key words: *artificial intelligence, premature ageing, biological age, machine learning, biomarkers.*

Introduction. Premature ageing is a complex biological phenomenon characterised by accelerated wear and tear of tissues and organs compared to the chronological age of an individual. This process can be caused by genetic, environmental and lifestyle factors. Premature aging is often accompanied by the appearance of age-related diseases such as cardiovascular diseases, diabetes, osteoporosis and others [1].

With the development of artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) in medicine, it is now possible to detect signs of premature aging more accurately and earlier. These technologies can analyse large amounts of data, extracting important biomarkers and patterns that may not be accessible by traditional analysis methods. In this article, we discuss the role of AI in diagnosing and predicting premature aging, as well as its potential to improve health and longevity.

Premature aging is associated with various biological and external factors, including oxidative stress, DNA damage, inflammation and epigenetic changes [2]. In recent years, biomarkers such as telomere length, epigenetic clock, oxidative stress levels and immunological parameters have been actively used as indicators of biological age.

With the development of artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) in medicine, it is now possible to detect signs of premature aging more accurately and earlier than ever before. These technologies can analyze vast amounts of biological, genetic, and clinical data, extracting important biomarkers and identifying patterns that might remain undetected through traditional analysis methods. In this review, we discuss the evolving role of AI in diagnosing and predicting premature aging, focusing on its potential to enhance our understanding of the aging process and improve interventions aimed at promoting health and longevity.

AI and ML offer new ways to analyse these biomarkers in order to diagnose and assess the risk of developing age-related diseases. For example, epigenetic changes such as DNA methylation can be used to calculate biological age. This is the so-called ‘epigenetic clock’, which can accurately determine the extent to which an organism is ageing [3].

Results and methods

1. Analysing biomarkers of aging using AI

AI enables comprehensive analyses of aging biomarkers such as telomere length and DNA methylation levels, which helps to estimate the biological age of an individual more accurately than traditional methods. Machine learning can help identify hidden patterns in DNA methylation data and also predict the rate at which an organism ages based on various biomarkers [4].

For example, deep learning algorithms can analyse epigenetic data to estimate biological age from DNA samples. These algorithms are trained on thousands of samples, allowing them to predict biological age with high accuracy. Applying AI to analyse epigenetic data is becoming an increasingly popular approach in ageing research.

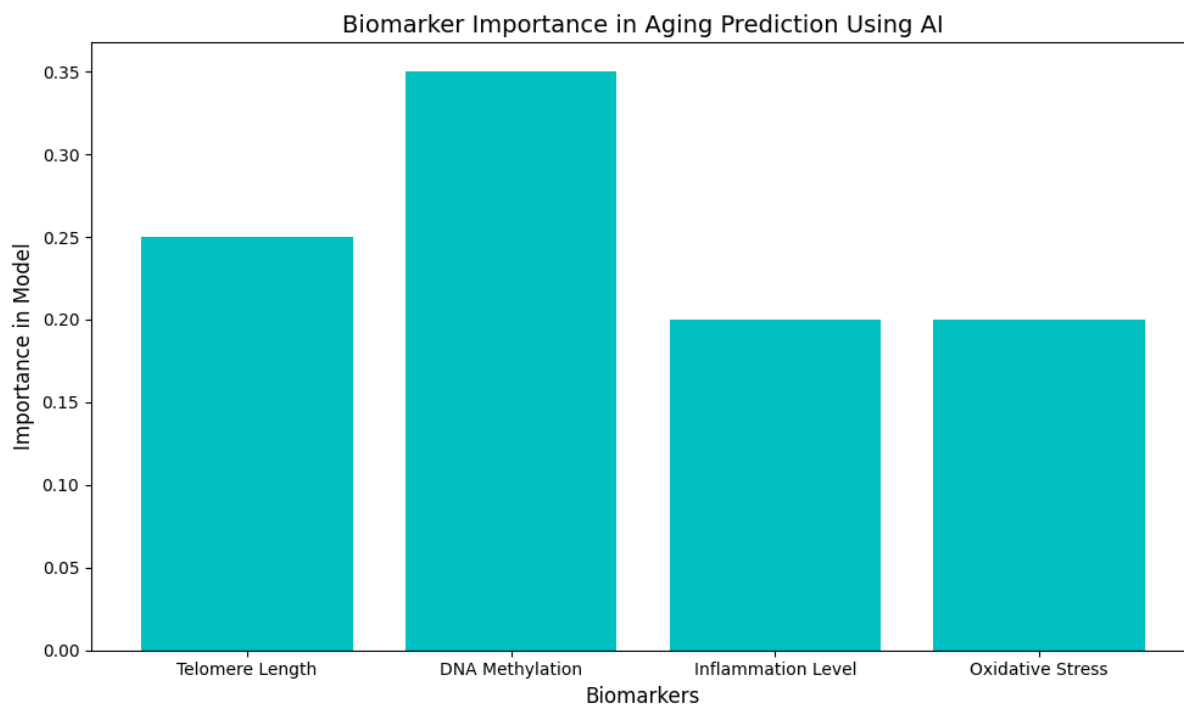


Figure 1. Importance of biomarkers

2. Prediction of age-related diseases

AI is also being actively used to predict age-related diseases associated with premature aging. Machine learning models can analyse patients' medical data, including genetic information, biomarkers and lifestyle, to assess the risk of developing diseases such as Alzheimer's disease, cardiovascular disease and osteoporosis [1].

To illustrate the effectiveness of AI in predicting these diseases, Table 1 summarizes the predicted risks for various age-related conditions and the corresponding accuracy of AI models based on biomarker analysis:

Table 1: Predicting Risk of Age-Related Diseases Using AI

Disease	Biomarker	Predicted Risk (%)	Model Accuracy (%)
Cardiovascular Diseases	Inflammatory Markers, Lipid Profiles	80	92
Type 2 Diabetes	Blood Glucose Level, BMI	60	89
Osteoporosis	Bone Density, Metabolic Markers	50	85
Alzheimer's Disease	Neuroimaging, Neurodegeneration Biomarkers	70	91
Cancer (general risk)	Telomere Shortening, Oxidative Stress	65	87
Premature Aging	Telomere Length, DNA Methylation	75	90

The high accuracy of these AI-driven predictions demonstrates the potential of integrating AI into personalized healthcare strategies for age-related diseases.

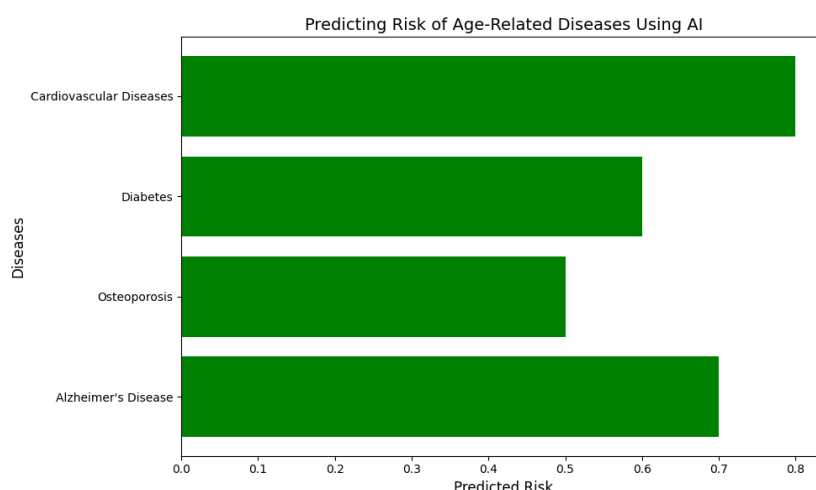


Figure 2. Prediction diseases

One promising approach is to create multimodal models that combine data of different types (e.g., genetic, clinical, and lifestyle) for more accurate prediction. Such

models can reveal relationships between biomarkers of ageing and specific diseases, which facilitates early detection and prevention of these conditions.

3. Estimation of biological age using AI

Traditional age estimation is based on chronological age, but biological age can vary significantly. AI can be used to estimate biological age based on complex analyses of data such as clinical test results, blood biomarkers, genetic data and even images (e.g. skin or internal organs).

The application of deep learning to image analysis (e.g. MRI or ultrasound) allows the assessment of the degree of aging of tissues and organs. These methods are used to diagnose signs of ageing such as loss of skin elasticity, changes in bone density or increased fatty deposits in the area of internal organs [5].

Show how AI models (e.g., epigenetic clocks) can estimate human biological age from DNA methylation data.

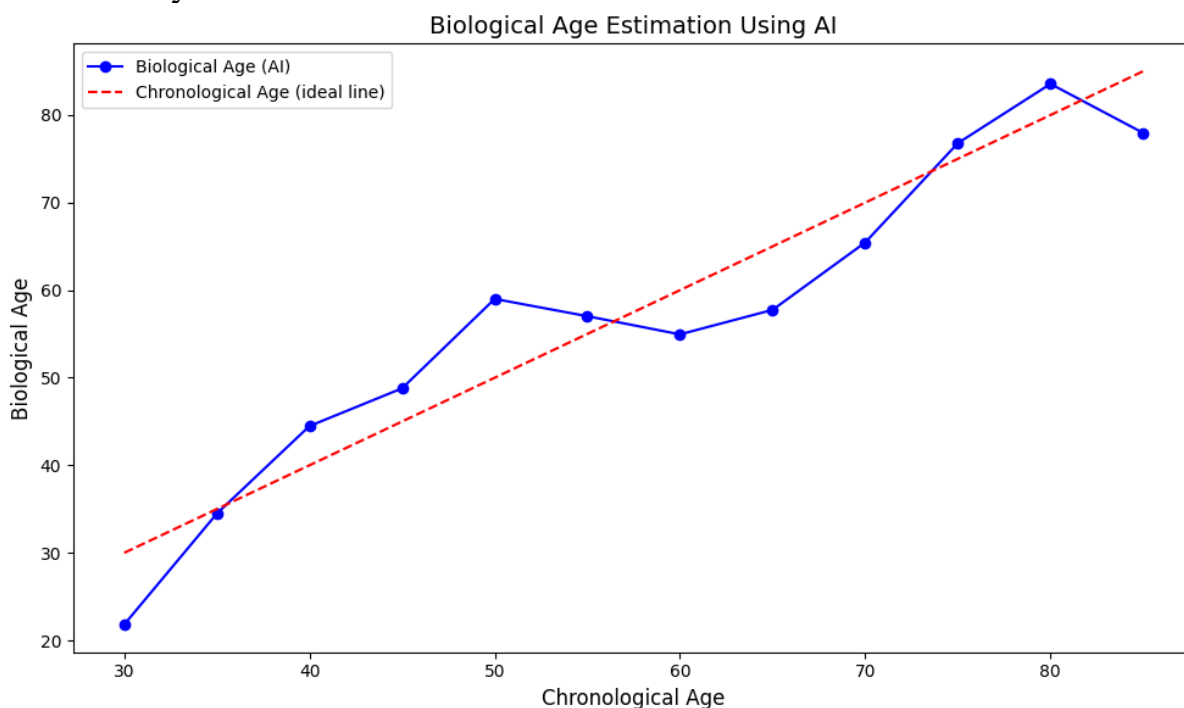


Figure 3. Estimation of biological age

Benefits and limitations of using AI in the study of premature aging

Advantages:

1. High accuracy: Machine learning algorithms can identify hidden patterns in large amounts of data and provide more accurate predictions than traditional methods.
2. Process Automation: Using AI to analyse data automates the diagnostic and monitoring process, which reduces human error and saves resources.
3. Personalised predictions: AI can analyse patient-specific data and provide personalised recommendations based on individual body characteristics.

Limitations:

1. Data availability: Large amounts of high-quality data are required to create quality AI models, which may limit its application.

2. Transparency of algorithms: Many AI algorithms, especially deep learning, are 'black box', making it difficult to interpret results and limiting their clinical application. Need for regular updates: AI technologies and medical data are rapidly evolving, requiring models to be constantly updated to maintain their accuracy and relevance.

Future prospects for AI applications

AI has great potential to further develop methods for diagnosing and predicting premature aging. The development of hybrid models that can combine data from different sources such as genomics, epigenetics, and clinical data will help create more accurate and personalised solutions for monitoring ageing [6].

In addition, with advances in data processing technologies and the increasing availability of medical data, we can expect to see more advanced methods for predicting and treating age-related diseases. AI will help create new approaches to prevent premature ageing, which in turn may lead to longer life expectancy and improved quality of life.

Conclusion. The application of artificial intelligence in diagnosing and predicting premature ageing opens new horizons for medicine. AI technologies can help in more accurate estimation of biological age, identifying hidden biomarkers of aging and predicting age-related diseases. Despite existing limitations, such as the need for high-quality data and transparency of algorithms, AI is already showing significant advances in this field. In the future, we can expect AI to become an integral part of healthcare systems aimed at combating premature aging.

М.У. Сулейменова, Д.М. Мухаммеджанова, Р.Т. Аманова

ЕРТЕ ҚАРТАЮДЫ ДИАГНОСТИКАЛАУ ЖӘНЕ БОЛЖАУ ҮШІН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТИ ҚОЛДАНУДЫҢ ҒЫЛЫМИ ТӘСІЛІ

Аңдатпа. Ерте қартаюу-қазіргі медицинадағы ең өзекті мәселелердің бірі. Бұл созылмалы аурулардың дамуына және өмір сүру ұзақтығының қысқаруына әкелуі мүмкін тіндер мен мүшелердің тез тозуымен байланысты. Соңғы жылдары жасанды интеллект (ЖИ) диагностика мен болжаудың жаңа құралдарын ұсына отырып, денсаулық сақтауда шешуші рөл атқара бастады. Бұл мақалада ерте қартаюу процесстерін зерттеудегі жасанды интеллекттің заманауи жетістіктері, соның ішінде қартаюу биомаркерлерін талдау, биологиялық жасты бағалау және жасқа байланысты аурулардың қаупін болжау үшін машиналық оқытуды пайдалану қарастырылады.

Түйін сөздер: жасанды интеллект, ерте қартаюу, биологиялық жас, машиналық оқыту, биомаркерлер.

М.У. Сулейменова, Д.М. Мухаммеджанова, Р.Т. Аманова

НАУЧНЫЙ ПОДХОД К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАННЕГО СТАРЕНИЯ

Аннотация. Преждевременное старение - одна из самых актуальных проблем современной медицины. Оно связано с ускоренным износом тканей и органов, что может привести к развитию хронических заболеваний и сокращению продолжительности жизни. В последние годы искусственный интеллект (ИИ) начал играть ключевую роль в здравоохранении, предоставляя новые инструменты для диагностики и прогнозирования. В этой статье рассматриваются современные достижения искусственного интеллекта в изучении процессов преждевременного старения, включая использование машинного обучения для анализа биомаркеров старения, оценки биологического возраста и прогнозирования риска возрастных заболеваний. Ключевые слова: искусственный интеллект, преждевременное старение, биологический возраст, машинное обучение, биомаркеры.

Ключевые слова: искусственный интеллект, преждевременное старение, биологический возраст, машинное обучение, биомаркеры.

References

1. Aging Research Reviews. (2020). Artificial intelligence in aging research. *Aging Research Reviews*, 65, 101220.
2. Gladyshev, V. N. (2016). Aging: progressive decline in fitness due to the rising deleteriome. *Nucleic Acids Research*, 44(2), 801-810.
3. Horvath, S. (2013). DNA methylation age of human tissues and cell types. *Genome Biology*, 14(10), R115.
4. Fahy, G. M., et al. (2019). Reversal of epigenetic aging and immunosenescent trends in humans. *Aging Cell*, 18(6), e13028.
5. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
6. Lopez-Otin, C., Blasco, M. A., Partridge, L., Serrano, M., & Kroemer, G. (2013). The hallmarks of aging. *Cell*, 153(6), 1194-1217.

Suleimenova Madina	Doctoral student of Al-Farabi Kazakh National University, 050006, Almaty, E-mail: madekin940@gmail.com
Сулейменова Мадина	Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің докторанты, 050006, Алматы, E-mail: madekin940@gmail.com
Сулейменова Мадина	докторант Казахского национального университета им. Аль-Фараби, 050006, Алматы, E-mail: madekin940@gmail.com

Mukhammedzhanova Dinargul	Doctoral student of Al-Farabi Kazakh National University, 050006, Almaty, E-mail: m.dinargul.14@gmail.com .
------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Мухаммеджанова Диндигуль	Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің докторанты, 050006, Алматы қ. E-mail: m.dinargul.14@gmail.com
Мухаммеджанова Диндигуль	докторант Казахского национального университета им. Аль- Фараби, 050006, г. Алматы, E-mail: m.dinargul.14@gmail.com .

Amanova Raikhan	Doctoral student of Al-Farabi Kazakh National University, 050006, Almaty, E-mail: amanovaraikhan8@gmail.com
Аманова Райхан	Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің докторанты, 050006, Алматы қ., E-mail: amanovaraikhan8@gmail.com
Аманова Райхан	докторант Казахского национального университета им. Аль-Фараби, 050006, г. Алматы, E-mail: amanovaraikhan8@gmail.com

https://doi.org/10.53364/24138614_2024_35_4_9

IRSTI 56.07.00

¹D.M. Mukhammedzhanova*, ¹M.U. Suleimenova

Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: m.dinargul.14@gmail.com

AI-BASED REMOTE PATIENT MONITORING SYSTEMS IN KAZAKHSTAN

Abstract: *The integration of artificial intelligence (AI) into Kazakhstan's healthcare system presents significant opportunities for enhancing remote patient monitoring, particularly in a country characterized by vast geographic distances and uneven distribution of medical resources. In rural and remote areas with limited access to healthcare, AI solutions have the potential to revolutionize patient care by providing real-time health data. The study aimed to identify the advantages and barriers to using AI for remote patient monitoring in Kazakhstan. Analytical methods were applied in this study, including the analysis of pilot project data focused on the implementation of AI-based monitoring systems. Modern IT solutions were used for the collection, processing, and analysis of medical data, enabling an evaluation of the effectiveness of these technologies. The conducted pilot projects demonstrated a 57% reduction in hospital admissions and a 33% decrease in treatment costs for chronic diseases. The use of AI systems was shown to enable early detection of health issues, reducing the burden on healthcare facilities and improving access to medical services for patients with chronic conditions such as diabetes, hypertension, and cardiovascular diseases. Despite the achieved results, the implementation of AI in Kazakhstan's healthcare system faces several challenges, including insufficient internet infrastructure in rural areas, data security concerns, and the need for training medical personnel. However, government support and ongoing advancements in AI technologies create opportunities for expanding their application in healthcare. The scientific novelty of the study lies in evaluating the practical effectiveness of AI systems in the context of Kazakhstan, while the significance of the work is reflected in the improvement of medical outcomes and the reduction of healthcare costs.*

Keywords: *artificial intelligence, remote monitoring, healthcare, telemedicine, Kazakhstan, chronic diseases.*

Introduction. The adoption of artificial intelligence technologies in medical practice is accelerating globally, offering new opportunities for diagnosing, treating, and monitoring patients. In Kazakhstan, where healthcare access in rural and remote areas is limited, AI-driven remote patient monitoring systems are emerging as a vital solution for enhancing healthcare delivery. These systems not only enable continuous real-time health monitoring but also allow for more personalized and data-driven approaches to patient care, which are particularly valuable in managing chronic

diseases and reducing the need for frequent hospital visits.

Kazakhstan, with its vast and diverse geography, faces unique healthcare challenges, including the uneven distribution of medical resources and a shortage of healthcare professionals, especially in remote areas. AI-powered systems have the potential to bridge these gaps by extending high-quality medical services to underserved populations, significantly improving healthcare access and outcomes. Moreover, these systems can alleviate the burden on urban healthcare facilities, where overcrowding and resource constraints are prevalent.

This article explores the opportunities, challenges, and future development prospects of AI-based remote patient monitoring systems in Kazakhstan. It also examines how these technologies can transform the healthcare landscape, offering solutions to longstanding issues, improving efficiency, reducing healthcare costs, and enabling a more sustainable and equitable healthcare system for the country's population. By leveraging AI, Kazakhstan has the potential to set a benchmark for the use of advanced technologies in healthcare, fostering innovation while addressing critical public health needs.

Kazakhstan's healthcare system faces multiple challenges, such as a shortage of healthcare professionals in rural areas, overcrowded medical facilities, and an increasing prevalence of chronic diseases [1].

AI-powered remote patient monitoring systems address these issues by:

- Enhancing healthcare access, especially in rural and underserved region [2].
- Providing real-time, accurate monitoring of patients' health conditions, allowing early intervention [3].
- Reducing treatment costs through early diagnosis and preventing complications [4].

These systems hold particular promise in managing chronic diseases such as diabetes, hypertension, and cardiovascular conditions, where continuous monitoring is essential for preventing severe health outcomes.

AI-driven remote monitoring systems typically consist of three key components:

1. **Wearable Devices and Sensors:** These devices collect data on vital signs such as heart rate, blood pressure, blood oxygen levels, and blood glucose levels [5]. Sensors are equipped with wireless connectivity, enabling real-time data transfer.

2. **AI Algorithms:** The data collected from wearable devices is analyzed using AI algorithms that detect abnormalities and provide alerts to healthcare professionals [6]. These algorithms enable early detection of potential health issues, allowing timely medical intervention.

3. **Predictive Models:** AI-based predictive models analyze historical and current data to forecast disease progression. This information helps doctors make data-driven decisions about patient care [7].

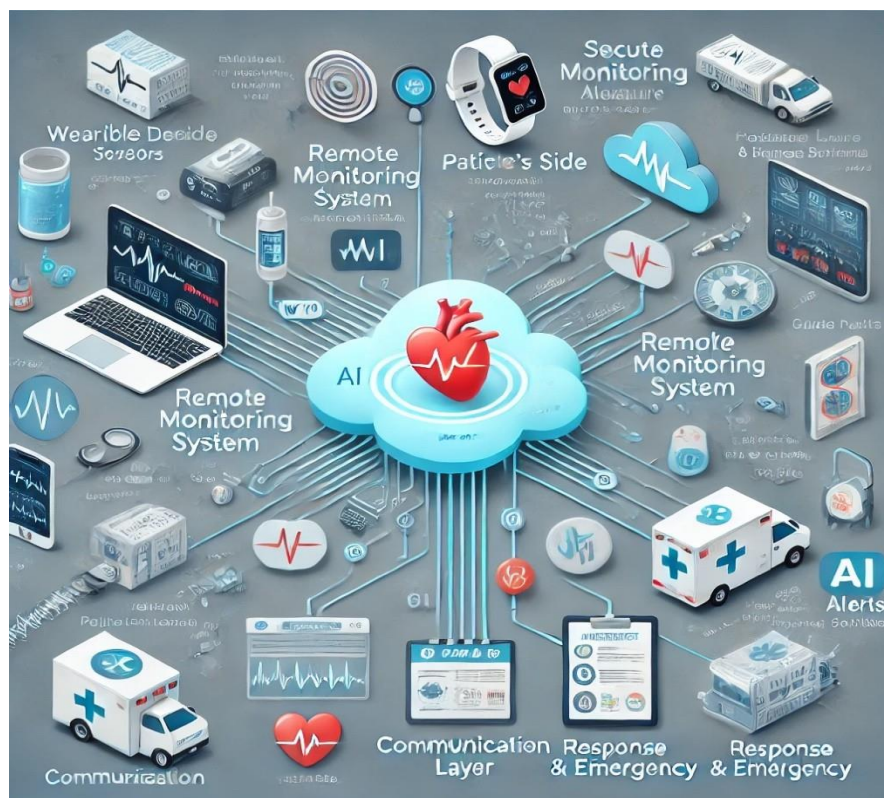


Figure 1. Example of Remote Monitoring System Architecture Application of AI in Remote Monitoring in Kazakhstan

Several pilot projects in Kazakhstan have already demonstrated the transformative potential of AI in remote patient monitoring, showcasing its ability to enhance healthcare delivery. In major cities such as Almaty and Nur-Sultan, AI-driven systems are being used to monitor patients with chronic conditions such as diabetes, hypertension, and cardiovascular diseases. These systems continuously collect data from wearable devices, analyze health metrics in real time, and use AI algorithms to detect early signs of complications. This enables healthcare professionals to intervene promptly, often before symptoms become critical, reducing hospital admissions and improving overall patient outcomes.

One notable example is the use of AI to predict and manage diabetic complications. Through continuous glucose monitoring and predictive modeling, AI systems can alert both patients and healthcare providers when blood sugar levels are likely to reach dangerous thresholds, prompting immediate action. This has led to a significant reduction in emergency room visits and hospitalizations among diabetic patients, allowing them to manage their conditions more effectively from home.

In addition to improving outcomes for chronic disease management, AI-driven remote monitoring solutions are increasingly being tested in rural and remote areas, where healthcare infrastructure is limited. By leveraging telemedicine platforms and mobile health applications, AI enables the remote monitoring of vital signs and health indicators in patients located far from urban medical centers. These technologies bridge the gap in healthcare access, offering rural populations timely and efficient medical care without the need for frequent travel to city-based hospitals.

Furthermore, AI systems are being integrated with Kazakhstan's broader digital health infrastructure, such as electronic health records (EHRs). This integration allows for seamless data sharing between remote monitoring systems and healthcare providers, improving coordination of care and ensuring that patient data is up-to-date across all levels of the healthcare system. In the long term, this connected ecosystem has the potential to expand beyond chronic diseases, allowing for AI-driven remote monitoring to be applied to other conditions, such as respiratory diseases, mental health disorders, and post-operative recovery.

Overall, these pilot projects demonstrate that AI-powered remote monitoring is not just feasible but also highly effective in Kazakhstan's diverse healthcare landscape. By improving access to healthcare services, especially in underserved rural regions, and enhancing patient management through real-time data analysis, AI has the potential to significantly elevate the quality and efficiency of healthcare delivery in Kazakhstan [8,27,32].

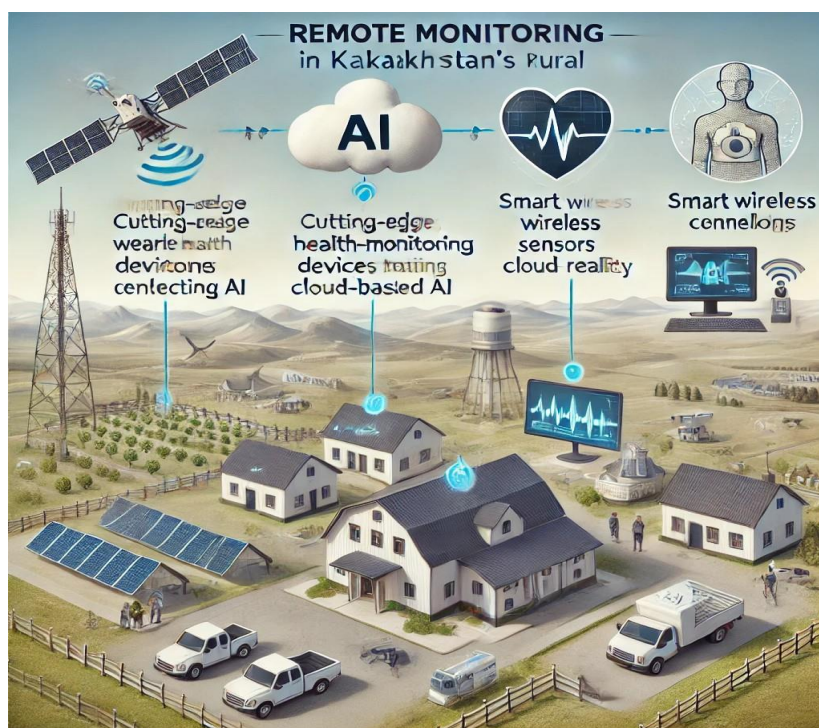


Figure 2. Remote Monitoring in Kazakhstan's Rural Areas Impact on Hospitalization Rates and Treatment Costs

The introduction of AI-based remote monitoring systems in Kazakhstan's healthcare system has had a profound and measurable impact on both hospitalization rates and treatment costs, particularly for patients with chronic diseases such as diabetes, hypertension, and cardiovascular conditions. By enabling continuous, real-time monitoring and early detection of complications, these systems have significantly

reduced the need for hospital admissions, allowing patients to manage their conditions more effectively at home.

For instance, studies and pilot programs in cities like Almaty and Nur-Sultan have shown that the use of AI-driven monitoring systems led to a 57% reduction in hospitalizations for chronic disease patients. This dramatic decrease is largely attributed to the systems' ability to alert healthcare providers to potential health risks before they escalate into emergencies, allowing for early intervention. Moreover, this reduction in hospitalizations not only improves patient outcomes but also alleviates the strain on overcrowded healthcare facilities, especially in urban centers where resources are often stretched thin [27,29].

In addition to reducing hospital admissions, AI-based systems have also contributed to a significant reduction in healthcare costs. The prevention of complications through continuous monitoring has led to earlier diagnoses and reduced the need for expensive emergency treatments. For example, treatment costs for patients with chronic diseases decreased by 33% following the implementation of AI-driven systems. This cost-saving effect is particularly important in Kazakhstan, where managing the healthcare budget is crucial for maintaining the sustainability of the national healthcare system [28,30].

The financial impact of these technologies is further amplified when considering the potential long-term savings. By preventing complications and reducing hospital stays, AI-based remote monitoring reduces the overall demand for medical resources, allowing healthcare providers to allocate their budgets more efficiently. This has led to significant savings for both the healthcare system and patients, who benefit from reduced out-of-pocket expenses associated with hospitalizations and ongoing care [31]. Overall, the implementation of AI-driven remote monitoring systems in Kazakhstan has proven to be a cost-effective and efficient strategy for improving healthcare outcomes. By reducing hospitalization rates and cutting treatment costs, these technologies offer a sustainable solution to managing chronic diseases and optimizing resource utilization in the country's healthcare system.

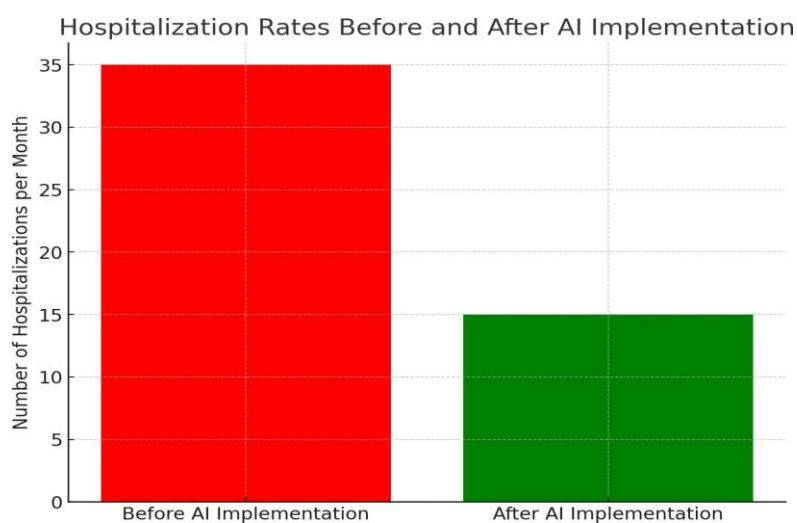


Figure 3. Hospitalization Rates Before and After AI Implementation

As shown in Figure 3, the number of hospitalizations decreased from 35 cases per month to 15 after the deployment of AI-based remote monitoring systems, resulting in a 57% reduction. This reduction highlights the effectiveness of early detection and continuous monitoring of chronic disease patients.

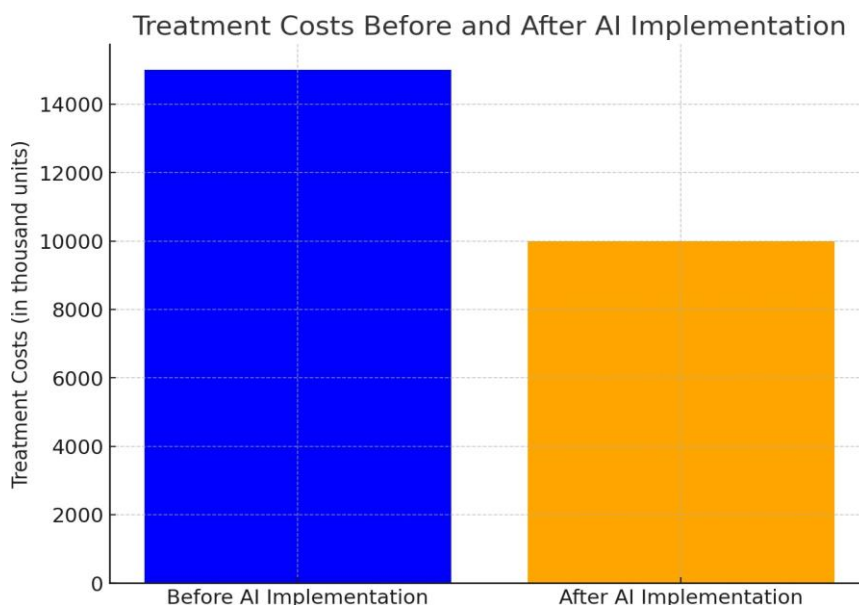


Figure 4. Treatment Costs Before and After AI Implementation

In addition to reducing hospitalization rates, AI-powered systems have also contributed to lowering healthcare expenses. Figure 4 illustrates that treatment costs dropped from 15,000 thousand units to 10,000 thousand units — a 33% decrease — thanks to early diagnosis and the prevention of complications through remote monitoring.

Table 1. Summary of Hospitalization and Treatment Costs

Period	Hospitalizations	Costs (in thousand units)
Before AI Implementation	135	15,000
After AI Implementation	15	10,000

The data in Table 1 demonstrates the clear benefits of AI in both reducing the need for hospital stays and lowering healthcare expenses.

Advantages of Using AI in Kazakhstan’s Healthcare

The deployment of AI-driven remote patient monitoring systems offers several transformative advantages for Kazakhstan's healthcare system, addressing many of the challenges faced by the country’s medical infrastructure:

1. Improved Healthcare Access: AI-based remote monitoring allows patients in remote or rural areas to receive high-quality healthcare without the need for frequent travel to medical facilities, which is especially important in Kazakhstan's vast and

sparsely populated regions. This greatly improves access to healthcare for communities that would otherwise face geographical barriers to regular medical care [9]. It also helps alleviate pressure on urban healthcare centers by enabling decentralized healthcare delivery.

2. **Reduced Workload for Medical Staff:** AI technologies automate routine tasks, such as monitoring vital signs and alerting medical professionals when intervention is needed. This frees up healthcare workers to focus on more complex patient care, improves workflow efficiency, and helps mitigate the shortage of healthcare professionals, particularly in rural and underserved regions [10]. In addition, AI can assist healthcare providers in prioritizing patients based on the severity of their conditions, optimizing resource allocation and improving patient outcomes.

3. **Cost Efficiency:** By reducing hospital admissions, enabling earlier diagnoses, and preventing complications through continuous monitoring, AI-driven systems contribute to significant cost savings for both patients and healthcare providers [11]. Early intervention can reduce the need for expensive treatments and lengthy hospital stays, which are particularly burdensome in managing chronic diseases. These systems also minimize the financial strain on the national healthcare system by optimizing the use of resources and reducing unnecessary hospital visits.

4. **Personalized Healthcare:** AI-driven monitoring systems can provide personalized healthcare by analyzing patient-specific data in real-time, offering tailored recommendations and treatments. This level of precision medicine can lead to better health outcomes, especially for chronic disease management, where individual variations in disease progression are common.

Challenges and Limitations

Despite the significant advantages, there are several challenges that must be addressed to fully realize the potential of AI-based remote monitoring systems in Kazakhstan:

- **Lack of Internet Infrastructure:** One of the most significant barriers to the widespread implementation of AI-powered remote monitoring is the limited availability of high-speed internet in many of Kazakhstan's remote areas [12]. Reliable internet connectivity is crucial for real-time data transmission and monitoring, and without it, patients in the most underserved regions may not benefit from these advanced healthcare technologies. Expanding broadband access in rural areas is critical for ensuring equitable access to AI-driven healthcare solutions.

- **Data Security and Privacy:** The handling of sensitive patient data in AI-driven systems presents serious concerns about data security and privacy. As these systems collect and process large volumes of personal health information, ensuring robust cybersecurity measures is essential to prevent unauthorized access, breaches, and potential misuse of data [13]. Kazakhstan must adopt and enforce stringent data protection regulations, in line with global standards, to build trust among patients and healthcare providers in the security of AI-based healthcare technologies.

- **Training Healthcare Personnel:** The effective use of AI-based technologies requires healthcare professionals to be well-versed in digital tools, which presents a challenge in Kazakhstan, given the current shortage of trained medical personnel.

Comprehensive training programs are necessary to ensure that healthcare workers can effectively use AI systems, interpret data, and integrate these technologies into their daily workflows [14]. Additionally, ongoing education and support will be needed as AI technologies evolve, ensuring that healthcare providers remain up-to-date with the latest developments.

- **Cost of Implementation:** While AI systems offer long-term cost savings, the initial investment required for implementing AI-based healthcare infrastructure, including acquiring technology, installing systems, and training staff, can be substantial. The cost of upgrading internet infrastructure in remote areas and purchasing advanced medical devices may also pose financial challenges for some healthcare providers and government agencies.

- **Regulatory and Ethical Concerns:** The adoption of AI in healthcare also raises important regulatory and ethical questions. Regulations must be developed to ensure that AI-driven systems are safe, reliable, and compliant with healthcare standards. Additionally, ethical issues such as algorithmic bias, transparency in decision-making processes, and ensuring equitable access to AI technologies need to be carefully managed to avoid disparities in care.

Addressing these challenges will require coordinated efforts between the government, healthcare providers, and technology developers. Investments in infrastructure, training, and cybersecurity, alongside the development of clear regulations and policies, are essential for maximizing the benefits of AI-driven remote patient monitoring systems in Kazakhstan.

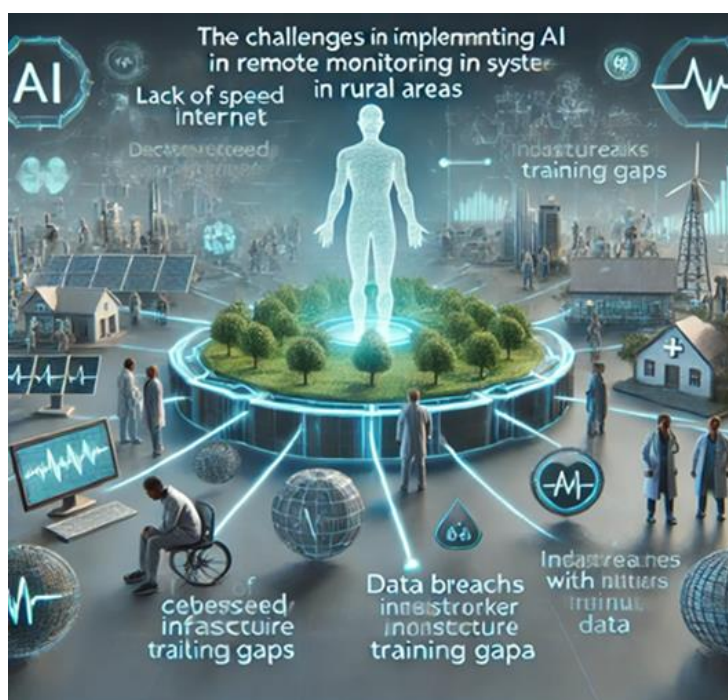


Figure 5. Challenges in Implementing AI in Remote Monitoring Prospects for Development

As Kazakhstan continues to digitalize its healthcare infrastructure and invest in innovative healthcare projects, the future of AI-based remote monitoring systems looks

promising. Increased coverage of remote regions, advancements in AI technologies, and government support for digital health initiatives are expected to drive further development in this area [15]. Additionally, the adoption of 5G technology and improved internet connectivity in rural areas will enhance the real-time capabilities of remote monitoring, making it more reliable and accessible.

Moreover, AI will likely be used in the future for managing a broader range of conditions beyond chronic diseases, expanding its impact on the country's healthcare system. The integration of AI into emergency response systems, telemedicine platforms, and mental health care is also on the horizon, allowing healthcare providers to offer a more holistic approach to patient care. As AI algorithms continue to evolve, predictive analytics will play a larger role in preventing medical emergencies and optimizing treatment plans, especially for patients with complex conditions.

Another key area of future development is the integration of AI-driven remote monitoring systems with Kazakhstan's electronic health record (EHR) systems. This will allow for seamless data sharing between healthcare providers, improving care coordination and ensuring that patients receive timely and appropriate interventions. The use of AI to analyze large datasets from EHRs can further enhance diagnostic accuracy, track disease trends, and help in the early detection of public health crises. In the coming years, as AI technologies mature, there will also be opportunities for Kazakhstan to participate in international collaborations and research initiatives, further positioning the country as a leader in digital health innovation. The combination of government support, advancements in AI, and a focus on addressing local healthcare challenges will ensure that Kazakhstan remains at the forefront of healthcare modernization, creating a more resilient and efficient healthcare system for its citizens.

Conclusion. AI-driven remote patient monitoring systems present a transformative opportunity for Kazakhstan's healthcare sector. By addressing key challenges such as limited access to healthcare, medical staff shortages, and rising treatment costs, these systems have the potential to significantly improve patient outcomes and optimize healthcare resources. The introduction of AI technologies allows for continuous, real-time monitoring of patients, particularly those with chronic diseases, ensuring early intervention and reducing the burden on healthcare facilities.

However, to fully leverage the potential of AI, it is crucial to overcome challenges related to internet infrastructure, data security, and healthcare worker training. The implementation of robust cybersecurity measures is essential to protect sensitive patient data, while investments in workforce education will ensure that healthcare professionals can effectively utilize AI-based tools. Additionally, extending high-speed internet access to remote and underserved regions is a vital step in making these technologies universally accessible.

Looking forward, continued investment in technology and human resources will be essential for expanding the reach and impact of AI-driven systems in Kazakhstan's healthcare. As the government continues to support digital health initiatives, further developments in AI technologies may allow for even broader applications, including predictive analytics for a wider range of medical conditions. Ultimately, AI has the

potential to reshape Kazakhstan's healthcare landscape, improving the quality of care, reducing costs, and ensuring equitable access to health services for all citizens, regardless of their geographic location.

Д.М. Мухаммеджанова, М.У. Сулейменова

СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ ИИ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. Интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в систему здравоохранения Казахстана открывает широкие возможности для улучшения дистанционного наблюдения за пациентами, особенно в стране, характеризующейся огромными географическими расстояниями и неравномерным распределением медицинских ресурсов. В сельских и отдаленных районах с ограниченным доступом к здравоохранению решения на основе искусственного интеллекта способны произвести революцию в обслуживании пациентов, предоставляя данные о состоянии здоровья в режиме реального времени. Цель исследования - определить преимущества и барьеры для использования ИИ для удаленного мониторинга пациентов в Казахстане. В исследовании применялись аналитические методы, в том числе анализ данных пилотных проектов, направленных на внедрение систем мониторинга на основе ИИ. Для сбора, обработки и анализа медицинских данных использовались современные IT-решения, что позволило оценить эффективность этих технологий. Проведенные пилотные проекты продемонстрировали снижение количества госпитализаций на 57 % и затрат на лечение хронических заболеваний на 33 %. Было показано, что использование систем искусственного интеллекта позволяет выявлять проблемы со здоровьем на ранних стадиях, снижая нагрузку на медицинские учреждения и улучшая доступ к медицинским услугам для пациентов с хроническими заболеваниями, такими как диабет, гипертония и сердечно-сосудистые заболевания. Несмотря на достигнутые результаты, внедрение ИИ в систему здравоохранения Казахстана сталкивается с рядом проблем, включая недостаточную интернет-инфраструктуру в сельской местности, проблемы безопасности данных и необходимость обучения медицинского персонала. Однако государственная поддержка и постоянное совершенствование технологий ИИ создают возможности для расширения их применения в здравоохранении. Научная новизна исследования заключается в оценке практической эффективности систем искусственного интеллекта в условиях Казахстана, а значимость работы выражается в улучшении результатов лечения и снижении затрат на здравоохранение.

Ключевые слова: искусственный интеллект, дистанционный мониторинг, здравоохранение, телемедицина, Казахстан, хронические заболевания.

Д.М. Мухаммеджанова, М.У. Сулейменова

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЖИ НЕГІЗГЕН ПАЦИЕНТТЕРДІ ҚАШЫҚТАН БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕЛЕРІ

Аңдатпа. Қазақстанның денсаулық сақтау жүйесіне жасанды интеллект (ЖИ) интеграциясы пациенттерді қашықтықтан бақылауды жақсарту үшін маңызды мүмкіндіктер береді, әсіресе географиялық қашықтықтардың кеңдігімен және медициналық ресурстардың біркелкі таралуымен сипатталатын елде. Медициналық көмекке қол жетімділігі шектеулі ауылдық және шалғай аймақтарда ЖИ шешімдері нақты уақыттағы денсаулық деректерін қамтамасыз ету арқылы пациенттерге күтім жасауда төңкеріс жасау мүмкіндігіне ие. Зерттеудің мақсаты – Қазақстанда пациенттерді қашықтықтан бақылау үшін ЖИ қолданудың артықшылықтары мен кедергілерін анықтау. Зерттеуде аналитикалық әдістер, оның ішінде ЖИ негізіндегі мониторинг жүйелерін енгізуге бағытталған пилоттық жобалардың деректерін талдау қолданылды. Медициналық деректерді жинау, өңдеу және талдау үшін заманауи АТ шешімдері қолданылды, бұл осы технологиялардың тиімділігін бағалауға мүмкіндік берді. Жүргізілген пилоттық жобалар ауруханаға жатқызу санын 57%-ға және созылмалы ауруларды емдеуге кететін шығынды 33%-ға қысқартқанын көрсетті. Жасанды интеллект жүйелерін пайдалану денсаулық проблемаларын ерте кезеңде анықтауға, денсаулық сақтау мекемелеріне түсетін жүктемені азайтуға және қант диабеті, гипертония және жүрек-қан тамырлары аурулары сияқты созылмалы аурулары бар науқастардың медициналық қызметтеріне қолжетімділікті жақсартуға мүмкіндік берді. Қол жеткізілген нәтижелерге қарамастан, Қазақстанның денсаулық сақтау жүйесіне ЖИ енгізу бірқатар проблемаларға тап болып отыр, соның ішінде ауылдық жерлердегі интернет-инфрақұрылымның жеткіліксіздігі, деректердің қауіпсіздігі мәселелері және медициналық кадрларды оқыту қажеттілігі. Дегенмен, мемлекеттік қолдау және ЖИ технологияларын үздіксіз жетілдіру оларды денсаулық сақтауда қолдануды кеңейтуге мүмкіндіктер туғызады. Зерттеудің ғылыми жаңалығы Қазақстан жағдайында жасанды интеллект жүйесінің практикалық тиімділігін бағалауда, ал жұмыстың маңыздылығы емдеу нәтижелерін жақсартуда және денсаулық сақтау шығындарын азайтуда көрсетілген.

***Түйін сөздер:** жасанды интеллект, қашықтықтан бақылау, денсаулық сақтау, телемедицина, Қазақстан, созылмалы аурулар.*

References

1. Baryshev, A., & Dzhumagaliev, S. (2022). Digitization of Healthcare in Kazakhstan: Challenges and Prospects. Nur-Sultan: Medicine.
2. Kessler, R. (2021). AI and Remote Patient Monitoring: Transforming Healthcare. AI Journal.

3. Bakytbekova, D. (2023). Innovative HealthTech Solutions in Kazakhstan. Almaty: HealthTech.
4. WHO. (2022). Digital Health Interventions: Global Case Studies. Geneva: World Health Organization.
5. Bousquet, J., et al. (2020). Machine Learning in Remote Patient Monitoring: Challenges and Opportunities. *Journal of Medical Internet Research*.
6. Alkeev, M. (2021). Artificial Intelligence and Medicine: New Horizons in Kazakhstan. Almaty: Healthcare and Technologies.
7. Ministry of Health of Kazakhstan. (2022). Pilot Projects on AI in Healthcare. Nur-Sultan.
8. Anisimov, I. (2020). Telemedicine and AI: The Future of Rural Healthcare. *Eurasian Healthcare Journal*.
9. Svyatova, A. (2021). AI Technologies in Kazakhstan's Healthcare System. Nur-Sultan: Digital Kazakhstan.
10. Deloitte. (2022). Digital Healthcare Report: AI and Remote Monitoring. London: Deloitte.
11. Chernova, I. (2022). Challenges in Digital Health Implementation in Developing Countries. *Journal of Digital Health*.
12. Azarova, O. (2021). Cybersecurity in Health Monitoring Systems. Nur-Sultan: Information Technologies in Healthcare.
13. Smirnov, K. (2021). Education of Medical Personnel in the Context of Healthcare Digitalization. Almaty: Higher Education in Kazakhstan.
14. Government of Kazakhstan. (2023). Digital Kazakhstan: Healthcare Initiatives. Nur-Sultan: Ministry of Health.
15. Tleubergenova, A. (2020). Telemedicine Adoption in Kazakhstan: Current Trends and Future Directions. Almaty: Central Asian Health Review.
16. Ivashenko, P. (2021). AI-Powered Healthcare Systems in Central Asia: A Comparative Study. Tashkent: Eurasian Medical Journal.
17. Lee, H. & Zholdasbekov, K. (2022). The Role of AI in Chronic Disease Management: A Focus on Kazakhstan. *Journal of AI in Medicine*.
18. Zhylkaidarov, D. (2021). Overcoming Infrastructure Challenges in Telemedicine: The Kazakhstan Experience. *International Journal of Digital Health*.
19. Ermekova, G. (2020). Improving Healthcare in Rural Areas through Digital Technologies. Almaty: Kazakh Medical Journal.
20. Tsedenbal, A. (2021). A Regional Perspective on Digital Health Transformation in Kazakhstan. Astana: HealthTech Journal.
21. World Bank. (2020). The Future of Healthcare in Central Asia: Technology and Innovation. Washington, D.C.: World Bank Group.
22. Yessimova, R. (2022). Challenges in Data Privacy for AI-Based Health Systems in Kazakhstan. Nur-Sultan: Digital Health Forum.
23. Johnson, D., et al. (2021). AI and Telehealth: Bridging the Healthcare Gap in Emerging Markets. *Journal of Global Health Innovations*.
24. Kasymov, E. (2022). AI and Machine Learning for Rural Healthcare:

Applications and Limitations. Bishkek: Eurasian Digital Health.

25. Saparov, M. (2023). AI in Healthcare: Policy and Regulatory Considerations in Kazakhstan. Nur-Sultan: Kazakhstan Policy Institute.

26. Rakhimbekova, A. (2021). HealthTech Startups and Innovation Ecosystem in Kazakhstan. Almaty: Health Innovations Journal.

27. Erkinbekov, B. (2022). The Impact of AI on Reducing Healthcare Costs: Insights from Kazakhstan. Nur-Sultan: Eurasian Economics Review.

28. Reiss, F. (2021). Remote Monitoring in the Post-COVID Era: Kazakhstan's Approach. Journal of Telemedicine and e-Health.

29. Al-Farisi, A. (2022). The Future of AI in Developing Countries: A Case Study of Kazakhstan. International Journal of AI in Healthcare.

30. Karamyshev, N. (2021). Expanding the Role of AI in Public Health Systems in Kazakhstan. Nur-Sultan: National Health Journal.

31. Karimova, L. (2020). The Role of Government Initiatives in the Digitization of Healthcare in Kazakhstan. Astana: Ministry of Digital Development.

32. Yessimov, A. (2022). AI-Driven Solutions for Chronic Disease Management: A Kazakhstan Case Study. Almaty: Journal of Medical Innovation.

33. Zhamalbekov, S. (2020). The Integration of AI in Kazakhstan's Healthcare System: Current Trends and Future Opportunities. Astana: Digital Health Technologies.

34. WHO Regional Office for Europe. (2021). AI and Digital Health in Kazakhstan: Challenges and Successes. Copenhagen: WHO Europe.

35. Vereshchagin, P. (2021). AI in Healthcare: Redefining Patient Care in Kazakhstan. Journal of AI and Healthcare Management.

Мухаммеджанова Динаргуль Мұратбекқызы	магистр технических наук, PhD докторант, Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г. Алматы, 050038, РК, E-mail: m.dinargul.14@gmail.com
Мухаммеджанова Динаргуль Мұратбекқызы	техника ғылымдарының магистрі, PhD докторанты, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қаласы, 050038, ҚР, E-mail: m.dinargul.14@gmail.com
Dinargul M. Mukhammedzhanova	Master of Engineering, Doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, 050038, The Republic of Kazakhstan, E-mail: m.dinargul.14@gmail.com

Сүлейменова Мадина Утегеновна	Магистр математики, PhD докторант, Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г. Алматы, 050038, РК, E-mail: madekin940@gmail.com
Сүлейменова Мадина Утегеновна	Математика магистрі, PhD докторанты, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қаласы, 050038, ҚР, E-mail: madekin940@gmail.com
Madina U. Suleimenova	Master of Math Science, Doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, 050038, The Republic of Kazakhstan, E-mail: madekin940@gmail.com

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

1. **Islam Isgandarov** - Ph.D., professor, Head of the Department "Aerospace Devices" of the National Aviation Academy of Azerbaijan, E-mail: islam.nus@mail.ru, Baku, Republic of Azerbaijan;

2. **Sakhavat Amirbayli** - master's degree, Chief Laboratory Assistant of the Department of Aerospace Devices of the National Aviation Academy of Azerbaijan, Baku, Republic of Azerbaijan E-mail: Sakhavat.Zahid92@gmail.com;

3. **Suleimenova Amina** - master's student in the scientific and pedagogical track of the "Aviation Engineering and Technology" educational program group, JSC "Academy of Civil Aviation", Almaty, 050039, Kazakhstan E-mail: suleimenova.amina@list.ru;

4. **Karipbayev Saliakyn** - candidate of Technical Sciences, Doctor of PhD, Associate Professor of the Department of Aviation Equipment and Technologies; Academy of Civil Aviation, Almaty, Republic of Kazakhstan, E-mail: s.karipbayev@agakaz.kz;

5. **Isgandarov Islam** - PhD, prof., head of the department "Aerospace instruments", National Aviation Academy, Baku, E-mail: iisgandarov@naa.edu.az;

6. **Abdullayeva Sakinakhanum** - master, lecturer, department of «Aerospace Instruments» National Aviation Academy, Baku; E-mail: sbaghirzada@naa.edu.az;

7. **Vazirova Turana** - lecturer, National Aviation Academy, Baku, The Republic of Azerbaijan, E-mail: tvazirova@naa.edu.az;

8. **Saydumarov Ilkhomzhan** - candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of "Air Navigation Systems" of Tashkent State Transport University, E-mail: saidilh@mail.ru;

9. **Boymanov Islam** - PhD, senior lecturer at the Department of "Air Navigation Systems" of Tashkent State Transport University, E-mail: juraevich.islom@mail.com;

10. **Goikolov Leonid** - bachelor of Technical Sciences, Master's student, Academy of Civil Aviation, Almaty, 050039, RK, E-mail: bucinator_pit@mail.ru;

11. **Abzhapbarova Ainur** - Phd, assistant professor, Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan; E-mail: a.abzhapbarova@agakaz.kz;

12. **Symbat Temirtasov** - Master 's degree student of the Academy of Civil Aviation, Almaty, E-mail: symbat.temirtasova@gmail.com;

13. **Amanova Raikhan** - doctoral student of Al-Farabi Kazakh National University, 050006, Almaty, E-mail: amanovaraikhan8@gmail.com;

14. **Mukhammedzhanova Dinargul** - doctoral student of Al-Farabi Kazakh National University, 050006, Almaty, E-mail: m.dinargul.14@gmail.com;

15. **Suleimenova Madina** - doctoral student of Al-Farabi Kazakh National University, 050006, Almaty, E-mail: madekin940@gmail.com.

АЗАМАТТЫҚ АВИАЦИЯ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ ЖАРШЫСЫ" ғылыми журналда жарияланатын ғылыми мақалалар қабылдау үшін **АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН ЕРЕЖЕЛЕР**

"ААА Жаршысы" журналы төмендегі бағыттар бойынша диссертациялардың негізгі нәтижелерін жариялау үшін басылымдар тізіміне енгізілген:

- *Әуе көлігі және технологиялар*
- *Логистика, тасымалдауды ұйымдастыру, көліктегі қауіпсіздік*
- *Компьютерлік ғылымдар, аспап жасау және автоматтандыру*

МАҚАЛАНЫ РЕСІМДЕУГЕ ҚОЙЫЛАТЫН ҒЫЛЫМИ ТАЛАПТАР

Мақалада өзектілігі, ғылыми маңыздылығы, Зерттеу нәтижелері мен тұжырымдары нақты көрсетілуі керек. Басқа көздерден алынған кез-келген материалдар сілтемемен дұрыс ресімделуі керек, ал автор сілтеме жасаған дереккөздің атауы әдебиеттер тізімінде көрсетілуі керек.

Мақала ғылыми стильде жазылуы керек. Ғылыми стильдің лексикалық құрамы салыстырмалы біртектілік пен оқшауланумен сипатталады және бұл синонимдердің аз қолданылуымен көрінеді. Ғылыми стильде бағалауға тән емес сөйлеу бояуы бар лексика болмауы керек. Ғылыми еңбектердегі бағалау автордың ойын түсіндіру үшін қолданылады және ұтымды сипатқа ие. Ғылыми сөйлеу ойдың дәлдігі мен қисындылығымен, оның дәйекті ұсынылуымен және презентацияның объективтілігімен ерекшеленеді.

Ғылыми жарияланым зерттеуші қызметінің негізгі нәтижелерінің бірі болып табылады. "ААА Жаршысы" ғылыми журналында жариялау үшін ұсынылған Материал басқа баспа басылымдарында бұрын жарияланбаған түпнұсқа болуы тиіс. Мақала негізінен заманауи ғылыми әдебиеттерді қолдана отырып жазылуы керек және жаңалықты қамтуы керек. Басылымның басты мақсаты-автордың жұмысын басқа зерттеушілерге қол жетімді ету. Жариялау арқылы автор таңдалған зерттеу саласында өзінің басымдығын белгілейді.

Кіріспе бөлімде ғылыми мәселені немесе тапсырманы әзірлеудің өзектілігі мен орындылығын көрсету қажет. Мақаланың негізгі бөлігінде ақпаратты талдау және синтездеу арқылы зерттелетін мәселелерді, оларды шешу жолдарын ашу қажет. Сондай-ақ, мүмкін нәтижелерді және олардың сенімділігін негіздеу қажет. Мақалада ғылымның (практиканың), оның жекелеген қызмет түрлерінің, құбылыстардың, оқиғалардың және т. б. дамуының маңызды және перспективалық бағыттары талдануы, салыстырылуы және анықталуы керек.

Ғылыми мақала проблемалық сипатта болуы керек, ғалымдардың ғылыми (практикалық) білімді дамытуға деген әртүрлі көзқарастарын көрсетуі керек, қорытындылар, жиынтық мәліметтер болуы керек. Қорытынды бөлімде автор қорытындылап, қорытындылар, ұсыныстар тұжырымдап, әрі қарайғы зерттеулердің мүмкін бағыттарын көрсетуі керек.

МАҚАЛАНЫ РЕСІМДЕУГЕ ҚОЙЫЛАТЫН ТЕХНИКАЛЫҚ ТАЛАПТАР

Мақалаларды дайындау кезінде редакция төмендегі ережелерді және журналда жариялау үшін ұсынылатын материалдарды ресімдеуге қойылатын талаптарды басшылыққа алуды сұрайды:

1. Жариялауға ұсынылатын мақалалар жаңа, бұрын басқа баспа және Электрондық басылымдарда бірдей түрде жарияланбаған болуы тиіс. Мақаланың мазмұны журналдың тақырыптық бағыттары мен ғылыми деңгейіне сәйкес келуі, белгілі бір жаңалыққа ие болуы және авиация саласындағы ғылыми қызметкерлер, оқытушылар, мамандар үшін қызығушылық танытуы керек. Мақалалар қазақ, орыс, ағылшын тілдерінде жарияланады.

Мақала көлемі 6-дан 12 бетке дейін;

• Материал WORD мәтіндік редакторында Times New Roman қаріпімен, бір аралықта 14 өлшемде терілуі керек. Схемалар, графиктер, диаграммалар, сызбалар және басқа графикалық материалдар WORD мәтіндік редакторының көмегімен немесе векторлық графикалық бағдарламаларда (Adobe Illustrator, Corel Draw) ақ-қара нұсқада жасалуы мүмкін және электронды редакциялауға мүмкіндік береді. Графикалық материалдар мен қойынды тұлғалар реттік нөмірді және тақырыпты қамтуы керек. Формулалар Math type бағдарламасында немесе MS Office қосымшасында теріледі және бүкіл стиль бойынша бір стильді ұстанады.

2. Мақаланың басында жоғарғы сол жақта FTAXP (Ғылыми-техникалық ақпараттың халықаралық рубрикаторы) көрсетілуі керек, FTAXP www.grnti.ru сайтында анықталады әрі қарай, беттің ортасында бас әріптермен – авторлардың аты – жөні, лауазымы, дәрежесі, содан кейін ортасында кіші әріптермен-жұмыс және қала орындалған ұйымның(лардың) атауы, төменде сондай – ақ, ортасында бас әріптермен (қалың қаріппен)-мақаланың атауы.

3. Аңдатпа жұмыстың мақсатын, әдісі немесе жұмысты жасау әдіснамасын, қысқаша нәтижелерді, нәтижелерді қолдану аясын, қорытындыларын айқындау керек. Аңдатпаның көлемі 1/3 беттен кем болмауы керек. Аңдатпалар міндетті түрде қазақ, орыс және ағылшын тілдерде болуы тиіс. Аңдатпадан кейін түйін сөздер аңдатпа тілінде кіші әріптермен, үтір арқылы 5 сөзден кем болмауы керек.

4. Мақала мәтінінің тараулары міндетті түрде стандартталған "Кіріспе", "Негізгі бөлім", "Қорытындылар және Ұсыныстар" атауларын қолдану арқылы құрылымдалуы керек. Қажет болған жағдайда тараудың қосымша арнаулы атаулары қосылады.

5. Мақаланың соңында «Пайдаланылған дереккөздердің тізімі» келтіріледі (5 тен кем емес). Мәтіндегі сілтемелер - шаршы жақшаларында. Дереккөздер мәтінде дәйексөз алу тәртібінде көрсетіледі. Мәтінде әдебиеттің тізбесінен барлық дереккөздерге сілтемелер болуы керек. Пайдаланылған дереккөздер тізбесі "Библиографиялық жазба" МЕМСТ 7.1-2003 сәйкес рәсімделеді. Әдебиеттер тізімі: библиографиялық тізім екі рет жасалады: дереккөздердің түпнұсқа тілінде (қазақ, орыс), кириллицаны қолданатын тілде латын әріптерімен транслитерациялануы тиіс.

6. Жеке файлда мақалаға авторлар туралы мәліметтер қоса беріледі: мақаланың атауы, тегі, аты және әкесінің аты (қазақ, орыс, ағылшын тілдерінде), ғылыми дәрежесі мен атағы, ұйымның толық атауы мен мекен-жайы – жұмыс орындары, атқаратын лауазымы, байланыс телефоны, электрондық пошта мекенжайы.

7. Ғылыми мақаланың авторы оны журналдардың шығу кестесінде белгіленген мерзімде және ғылыми мақалаларға қойылатын талаптарға сәйкес электронды түрде ұсынады.

8. Қабылданған мақалалар антиплагиаттық сараптаудан өтеді әрі қарай екі рецензентке рецензиялауға жіберіледі. Рецензенттің мақаланы қарау мерзімі 7-10 күнді құрайды. Ғылыми басылымдарда жариялау үшін ұсынылатын ғылыми мақалалар түпнұсқа мәтіннің кемінде 70% - құрауы тиіс. Екі рецензент мақұлдағаннан кейін мақала баспаға жіберіледі.

9. Мақаланың мазмұнына автор жауапты.

Мақаланың метадеректерін рәсімдеу:

• Мақала авторының аты-жөні, тегі (Times New Roman, кегль 14 қалың); 2. Жұмыс орны, ЖОО атауы; 3. Қала, ел; 4. Корреспондент авторының E-mail; 5. Ескерту: автор-корреспондентке — * (жұлдызша) белгісі беріледі.

НАЗАР АУДАРЫҢЫЗ! Ережені бұза отырып рәсімделген немесе грамматикалық және орфографиялық қателері көп, ағылшын тіліне автоматты аудармасы бар мақалалар редакциямен қабылданбайды және олардың мәні бойынша қаралмай авторларға қайтарылады.

Редакция қажет болған жағдайда авторлардан қосымша эксперименттік деректерді (мысалы, спектрлер) сұратуға құқылы.

Бастапқы шолудың нәтижелеріне қарамастан, өрескел қателер, ауқымды қарыздар немесе қате дәйексөздер анықталған кезде мақала жұмыстың кез келген сатысында қабылданбауы немесе пысықтауға қайтарылуы мүмкін.

Журнал жарияламайды:

- журнал тақырыбына сәйкес келмейтін материалдар;
- авторлар бұрын басқа басылымдарда жариялаған материалдар;
- түзетілмейтін орфографиялық, математикалық немесе басқа қателіктерден тұратын материалдар, сондай-ақ белгіленген ғылыми фактілерге тікелей қайшы келетін мәлімдемелер мен гипотезалар.

Редакциялық алқа, егер ол журналдың авторларға қойылатын талаптарына сәйкес ресімделмесе, материалды жарияланымға қараудан бас тартуға құқылы, қолжазбалар авторларға қайтарылмайды.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

приема научных статей для публикации в научном журнале «ВЕСТНИК АКАДЕМИИ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»

Журнал «Вестник АГА» включен в перечень изданий для публикации основных результатов диссертаций по направлениям:

- *Воздушный транспорт и технологии*
- *Логистика, организация перевозок, безопасность на транспорте*
- *Компьютерные науки, приборостроение и автоматизация*

НАУЧНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

В статье должны быть четко обозначены актуальность, научная значимость, результаты исследования и выводы. Любые заимствования материалов из других источников должны быть должным образом оформлены ссылкой, а название источника, на который ссылается автор, должен быть указан в списке литературы.

Статья должна быть написана в научном стиле. Лексический состав научного стиля характеризуется относительной однородностью и замкнутостью, и это выражается, в частности, в меньшем использовании синонимов. В научном стиле не должна присутствовать лексика с разговорной окраской, которой не свойственна оценочность. Оценка в научных работах применяется для пояснения мысли автора и имеет рациональный характер. Научная речь отличается точностью и логичностью мысли, ее последовательным представлением и объективностью изложения.

Научная публикация представляет собой один из основных результатов деятельности исследователя. Материал, представленный для публикации в научном журнале «Вестник АГА», должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях. Статья должна быть написана с использованием преимущественно современной научной литературы, и содержать новизну. Главная цель публикации – сделать работу автора доступной другим исследователям. Посредством публикации автор обозначает свой приоритет в избранной области исследований.

В вводной части необходимо обозначить актуальность и целесообразность разработки научной проблемы или задачи. В основной части статьи путем анализа и синтеза информации требуется раскрыть исследуемые проблемы, пути их решения. Также нужно обосновать возможные результаты и их достоверность. В статье должны быть проанализированы, сопоставлены и выявлены наиболее важные и перспективные направления развития науки (практики), ее отдельных видов деятельности, явлений, событий и пр.

Научная статья должна носить проблемный характер, демонстрировать различные взгляды ученых на развитие научных (практических) знаний, содержать выводы, обобщения, сводные данные. В заключительной части автору нужно подвести итог, сформулировать выводы, рекомендации, указать возможные направления дальнейших исследований.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

При подготовке статей редакция просит руководствоваться приведенными ниже правилами и требованиями к оформлению материалов, представляемых для публикации в журнале:

1. Предлагаемые для публикации статьи должны быть новыми, не опубликованными ранее в том же виде в других печатных и электронных изданиях. Содержание статьи должно соответствовать тематическим направлениям и научному уровню журнала, обладать определенной новизной и представлять интерес для научных работников, преподавателей,

специалистов в области авиации. Статьи публикуются на казахском, русском, английском языках.

Объем статьи от 6 до 12 страниц;

Материал должен быть набран в текстовом редакторе WORD с использованием шрифта Times New Roman, 14 размера через один интервал. Схемы, графики, диаграммы, рисунки и иные графические материалы могут быть выполнены в черно-белом варианте средствами текстового редактора WORD или в программах векторной графики (Adobe Illustrator, Corel Draw) и обязательно допускать электронное редактирование. Графические материалы и таблицы должны содержать порядковый номер и название. Формулы набираются в программе Math Type или в приложении MS Office и придерживаются одного стиля на протяжении всей статьи.

2. В начале статьи вверху слева следует указать МРНТИ (международный рубрикатор научно-технической информации), МРНТИ определяется на сайте www.grnti.ru Далее по середине страницы прописными буквами – инициалы и фамилии авторов, должность, степень, затем по середине строчными буквами – название организации(ий), в которой выполнена работа и город, ниже также посередине заглавными буквами (полужирным шрифтом) – название статьи.

3. Аннотация должна отражать цель работы, метод или методологию проведения работы, краткие результаты, область применения результатов, выводы. Размер аннотации должен быть не менее 1/3 стр. Независимо от языка статьи обязательны аннотации на казахском, русском и английском языках. После аннотации должны быть указаны ключевые слова на языке аннотации, не менее 5 слов, строчными буквами, через запятую.

4. Текст статьи должен быть структурирован с применением стандартных названий разделов «Введение», «Основная часть», «Выводы и Предложение». При необходимости допускаются дополнительные специальные названия разделов.

5. В конце статьи приводится «Список использованных источников» (не менее 5). Ссылки в тексте – в квадратных скобках. Источники указываются в порядке цитирования в тексте. На все источники из списка литературы должны быть ссылки в тексте. Список использованных источников оформляются в соответствии с СТСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись». Список литературы: библиографический список составляется дважды: на языке оригинала источников (казахский, русский), на языке, использующем кириллицу, должны быть транслитерированы латинскими буквами

6. В отдельном файле к статье прилагаются сведения об авторах: название статьи, фамилия, имя и отчество (на казахском, русском, английском языках), ученая степень и звание, полное название и адрес организации – места работы, занимаемая должность, контактный телефон, адрес электронной почты.

7. Автор научной статьи предоставляет ее в электронном виде в сроки, установленные графиками выхода журналов и в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным статьям.

8. Принятые статьи проходят антиплагиат далее направляется на рецензирование двум рецензентам. Срок рассмотрения рецензентом статьи составляет 7-10 дней. Научные статьи, представляемые для публикации в научных изданиях, должны составлять не менее 70% оригинального текста. После одобрения двух рецензентов статья направляется на печать.

9. Ответственность за содержание статьи несут авторы.

Оформление метаданных статьи:

1. ФИО автора статьи; инициалы и фамилии авторов (Times New Roman, кегль 14 выделять жирным); 2. Место работы: название вуза; 3. Город, страна; 4. E-mail автора корреспондента; 5. Примечание: автору корреспонденту присваивается знак - * (звездочка).

Внимание! Статьи, оформленные с нарушением, правил или содержащие большое количество грамматических и орфографических ошибок, автоматический перевод на английский язык, редакцией не принимаются и будут возвращаться авторам без их рассмотрения по существу.

Редакция имеет право при необходимости запросить от авторов дополнительные экспериментальные данные (например, спектры).

Независимо от результатов первоначальной рецензии, статья может быть отклонена или возвращена на доработку на любой стадии работы при обнаружении грубых ошибок, обширных заимствований или ошибочных цитирований.

Журнал не публикует:

- материалы, не соответствующие тематике журнала;
- материалы, опубликованные авторами ранее в других изданиях;
- материалы, содержащие орфографические, математические или другие ошибки, которые не могут быть исправлены, а также утверждения и гипотезы, прямо противоречащие установленным научным фактам.

Редколлегия вправе отказать в рассмотрении материала к публикации, если он не оформлен в соответствии с требованиями журнала к авторам, рукописи авторам не возвращаются.

RULES FOR AUTHORS
on accepting scientific articles for publication in a scientific journal
"BULLETIN OF THE CIVIL AVIATION ACADEMY"

The journal “**Bulletin of the CAA**” is included in the publications listing for the issuance of the main results of dissertations in the following areas:

- *Air Transport and Technologies*
- *Logistics, Organization of Transportation, Transport safety*
- *Computer Science, Instrumentation Engineering and Automation*

SCIENTIFIC REQUIREMENTS FOR ARTICLE COMPOSITION

The article must clearly indicate its relevance, scientific significance, research results and conclusions. Any borrowing of materials from other sources must be properly documented with a reference, and the name of the source referred to by the author must be indicated in the list of references.

The article must be written in a scientific style. The lexical composition of the scientific style is characterized by relative uniformity and restraint, and this is expressed, in particular, in the lesser use of synonyms. The scientific style should not contain vocabulary with a colloquial tone, which is not characterized by evaluativeness. Evaluation in scientific works is used to explain the author’s thoughts and is rational in nature. Scientific speech is distinguished by the accuracy and logic of thought, its consistent presentation and objectivity of presentation.

A scientific publication is one of the main results of a researcher’s activities. Material submitted for publication in the scientific journal “**Bulletin of the CAA**” must be original and not previously published in other print media. The article should be written using predominantly modern scientific literature and contain novelty. The main purpose of the publication is to make the author’s work accessible to other researchers. Through publication, the author indicates his priority in the chosen field of research.

In the introductory part, it is necessary to indicate the relevance and worthwhileness of developing a scientific problem or task. In the main part of the article, through analysis and synthesis of information, it is required to reveal the problems under study and ways to solve them. You also need to justify the possible results and their reliability. The article should analyze, compare and identify the most important and promising directions in the development of science (practice), its individual types of activities, phenomena, events, etc.

A scientific article should be problematic in nature, demonstrate different views of scientists on the development of scientific (practical) knowledge, and contain conclusions, generalizations, and summary data. In the final part, the author needs to summarize, formulate conclusions, recommendations, and indicate possible directions for further research.

TECHNICAL REQUIREMENTS FOR THE ARTICLE COMPOSITION

When preparing articles, the editors ask you to be guided by the following rules and requirements for the design of materials submitted for publication in the journal:

1. Articles proposed for publication must be new, not previously published in the same form in other printed or electronic media. The content of the article must correspond to the thematic areas and scientific level of the journal, have a certain novelty and be of interest to researchers, teachers, and specialists in the field of aviation. Articles are published in Kazakh, Russian, and English languages.

The volume of the article should be from 6 to 12 pages;

The material must be typed in a WORD text editor using Times New Roman font, size 14, single spaced. Schemes, graphs, diagrams, drawings and other graphic materials can be made in black

and white using a WORD text editor or in vector graphics programs (Adobe Illustrator, Corel Draw) and must be electronically editable. Graphic materials and tables must contain a serial number and a title. Formulas are typed in the Math Type program or in the MC Office application and adhere to the same style throughout the entire article.

2. At the beginning of the article at the top left you should indicate IRSTI (international rubricator of scientific and technical information), IRSTI is determined on the website **www.grnti.ru**. Further in the middle of the page in capital letters (italics) there should be the initials and surnames of the authors, position, degree, then in the middle in lowercase letters - the name of the organization(s) in which the work was performed and the city, below also in the middle in capital letters (bold) - the title of the article.

3. The abstract should reflect the purpose of the work, the method or methodology for carrying out the work, brief results, the scope of application of the results, and conclusions. The abstract size must be at least 1/3 page. Regardless of the language of the article, annotations in Kazakh, Russian and English are required. After the annotation, key words in the language of the annotation must be indicated, at least 5 words, in lowercase letters, separated by commas.

4. The text of the article should be structured using standard section titles “Introduction”, “Main Part”, “Conclusions and Proposal”. Additional special section names are allowed if necessary.

5. At the end of the article there is a “List of used sources” (at least 7). References in the text are in square brackets. Sources are indicated in the order they are cited in the text. All sources from the bibliography must be referenced in the text. The list of used sources is drawn up in accordance with SAUS 7.1-2003 “Bibliographic record”. References: the bibliographic list is compiled twice: in the original language of the sources (Kazakh, Russian), in a language using the Cyrillic alphabet, must be transliterated in Latin letters.

6. In a separate file, information about the authors is attached to the article: title of the article, last name, first name and patronymic (in Kazakh, Russian, English), academic degree and title, full name and address of the organization - place of work, position held, contact phone number, email address.

7. The author of a scientific article provides it in electronic form within the deadlines established by the journals' publication schedules and in accordance with the requirements for scientific articles.

8. Accepted articles undergo anti-plagiarism and are then sent for review to two reviewers. The review period for the article is 7-10 days. Scientific articles submitted for publication in scientific journals must comprise at least 70% of the original text. After the approval of two reviewers, the article is sent for publication.

9. The authors bear responsibility for the content of the article.

Formatting article metadata:

1. Full name of the author of the article; initials and surnames of the authors (Times New Roman, font 14 in bold); 2. Place of work: name of the university; 3. City, country; 4. E-mail of the corresponding author; 5. Note: the corresponding author is assigned the sign - * (asterisk).

Attention! Articles written in violation of the rules or containing a large number of grammatical and spelling errors, automatic translation into English, will not be accepted by the editors and will be returned to the authors without consideration of their articles in a substantial manner.

The editors have the right, if necessary, to request additional experimental data (for example, spectra) from the authors.

Regardless of the results of the initial review, the article may be rejected or returned for revision at any stage of the work if gross errors, extensive borrowings or erroneous citations are detected.

The journal does not publish:

- materials that do not correspond to the subject of the journal;
- materials previously published by the authors in other publications;

- materials containing spelling, mathematical or other errors that cannot be corrected, as well as statements and hypotheses that directly contradict established scientific facts.

The editorial board has the right to refuse to consider material for publication if it is not prepared in accordance with the journal's requirements for authors; manuscripts are not returned to the authors.

*"Азаматтық авиация академиясының Жаршысы" ғылыми журналы
редакциялық-баспа бөлімшесінің баспаханасында жарық көрді*

Жауапты редактор: А. Т. Макеева

Редактор-корректор: А. Манапова

*Басылымға 26.12.2024 ж. қол қойылды. Формат 205*290. Өлшемі - баспа
табақшасы. Таралымы 250 дана 050039, Алматы қ., Закарпатская, 44.*

*Научный журнал «Вестник Академии гражданской авиации» издано в
типографии редакционно-издательского отделения*

Ответственный редактор: А.Т. Макеева

Редактор – корректор: А. Манапова

*Издание подписано 26.12. 2024 г. Формат 205*290. Размер –печатная
пластина. Тираж 250 экз. 050039, г. Алматы, Закарпатская, 44.*

*The scientific journal "Bulletin of the Academy of Civil Aviation" is published in the
printing house of the editorial and publishing department*

Responsible editor: A.T. Makeeva

Editor-proofreader: A. Manapova

*The publication was signed on, Desember 26, 2024. The format is 205*290. The size
is a printed plate. Edition of 250 copies 050039, Almaty, Zakarpatskaya, 44.*

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ИНВЕСТИЦИЯЛАР ЖӘНЕ ДАМУ МИНИСТРЛІГІ

БАЙЛАНЫС, АҚПАРАТТАНДЫРУ ЖӘНЕ АҚПАРАТ КОМИТЕТІ

МЕРЗІМДІ БАСПАСӨЗ БАСЫЛЫМЫН ЖӘНЕ АҚПАРАТТЫҚ АГЕНТТІКТІ
ЕСЕПКЕ ҚОЮ ТУРАЛЫ

КУӘЛІК

№ 15452-Ж

Астана қаласы «01» 07 2015 ж.

МББ аты: «Азаматтық авиация академиясының жаршысы» журналы

МББ тілі: қазақша, орысша, ағылшынша

Шығу жиілігі: жылына 4 рет

Меншік иесі: «Азаматтық авиация академиясы» АҚ (Алматы қаласы)

Негізгі тақырыптық бағыты: ғылыми-көпшілік

Тарату аумағы: Қазақстан Республикасы

Тораяның орынбасары  Т. Қазанғап



МИНИСТЕРСТВО ПО ИНВЕСТИЦИЯМ И РАЗВИТИЮ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КОМИТЕТ СВЯЗИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАЦИИ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

О ПОСТАНОВКЕ НА УЧЕТ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПЕЧАТНОГО ИЗДАНИЯ И
ИНФОРМАЦИОННОГО АГЕНТСТВА

№ 15452-Ж

город Астана «01» 07 2015 г.

Название ППИ: Журнал «Вестник Академии гражданской авиации»

Язык ППИ: казахский, русский, английский

Периодичность: 4 раза в год

Собственник: АО «Академия гражданской авиации» (город Алматы)

Основная тематическая направленность: научно-популярная

Территория распространения: Республика Казахстан

Заместитель председателя  Т. Қазанғап



<p>НАЦИОНАЛЬНАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ КНИЖНАЯ ПАЛАТА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН</p> <p>НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ISSN</p> <h2 style="margin: 0;">СЕРТИФИКАТ</h2> <p style="margin: 0;"><i>Журнал</i> «Вестник Академии гражданской авиации»</p> <p style="margin: 0;">АО «Академия гражданской авиации» (город Алматы)</p> <p style="margin: 0; font-size: small;">Зарегистрирован в Международном центре по регистрации серийных изданий ISSN (ЮНЕСКО, г. Париж, Франция) и с/д присвоен международный номер</p> <p style="margin: 0; font-weight: bold;">ISSN 2413 – 8614</p> <p style="margin: 0; font-size: x-small;">(Информационный стандарт ИСО 3297-98 "Информация и документация. международный стандартный метод присвоения аббревиатуры (ISSN)", международный стандарт ГОСТ 7.56-2002 "Международная стандартная идентификация серийных изданий")</p> <p>Директор  Ж. Сейдучанов</p> <p style="margin: 0;">«29» июля, 2015 год</p> 	<p>ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҰЛТТЫҚ МЕМЛЕКЕТТІК КІТАПШАЛАТАСЫ</p> <p>ISSN Ғ.І.І.Ғ. ОРТАЛЫҒЫ</p> <h2 style="margin: 0;">СЕРТИФИКАТ</h2> <p style="margin: 0;"><i>«Азаматтық авиация академиясының жаршысы» журналы</i></p> <p style="margin: 0;">«Азаматтық авиация академиясы» АҚ (Алматы қаласы)</p> <p style="margin: 0; font-size: small;">(ЮНЕСКО, Франция, Париж к.і. сериялық басылымдарды тіркеуін ISSN Халықаралық орталығын іске қосқан және халықаралық номер беріпін)</p> <p style="margin: 0; font-weight: bold;">ISSN 2413 8614</p> <p style="margin: 0; font-size: x-small;">(Информационный стандарт ИСО 3297-98 "Акративная және документация (ISSN) сериялық басылымдары идентификация стандарттары келесі", международный стандарт ГОСТ 7.56-2002 "Стандартная идентификация серийных изданий")</p> <p>Директор  Ж. Сейдучанов</p> <p style="margin: 0;">«29» июля, 2015 жыл</p> 
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------