

საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი
Georgian Aviation University

№1(15), 2021
ISSN 151 2-4916

საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი

საჰაერო ტრანსპორტი

AIR TRANSPORT

International Scientific Journal

თბილისი - Tbilisi
2021

საჰაერო ტრანსპორტი

საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი, გამოიცემა 2008 წლიდან და წარმოადგენს ავიაციასთან დაკავშირებული პრობლემების გადაჭრის გზებისა და მომავლის პერსპექტივების სამეცნიერო ნაშრომების კრებულს

AIR TRANSPORT

An international scientific journal which is being published since 2008 and represents assembly of scientific articles about solving problems and future perspectives related to aviation

საჰაერო ტრანსპორტი

AIR TRANSPORT

საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი

Georgian Aviation University

მთავარი რედაქტორი

Editor in Chief

სერგო ტეფნაძე, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, საერთაშორისო სატრანსპორტო აკადემიისა და საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ნამდვილი წევრი. საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტის რექტორი.

Sergo Tepnadze, Doctor of Technical Sciences, Professor, The real member of the International Academy of Transport and Engineering Academy of Georgia. Rector of Georgian Aviation University.

რედაქტორი

Editor

გიორგი მუშკუდიანი, საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტის რექტორის მოადგილე სამეცნიერო დარგში. საქართველოს უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორი;

Giorgi Mushkudiani, Deputy of the rector of Georgian Aviation University in the field of science. Associate Professor of Georgian University;

Scientific-Editorial Board

სამეცნიერო-სარედაქტორო საბჭო
აკაკი დუმბაძე, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, თბილისი, საქართველო
იგორ კაბაშკინი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, რიგა, ლატვია
რობერტ გლებოცკი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, ვარშავა, პოლონეთი
თამაზ ნატრიაშვილი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, თბილისი, საქართველო
სეით ბლიაძე, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, თბილისი, საქართველო
ანდრო მაისურაძე, პროფესორი, თბილისი, საქართველო
ავთანდილ აფხაიძე, პროფესორი, თბილისი, საქართველო
დემური ვეფხვაძე, პროფესორი, თბილისი, საქართველო
ნიკა თიკანაშვილი, ასოცირებული პროფესორი, თბილისი, საქართველო

Akaki Dumbadze, Doctor of Technical Sciences, professor, Tbilisi, Georgia
Igor Kabashkin, Doctor of Technical Sciences, professor, Riga, Latvia
Robert Glebotski, Doctor of Technical Sciences, Professor, Warsaw, Poland
Tamaz Natriashvili, Doctor of Technical Sciences, professor, Tbilisi, Georgia
Seit Bliadze, Doctor of Technical Sciences, professor, Tbilisi, Georgia
Andro Maisuradze, Professor, Tbilisi, Georgia
Avtandil Apkhaidze, Professor, Tbilisi, Georgia
Demuri Vepkhvadze, Professor, Tbilisi, Georgia
Nika Tikanashvili, Associate Professor, Tbilisi, Georgia

Executive Secretary

Ani Kandelaki

აღმასრულებელი მდივანი
ანი კანდელაკი

სარჩევი • Contents

PROBLEMS OF OVERCOMING THE CRISIS IN AIR CARRIERS IN CONDITIONS COVID - 19	5
E.I. Danilova, I.B. Zarubinska, V.O. Novak	
საავიაციო აირტურბინული ძრავების დამცავ ბადეზე მოხვედრილი ფრინველების დანაწევრების პირობის თეორიული გამოკვლევა	10
ბ. აბესაძე, ა. მაისურაძე, გ. მუშკუდიანი	
ადამიანი-ოპერატორის მიერ ინფორმაციის დამუშავების პროცესის გამოკვლევა რადიოლოკაციის მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში	20
ს. ხოშტარია, ო. ქართველიშვილი, ნ. ხოშტარია	
კონტურზე ხისტად ჩამაგრებული წრიული ფირფიტის ანგარიში წნევის წრფივი კანონით განაწილების შემთხვევაში	27
ს. ბლიაძე, ს. ბლიაძე, ნ. ბლიაძე	
დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიებით მართვის ოპტიმიზაცია.....	31
ლ. მეტრეველი	
სითხის მოლეკულების ზომებისა და კონცენტრაციის გამოთვლა ლაბორატორიულ პირობებში	36
ნ. თავაძე, ო. კეთილაძე, მ. ჩიხლაძე	
ჰაერის ტემპერატურისა და ტენიანობის გავლენა თვითმფრინავის საფრენოსნო მახასიათებლებზე.....	39
ა. აფხაიძე, მ. მამსირაშვილი	



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The article was prepared in the framework of the implementation of the Jean Monnet International Project at the National Aviation University: EU Transport Policy № 619652-EPP-1-2020-1-UA-EPPJMO-MODULE

This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

PROBLEMS OF OVERCOMING THE CRISIS IN AIR CARRIERS IN CONDITIONS COVID - 19

E.I. Danilova¹, I.B. Zarubinska¹, V.O. Novak¹

¹National Aviation University, Lubomira Guzara Ave. 1, Kyiv, 03680, Ukraine

Abstract

The article describes the consequences of the crisis caused by COVID-19 on global aviation and the risks for the aviation industry. It was proved that further non-use of aviation equipment could lead to banking services of small and medium airlines. It was concluded that the main task facing air transport today and needs to be addressed immediately. There is a need to develop a modern economic mechanism for overcoming the crisis of air carriers in terms of COVID-19 and introduction of measures and their improvement by solving the problems of improving financial indicators in the field of passenger traffic.

Keywords

aviation, airlines, airports, air transport, air carriers, economic mechanism, crisis state.

Formulation of problem

Analysis of the results of marketing research on the world market of transport services in the passenger transportation segment in recent years shows that with the spread of the crisis and the growth of competition,

each mode of transport actively seeks to maintain its market share or gain additional positions on it. Today, in order to solve this problem, the assessment of transportation results should be based on a systematic approach, taking into account the principles of cooperation and the level of competition in the existing

transport systems. Over the past 60 years, civil aviation has experienced many difficult times, from cutbacks in flight programs to carrier bankruptcies. However, the risks have never been as strong as with COVID-19.

Research methods

This work was based on analysis of an analytical reviews specialized periodicals, scientific publications, Internet resources, etc., collected by the authors during the research of this problem.

The main objective of the article

The purpose of this article is to summarize the risks of the aviation industry due to the crisis caused by COVID-19, and to find ways to prevent them.

Exposition of the basic material

Airlines and airports around the world were among the first to feel the powerful blow of the coronavirus. Reduced and canceled flights, reimbursement of ticket prices, staff reductions - now every representative of the aviation market experiences this. Quarantine and a ban on international passenger traffic have left airlines without a major source of cooperation, forcing them to freeze their activities and move to the use of reserves so as not to go bankrupt.

Strict quarantine in Ukraine has significantly affected the volume of passenger traffic. After all, there is an unwritten law of aviation that the plane in the air brings profit, and on the ground - only losses.

An analysis of passenger traffic by Ukrainian airlines during the years of independence of Ukraine, which led to the conclusion that during the years of independence of Ukraine, against the background of the general trend of passenger traffic by public transport to decrease, only air transport until 2020 demonstrated positive dynamics [6].

The Ukrainian market of passenger air transportation for the first 6 months of 2019 showed a record growth - 20% compared to the same period last year [7]. This was a record not only in Ukraine but in the

whole of Central Europe. This was reported by ONLINE.UA with reference to the Polish profile edition pasazer.com [12]. However, in January-July 2020, air traffic in Ukraine decreased by 69.3%. In 2019, the total volume of air traffic will be about 24 million persons [10]. The industry's losses in 2020 have become incredibly large.

It is obvious that further downtime of aircraft may lead to the bankruptcy of small and medium-sized airlines. There is a high risk of further mass layoffs of highly skilled workers working in this field. Thus, a single aircraft is simple - 4-5 crews, or 36-50 people [11]. Most domestic companies have sent staff on unpaid leave. However, a full-fledged way out of the crisis in the aviation industry is still far off the horizon.

The International Air Transport Association (IATA) estimates that coronavirus could more than halve global passenger traffic, and passenger airlines could fall by 314 billion in revenue. According to inspections, the losses of the Ukrainian airline UIA amount to about 35% of the company's expected revenues in just one quarter of 2020 [12].

Therefore, the situation in the air transport market as a result of the crisis caused by COVID-19 requires the development of a crisis management strategy by aviation companies.

The economic strategy of market development of airlines is a multi-purpose program to ensure sustainable and dynamic development of the company based on effective planning, use of marketing methods, optimization of traffic plans, flexible regulation of financial resources, current control of costs and revenues, sustainable solvency and self-financing.

It should be noted that the development of development strategies of any airline operating at the international level requires significant effort and professional skills of specialists to carry out successive stages of strategic analysis of both internal and external environment [3].

Thus, strategic analysis is a priority for the airline, which seeks to maintain a leading position among its competitors.

The practice of the airline's commercial activity shows that the main priority should be strategic planning. When developing a strategic plan, it is advisable to start with an objective analysis of the current situation, to understand the nature of the impact of the environment in which it operates on its activities [1].

When choosing a development strategy it is necessary to take into account the specifics of the enterprise using a systemic and situational approach [2]. If the airline identifies foreign economic activity as one of the priorities, it is necessary to form specialized international strategies of the enterprise, implementing and maintaining the proper functioning of the system of strategic management of international activities of the enterprise. At the same time, it should be remembered that important areas of activity of managers are not only the development of strategy in international markets, but also its proper implementation, as well as monitoring its implementation in the long run.

A mandatory element of strategic analysis is the analysis of the external environment, which includes the assessment of suppliers, competitors and consumers, as well as analysis of services offered by the airline and competitors, to identify the life cycle of services and opportunities for modernization [3].

This analysis should be carried out using maps of strategic groups to determine the position of the enterprise among competitors and the direction of its development in the current competitive environment.

It is also necessary to conduct market research to identify consumer preferences and evaluate suppliers to determine the quality of fuel, aircraft and other components and the level of prices for them in this area. Requires consideration and the impact of macroeconomic, microeconomic and operational factors on the volume of air carrier traffic in international markets.

The efficiency of the airline in today's market conditions largely depends on environmental factors, and the competitive situation in the international air transport market, structural changes in the global and national economy, inflation, government and international regulation and other factors directly affect the prospects of the airline and determine the nature of further development strategy [2, 8].

The main task of airline management in market conditions is to choose the optimal development strategy in international markets, taking into account all environmental factors and, above all, sanitary and epidemiological factors.

It should be stated that in the process of functioning of aviation enterprises under the influence of numerous environmental factors there is a mismatch of the developed development strategy to real needs.

Strategic inconsistencies, in such cases, become the area of change management of the enterprise.

Comprehensive strategic analysis is a key component of the strategy development process and includes analysis of the internal and external environment and portfolio analysis accordingly. An integral element, however, is the function of monitoring the chosen strategy and return to the beginning of the cycle in case of any discrepancies.

To alleviate the economic and environmental consequences of the pandemic, the European Union has decided to temporarily release airlines from the obligation to use at least 80% of their allocated slots at airports. In addition, the EU Regulation was adopted, which allows to extend the validity of certain certificates, licenses and other permits in the field of transport.

It should be noted that Ukrainian airports suffer along with airlines due to the coronavirus crisis. The blow was especially painful for Ukrainian airports, which have been increasing passenger traffic and actively developing over the past few years. In particular, 70% of employees are left unpaid by Boryspil Airport, and losses due to quarantine are estimated at 380 million hryvnias per month [10].

To assist States and relevant stakeholders, the International Civil Aviation Organization (ICAO) has created a website dedicated to safety measures in connection with COVID-19. All Governments are encouraged to inform ICAO of any current developments in the countries in the context of COVID-19.

In addition to the regular recommendations on COVID-19 addressed to the national government, ICAO is also proposed to offer a Civil Aviation Cooperation Mechanism to prevent and address threats to public health. The website contains updated recommendations from the World Health Organization, which supports the response bulletins issued by ICAO, the Centers for Disease Control and other regional and international organizations.

The Airports Council International has published a brochure describing a set of standard measures implemented at major international airports.

Key topics covered in the publication include the following issues:

- adaptation of management and planning to respond to COVID-19 impacts;

- staff management measures including education, wellbeing and health monitoring;
- passenger management procedures including the introduction of temperature screening, health declaration, and cleaning and sanitizing;
- changes to facilities management including cleaning of staff and public areas such as restaurants;
- provision of protective and cleaning equipment;
- airside operations and safety including risks and operational impacts;
- security measures including passenger and staff security screening;
- information technology requirements.

based on the results, introduction of measures to improve it in order to solve the problem of improving economic performance in the field of passenger traffic.

References

1. Кулаев Ю.Ф. Экономика гражданской авиации Украины. Монография [Текст] / Кулаев Ю.Ф., Подреза С.М. – 2-ге вид., доповн. і переробл. – К: «Фенікс», 2011 – 680 с.
2. Литвиненко Л.Л. Управління стратегічним розвитком авіакомпанії на ринку міжнародних пасажирських перевезень / Л.Л. Литвиненко // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. – К.: ДЕТУТ, 2014. – Вип. 30. – С. 146-154.
3. Новак В.О. Роль стратегічного аналізу в процесі формування стратегії розвитку вітчизняних авіакомпаній на міжнародних ринках / В.О. Новак, В.О. Рибінцев, Ю.В. Бадьор// Проблеми системного підходу в економіці. Електр. наук. фах. вид.- К.: 2012. Випуск 2. –
4. Печериця Ю.В. Стратегічний аналіз як основа формування та реалізації стратегії виноробних підприємств: автореф. дис. ... канд. екон. наук [Текст] / Печериця Ю.В.; Національний університет харчових технологій. – К., 2012.
5. Тихонова О.Ю. Стратегічні альтернативи розвитку українських авіакомпаній [Текст] / О. Ю. Тихонова // Проблеми підвищення ефективності інфраструктури. – 2010. – №26.
6. Kyrylenko O. M. Strategic areas of development the railway industry in the conditions of eurointegration processes / O .M. Kyrylenko , E. M . Razumova , V. V. Ihnatiuk, V.O. Novak // Financial and credit activities: problems of theory and practice: coll. Science. wash. - Kharkiv: HUBS, 2018. - Vol . 2. - № 25. - P. 332-340.
7. Kyrylenko O. M . Transport development trends Aviation in Ukraine / O. M . Kyrylenko , V. O. Novak , E.

A pandemic can help rethink the organization of working life, transport and infrastructure. It provides an opportunity to review not only the methods of work and introduce a remote format, but also to adapt the entire transport infrastructure to new realities.

These processes require broad support from states, both organizationally and materially. Governments develop development programs, provide subsidies, grants, and provide government guarantees on loans to transportation companies. The implementation of this activity requires careful control by the highest audit bodies.

The COVID-19 pandemic can be a starting point for global change in transport, as it fundamentally changes the habits and order that have developed in this area. International passenger traffic, the bulk of which is accounted for by air transport, has experienced an unprecedented reduction due to the closure of state borders and the imposition by governments of other restrictive measures that have made it impossible for airlines to operate on a regular basis.

This has led not only to financial losses for the carriers themselves, but also to a serious reduction in jobs in the sector with further socio-economic consequences.

Conclusions and suggestions

The research concluded that the main task facing air transport today and needs immediate solution is the need to develop a modern economic mechanism to overcome the crisis of air carriers in COVID-19, taking into account international experience in this field and,

- M. Razumova, T.L. Mostenska // Economy. Fi
nancs. Right.- 2020. - №1 1 /2. - P .46-52.
8. Novak V. Scientific basis of management of transport companies interaction / V. Novak, V. Marchenko, V. Perederii // Airtransport. - 2016. - № 1 (11). - P. 31-36.
 9. Український ринок авіаперевезень встановив рекорд у Європі – статистика: <https://novyny.online.ua/811212/ukrayinskiy-riнок-aviaperevezen-vstanoviv-rekord-u-evropi-statistika> (date of the application 01.03.2020).
 10. Official site of State Statistics Service of Ukraine (2017 , 2018, 2019, 2020), available at: <http://ukrstat.gov.ua>
 11. Official site of the Delegation of Ukraine to the European Union and the European Atomic Energy Community (2017), availableat: <http://ukraineeu.mfa.gov.ua/ukraineeu/sectoral-dialogue/transport>.
 12. Statistics in the field of air transport. URL: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.htm>

საავიაციო აირტურბინული ძრავების დამცავ ბადეზე მოხვედრილი ფრინველების დანაწევრების პირობის თეორიული გამოკვლევა

ა. მაისურაძე¹, ბ. აბესაძე¹, გ. მუშკუდიანი²

¹საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი, ქეთევან დედოფლის გამზირი 16, თბილისი 0103, საქართველო

²საქართველოს უნივერსიტეტი, 77ა, მ. კოსტავას ქუჩა, თბილისი, 0171, საქართველო

რეზიუმე

მოცემულ ნაშრომში წარმოდგენილია მეთოდოლოგია, ორი განსხვავებული მიდგომის საფუძველზე, რომელიც განსაზღვრავს პირობებს რა შემთხვევებში მოხდება აირტურბინული ძრავის შემსვლელზე მოთავსებულ დამცავ ბადეზე მოხვედრილი ფრინველების დანაწევრება. იგულისხმება ფრინველის მოხვედრის სიჩქარე, ბადის უჯრედის ზომები, ბადის მავთულის დიამეტრი, ბადის გამძლეობა სიმტკიცეზე და ა. შ. კონკრეტული მაგალითის საფუძველზე განსაზღვრულია აღნიშნული მახასიათებლები. განხილულია ერთმანეთის მიმდევრობით მოთავსებული რამდენიმე ბადის შემთხვევა და მათში ფრინველის სრული დანაწევრების პირობები. შემუშავებულია რეკომენდაციები ასეთი დამცავი მექანიზმების პარამეტრების განსაზღვრის შესახებ.

საკვანძო სიტყვები

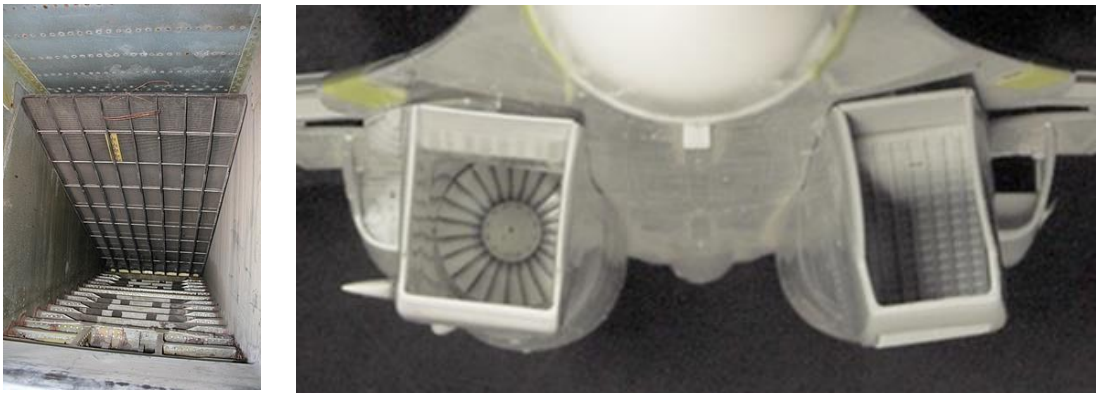
ფრინველი, დამცავი ბადე, საავიაციო ძრავი, სიჩქარე, დანაწევრება.

შესავალი

საფრენი აპარატების ექსპლუატაციის პროცესში ერთ-ერთ მთავარ საფრთხეს წარმოადგენს მათ აირტურბინული ძრავებში ფრინველების მოხვედრა, რომელიც ხშირ შემთხვევაში მნიშვნელოვნად დამაზიანებელ ფაქტორად იქცევა. უმეტეს შემთხვევაში კი საფრენი აპარატების კატასტროფის მიზეზი ხდება. ამ პრობლემის გადასაწყვეტად ერთ-ერთ მიდგომას წარმოადგენს ძრავის შემსვლელთან დამცავი ბადის დამაგრება, რომელიც გახდება მასზე მოხვედრილი ფრინველის შემაკავებელი ფაქტორი. ფრინველი ან დარჩება ბადეზე ან აისხლიტება მისგან. დაჯახების დიდი სიჩქარის შემთხვევაში შესაძლებელია მოხდეს ბადის გარღვევა. ამ დროს ფრინველი მნიშვნელოვნად დაკლებული სიჩქარით შევარდება

საავიაციო ძრავში და მისი დაზიანების ხარისხი იქნება შედარებით მცირე.

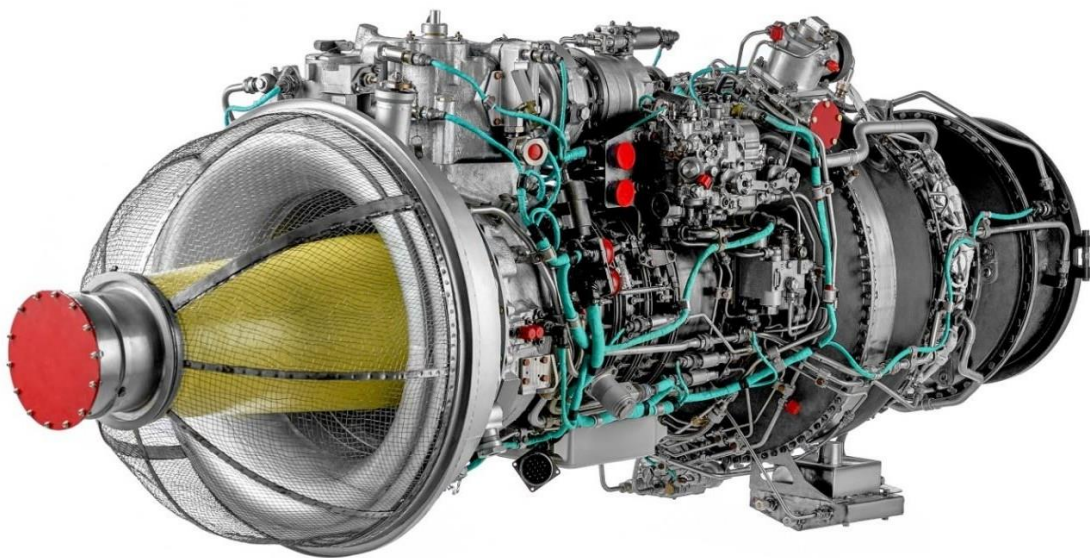
უკვე დიდი ხანია მიმდინარეობს დამცავი ბადეების გამოყენება თანამედროვე საფრენ აპარატებში. ზოგ შემთხვევაში შესაძლებელია დამცავი ბადეების მოძრავი სისტემის დამონტაჟება, რომელიც უზრუნველყოფს, საჭიროებიდან გამომდინარე, ბადის აფარებას ძრავის შემსვლელზე ან მის დაკეცვას. ეს მიდგომა იძლევა შესაძლებლობას მოხდეს აეროდინამიკური წინაღობის შემცირება, ფრენისას, როცა ფრინველებთან შეჯახების საფრთხე აღარ იქნება. მაგალითად გამოდგება რუსული გამანადგურებელი თვითმფრინავის CY-27-ის ძრავების შემსვლელებთან დამონტაჟებული ასაკეცი დამცავი ბადის არსებობა (იხ სურ. 1).



სურ. 1 რუსული გამანადგურებელი თვითმფრინავი CY-27, ძრავის ჰაერმიმღებთან ასაკეცი დამცავი ბადით

შედარებით დაბალი სიჩქარეების მქონე საფრენი აპარატებისათვის, ფრინველების შეჯახების სიჩქარეც ასევე დაბალია, თუმცა ძრავის დაზიანების ხარისხი მაინც მნიშვნელოვანია. შესაძლებელია დამცავ ბადეს მიეცეს ისეთი კონფიგურაცია, რომ მოხდეს მოხვედრილი ფრინველის ასხლეტა, ხოლო თვითონ ბადე

დამზადდეს მცირე ზომების უჯრედებით და შემავალი მავთულის მცირე დიამეტრით, რაც ერთის მხრივ შეამცირებს აეროდინამიკურ წინაღობას და შემცირდება ასევე ბადის გაგლეჯვის რისკიც. მაგალითისთვის მოვიყვანოთ სურ. 2-ზე გამოსახული ერთ-ერთი ვერტმფრენის ძრავის შემსვლელთან დამონტაჟებული დამცავი ბადე.



სურ. 2 ერთ-ერთი ვერტმფრენის ძრავის შემსვლელთან დამონტაჟებული ფრინველებისგან დამცავი ბადე

დიდი საექსპლუატაციო სიჩქარეების მქონე საფრენი აპარატებისთვის პრობლემა იქმნება ბადის

გამძლეობის თვალსაზრისით, საჭირო ხდება სულ უფრო დიდი დიამეტრის და მცირე ზომების

უჯრედის მქონე ბადის გამოყენება, რაც საფრენოსნო მახასიათებლებს მკვეთრად აუარესებს და რენტაბელურობის თვალსაზრისით გამოუსადეგარია. აღსანიშნავია, რომ შედეგების გაუმჯობესების მიზნით არაერთი თეორიული კვლევაა განხორციელებული, ზოგიერთი მათგანი წარმოდგენილია [1, 2] სტატიების სახით.

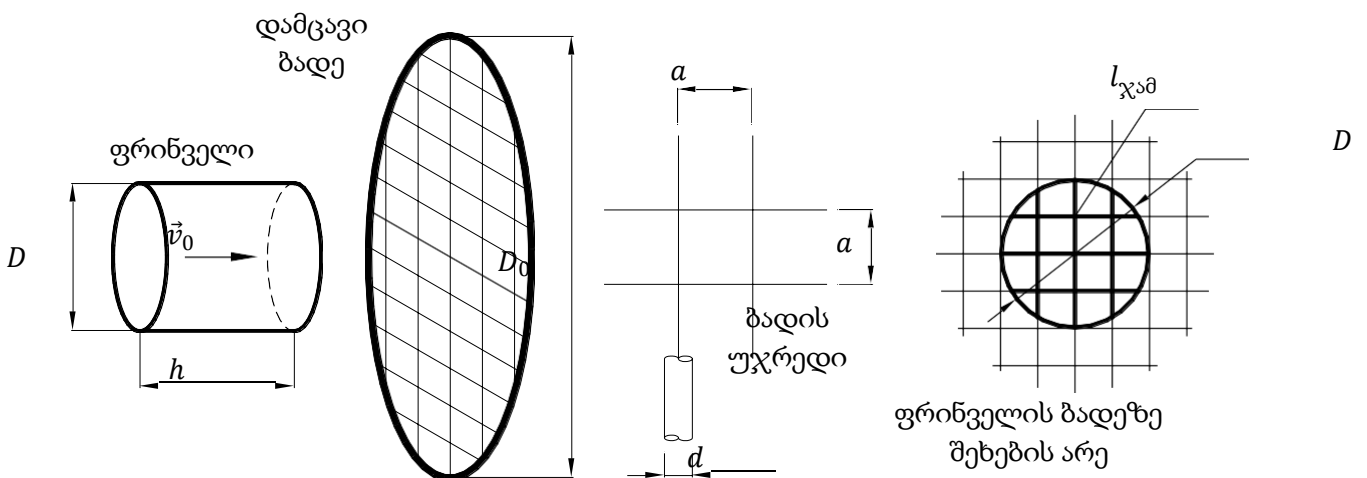
პრობლემის გადაწყვეტა შესაძლოა მოხერხდეს ისეთი მეთოდის შემუშავებით, რომლის მიხედვითაც მოხდება შედარებით დიდი ზომის უჯრედის და მცირე დიამეტრის მავთულის მქონე დამცავი ბადის გამოყენება, ხოლო მოხვედრილი ფრინველი განიცდის მასზე დანაწევრებას. ეს მეთოდიკა მოგვცემს მნიშვნელოვან უპირატესობებს, კერძოდ: დანაწევრებული ფრინველის ნაწილებს ექნება შედარებით მცირე მასა და დაჯახების სიჩქარისგან მკვეთრად შემცირებული სიჩქარის მნიშვნელობა, ასევე ნაწილები გაიფანტება ძრავის შემსვლელის მთელ ფართობზე. შედეგად კი მივიღებთ იმას, რომ ძრავის დაზიანების ხარისხი მნიშვნელოვნად შემცირდება. ასევე შესაძლებელია მცირე დიამეტრის მავთულისგან შემდგარი მეორე ან მესამე ბადის გამოყენებაც, რომელზეც მოხვედრილი დანაწევრებული ნაწილები განიცდის მეორეულ ან მესამეულ დანაწევრებას ან დარჩება მასზე. ზიანის რისკი, ასეთ შემთხვევაში, მინიმუმამდე იქნება დაყვანილი. წვრილი მავთულების გამოყენება კი ნაკლებად გამოიწვევს საფრენი აპარატების საფრენოსნო მახასიათებლების გაუარესებას.

წარმოდგენილი ნაშრომი, სწორედ ასეთი შემთხვევების მათემატიკურ გამოთვლას ეხება. კონკრეტული მაგალითის საფუძველზე დაახლოებით დადგენილია დამცავი ბადის შესაბამისი პარამეტრების მნიშვნელობები.

ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ შემთხვევა, როცა აირტურბინული ძრავის შემსვლელთან მოთავსებულია მეტალის ბადე ზომებით $a \times a$ უჯრედით. ბადეში შემავალი მავთულის დიამეტრია d . (მავთულის დიამეტრის ზომა, მისი მასალა და სხვა მახასიათებლები უნდა განისაზღვროს შემდგომში მასზე მოსული დატვირთვის სიდიდის მიხედვით).

ვთქვათ, ასეთ ბადეზე ეცემა რაიმე ფრინველი და შევაფასოთ პირობა რა შემთხვევაში მოხდება მისი დანაწევრება. ჩავთვალოთ, რომ ფრინველის საწყისი სიჩქარე არის საკმარისი მისი ბადეში სრულად დანაწევრებისთვის. ამ სიჩქარის ზღვრულ სიდიდეს ქვემოთ დეტალურად შევაფასებთ. ფრინველის დანაწევრებას უზრუნველყოფს ბადის შემადგენელი თითოეული მავთული, რომლებიც მოექცევა ფრინველის ბადესთან შეხების არეში. სიმარტივისთვის წარმოვიდგინოთ, რომ ფრინველი არის ერთგვაროვანი ცილინდრული ფორმის სხეული დიამეტრით – D და სიმაღლით – h , ხოლო დამცავი ბადის დიამეტრია D_0 (სურ. 3).



სურ. 3 ფრინველის ბადეზე მოხვედრის სქემა და ბადის პარამეტრები

ფრინველის დანაწევრებისას მჭრელ არეს ქმნის ბადის შემხებ ნაწილში მოთავსებული მავთულები. ჭრისას წარმოქმნილი წინაღობის ძალა

პროპორციული იქნება მავთულის ჯამური სიგრძის, რომელიც მოექცევა ჭრის არეში. ის უხეშად შეიძლება დაითვალოს ბადის უჯრედის ზომების

მიხედვით. მართკუთხა $a \times a$ უჯრედის ზომის ბადის შემთხვევაში ეს ჯამური სიგრძე ტოლი იქნება:

$$l = 2 \cdot n_{\text{ერთ.მიმ.}} \cdot D = 2 \cdot \frac{D}{a} \cdot D = \frac{2D^2}{a} \quad (1)$$

სადაც $n_{\text{ერთ.მიმ.}} = \frac{D}{a}$ არის მჭრელ არეში ერთი მიმართულებით ჩალაგებული მავთულების რაოდენობა.

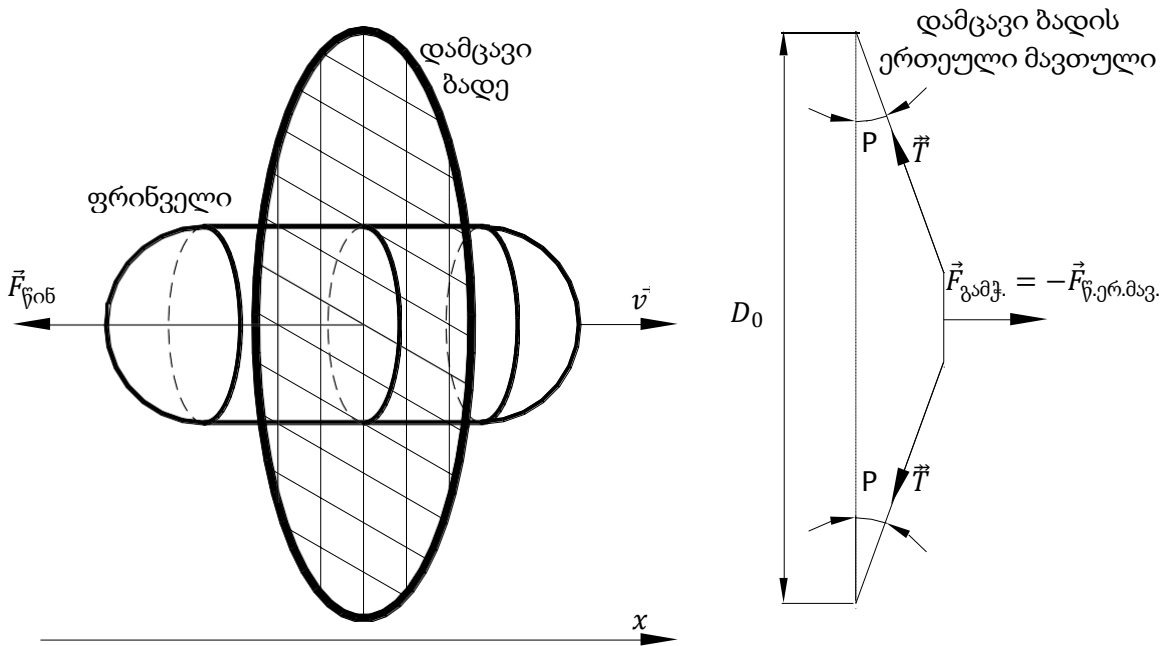
რადგან საქმე გვაქვს დამცავ ბადეზე ფრინველის დიდი სიჩქარით დაჯახებასთან, ამიტომ მოსახერხებელი იქნება გამოყენებული იქნას ჰიდრო და აერო დინამიკის კანონები. ფრინველი შეიძლება ჩაითვალოს გარკვეული სიმკვრივის ბლანტ სითხედ, ხოლო დანაწევრებისას წარმოქმნილი ჭრის ძალა დაითვალოს, როგორც ამ სითხეში მავთულის მოძრაობისას მასზე მოქმედი წინაღობის ძალა. აეროდინამიკიდან ცნობილი თანაფარდობის შესაბამისად წინაღობის ძალა განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$F_{\text{წინ}} = G \cdot \frac{\rho v^2}{2} \cdot S. \quad (2)$$

როგორც ვხედავთ წინაღობის ძალა პროპორციულია სხეულის განიკვეთის ფართობის. ჩვენ შემთხვევაში, დანაწევრებაში მონაწილე შემხები მავთულის ფართობი უხეშად შეგვიძლია დავთვალოთ როგორც $S = l \cdot d$. ცხადია ამ გამოსახულებით თავისთავად განისაზღვრა წინაღობის ძალის მავთულის ჯამურ სიგრძეზე დამოკიდებულება, ხოლო თვითონ ძალა შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი ზოგადი სახით:

$$F_{\text{წინ}} = k \cdot f(v) \cdot S = k \cdot f(v) \cdot l \cdot d. \quad (3)$$

$f(v)$ ფრინველის სიჩქარეზე დამოკიდებული რაიმე ფუნქციაა, ხოლო k წინაღობის კოეფიციენტი. შესაბამისი სქემატური ნახაზი მოცემულია სურ. 4-ზე.



სურ. 4 დამცავ ბადეზე ფრინველის დანაწევრების სქემა და ბადის ერთეულ მავთულზე მოქმედი ძალები

დინამიკური განტოლება, რომელიც აღნიშნულ პროცესს ასახავს, მარტივად შეიძლება დაიწეროს ნიუტონის მეორე კანონის მიხედვით:

$$M \cdot \frac{dv_{\text{წინ}}}{dt} = -F = -k \cdot f(v) \cdot l \cdot d, \quad (4)$$

სადაც M არის ფრინველის მასა.

რეალობასთან ძალიან ახლოს მყოფი მოდელის მიხედვით $f(v)$ ფუნქცია შეიძლება რაღაც რთული ფორმით გამოისახებოდეს, თუმცა

ეს ფორმა სამწუხაროდ არ არის ცნობილი. თუ მოძრაობის სიჩქარე იქნება მცირე, მაშინ ბლანტ სითხეში მოძრავე სხეულზე იმოქმედებდა სიჩქარის პროპორციული წინაღობის ძალა. ან შესაძლოა, ეს ძალა მუდმივი სიდიდის იყოს. საფრენ აპარატებზე

ფრინველის დაჯახების სიჩქარე საკმაოდ დიდია ($v > 300$ კმ/სთ), რაც აეროდინამიკური თვალსაზრისით იძლევა მინიშნებას, რომ წინაღობის ძალა სიჩქარის კვადრატის

პროპორციული იქნება. ამიტომ გარკვეული სიზუსტით შეიძლება ჩაითვალოს რომ $f(v) \approx v^2$, ხოლო სხვა დანარჩენი მაკორექტირებელი სიდიდეები ჯამურად შეიძლება აისახოს წინააღმდეგობის k კოეფიციენტში. ამ შემთხვევაში იგულისხმება, რომ აუცილებლად ხდება ფრინველის დანაწევრება და ბადის მავთული ფრინველში მოძრაობს, ისე როგორც ბლანტ სითხეში იმოძრაავება. განხილულის

გათვალისწინებით გვექნება:

$$F_{წინ} = k \cdot v^2 \cdot l \cdot d = k \cdot \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \cdot l \cdot d, \quad (5)$$

სადაც $v = \frac{dx}{dt}$ სიჩქარე შეიძლება გამოისახოს კოორდინატის დროითი წარმოებულის სახით. (5) ის გათვალისწინებით (4) მიიღებს სახეს:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt}\right) = -\frac{k}{M} \cdot \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \cdot l \cdot d, \quad (6)$$

ხოლო სიჩქარის შესაბამისი ფორმულის გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{k}{M} \cdot v^2 \cdot l \cdot d. \quad (7)$$

(7) წარმოადგენს განცალკევებულ დიფერენციალურ განტოლებას, რომელიც გადაჯგუფების შემდეგ მიიღებს სახეს $\frac{dv}{v^2} = -\frac{k}{M} \cdot l \cdot d \cdot dt$, ხოლო მისი ინტეგრების შემდეგ გვექნება:

$$\frac{1}{v} = \frac{k}{M} \cdot l \cdot d \cdot t + C_1. \quad (8)$$

გავითვალისწინოთ საწყისი პირობა: როცა $t = 0$, მაშინ $v = v_0$. (8)-ში ჩასმით მივიღებთ $C_1 = \frac{1}{v_0}$.

რის გათვალისწინებითაც მივიღებთ სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების შემდეგ გამოსახულებას:

$$v(t) = \frac{1}{\frac{k \cdot l \cdot d \cdot t}{M} + \frac{1}{v_0}}. \quad (9)$$

თუ გამოვსახავთ სიჩქარეს როგორც კოორდინატის დროით წარმოებულს, (9)-ის გათვალისწინებით მივიღებთ: $\frac{dx}{dt} = v(t) \rightarrow dx = \frac{dt}{\frac{k \cdot l \cdot d \cdot t}{M} + \frac{1}{v_0}}$, რომლის უშუალო ინტეგრირებით გვექნება:

$$x(t) = \frac{M}{k \cdot l \cdot d} \cdot \ln \left(\frac{k \cdot l \cdot d \cdot t}{M} + \frac{1}{v_0} \right) + C_2. \quad (10)$$

საწყის პირობას ექნება სახე: როცა $t = 0$, მაშინ $x = 0$, ათვლის წერტილად აღებულია ფრინველის ბადესთან შეხების წერტილი. (10)-ში ჩასმით მივიღებთ $C_2 = -\frac{M}{k \cdot l \cdot d} \cdot \ln \left(\frac{1}{v_0} \right) = \frac{M}{k \cdot l \cdot d} \cdot \ln(v_0)$, რის

გათვალისწინებითაც გვექნება:

$$x(t) = \frac{M}{k \cdot l \cdot d} \cdot \ln \left(\frac{k \cdot l \cdot d \cdot v_0}{M} \cdot t + 1 \right) + \frac{M}{k \cdot l \cdot d} \cdot \ln(v_0) = \frac{M}{k \cdot l \cdot d} \cdot \ln \left(\frac{k \cdot l \cdot d \cdot v_0}{M} \cdot t + 1 \right). \quad (11)$$

შემდგომში, უფრო მოსახერხებელია (11) გამოსახულებიდან განისაზღვროს დრო კოორდინატის საშუალებით, გვექნება:

$$t = \frac{M}{k \cdot l \cdot d \cdot v_0} \cdot (e^{\frac{k \cdot l \cdot d}{M} \cdot x} - 1). \quad (12)$$

როცა x სიდიდე გახდება ცილინდრის h სიმაღლის ტოლი (ფრინველის სიმაღლე), მაშინ (12) გამოსახულებით განისაზღვრება ფრინველის ბადეში გავლის დროს:

$$t_h = \frac{M}{k \cdot l \cdot d \cdot v_0} \cdot (e^{\frac{k \cdot l \cdot d}{M} \cdot h} - 1). \quad (13)$$

(13) ფორმულით განსაზღვრული დროის ჩასმა (9) გამოსახულებაში მოგვცემს, ფრინველის ბადეში გავლის შემდეგ, მის საბოლოო სიჩქარეს:

$$v_{საბ} = \frac{1}{\frac{k \cdot l \cdot d \cdot t_h}{M} + \frac{1}{v_0}} = \frac{1}{\frac{k \cdot l \cdot d \cdot M}{M \cdot k \cdot l \cdot d \cdot v_0} \cdot (e^{\frac{k \cdot l \cdot d}{M} \cdot h} - 1) + \frac{1}{v_0}} = v_0 \cdot e^{-\frac{k \cdot l \cdot d}{M} \cdot h}. \quad (14)$$

განხილული თეორიის ფარგლებში, ფრინველის სრული დანაწევრებისათვის საჭირო მინიმალური სიჩქარის შესაფასებლად მნიშვნელოვანია სხვა პარამეტრების ცოდნა. კერძოდ, უნდა შეფასდეს დანაწევრების პროცესის დაწყებისთვის საჭირო მინიმალური ძალა, რაც საშუალებას მოგვცემს დაფიქსირდეს ის მომენტი (შეფასდეს დაჯახების მინიმალური სიჩქარე) როცა დაიწყება ჭრის პროცესი. გარდა ამისა საჭიროა შეფასდეს ბადის მავთულების გამძლეობის საკითხი, რომელიც პირდაპირ დამოკიდებულია

მავთულზე მოსულ დატვირთვაზე. მოცემულ შემთხვევაში ეს დატვირთვა განისაზღვრება წინააღმდეგობის ძალით, რომელიც გამოისახება (5) ფორმულით. ამ საკითხის შესაბამისი დათვლები ასევე ქვემოთ არის მოცემული.

ვთქვათ ჭრის პროცესის დასაწყებად საჭირო მინიმალური ძალა მავთულის ერთეულ შემხებ ფართობზე, ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე, განისაზღვრება $f_{წლ}$ სიდიდით, მაშინ ჭრის წინააღმდეგობის ძალა სრული დანაწევრების განსახორციელებლად უნდა აღემატებოდეს $F_{წლ} \geq F_{წლ}$, სადაც

$F_{წლ} = f_{წლ} \cdot l \cdot d$. (5) ფორმულის გათვალისწინებით

$$k \cdot v^2 \cdot l \cdot d \geq f_{წლ} \cdot l \cdot d, \text{ საიდანაც } v \geq \sqrt{\frac{f_{წლ}}{k}}. \quad (15)$$

ასევე ვასკვნით, რომ სრული დანაწევრების განსახორციელებლად საჭიროა ფრინველის ნაწილებს, ბადის დატოვების შემდეგ, ჰქონდეს საბოლოო სიჩქარე, რომელიც უნდა აღემატებოდეს (15) ფორმულით განსაზღვრულ სიდიდეს.

$$v_{საბ} = v_0 \cdot e^{-\frac{k \cdot l \cdot d}{M} \cdot h} \geq \sqrt{\frac{f_{წლ}}{k}}, \quad (16)$$

საიდანაც შევაფასებთ ფრინველის დაჯახების საწყის სიჩქარესაც, რომელიც საჭირო იქნება მისი სრული დანაწევრებისთვის:

$$v_0 \geq \sqrt{\frac{F_{\text{ფლ}}}{k} \cdot e^{\frac{k \cdot l \cdot d}{M} \cdot h}} \quad (17)$$

უნდა აღინიშნოს, რომ მიღებული შედეგი სამართლიანია წარმოდგენილი მიდგომის თვალსაზრისით, თუმცა ქვემოთ დეტალურად ვნახავთ, რომ ფრინველის სრული დანაწევრებისათვის საჭირო მინიმალური სიჩქარე (17)-ით განსაზღვრულ შედეგზე მცირეა. ეს გამოწვეულია, დაბალი სიჩქარეების დროს პროცესის განხილვისას განსხვავებული მიდგომის გამოყენებით. სწორედ ამიტომ (15)-ით განსაზღვრული მინიმალური სიჩქარე იქნება ერთგვარი ზღვრული მომენტი აქამდე განხილული თეორიის გამოყენების საზღვრის დადგენის თვალსაზრისით.

თუ, ამ თეორიის ფარგლებში, განვიხილავთ რამდენიმე საფეხურიან ბადეების სისტემას, თითოეულ საფეხურზე დათვლები განხილულის ანალოგიურად იწარმოებს. განსხვავება იქნება ის, რომ ვთქვათ მეორე საფეხურის შემთხვევაში, უკვე პირველადი დანაწევრების შემდგომ, მეორე ბადეზე მოვა მაქსიმალური მოცულობის ნაჭერი, რომელმაც გაიარა პირველი ბადის $a \times a$ ზომების ერთი უჯრედი. ამ ნაჭრის მასა პირობითად M' -ით აღვნიშნოთ. მისი დათვლა მარტივად არის შესაძლებელი. ამ ნაჭრის საწყისი სიჩქარე მეორე ბადეზე დაჯახებამდე ტოლი იქნება (14) ფორმულით განსაზღვრული სიდიდის $v'_0 = v_{\text{საზ}}$. თუ მეორე ბადის პარამეტრები იქნება შემდეგი: $a' \times a'$ ზომის ბადის უჯრედი, მავთულის დიამეტრი – d' და შემხები მავთულის ჯამური

სიგრძე – l' , მაშინ ნაჭრის ბადეზე დაჯახების სიჩქარე, მისი მეორედ სრულად დანაწევრებისთვის, (17)-ის ანალოგიურად დააკმაყოფილებს პირობას

$$v'_0 \geq \sqrt{\frac{F_{\text{ფლ}}}{k}} \cdot e^{\frac{k \cdot l' \cdot d'}{M'} \cdot h}, \quad (18)$$

ხოლო (16) დამოკიდებულების გამოყენებით ფრინველის სიჩქარე პირველი ბადის წინ ტოლი იქნება $v_0 = v'_0 \cdot e^{\frac{k \cdot l \cdot d}{M} \cdot h}$, ხოლო (17)-ის საფუძველზე საბოლოოდ მივიღებთ:

$$v_0 \geq \sqrt{\frac{F_{\text{ფლ}}}{k}} \cdot e^{\frac{k \cdot l \cdot d}{M} \cdot h} \cdot e^{\frac{k \cdot l' \cdot d'}{M'} \cdot h}. \quad (19)$$

უფრო მეტი რაოდენობის ბადეების შემთხვევაშიც დათვლები ჩატარდება ანალოგიურად.

ახლა ვეცადოთ შევაფასოთ კონკრეტული შედეგები, რაც მეტ-ნაკლებად ასახავს რეალურ

მდგომარეობას. (2) და (5) გამოსახულებების შედარებით ვადგენთ $k = C_x \cdot \frac{\rho}{2}$ გრძელი მავთულის ან კაბელის შემთხვევაში მასზე მოქმედი აეროდინამიკური წინაღობის კოეფიციენტი შესაბამისი ცხრილიდან აიღება. ავიღოთ მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა $C_x \approx 1,3$. შემდგომი დათვლებისთვის ვირჩევთ ყველაზე არახელსაყრელ შემთხვევას, რომელიც შეიძლება შეგვხვდეს პრაქტიკიდან გამომდინარე კერძოდ, ყველაზე დიდი ზომის ფრინველი, რომელიც შეიძლება საავიაციო ძრავში შევარდეს არის იხვი. საშუალოდ ამ ფრინველის მონაცემები გადმოცემულია შესაბამის ცხრილში [1]. ჩვენთვის საჭირო მონაცემებია: $M \approx 6,8$ კგ, ხოლო სიმკვრივე საშუალოდ $\rho \approx 600$ კგ/მ³. მათ საფუძველზე k კოეფიციენტის მნიშვნელობისათვის გვექნება:

$$k \approx 1,3 \cdot \frac{600}{2} = 390 \text{ კგ/მ}^3. \quad (20)$$

რაც შეეხება $f_{\text{ფლ}}$ მნიშვნელობას ის უნდა განისაზღვროს უშუალოდ ექსპერიმენტის გზით. ამ კვლევის ფარგლებში ჩვენ ჩავატარეთ უხეში ექსპერიმენტი, მოვახდინეთ ქათმის ხორცის გაჭრა მავთულის საშუალებით სტაციონალური დატვირთვის გზით. გვექონდა ასეთი პარამეტრები: მავთულის დიამეტრი $d = 0,8$ მმ = 0,0008 მ; ხორცის ჭრის პროცესში მავთულის შემხები სიგრძე $l = 10$ სმ = 0,1 მ; გადამჭრელი ძალა, რომელიც ჭრისას წინაღობის ძალის ტოლი იქნება, დაახლოებით $F_{\text{წინ}} \approx 55$ კგძ = 550 ნ = $F_{\text{ფლ}}$. ეს სიდიდე შეიძლება ჩაითვალოს ზღვრულ ძალად, რომლის დროსაც იწყება ჭრის პროცესი. როგორც ზემოთ ვახსენეთ $F_{\text{ფლ}} = f_{\text{ფლ}} \cdot l \cdot d$, საიდანაც მივიღებთ:

$$f_{\text{ფლ}} \approx \frac{F_{\text{ფლ}}}{l \cdot d} = \frac{550}{0,1 \cdot 0,0008} = 6,9 \cdot 10^6 \text{ ნ/მ}^2. \quad (21)$$

გარდა ამისა, საჭიროა ფრინველის გეომეტრიული ზომები. ის წარმოვიდგინოთ როგორც ცილინდრი, დიამეტრით $D \approx 30$ სმ = 0,3 მ, ხოლო სიმაღლით $h \approx 20$ სმ = 0,2 მ. (ეს ზომები გარკვეული სიზუსტით არის აღებული, რათა შესრულდეს დამოკიდებულება ფრინველის მასას, სიმკვრივეს და მოცულობას შორის $V \cong \frac{M}{\rho}$).

(15) ფორმულის მიხედვით შევაფასოთ მინიმალური სიჩქარე, რომელიც უნდა ჰქონდეს ფრინველს, რათა დაიწყოს მისი დანაწევრების

პროცესი, გვექნება $v \geq \sqrt{\frac{F_{\text{ფლ}}}{k}} = \sqrt{\frac{6,9 \cdot 10^6}{390}} = 133 \text{ მ/წმ} \approx 479 \text{ კმ/სთ}$. ეს საკმაოდ დიდი სიჩქარეა. საფრენი აპარატების საექსპლუატაციო მონაცემების მიხედვით ფრინველების შეჯახება ხდება სიჩქარეთა საზღვრებში 300 – 600 კმ/სთ.

შესაბამისად გამოთვლილზე უფრო დაბალი სიჩქარეებისთვის ხდება თეორიის და მიდგომის დაზუსტების საჭიროება. რა თქმა უნდა იარსებებს რაღაც მინიმალური სიჩქარე, რომელზე დაბალი მნიშვნელობებისთვისაც ფრინველი ან სრულად დარჩება ბადეზე (შესაძლოა ნაწილობრივ დანაწევრდეს), ან მოხდება მისი ასხლეტა, ან ბადის გაგლეჯა, რომელიც თავის მხრივ დამოკიდებულია ბადის მავთულების სიმტკიცის მაჩვენებლებზე. უფრო ზუსტი შეფასებისთვის საჭიროა მრავალჯერადი ექსპერიმენტების ჩატარება რაც საჭირო სიდიდეების მეტი სიზუსტით განსაზღვრის საშუალებას მოგვცემს.

(15)-ით განსაზღვრული მინიმალური სიჩქარე არის ის ზღვრული მნიშვნელობა, რომლის დროსაც, აეროდინამიკური მოსაზრებებზე დაფუძნებული თეორიის მიხედვით, დაიწყება ფრინველის დანაწევრების პროცესი. ჭრისათვის საჭირო მინიმალური ძალა განისაზღვრება $F_{ფლ} = f_{ფლ} \cdot l \cdot d$ მნიშვნელობით. უფრო დაბალ სიჩქარეებზე ფრინველის დაჯახების შემთხვევაში, მისი დანაწევრებისთვის საჭიროა წარმოქმნილი დინამიკური ძალა აღემატებოდეს ამ მნიშვნელობას. ეს მიიღწევა ფრინველის ბადეზე სწრაფი დამუხრუჭების დროს, რაც გულისხმობს იმას, რომ მცირე დროში იმპულსის მნიშვნელოვანი ცვლილება წარმოქმნის დიდ ძალას.

ამ ფაქტის შეფასება მოვახდინოთ ენერგეტიკული მოსაზრებებით. ჩავთვალოთ, რომ ასეთ დროს ფრინველის დანაწევრების პროცესში მჭრელი ძალა მინიმალური მნიშვნელობისაა ($F_{ფლ}$ - ის ტოლი). ფრინველის კინეტიკური ენერგია მოხმარდება მჭრელი ძალის მუშაობას და ბადის მავთულების გაჭიმვისას დაგროვილ პოტენციურ ენერგიას.

$$\frac{M \cdot v_0^2}{2} \geq A_{ჭრ} + W \quad (22)$$

ჭრის მუშაობა მარტივად დაითვლება მუდმივი $F_{ჭრ} = F_{ფლ}$ ძალის პირობებში:
 $A_{ჭრ} = F_{ჭრ} \cdot h = f_{ფლ} \cdot l \cdot d \cdot h = \frac{2 \cdot f_{ფლ} \cdot D^2 \cdot h \cdot d}{a} \quad (23)$

რაც შეეხება ბადის მავთულების დაჭიმვის პოტენციურ ენერგიას, ის დავთვალოთ სურ. 4-ზე მოცემული სქემის მიხედვით, ასევე გამოვიყენოთ (1) გამოსახულება. ერთეულ მავთულზე მოქმედი გამჭიმავი ძალა ტოლი იქნება

$$F_{წერ.მაგ.} = \frac{F_{ფლ}}{n} = \frac{f_{ფლ} \cdot l \cdot d}{\frac{2 \cdot D}{a}} = \frac{f_{ფლ} \cdot a \cdot d \cdot a}{2 \cdot D} = f_{ფლ} \cdot D \cdot d. \quad (24)$$

ბადეზე ფრინველის დაჯახების შემდეგ მოხდება მისი გარკვეულწილად დეფორმირება და მავთულები გადაიხრება ჩამაგრების წერტილების

მიმართ გარკვეული P კუთხით, რომელიც მთლიანი მოწყობილობის ზომების დაშვებებს არ უნდა სცილდებოდეს. უხეში შეფასებით, ეს კუთხე $P \approx 20^\circ$ -ს არ უნდა აღემატებოდეს. ძალთა წონასწორობის პირობიდან ვწერთ:

$$2 \cdot T \cdot \sin P = F_{წერ.მაგ.} \rightarrow T = \frac{F_{წერ.მაგ.}}{2 \cdot \sin P}. \quad (25)$$

მავთულში აღძრული ძაბვა დაჭიმულობის ძალის საშუალებით მოიცემა სახით:

$$\sigma = \frac{T}{S_{33}} = \frac{\frac{F_{წერ.მაგ.}}{2 \cdot \sin P}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{2 \cdot F_{წერ.მაგ.}}{\pi \cdot d^2 \cdot \sin P} = \frac{2 \cdot f_{ფლ} \cdot D \cdot d}{\pi \cdot d^2 \cdot \sin P} = \frac{2 \cdot f_{ფლ} \cdot D}{\pi \cdot d \cdot \sin P} \quad (26)$$

პლასტიკური მასალის დეფორმაციის თეორიიდან ცნობილია, რომ დეფორმაციის კუთრი ენერგია (ენერგია მასალის ერთეულ მოცულობაში) გამოითვლება ფორმულით $w = \frac{\sigma^2}{2 \cdot E}$, სადაც E არის მასალის დრეკადობის (იუნგის) მოდული, ხოლო სრული ენერგია $W_{პოტ.ერ.მაგ.} = w \cdot V = w \cdot S_{33} \cdot D_0$. (26) ფორმულის გათვალისწინებით, მავთულის მთელ სიგრძეზე დაჭიმულობის სრული ენერგიისთვის გვექნება:

$$W_{პოტ.ერ.მაგ.} = \frac{\sigma^2 \cdot D_0}{2 \cdot E} \cdot \frac{\pi \cdot d^2 \cdot D}{4} = \frac{4 \cdot f_{ფლ}^2 \cdot D^2 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot D}{\pi^2 \cdot d^2 \cdot \sin^2 P} \cdot \frac{1}{8 \cdot E} = \frac{f_{ფლ}^2 \cdot D^2 \cdot D_0}{2 \cdot \pi \cdot E \cdot \sin^2 P} \quad (26)$$

ხოლო ფრინველის ბადეზე შეხების არეში მოქცეული მავთულების ჯამური პოტენციური ენერგია

$$W_{პოტ} = n \cdot W_{პოტ.ერ.მაგ.} = \frac{2 \cdot D}{a} \cdot \frac{f_{ფლ}^2 \cdot D^2 \cdot D_0}{2 \cdot \pi \cdot E \cdot \sin^2 P} = \frac{f_{ფლ}^2 \cdot D^3 \cdot D_0}{\pi \cdot E \cdot a \cdot \sin^2 P} \quad (27)$$

აღსანიშნავია, რომ იგულისხმება დამცავი ბადე, რომელშიც ურთიერთმართობულად განლაგებული მავთულები ერთმანეთში არ არის შეჭრილი (არ არის წარმოდგენილი ნაქსოვი სახით). წინააღმდეგ შემთხვევაში დათვლა უნდა გვეწარმოებინა ბადეში შემავალი ყველა მავთულისთვის, რაც გაართულებდა ამ პროცესს. მიღებული გამოსახულებების (22)-ში შეტანა მოგვცემს ფრინველის სრული დანაწევრებისათვის საჭირო მინიმალური სიჩქარის შეფასების საშუალებას:

$$v_0 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot f_{ფლ} \cdot D^2 \cdot h \cdot d + 2 \cdot f_{ფლ} \cdot D_3 \cdot D_0}{M \cdot a}} \quad (28)$$

ცხადია, რაც მეტი იქნება ბადეში შემავალი მავთულის სიმტკიცის მახასიათებელი (მრღვევი ძაბვა $\sigma_{ღრ}$) მით უფრო გაიზრდება შესაძლებლობა, ფრინველის დიდი სიჩქარით დაჯახებისას, დანაწევრება მოხდეს ბადის რღვევის გარეშე. ასეთად ავიღოთ ГОСТ 7372-79 სტანდარტით განსაზღვრული მავთულები, რომლებიც ხასიათდება ერთ-ერთი მაღალი სიმტკიცის მაჩვენებლებით [3]. ამ სტანდარტით ავარჩიოთ მავთული, რომლის სიმტკიცე რღვევისას $\sigma_{ღრ} =$

200კგ/მმ² = 2,0 · 10⁹ პა. ეს სიდიდე ერთ-ერთი ყველაზე მაღალი მაჩვენებელია და გარდა ამისა, არის მავთულის დიამეტრების მიხედვით ფართო არჩევანის შესაძლებლობა. მასალის დრეკადობის მოდულად ავილოთ მოცემულ სტანდარტში გამოყენებული შესაბამისი მარკის ფოლადის საშუალო მაჩვენებელი $E \approx 5,0 \cdot 10^9$ პა. ბადის უჯრედის ზომად ავილოთ $a = 10$ სმ = 0,1 მ. ეს ზომა მეტ-ნაკლებად ოპტიმალურად შეიძლება ჩაითვალოს, რადგან მეტი ზომის შემთხვევაში არის რისკი რომ ფრინველი გაძვრეს ბადეში, ხოლო ნაკლები ზომის შემთხვევაში დიდი წინაღობის გამო მოსალოდნელია მოხდეს ფრინველის ბადეზე დარჩენა ან მისი გაგლეჯა. ბადის დიამეტრი კი ავარჩიოთ სტატისტიკურად ყველაზე ხშირად

გამოყენებადი საავიაციო ძრავის შემსვლელის დიამეტრის მიხედვით $D_0 \approx 1,6$ მ.

შევაფასოთ რა დიამეტრის მავთული შეიძლება იქნას გამოყენებული ასეთ ბადეში, იმ პირობით, რომ მოხდება ფრინველის სრული დანაწევრება და ამავე დროს არ მოხდება მავთულების რღვევა.

მაქსიმალური სიჩქარე შეიზღუდება იმ პირობით, რომ არ მოხდეს ბადის მავთულების რღვევა. როცა სიჩქარე არ აღემატება (15) ფორმულით განსაზღვრულ მინიმალურ მნიშვნელობას $v_0 = 133$ მ/წმ ≈ 479 კმ/სთ, მაშინ უნდა ვიხელმძღვანელოთ აღწერილი მეორე მიდგომით, როდესაც ბადის მავთულებზე იმოქმედებს მუდმივი გამჭიმავი ძალა, რომელიც სიდიდით ჭრის მინიმალური ძალის ტოლი იქნება (24) ფორმულის შესაბამისად. მავთულში აღძრული ძაბვა არ უნდა აღემატებოდეს მის სიმტკიცის ზღვარს. (24) და (26) ფორმულების გამოყენებით დავწერთ:

$$\sigma = \frac{2 \cdot F_{\text{წერ.მაგ.}}}{\pi \cdot d^2 \cdot \sin P} = \frac{2 \cdot f_{\text{ზღ.}} \cdot D \cdot d}{\pi \cdot d^2 \cdot \sin P} \leq \sigma_{\text{დრ}} \rightarrow d \geq \frac{2 \cdot f_{\text{ზღ.}} \cdot D}{\pi \cdot \sigma_{\text{დრ}} \cdot \sin P} = 0,0019 \text{ მ} \approx 2 \text{ მმ.} \quad (29)$$

ასეთ შემთხვევაში ფრინველის სრული დანაწევრებისათვის საჭირო მინიმალური სიჩქარე განისაზღვრება (28) ფორმულით. გვექნება $v_0 \geq 68,9$ მ/წმ = 248 კმ/სთ. შეჯამებისთვის დავწეროთ შემდეგი: როცა გვაქვს დამცავი ბადე პარამეტრებით $d = 2$ მმ, და ბადის უჯრედი ზომით $a = 10$ სმ, ფრინველი სრულად დანაწევრდება დაჯახების სიჩქარეთა $248 \text{ კმ/სთ} \leq v_0 \leq 479 \text{ კმ/სთ}$ დიაპაზონში. როცა დაჯახების სიჩქარე ნაკლებია 248 კმ/სთ-ზე, მაშინ ადგილი ექნება ფრინველის ნაწილობრივ დანაწევრებას ან დანაწევრების გარეშე ბადეზე დარჩენას ან მისგან ასხლეტას.

თუ ფრინველის ბადეზე დაცემის სიჩქარე მეტია 479 კმ/სთ-ზე მაშინ $d = 2$ მმ მავთულის მქონე ბადის გამოყენებისა მოხდება მისი გაგლეჯა. ბადის ურღვეობისთვის საჭირო იქნება უფრო დიდი დიამეტრის მავთულის გამოყენება. დათვლა ასეთ შემთხვევაში უნდა ვაწარმოოთ აეროდინამიკაზე დაფუძნებული თეორიის მიხედვით.

(1) ფორმულით განსაზღვრული ჯამური სიგრძე გავითვალისწინოთ (5)-ში, გვექნება:

$$F_{\text{წინ}} = k \cdot v^2 \cdot l \cdot d = k \cdot v^2 \cdot \frac{2D}{a} \cdot d,$$

ხოლო ფრინველის შეხების არეში ერთ მავთულზე მოსული ძალა ტოლი იქნება:

$$F_{\text{წერ.მაგ.}} = \frac{F_{\text{წინ}}}{n} = \frac{F_{\text{წინ}}}{2 \cdot D/a} = \frac{k \cdot v^2 \cdot \frac{2D}{a} \cdot d}{2 \cdot D/a} = k \cdot v^2 \cdot D \cdot d. \quad (30)$$

(26) და (30) ფორმულების გამოყენებით, მავთულში აღძრულ ძაბვა, სიმტკიცის პირობის გათვალისწინებით, დაითვლება შემდეგნაირად:

$$\sigma = \frac{2 \cdot F_{\text{წერ.მაგ.}}}{\pi \cdot d^2 \cdot \sin P} = \frac{2 \cdot k \cdot v^2 \cdot D \cdot d}{\pi \cdot d^2 \cdot \sin P} \leq \sigma_{\text{დრ}} \rightarrow d \geq \frac{2 \cdot k \cdot v^2 \cdot D}{\pi \cdot \sigma_{\text{დრ}} \cdot \sin P}.$$

როგორც ზემოთ აღინიშნა, საავიაციო ძრავებზე ფრინველების დაჯახების სიჩქარეთა საზღვრებია 300 – 600 კმ/სთ. თუ ავილებთ პირობითად მაქსიმალურ ზღვარს $v_0 = 600$ კმ/სთ, მაშინ (31) ფორმულის მიხედვით ბადის მავთულის დიამეტრი $d \geq 3$ მმ. ასეთ პირობებში ფრინველის დანაწევრებისათვის საჭირო მინიმალური სიჩქარე, (28) გამოსახულების მიხედვით, ტოლი იქნება $v_0 = 74$ მ/წმ ≈ 266 კმ/სთ, რაც ზემოთ მოცემულ სიჩქარეთა ინტერვალის ქვედა ზღვარზე ნაკლებია. ეს კარგი შედეგია, იმ თვალსაზრისით რომ $d = 3$ მმ დიამეტრის მავთულის მქონე ბადის გამოყენების შემთხვევაში, სიჩქარეთა მთელი ინტერვალისთვის მოხდება ფრინველის სრული დანაწევრება მისი რღვევის გარეშე.

ერთი ან რამდენიმე ბადის გამოყენების შემთხვევაში მნიშვნელოვანია ფრინველის დანაწევრებული ნაწილის სიჩქარე ბადის დატოვების შემდეგ, რადგანაც ის ან პირდაპირ შევარდება ძრავში ან მოხვდება მეორე ბადეზე. ცხადია შემდგომი დაზიანების ხარისხს სწორედ ეს სიჩქარე განსაზღვრავს. $v_0 > 479$ კმ/სთ, შემთხვევაში უნდა გამოვიყენოთ (14) გამოსახულება, ხოლო უფრო მცირე საწყისი სიჩქარეებისთვის მივმართოთ ენერგეტიკულ შეფასებას, ვწერთ:

$$\frac{M \cdot v^2}{2} = A_{\text{ჭრ}} + W_{\text{პოტ}} + \frac{M \cdot v_{\text{სახ}}^2}{2}, \quad (32)$$

საიდანაც (23) და (27) გამოსახულებების მეშვეობით განვსაზღვრავთ:

$$v_{საბ} = \sqrt{v_0^2 - \frac{4 \cdot f_{ხლ} \cdot D^2 \cdot h \cdot d - \frac{2 \cdot f_{ხლ}^2 \cdot D^3 \cdot D_0}{\pi \cdot E \cdot M \cdot a \cdot \sin^2 P}}{M \cdot a}} \quad (33)$$

პრაქტიკული თვალსაზრისით, რამდენიმე მილიმეტრი დიამეტრის მქონე მავთულებისგან შეკრული ბადის გამოყენებამ, შესაძლოა თვითმფრინავის საფრენოსნო მახასიათებლების მნიშვნელოვანი გაუარესება გამოიწვიოს, კერძოდ, მკვეთრად გაიზარდოს შუბლური წინაღობის ძალა კრეისერულ სიჩქარეებზე ფრენისას. გარდა ამისა, ჩვენ მიერ განხილულ შემთხვევაში ვიყენებთ 10 სმ × 10 სმ ზომების უჯრედის მქონე ბადეს, რომელიც გამოდგება დიდი ზომის ფრინველების შესაკავებლად. თუმცა აღსანიშნავია, რომ მცირე ზომის ფრინველსაც არანაკლები ზიანის მოტანა შეუძლია. მოცემულ შემთხვევაში ფრინველი დიდი ალბათობით გაძვრება აღნიშნულ ბადეში და ვერ მოხერხდება მისი შეკავება.

აღწერილი პრობლემის ალტერნატივად შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი შესაძლო მიდგომები:

1. შესაძლებელია გამოყენებული იქნას შედარებით წვრილი დიამეტრის მავთულისგან შეკრული ბადე, რომელზეც მოხვედრილი ფრინველი მას გაარღვევს, მნიშვნელოვნად დაკარგავს სიჩქარეს და ასეთ მდგომარეობაში შევარდება აირტურბინულ ძრავში რაც ამ უკანასკნელის დაზიანების რისკს მნიშვნელოვნად ამცირებს;
2. მცირე ზომის ფრინველების შესაკავებლად გამოყენებული იქნას ორი თანმიმდევრული ბადე, მეორე საფეხური უფრო მცირე ზომების უჯრედებისგან უნდა შედგებოდეს. დამატებითი აეროდინამიკური წინაღობის შემცირების მიზნით ეს მეორე ბადე შეიძლება გაითვალისწინოთ გაგლეჯვაზე და არა დანაწევრებაზე, რაც მცირე დიამეტრის მავთულების გამოყენების შესაძლებლობას მოგვცემს;
3. შესაძლებელია ორ ან სამ საფეხურიანი ბადეების სისტემების გამოყენება, რომლებიც თავიდანვე გაგლეჯვაზე იქნება გაანგარიშებული, ამ შემთხვევაშიც აეროდინამიკური წინაღობის შემცირება იქნება შესაძლებელი და ა. შ.

ცხადია კვლევის თვითმიზანს არ წარმოადგენს მხოლოდ ფრინველის დანაწევრებაზე დაფუძნებული მიდგომის გამოყენება, მთავარი შედეგი უნდა იყოს ფრინველის დაჯახებისას

გამოწვეული დამანგრეველი ეფექტის შემსუბუქება და ძრავის დაცვა მნიშვნელოვანი დაზიანებისგან.

ამავე დროს მკვეთრად არ უნდა გაუარესდეს თვითმფრინავის საფრენოსნო მახასიათებლები.

ნაშრომში წარმოდგენილი საკითხი საჭიროებს აუცილებლად შემდგომ დამატებით დეტალურ ექსპერიმენტულ კვლევას, რათა დაზუსტებული იქნას თეორიულ გათვლებში შემავალი პარამეტრები და ამავე დროს შემოწმდეს თვითონ თეორიის ექსპერიმენტთან შეთავსების და სიზუსტის საკითხები.

დასკვნები

ნაშრომში წარმოდგენილი თეორიული გათვლები საშუალებას იძლევა შეფასდეს ფრინველის დამცავ ბადეზე მოხვედრის სიჩქარეთა ფართო კლასისთვის მისი დანაწევრების პირობები, ბადის ზომების და მასში შემავალი მავთულების სიმტკიცის მახასიათებლების გათვალისწინებით. შესაძლებელია, ბადის კონკრეტული პარამეტრების შემთხვევაში, ფრინველის სრული დანაწევრებისათვის საჭირო სიჩქარის და მისი რღვევის პირობების შეფასება. ასევე შებრუნებული ამოცანა, შეფასდეს ბადის პარამეტრები ფრინველის დაჯახების სიჩქარეთა გარკვეულ დიაპაზონში. კონკრეტულად განისაზღვრება ფრინველის სრული დანაწევრებისათვის საჭირო მინიმალური სიჩქარე, ნებისმიერი პარამეტრების ბადის გამოყენებისას და მავთულის მინიმალური დიამეტრი, რომლის დროსაც რღვევას ადგილი არ ექნება.

ფრინველის და ბადის კონკრეტული პარამეტრების შემთხვევაში შეფასებულია ყველა შესაძლო შემთხვევა, რაც გარკვეულ წარმოდგენას იძლევა გადმოცემული კვლევის შემდგომი განვითარების და პერსპექტივების შესახებ. წარმოდგენილია გარკვეული რეკომენდაციები, განხილული პრობლემების უკეთ გადაწყვეტის მიმართულებით. ასევე იმ ექსპერიმენტული კვლევების მიმართულებები, რომლებიც წარმოდგენილი თეორიის მეტი სიზუსტით შეფასების საშუალებას მოგვცემს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. A. Maisuradze, S. mebonia, M. Celidze. METHOD FOR CALCULATING THE PROTECTIVE GRID OF THE TURBOJET

- ENGINE MODULE // International Scientific Journal, PROBLEMS OF MECHANICS, ISSN 1512-0740 №3 (80) / 2020;
2. Б. Ф. ШОР П , А. В. ГОРЯ Ч ЕВ , В. С. МАЦАРЕ Н К О , В. Г. ЖУЛИН , В. В. САВЕНКОВ. РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ВЕРТОЛЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ОТ ПОПАДАНИЯ ПОСТОРОННИХ ПРЕДМЕТОВ // Вестник УГАТУ, 2015. Т. 19, № 3 (69). С. 44–49 УДК 621.81, ISSN 2225-2789 (Online);
 3. МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ, ПРОВОЛОКА СТАЛЬНАЯ КАНАТНАЯ, Технические условия. ГОСТ 7372-79;
 4. Биркгоф Г. Гидродинамика. М.: Из-во иностранной литературы, 1963;
 5. Дейч М.Е. Техническая газодинамика (2-е изд.). М.: Госэнергоиздат, 1961;

6. ა. დუმბაძე, თ. გარდაფხაძე. მექანიკა, მასალათა გამძლეობა. საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი, თბილისი 2014 წ., ISBN 978-9941-0-7018-1.

Theoretical study of fragmenting birds caught in a safety net of an aircraft jet engines

Abstract

This paper presents a methodology based on two different approaches that define the conditions under which birds caught in a safety net placed at the inlet of an air turbine engine will be isolated. This refers to the speed at which the bird is hit, the mesh size of the net, the diameter of the wire mesh, the resistance of the mesh to strength etc. These characteristics are defined using a case study. The case of placing several nets in a row and the conditions of complete fragmentation of birds in them are discussed. Recommendations for determining the parameters of such protective mechanisms are developed.

ადამიანი-ოპერატორის მიერ ინფორმაციის დამუშავების პროცესის გამოკვლევა რადიოლოგაციის მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში

ს. ხომტარია¹, ო. ქართველიშვილი¹, ნ. ხომტარია¹

¹საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი, ქეთევან დედოფლის გამზირი №16, თბილისი,
0103, საქართველო

რეზიუმე

ნაშრომში წარმოდგენილია ნებისმიერ ერგატიულ სისტემაში ადამიანი-ოპერატორის ქმედების გამოკვლევა, კერძოდ, რადიოლოგაციური სისტემის ოპერატორისთვის ინფორმაციის შეკრებისა და დამუშავების პროცესი, ასევე, წარმოდგენილია მართვის ერგატიული სისტემის იმიტაციური მოდელის ფუნქციური სტრუქტურა დროის დეფიციტის დროს.

საკვანძო სიტყვები

ერგატიული სისტემა, რადიოლოგაციური სისტემა, მართვა ალგორითმი.

შესავალი

მართვის გადაწყვეტილების მიღება არის ერთერთი ყველაზე რთული პროცესი ადამიანის მოღვაწეობაში. მართვის სისტემებში დასაბუთებული გადაწყვეტილების აუცილებლობა, რომელიც ამა თუ იმ ხარისხით უნდა შეესაბამებოდეს დასმულ მიზანს, მიგვიყვანს ობიექტების შესახებ სხვადასხვა მახასიათებლების დაგროვების და სისტემატიზაციის ცოდნამდე. ამის მიზეზს წარმოადგენს გაურკვევლობა, რომელიც განპირობებულია ჩვენ ირგვლივ არსებული სამყაროს დინამიურობით.

აღნიშნულ პროცესებში განსაკუთრებულ როლს თამაშობს მოდელირება, როგორც მეთოდი ადამიანის ქმედებითობის შეცნობისათვის სხვადასხვა სამეცნიერო სფეროში. მოდელი წარმოადგენს შემეცნების თავისებურ ინსტრუმენტს, რომელსაც მკვლევარი იყენებს თავის თავსა და ობიექტს შორის ურთიერთობისთვის, მისი დახმარებით სწავლობს მისთვის გამოსაკვლევ ობიექტს. სწორედ მოდელირების მეთოდის ეს თავისებურება განსაზღვრავს სპეციფიკური ფორმების გამოყენებას, როგორცაა აბსტრაქციის, ანალოგიის, ჰიპოთეზისა და სხვა კატეგორიების შემეცნებითი მეთოდები. გარდა ამისა, გაურკვევლობა გადაწყვეტილების მიღების პროცესში კონკრეტულ ობიექტზე განიხილება

ფაქტორების რაოდენობით, რომლებიც განსაზღვრავს ობიექტის მდგომარეობას დროის მოცემულ მომენტში, ასევე, ობიექტის ურთიერთობას გარემოსთან.

პროცესის სირთულე არ წარმოადგენს დეტერმინირებულს, ასეთი სისტემები აღიწერება სიდიდებით, რომლებიც შესაძლოა იყოს ნაწინასწარმეტყველები, როგორც შემთხვევითი..

ფუნქცია, რომელიც უნდა შეასრულოს ადამიანმა მართვის ავტომატიზებულ სისტემაში, წარმოადგენს ინფორმაციის შეგროვებასა და მის დამუშავებას. საინჟინრო-ფსიქოლოგიური პროექტირება და სისტემის „ინდიკატორ-ოპერატორი“ საჭიროა წარმოვადგინოთ მოქმედების სტრუქტურის სახით. „მოქმედების სტრუქტურა წარმოადგენს ლოგიკურ და სივრცულ-დროთი მოქმედების ორგანიზაციას, რომლებიც უშუალო კავშირით მოქმედების შესრულების საშუალებებთან“ [1].

მოქმედების შესრულების საშუალებები იყოფა გარე: ინფორმაციის ასახვის საშუალებად და მართვის ორგანოების ინფორმაციულ მოდელად; შიდა: ცოდნა, გამოცდილება, ამოცანების ამოხსნის საშუალებები, კონცეპტუალური მოდელები.

მოცემული კვლევის საგანს წარმოადგენს ადამიანი-ოპერატორის მუშაობა რადიოლოგაციურ

და მონიტორიან სისტემებში, რომლებიც მართვის ავტომატიზებული სისტემების შემადგენელი ნაწილია. აღნიშნული სისტემების დახმარებით ხდება ინფორმაციის შეგროვება საჰაერო ობიექტის და სამიზნის, ასევე კოსმოსური მდგომარეობის შესახებ.

უმთავრესად გავრცელებულია რადიოლოკაციური სისტემები ჰაერ-საწინააღმდეგო დაცვის მეთოდებისთვის, ამიტომ საინტერესო საკითხს წარმოადგენს ჰაერ-საწინააღმდეგო რადიო-ელექტრო სადგურის ოპერატორის მოქმედების განხილვა.

ადამიანი-ოპერატორის მოქმედების შინაარსი შეიძლება აღწეროს შემდეგი სახით: ოპერატორი აწარმოებს საჰაერო სივრცის უწყვეტ მონიტორინგს, რომელიც ინდიკატორზე სიგნალის სახით გამოისახება. მან უნდა განსაზღვროს როგორც დაბრკოლება, ასევე სამიზნე სიგნალი.

ოპერატორის მორიგეობის დროის დიდ ნაწილში ინდიკატორზე ქაოტურად ჩნდება დაბრკოლებათა სიგნალები. სამიზნე სიგნალები ყოველთვის წარმოიქმნება მოულოდნელად და ხელისშემშლელი დაბრკოლების ფონზე მათი გარჩევა საგრძნობლად რთულია.

ადამიანი-ოპერატორის მოქმედების დაყოფა ელემენტარულ ოპერაციებად შესაძლოა კლასიფიცირდეს შემდეგნაირად:

1. დაბრკოლების მდგომარეობის ანალიზი;
2. რადიოლოკაციური სისტემის მუშაობის რეჟიმების ოპტიმიზაციის გადაწყვეტილების მიღება;
3. სასარგებლო სიგნალის აღმოჩენა და გამოცნობა, რომელიც არეკლილია სამიზნისგან.

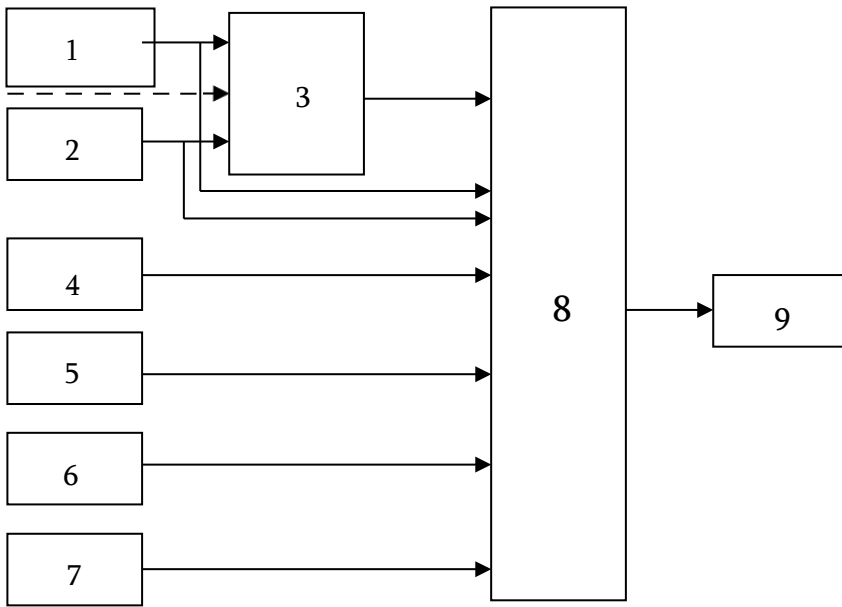
ოპერატორი აღმოაჩენს რა მიზანს, გამოიცნობს და აღწერს მას, განსაზღვრავს სახელმწიფოებრივ მიკუთვნებას, კოორდინატებს, მისი მოძრაობის პარამეტრებს, რადენობრივ შემადგენლობას და ა.შ. ამ აღწერას ის ახორციელებს სიტყვიერად ან დამხმარე მოწყობილობების მეშვეობით. ოპერატორის შემდგომი ზოგადი ფუნქციები შესაძლოა კლასიფიცირდეს შემდეგი სახით[2]:

1. კომპიუტერში სამიზნის კოორდინატების შეყვანა;
2. საჰაერო გარემოს ანალიზი;
3. სამიზნის თანხლება;
4. სამიზნის საშიშროების ხარისხის განსაზღვრა;
5. სამიზნის მიხედვით იარაღის განაწილება.

იმისდა მიუხედავად, რომ რადიოლოკაციური მონაცემების დამუშავებისთვის გამოიყენება ავტომატური დაჭერისა და სამიზნის თანხლების სხვადასხვა მოწყობილობები, ჩამოთვლილი ოპერატორის ფუნქციონალური მოვალეობები რჩება დღევანდელი დროის მთავარ ასპექტებად მის შრომაში.

ადამიანი-ოპერატორის განხილულ ფუნქციონალურ მოვალეობას წარმოადგენს სიგნალის აღმოჩენა და ამოცნობა დაბრკოლებების ფონზე. ამის შემდეგ ხდება გამოსახულების გარჩევა ინდიკატორის ეკრანზე და გადაწყვეტილების მიღება. ეს მდგენელები წარმოადგენს ურთიერთდაკავშირებულ ელემენტებს ერთიანი აღმოჩენისა და სიგნალების გარჩევის პროცესში.

ადამიანი-ოპერატორის მოქმედების სტრუქტურა შეიძლება წარმოვადგინოთ სურათზე გამოსახული სქემით:



სურ. 1 ადამიანი-ოპერატორის მოქმედების სტრუქტურა

სურათზე მოცემულია შემდეგი აღნიშვნები:

1 - დაკვირვების სიგნალისა და ფონის ნიშან-თვისების თავდაპირველი აღქმა;

2 - n-ური დაკვირვების სიგნალისა და ფონის ნიშანთვისებების აღქმა;

3 - მთლიანი გამოსახულების ფორმირების სიგნალი;

4 - მეხსიერებაში შენახული ეტალონური გამოსახულების ნიშანი;

5 - ასეთივე სიგნალების მეხსიერება;

6 - მიზნობრივი დაყენება;

7 - მოცემული სიტუაციის მუშაობის გადაწყვეტის ტიპი;

8 - გადაწყვეტილების ფორმირება;

9 - გადაწყვეტილება.

შეტანა და გამოტანის კვლევა შესაძლებელია გადაწყვეტილების მიღებით სტატისტიკური თეორიის და ადამიანი-ოპერატორის მუშაობის მათემატიკურ მოდელებით. ოპერატორის მუშაობის გამოსასვლელ პარამეტრებს წარმოადგენს: აღმოჩენის ალბათობა და სიგნალების გამოცნობის ალბათობა, ცრუ განგაშის ალბათობა, სიგნალების გამოტოვების ალბათობა,

სიგნალების გაშვების ალბათობა და გადაწყვეტილების მიღების დრო.

ადამიანი-ოპერატორის მოქმედების სტრუქტურა სიგნალების აღმოჩენისა და გამოცნობის ამოცანებში წარმოადგენს საფუძველს ადამიანის მუშაობის იმიტაციური სტატისტიკური მოდელების აგებისათვის[3,4].

მაჩვენებლების ეფექტურობის პოვნის ანალიტიკური მეთოდები გამოიყენება მხოლოდ ერგატიული სისტემების იმ მოდელებზე, რომლებსაც არ გააჩნიათ დროის დეფიციტი. მოცემული მეთოდი დაფუძნებულია მართვის კონტურში ოპერატორის სტრატეგიის ცვლილებაზე, რომელიც დამოკიდებულია დროის დეფიციტის შეფასებაზე, რომელიც წარმოადგენილია სისტემის მიერ ფუნქციონირების დროს. არჩეული სტრატეგიის შესაბამისად ოპერატორი მართვის პროცესში ცვლის i O_z მაჩვენებლებს tz და pz $z_j=1,2,3$, რომელიც

სრულდება Π_j პროგრამის მიხედვით, სადაც $j=1,2,3$. თუმცა ადაპტაცია შესაძლებელია მხოლოდ d მნიშვნელობის რამდენიმე დიაპაზონში, რომელიც შეზღუდულია ზღვრული დროითი დეფიციტის d_{in} სიდიდით. tz pz მაჩვენებლების დროის დეფიციტზე დამოკიდებულებას $d > 0$ დიაპაზონში აქვს არსებითად არასწორხაზოვანი ხასიათი. ამის მიხედვით ზღვრული დროითი

რესურსების ანალიზი საშუალებას გვაძლევს გამოვიკვლიოთ სისტემის ქცევა d მნიშვნელობისას dn სიახლოვეში და პოულობს \mathcal{Z}_y^{hk} ექსტრემალურ მნიშვნელობას ეფექტურობის მაჩვენებლების $hk \in H$ ამოცანის შესრულებისას. ამ მიზნისათვის სისტემური მოდელი გარდაიქმნება მოდელირებულ ალგორითმად და რეალიზდება პროგრამის კომპლექსის სახით კომპიუტერზე. ზღვრული დროითი რესურსების მეთოდით ერგატიული სისტემის ეფექტურობის პოვნის დროს მხედველობაში მიიღება გარე გარემოს ფაქტორები და ობიექტის მართვის დინამიკა, ანსხვავებს მოცემულ იმიტაციურ მოდელს უკვე ცნობილისაგან და აფართოებს მათ დახმარებით პრაქტიკული ამოცანების ამოხსნის წრეს. საგულისხმოა ისიც, რომ უკვე ცნობილი "საშუალოსტატისტიკური" ოპერატორის ქცევის მოდელირების დინამიური ინტეგრაციის სქემა, რომელიც წარმოადგენს მეთოდის საფუძველს. აღნიშნული გვაძლევს საფუძველს იმიტირება გაუკეთოთ ოპერატორების ინდივიდუალურ სტრატეგიას დროითი რესურსების გამოყენების მხრივ. განხილულ მოდელში სიდიდის შეფასება ხორციელდება თამაშთა თეორიის არსის დახმარებით – ვარგისიანობის ფუნქციის საშუალებით, რაც საშუალებას გვაძლევს ოპერატორების სხვადასხვა სტრატეგიების მოდელირება მოვახდინოთ $hk \in H$ ამოცანის ამოხსნის დროს.

წარმოდგენილი იმიტაციური მოდელი ერგატიული სისტემის (ეს) შეიცავს სხვადასხვაგვარ კომპონენტებს, რომელიც აღიწერება გარე გარემოს ფაქტორებით, მართვის ობიექტის თავისებურებით და ოპერატორის ქცევით. ურთიერთკავშირის ხასიათი ერგატიული სისტემის ცალკეულ კომპონენტებს შორის დროის დეფიციტის დროს, საერთო შემთხვევაში დაკავშირებულია დროის დეფიციტზე. ამასთან დაკავშირებით კომპონენტების ინტეგრაციის შემთხვევაში გაერთიანებულ მოდელში გამოიყენებენ სტატისტიკურ და დინამიკურ ინტეგრაციის სქემებს. ვინაიდან ძირითად პრინციპს რთული სისტემის ეფექტურობის მაჩვენებლის მნიშვნელობის პოვნის დროს წარმოადგენს განსაკუთრებული წარმოდგენითი მოდელი, გამოვიკვლიოთ მითითებული მეთოდის როლი და მნიშვნელობა, ერგატიული სისტემის იმიტაციური მოდელის სინთეზში დროის დეფიციტის დროს.

სტატისტიკური ინტეგრაცია, რომელიც აისახება tz და pz მაჩვენებლების ოპერაციის კავშირის დროს, მართვის ობიექტების პარამეტრებით, წინ უსწრებს დინამიკურ ინტეგრაციას და შეიცავს ანალიტიკური მოდელის ყველა ეტაპებს. პირველ ეტაპზე სრულდება სტრუქტურული ანალიზი, რომელიც ამკვიდრებს ურთიერთკავშირის სიტუაციას დროის დეფიციტის გარეშე სისტემის ფუნქციონირების დროს. ეს სიტუაცია აისახება Π_j პროგრამებში და L_j თანმიმდევრობაში. მეორე ეტაპზე სრულდება tz pz ოპერაციის მაჩვენებლების სტრუქტურული გათვლა. მაჩვენებლების მიღებული მნიშვნელობა განიხილება, როგორც საწყისი სრული დინამიკური ინტეგრაციისა, რომელიც სრულდება დროის დეფიციტის დროს.

სქემის დინამიკურ ინტეგრაციაზე გადასვლისას მიზანშეწონილია დაყენდეს სიტუაციის ურთიერთკავშირის ისტორია $d > 0$ მნიშვნელობისას, რაც აისახება $\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3$ პროგრამებში, ასევე თანმიმდევრობებს შორის $L_1 L_2 L_3$ სრულდება ძირითადი პროცედურა დინამიკური ინტეგრაციის, რომელიც შედგება $d_j \in D$ გათვლისაგან $d = \max\{d_i \in D\}$. მისი მნიშვნელობის შეფასება ხორციელდება სარგებლობის ფუნქციის მიხედვით, ამორჩევის და დროითი რესურსების გამოყენების სტრატეგიის რეალიზაციით. ეს სინთეზის ეტაპი ხორციელდება კომპიუტერზე, ვინაიდან ინტეგრაციის პროცედურა სრულდება ყოველი z -ური ოპერაციების მიხედვით L_j თანმიმდევრობიდან.

აქედან გამომდინარეობს დროის დეფიციტის დროითი რესურსების ანალიზის მეთოდის გამოყენება, დაკავშირებულია სინთეზის დასკვნით ეტაპთან და აგრეთვე სათანადო მათემატიკური უზრუნველყოფის შექმნასთან.

მიზანშეწონილია ასეთი მოდელის ინტერპრეტაცია განხორციელდეს სტოქასტიკური ქსელის სახით, რომელშიც სიგნალების ნაკადის მახასიათებლები განისაზღვრება გარემოს და სისტემის ტექნიკური რგოლის დარღვევის ურთიერთქმედებით, ამასთან მართვის პროცესი, რომელსაც არეგულირებს ოპერატორი შეიძლება აღწერილი იქნას, როგორც იმ სიგნალების (მოთხოვნების) მომსახურების პროცესი, რომლებიც შეიცავს ინფორმაციას სისტემის მდგომარეობის შესახებ. ამგვარად იმიტაციური მოდელი (სურ. 2) ემყარება ქსელში მოთხოვნების

ნაკადის მომსახურების პრინციპს. ეს არის უმთავრესი ფაქტორი სისტემის ფუნქციონირების აღსაწერად. აღნიშნულის გათვალისწინებით განვიხილოთ წესების ჩამოყალიბებისა და ფორმალიზაციის საკითხები, რომლებიც თავის მხრივ განსაზღვრავს მოთხოვნათა მომსახურების პროცესის მიმდინარეობას დროის დეფიციტის პირობებში. ამ პროცესის დროს გამოიყოფა ზემოქმედებათა მართვის ორი ძირითადი ხერხი:

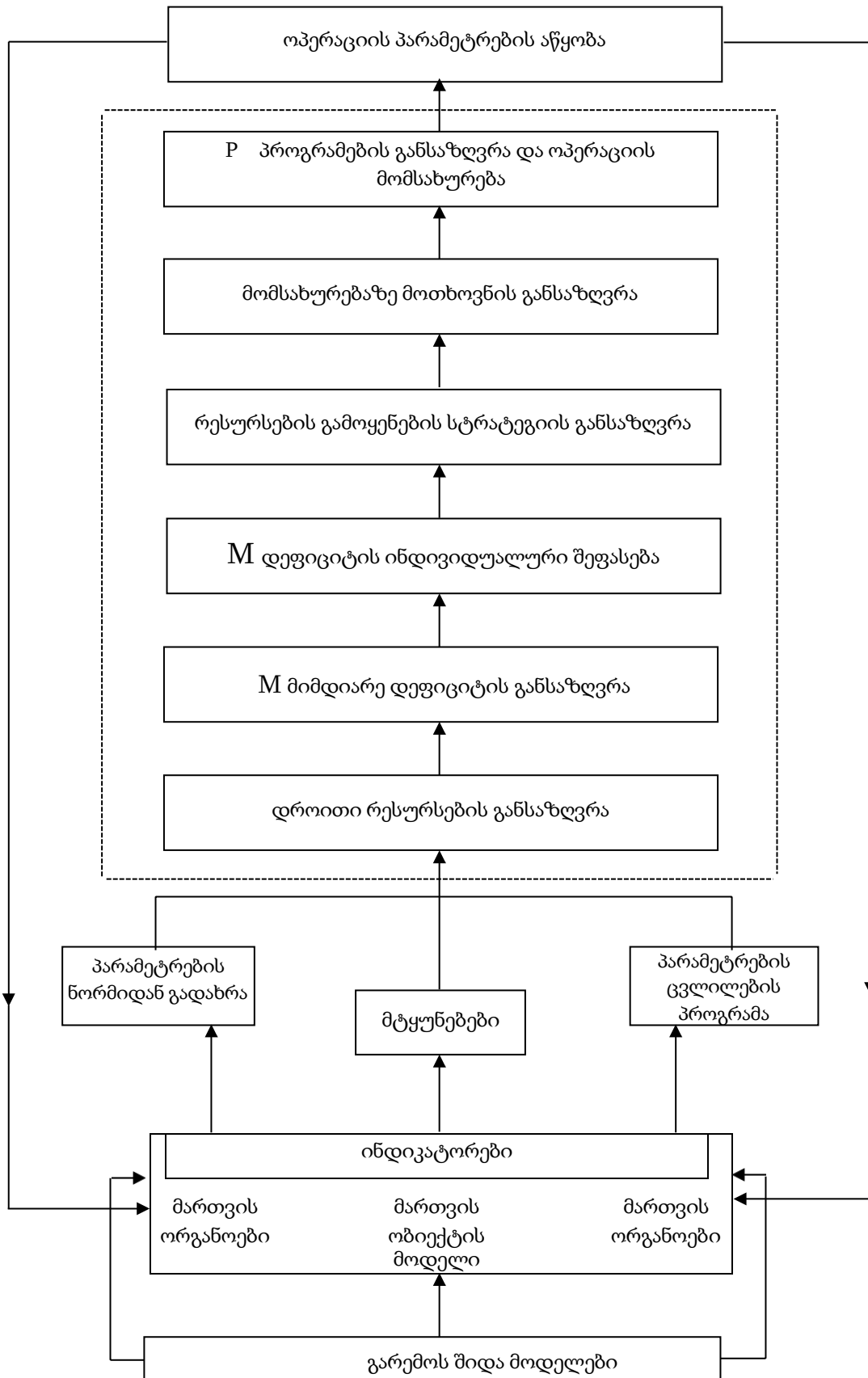
ა) $O_{z_{1,2}}$ ოპერაციების გამოყენება;

ბ) O_{z_3} კომპენსატორული ოპერაციების გამოყენება.

პირველ შემთხვევაში მიმართავენ შემდეგ წესებს:

1. თუ $d > 0$, მაშინ მომსახურება შედგება შემდეგი წესებისაგან, რომლებიც სრულდება მათი მნიშვნელობის ხარისხის მიუხედავად;
2. თუ $d = 0$, მაშინ d მნიშვნელობის ზრდის ასაცილებლად სრულდება დაბალი პრიორიტეტის მქონე ოპერაციებში, ამასთან t_z , p_z მაჩვენებლები არ იცვლება.
3. თუ $0 < d < d_n$, მაშინ მოთხოვნის წარმატებული მომსახურება იმყოფება ოპერატორის შესაძლებლობის მიღმა. მოცემულ შემთხვევაში ხდება წარმადობის შემცირება ამოცანის შესრულების ჩავარდნამდე და მაჩვენებლების t_z , p_z შეცვლა გაუარესებამდე.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ დროის დეფიციტის დროითი რესურსების ანალიზის რეალიზაცია და დამუშავების ის საკითხები, რომელიც განკუთვნილია ერგატიული სისტემის ეფექტურობის შეფასებისათვის შესაძლებელია აღიწეროს იმიტაციური მოდელის სახით, ხოლო შემდეგ ალგორითმული ფორმულებით რეალიზებულ იქნას კომპიუტერზე.



სურ. 2. მართვის ერგატიული სისტემის იმიტაციური მოდელის ფუნქციონირების სისტემა დროის დეფიციტის დროს

დასკვნა

სტატიაში განხილულია ერგატიული სისტემა, რომელიც ეხება ადამიანი-ოპერატორის მოქმედებას რადიოლოკაციური ინფორმაციის შეკრებისა და დამუშავებას ავტომატიზებულ სისტემასთან მუშაობისას. მართვის სისტემაში დასაბუთებული გადაწყვეტილების მიღება წარმოადგენს ერთერთ მნიშვნელოვან პროცესს, განსაკუთრებით ჰაერსაწინააღმდეგო რადიოლოკაციურ სისტემაში. სტატიაში წარმოდგენილია მართვის ერგატიული სისტემის ადამიანი-ოპერატორის მოქმედების იმიტაციური მოდელის ფუქციონირების სტრუქტურა დროის დეფიციტის დროს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Борисов А.Н. и др. Диалоговые системы принятия решений на базе мини-ЭВМ. Рига: Зинатие, 1986. - 195 с.
2. Математические методы принятия- решения в условиях неопределенности. Киев: ИК, 1990.
3. С. Хоштария, Ц. Хоштария, “Повышение надежности авиационных эргатических систем”. Международный научный журнал “Воздушный транспорт”, Тбилиси, 2015, №1(10), стр(94-101).(русск.).
4. С. Хоштария, Ц. Хоштария, “Повышение эффективности авиационных эргатических систем”. Международный научный журнал “Воздушный транспорт”, Тбилиси, 2014, №1(9), стр(14-18).(русск.).

Analyzing the information processing held by human-operator in automated radiolocation management systems

Abstract

The article discusses the issue of information processing held by a human-operator in automated radiolocation systems. There are given the structure and imitation model of actions of human-operator.

კონტურზე ხისტად ჩამაგრებული წრიული ფირფიტის ანგარიში წნევის წრფივი კანონით განაწილების შემთხვევაში

ს. ბლიაძე¹, ს. ბლიაძე¹, ნ. ბლიაძე¹

¹სსიპ სსტე „დელტა“, ბოგდან ხმელნიცკის ქ. 181, თბილისი, 0144, საქართველო

რეზიუმე

მოცემულ ნაშრომში მოცემულია კონტურზე ხისტად ჩამაგრებული წრიული სახის ფირფიტის ანგარიში წნევის წრფივი კანონით ცვლილების შემთხვევაში. სტატიაში მოცემულია ასეთი სახის ფირფიტების ანალიზი სიმტკიცეზე, მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში. მიღებულია ჩალუნვის ფუნქციის ანალიზური მნიშვნელობა და მლუნავ მომენტთა და დეფორმაციათა აღმწერი გამოსახულებები. მოცემულია ასევე გრაფიკული ინტერპრეტაცია.

საკვანძო სიტყვები

წრიული ფირფიტა, ძაბვები, ჩალუნვის ფუნქცია, მლუნავი მომენტები.

ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ კონტურზე ხისტად ჩამაგრებული რადიუსისა და h სისქის მქონე წრიული ფირფიტა, რომელის მთელ ზედაპირზე მოქმედებს წნევა რომელიც განაწილებულია $q = q_0 \cdot x$ წრფივი კანონით. ჩალუნვის ფუნქცია ვეძებთ შემდეგი სახით:

$$w = k \cdot x \cdot (x^2 + y^2 - r^2)^2 \quad (1)$$

სადაც k - ჯერჯერობით უცნობი მუდმივი კოეფიციენტი. დაწვრილოთ ფირფიტის ღრუბრულ-სივრცითი განტოლება

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{P_0}{D} \quad (2)$$
$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$$

სადაც $D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$, წარმოადგენს ცილინდრულ

სიხისტეს. ამასთან შევნიშნოთ, რომ h ფირფიტის სისქეა, ხოლო μ პუანსონის კოეფიციენტი, ხოლო E დრეკადობის მოდულია. (1) გამოსახულებაში

არსებითი მნიშვნელობა აქვს მეორე ხარისხის რადგანაც პირველი ხარისხი (2) განტოლებას არ დააკმაყოფილებს. გამოვთვალოთ (2) განტოლებაში შემავალი წევრები და ვნახოთ რა შემთხვევაში აკმაყოფილებს მას (1) გამოსახულება:

გამოვთვალოთ (2) დიფერენციალურ განტოლებაში შემავალი კერძო წარმოებულები:

$$\frac{\partial w}{\partial x} = k(x^2 + y^2 - r^2)(2x + y^2 - r^2 + 4x^2); \quad (3)$$

$$\frac{\partial w}{\partial y} = 4kxy(x^2 + y^2 - r^2); \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = k(20x^3 + 12xy^2 - 12xr^2); \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = k(12xy^2 + 4x - 4xr^2); \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} = 4ky(y^2 + 3x^2 - r^2);$$

$$\frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = k(60x^2 + 12y^2 - 12r^2);$$

$$\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} = 24kxy; \quad \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = 120kx; \quad \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = 24kx;$$

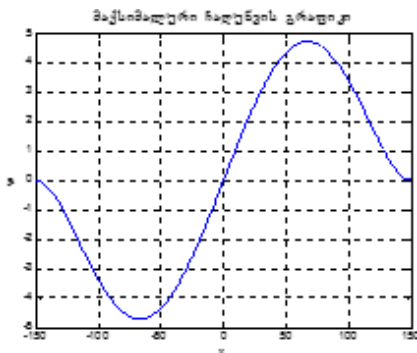
$$\frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} = 24kxy; \quad \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial^2 y} = 24kx;$$

ჩავსვათ მიღებული გამოსახულებები (2) დიფერენციალურ განტოლებაში მივიღებთ:

$$120kx + 2 \cdot 24kx + 24kx = \frac{q_0 x}{D} \Rightarrow k = \frac{q_0}{192D};$$

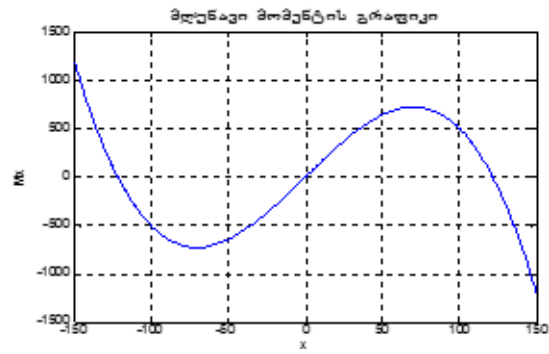
შესაბამისად ჩალუნვის ფუნქცია მიიღებს შემდეგ სახეს (იხ. ნახ. 1):

$$w = \frac{q_0 x}{192D} \cdot (x^2 + y^2 - r^2)^2 \quad (7)$$



ნახ. 1. ჩალუნვის ფუნქცია.

როგორც ჩალუნვის ფუნქციის გამოსახულებიდან ჩანს კონტურზე (წრეწირზე) მისი მნიშვნელობები ნულის ტოლია. რადგანაც ფირფიტა ხისტადაა ჩამაგრებული $\frac{\partial w}{\partial x}$ და $\frac{\partial w}{\partial y}$ ტოლი უნდა იყოს ნულის, მართლაც (3) და (4) გამოსახულებები შეიცავენ წრეწირის განტოლებას ე. ი. კონტურზე მათი მნიშვნელობებიც ტოლია ნულის. ამგვარად ჩალუნვის ფუნქცია აკმაყოფილებს სიხისტად ჩამაგრების პირობას. გამოვთვალოთ მლუნავი მომენტების მნიშვნელობები.



ნახ. 2. მლუნავი მომენტის გრაფიკი ox ღერძის გასწვრივ.

მარტივი გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ: გამოვთვალოთ მლუნავი მომენტის მნიშვნელობა oy ღერძის მიმართ.

$$M_x = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) = -D \left[\frac{q_0}{192D} (20x^3 + 12xy^2 - 12xr^2) + \mu \frac{q_0}{192D} (12xy^2 + 4x^3 - 4xr^2) \right] =$$

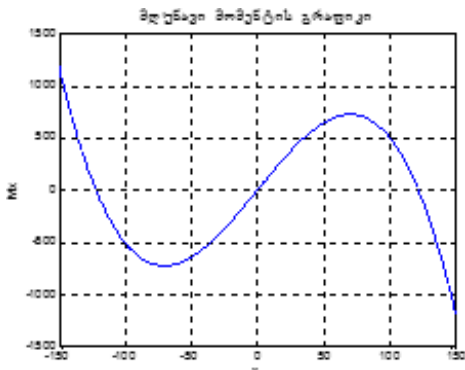
$$= -\frac{q_0 x}{48} \left[\mu + 5x^2 + 3y^2 (1 + \mu) - r^2 (3 + \mu) \right]; \quad (8)$$

ფირფიტის ცენტრში მომენტის მნიშვნელობა $(0;0)$ წერტილში ტოლია (ნახ. 2): $M_x|_{(0;0)} = 0$,

ხოლო ფირფიტის კიდეზე $(r,0)$ წერტილში

$$M_x|_{(r;0)} = -\frac{q_0 r}{48} [2r^2 + \mu(1 - r^2)].$$

$$M_y = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) = -\frac{q_0 x}{48} \left[5x^2 + 3y^2 (1 + \mu) - r^2 (3 + \mu) \right] \quad (9)$$



ნახ. 3. მლუნავი მომენტის გრაფიკი ფირფიტის კონტურზე xy ღერძის გასწვრივ.

ფირფიტის ცენტრში მომენტის მნიშვნელობა $(0;0)$

წერტილში ტოლია: $M_y|_{(0;0)} = 0$, ხოლო ფირფიტის კიდეზე $(r,0)$ წერტილში

$$M_y|_{(r;0)} = -\frac{q_0 r}{48} (2r^2 \mu + 1 - r^2) \quad (\text{ნახ. 3}) \quad (8) \quad \text{და} \quad (9)$$

$$Q_x = -D \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) = -D \cdot \frac{q_0}{192D} \cdot \frac{\partial}{\partial x} (20x^3 + 12xy^2 - 12xr^2 + 12xy^2 + 4x - 4xr^2) =$$

$$= -\frac{q_0}{192} \frac{\partial}{\partial x} (20x^3 + 24xy^2 - 16xr^2 + 4x) = -\frac{q_0}{192} (60x^2 + 24y^2 - 16r^2 + 4) =$$

$$= -\frac{q_0}{48} (15x^2 + 6y^2 - 4r^2 + 1)$$

$$Q_y = -D \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) = -\frac{q_0}{192} \cdot \frac{\partial}{\partial y} (20x^3 + 12xy^2 - 12xr^2 + 12xy^2 + 4x - 4xr^2) =$$

$$= -\frac{q_0}{192} \cdot \frac{\partial}{\partial y} (20x^3 + 24xy^2 - 16xr^2 + 4x) = -\frac{q_0}{4} xy.$$

ღუნვის დეფორმაციების განსაზღვრა მცირე ჩაღუნვების შემთხვევაში:

$$\varepsilon_x = -z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = -\frac{h}{2} \cdot \frac{q_0}{192D} (20x^3 + 12xy^2 - 12xr^2) = -\frac{q_0 h}{48D} (5x^3 + 3xy^2 - 3xr^2) =$$

ფორმულების ანალიზით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მაქსიმალური ძაბვა მიიღება

$$\sigma_x = -\frac{12Dz}{h^3} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right), \quad z = \frac{h}{2}$$

მივიღებთ:

$$\sigma_{\max} = -\frac{6M_x}{h^2} = -\frac{1}{8} \cdot \frac{q_0 r}{h^2} (2r^2 \mu + 1 - r^2).$$

გამოვთვალოთ მგრესავი მომენტი:

$$M_{xy} = -D(1-\mu) \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} = \frac{q_0 y (1-\mu)}{48} (y^2 + 3x^2 - r^2);$$

ძვრის მიერ გამოწვეული ძაბვა ტოლია:

$$\tau_{xy} = -\frac{6M_{xy}}{h^2} = -\frac{q_0 y (1-\mu)}{48h^2} (3x^2 + y^2 - r^2).$$

განვსაზღვროთ ფირფიტაზე მოქმედი გადამჭრელ ძალები [1,4]:

$$= -\frac{q_0 h x}{48D} (5x^2 + 3y^2 - 3r^2);$$

$$\varepsilon_y = -z \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = -\frac{h}{2} \cdot \frac{q}{192D} (12xy^2 + 4x^3 - 4xr^2) = -\frac{hq}{48D} (3y^2 + x - r^2).$$

$$\text{განვსაზღვროთ ძვრის დეფორმაცია: } \gamma_{xy} = -2z \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} = -2 \cdot \frac{h}{2} \cdot 4 \cdot \frac{q}{192D} (3x^2 + y^2 - r^2) = -\frac{qh}{48D} (3x^2 + y^2 - r^2).$$

დასკვნა

მიღებულია მართკუთხა კოორდინატა სისტემაში ჩალუნვის ფუნქციის გამოსახულება, ასევე მიღებულია ორივე ღერძის მიმართ მღუნავი მომენტების და გადამხრელ ძალთა გამოსათვლელი ფორმულები, მოყვანილია ამონახსნთა გეომეტრიული ინტერპრეტაცია ox და oy ღერძის გასწვრივ, ასევე მოცემულია დეფორმაციათა გამოსათვლელი ფორმულები მცირე ჩალუნვების შემთხვევაში.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Тимошенко С.П. и Войновский-Кригер С. Плфстинки и оболочки. Москва. Изд. "Наука", 1966 г., 636 стр.
2. Жемочкин Б.Н. Теория упругости. Москва. Гос. Издательство литературы по строительству и архитектуре. 1957 г., 257 стр.
3. Вайнберг Д.В. Вайнберг Е.Д. Расчет пластин. Киев, Изд. "Бндивельник", 1970 г., 437 стр.
4. Ventsel E., Krauthammer T. Thin Plates and Shells. New York. Basel, Marcel Dekker, Inc. 2001, 651p

Calculation along the contour of a rigidly fixed circular sheet with a linear pressure distribution

Abstract

An image of the deflection function in a rectangular coordinate system was obtained, formulas were also obtained for calculating bending moments and shearing forces in both axes, and formulas were derived for calculating deformations at small deflections. A geometric interpretation of the solutions is given.

დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიებით მართვის ოპტიმიზაცია

ლ. მეტრეველი¹

¹საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი, ქეთევან დედოფლის გამზირი 16, ქ. თბილისი, 0103, საქართველო

რეზიუმე

XXI საუკუნის საგანმანათლებლო სისტემის თანამედროვე მოთხოვნები და პრინციპები, ტექნიკური პროგრესი და ტექნიკური პროცესები ახალ-ახალ პრობლემებს ქმნის და დიდ ზეგავლენას ახდენს ქვეყანაში მიმდინარე განათლების რეფორმების პროცესებზე. რა თქმა უნდა, საჭიროა არსებული საგანმანათლებლო სისტემის ტრანსფორმაცია, მართვის ახალი ფორმებისა და ტექნოლოგიების, სწავლების მეთოდებისა მიზნის გზების ძიება. ეს გზა კი ახალ საინფორმაციო ტექნოლოგიებზე გადის. თუ ამ გზას გავყვებით, მაშინ ობიექტური სინამდვილის ასახვისათვის ჩვენი აღქმის აპარატი უნდა გადაეწყოს ვირტუალურზე, რასაც განსაზღვრული ადგილი უკავია ევოლუციური ცვლილებების გზაზე და აპრიორულს უახლოვდება. მიზნის მისაღწევად საჭიროა არსებული პედაგოგიური გამოცდილებისა და მეცნიერული კვლევების შერწყმა, თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიებთან. ეს შეთანხმებული ურთიერთმოქმედება, ცხადია, გამოიწვევს საგანმანათლებლო სივრცის ხარისხობრივ ცვლილებებს და ამოატივტივებს სწავლების ახალი ტექნოლოგიების ნაირსახეობას, რომელიც განსაზღვრავს განათლების მომავალს, და მასზე დაყრდნობით საფუძველი ეყრება ჩვენი ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებას, დანარჩენ სამყაროსთან ადაპტირებასა და ინტეგრირებას მსოფლიო საზოგადოებაში.

საკვანძო სიტყვები

დისტანციური სწავლება, ოპტიმიზაცია, საგანმანათლებლო ტექნოლოგიები, პედაგოგიური გამოცდილება, ინტერნეტ განათლება.

შესავალი

საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ბოლო წლებში, როგორც თეორიული, ასევე გამოყენებითი თვალსაზრისით, ინტენსიურად განიხილება დისტანციურ სწავლებაზე დაფუძნებული საგანმანათლებლო ტექნოლოგიები. ინტერესი გამოწვეულია იმ გარემოებით, რომ დისტანციური სწავლება უზრუნველყოფს განათლების და სამეცნიერო, კულტურული, საინფორმაციო რესურსების ფართო და სწრაფ მისაწვდომლობას. წარმოადგენს რა განათლების ინფორმატიზაციის შედეგს, დისტანციური სწავლება შედის უმაღლესი განათლების სისტემაში, როგორც სპეციალისტების მომზადების სრულფასოვანი, პერსპექტიული ფორმა.

დისტანციური სწავლების განვითარება უმაღლესი განათლების სისტემის შემადგენელი ნაწილია და წარმოადგენს სტუდენტთა სწავლების ტრადიციული მოდელებიდან უფრო თანამედროვე, ახალ ინფორმაციულ ტექნოლოგიებზე ორიენტირებულ მოდელებზე გადასვლას, დისტანციურ სწავლების ფორმას შესწევს უნარი იქცეს უმაღლესი განათლების პროგრესული რეფორმის მამოძრავებელ ძალად, შესაძლებელი გახადოს პროფესიული ცოდნის ათვისების რეპროდუქციული პარადიგმიდან აქტიურზე გადასვლა, უზრუნველყოს XXI საუკუნის პოსტინდუსტრიული და ინფორმაციული საზოგადოების მოთხოვნათა შესაბამისი, აქტიურისა და კონსტრუქციულის ერთობლივ მოღვაწეობაზე დამყარებული განათლების მიღება.

სწორედ, ასეთი ნაირსახეობის ერთ-ერთი ფორმაა დისტანციური სწავლება, რომელსაც

თანამედროვე პედაგოგიკური ტერმინოლოგიით, ინტერნეტ – განათლების ტექნოლოგია ეწოდება. აღსანიშნავია, რომ ინტერნეტ განათლების მიმართულება დღეისათვის წარმოადგენს სწრაფად განვითარებად ტექნოლოგიებს, მას დიდი ყურადღება ექცევა მსოფლიო საგანმანათლებლო სივრცეში და განსაკუთრებული ადგილი უკავია სახელმწიფო პროგრამებში.

ძირითადი ნაწილი

დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიებით მართვის ოპტიმიზაციის საკითხების განხილვისას განსაკუთრებულ ყურადღებას ვუთმობთ ინტერნეტის გამოყენებას, როგორც კომუნიკაციის საშუალებას.

ოპტიმიზაციის არსში ვგულისხმობთ დისტანციური სწავლების, როგორც განსაზღვრული მოვლენისა და მისი ცალკეული ელემენტების ღონისძიებათა მთელ კომპლექსს. მიმართულს ფუნქციონერების, ადაპტირების და განვითარების პერსპექტივებისაკენ. მეორე მხრივ, მართვის ოპტიმიზაცია, შეიძლება განვიხილოთ, როგორც მმართველობითი მოღვაწეობის ერთ-ერთი სტადია. ამ სტადიის რეალიზება ხდება მმართველობითი მოღვაწეობის დასკვნით ეტაპზე და მიმართულია მართვის ეფექტურობის ამაღლებისაკენ. მართვის ოპტიმიზაცია, ასევე შესაძლებელია განხორციელდეს მართვის კონკრეტულ სტადიაზეც. ოპტიმიზაციის პარამეტრებს წარმოადგენს კონკრეტული ტექნოლოგიების ემპირიული დახასიათებები.

დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიებით მართვის ოპტიმიზაცია განიხილება, როგორც პროცესი, რომელშიც რეალიზდება მაქსიმალურად ეფექტური მართვის სპეციფიკა. ამიტომ, დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიების მართვისათვის აუცილებელია მართვის ოპტიმიზაციის გატარება. ოპტიმიზაცია (ლათინური optimum - საუკეთესო) განსაზღვრული ფუნქციის ექსტრემუმის არსებობის პროცესია (გლობალური მაქსიმუმის ან მინიმუმის), აღნიშნავს ე. იაკუბაიტსი. სპეციალისტები თვლიან, რომ ამ მეთოდების გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მკაცრად არის დასმული ამოცანა: დასმულია ცვლად ფუნქციათა კომპლექსი, დადგენილია მათი შესაძლო ცვლილებათა სფერო (შეზღუდვათა ამოცანები) და განსაზღვრულია ამ ცვლადთაგან მიზნობრივი

ფუნქციის სახეობა (ფუნქცია, რომლის ექსტრემუმიც მოსაძებნია). ე. სოტნიკოვა იზიარებს აზრს, რომ დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიებით მართვის ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწერა პრობლემატურია, რადგან ერთი მხრივ, შეუძლებელია მკაცრად, მათემატიკური ხერხით აღვწეროთ მრავალი ცვლადის ფუნქცია (სწავლების ხარისხი, მოსწავლის მოტივაცია, ინდივიდუალური შესაძლებლობები და ა. შ.) მეორე მხრივ, ასევე არ არის განსაზღვრული დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიების მიზნობრივ ფუნქციათა სახე. იმდენად, რამდენადაც მიზნობრივი ფუნქცია წარმოადგენს დასახული მიზნის მიღწევის ხარისხის შეფასების რაოდენობრივ საზომს (კრიტერიუმს), ხოლო მათემატიკური ანალიზის მეთოდით მართვის ოპტიმიზაციის შესაძლებლობებით სარგებლობა გართულებულია. ასეთ შემთხვევაში დასმული ამოცანის გადაჭრა შესაძლებელია სოციალური - მართვის ცოდნის გამოყენებით.

მართვის ოპტიმიზაციის მექანიზმი ეფუძნება საბაზო მართვითი ფუნქციის განხორციელებას, მოცემული სფეროს სპეციფიკასა და სოციალური მნიშვნელობის გათვალისწინებით. რადგან ჩვენ მართვის ოპტიმიზაცია შევისწავლეთ უმაღლესი განათლების სფეროში მისი გამოყენების თვალსაზრისით, რომელიც თავის მხრივ საზოგადოებრივი ცხოვრების სოციალური სფეროს ნაწილს წარმოადგენს, შესაძლოა ვისაუბროთ მართვის სოციალურ ხასიათზე.

რამდენადაც დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიები სახელმწიფო განათლების სისტემის კომპეტენციას წარმოადგენს, ამიტომ მათი მეშვეობით მართვა პირველ რიგში ხორციელდება ამ ფაქტორთა ჩარჩოებში, რომლებიც საზღვრავს განათლების ეფექტურ მართვას მთლიანად და კერძოდ, დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიებს.

როგორც ცნობილია, განათლების სფეროში მართვის სტრატეგიისა და ტექნიკის ფორმირებაზე გავლენას ახდენს რამდენიმე ფაქტორი: საზოგადოების განვითარების სოციალურ - ეკონომიკური ფაქტორები (მოსწავლეთა კონტიგენტი, სოციალური ჯგუფების საგანმანათლებლო მოთხოვნები, მატერიალურ-ტექნიკური შესაძლებლობები და ა. შ. სამეცნიერო-ტექნიკური პროცესი (იმ ახალ ტექნოლოგიათა, საშუალებათა, მეთოდთა შექმნა, რომელნიც საჭიროებს მართვას); მართვის ტრადიციები (მართვის ძირითადი მიდგომები, მეთოდები და პრინციპები) და სახელმწიფოს სოციალური

პოლიტიკა (საზოგადოების განვითარებაში განათლების ადგილი და როლი). ფაქტორთა მოცემული კომპლექსი ხასიათდება ურთიერთქმედებისა და დეტერმინაციის დამოკიდებულებების არსებობით, რამდენადაც დისტანციური სწავლება სახელმწიფო განათლების სისტემის ნაწილს წარმოადგენს. საგულისხმოა, რომ ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორები გავლენას ახდენდა და ამჟამადაც ახდენს მართვის ფორმირებაზე.

გავანალიზებთ რა ჩვენ მიერ მოძიებული და დამუშავებული სამეცნიერო წყაროები, გამოვყავით დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიებით მართვის სტრუქტურის სამი დონე, სადაც დონის კრიტერიუმს მართვის კონკრეტული სუბიექტი წარმოადგენს.

პირველ დონეზე პედაგოგი სწავლების ტექნოლოგიის პროცესს არსებული მეთოდური ინსტრუქციებიდან და მდგომარეობიდან გამომდინარე, აკონტროლებს და მართავს მას. უკუკავშირი იძლევა მსმენელთა განსზღვრული მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიღებისა და სასწავლო პროცესში კორექტივების შეტანის საშუალებას. ეს არის შიგა მართვა ტექნოლოგიურ სწავლებასთან მიმართებაში, რადგან პედაგოგი წარმოადგენს მის ელემენტს.

მეორე დონეზე ტექნოლოგიებით მართვის სუბიექტს წარმოადგენს უმაღლესი სასწავლო დაწესებულება, სადაც განხორციელებას პოულობს აღნიშნული ტექნოლოგია. უმაღლესი სასწავლო დაწესებულებების მიერ ტექნოლოგიებით მართვა მდგომარეობს სასწავლო ტექნოლოგიების დაგეგმვაში. აღწერილი მმართველობითი ფუნქციების განსახორციელებლად უმაღლეს სასწავლებელს ესაჭიროება სოციალურ-პედაგოგიური კვლევის ჩატარება. გადაწყვეტილების მიღების ბაზას წარმოადგენს ნორმატიული აქტები (სახელმწიფოს მითითებები, სამთავრობო დადგენილებები, ბრძანებები), რომელიც ახდენს განათლების საკითხთა რეგლამენტირებას.

მესამე დონეზე დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიებით მართვის სუბიექტს წარმოადგენს სახელმწიფო ხელისუფლება და სამმართველოები, რომლებიც არა მარტო აქტიურად მონაწილეობენ მართვის პროცესში, არამედ მასზე ირიბად ზემოქმედებენ შესაბამისი ნორმატიული სამართლებრივი აქტების მეშვეობის და მიღების გზით, რომლებიც აკრიტიკებენ და განმარტავენ მოქმედ კანონმდებლობას განათლების სფეროში. რამდენადაც სამართალი არის საზოგადოებრივი

ცნობიერების ფორმა, რომლის არსიც სოციალურ რეგულაციაში მდგომარეობს, მაშინ სასწავლო მოღვაწეობის ნორმატიულ-სამართლებრივი უზრუნველყოფა შეიძლება განვიხილოთ, როგორც სოციალური მმართველობის სახეობა, რომლის სუბიექტსაც დღეს წარმოადგენს სახელმწიფო მმართველობის ორგანოები განათლების სფეროში, რამდენადაც საკანონმდებლო ფუნქციებს ამგვარებენ სახელმწიფო მართველობითი ორგანოები და სამმართველოები. იმდენად მესამე დონეზე შესაძლოა ვისაუბროთ სახელმწიფო მმართველობის დისტანციური შესწავლისა და დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიების, როგორც ნაწილის სწავლებაზე. სახელმწიფო მართვის ფორმირების სოციალური მექანიზმი იმაში მდგომარეობს, რომ მმართველობითი გადაწყვეტილების მიღებისას აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს ზემოხსენებულ რგოლთა მოქმედი კანონმდებლობისა და კონკრეტული მართვის ობიექტის მმართველობითი მოთხოვნების მითითება, რომელიც მოიცავს მოცემულ გადაწყვეტილებებს ამ ქმედებებს.

სოციალური მმართველობის მიზნების შეხედულებებიდან გამომდინარე, შეიძლება ვიგულისხმოთ, რომ დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიათა სფეროს ოპტიმიზაცია და მოწესრიგება წარმოადგენს მმართველობითი მოღვაწეობის დადებით შედეგს, მაქსიმალური ეფექტის მისაღწევად აუცილებელია გონივრულად და სრულად განხორციელდეს მმართველობითი ფუნქციები. საგულისხმოა, რომ დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიებით ოპტიმალური მართვა აიგება დისტანციური სწავლების პრინციპების გათვალისწინებით, ისეთი ფუნქციების რეალიზებაზე როგორცაა:

- მონიტორინგი მოტივირებულ, პროფესიულ და საგანმანათლებლო გარემოში ცვლილებათა პრინციპებისა. მონიტორინგის ობიექტი წარმოადგენს დემოგრაფიულ, კულტურული, სტრუქტურული, შრომითი და სხვა პარამეტრები, რომლებიც დაკავშირებულია სტუდენტთა პოტენციურ კონტიგენტთან; დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ისეთ სოციალურ-ეკონომიკურ ფაქტორებს, რომლებიც გავლენას ახდენს მოსახლეობის საგანმანათლებლო მომსახურეობის მოთხოვნებზე.
- მარკეტინგი საგანმანათლებლო მომსახურებისა. იგი ხორციელდება შესაბამისობის მექანიზმის მოსაწესრიგებლად ადამიანის დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიების საგანმანათლებლო მოთხოვნილებისა და შესაძლებლობებს შორის.

- მიზანდასახვა - დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიებით მართვის პროცესში თავს იჩენს გარკვეული მიზნის დასახვისა და მიღწევის საჭიროება. მათ შეიძლება ჰქონდეთ სხვადასხვა მოცულობა და შინაარსი საგანმანათლებლო მოღვაწეობის მონაწილეთათვის. (მიზანდასახვის მიზანს და არა მარტო მიზნის დასახვა და მიღწევა წარმოადგენს, არამედ უზრუნველყოფს ურთიერთმეხამებასაც);
- დაგეგმარება მოიცავს სამუშაოთა კომპლექსს, გეგმიური დავალებების დაგეგმვისას დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიების, მათი რეალიზების სწავლებისა და ნორმალური ფუნქციონირების უზრუნველყოფისა და მხარდაჭერის სფეროში; ასევე მმართველობითი თვალსაზრისითაც სასარგებლოა დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიათა განვითარების სტრატეგიული გეგმის შემუშავება.
- პროგნოზირება - გარემოზე სხვადასხვა ფაქტორების (მაჩვენებლების, პარამეტრების) გათვალისწინებით დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიების ხანგძლივ პერსპექტივების განვითარებასა და მიდგომის შესწავლა; მნიშვნელოვანია ალტერნატიული მაჩვენებლებისა და პარამეტრების მომზადება, რომლებიც განსაზღვრავს დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიებისა და შესაძლო ტენდენციების ვარიანტული განვითარების მდგომარეობას;
- ორგანიზაცია - დადის დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიების სფეროში ადამიანური რესურსების გაერთიანებაზე, ერთობლივი შემუშავების, დანერგვის, გავრცელების, კონტროლის, მართვისა და სხვა სახის მოღვაწეობისათვის. გარდა ამისა, აუცილებელია მართვის ორგანოების შექმნა, მართვის აპარატის სტრუქტურის აგება, სამმართველო ქვედანაყოფის შორის ურთიერთობების დამყარება. წესთა, ნორმათა და მეთოდთა შემუშავება.
- საკადრო უზრუნველყოფა მდგომარეობს მაღალკვალიფიციური სპეციალისტების შერჩევაში, რომელნიც ფლობენ თანამედროვე ტელე საკომუნიკაციო საშუალებების, მათი დანერგვის გამოცდილებას და საგანმანათლებლო პროცესს დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიების საფუძველზე.
- რეგულარობა გულისხმობს მოღვაწეობის სასწავლო დაწესებულებაში არსებული გარკვეული წესრიგისათვის დაქვემდებარებას;

ძირითადად რეგულირებას ექვემდებარება მიმდინარე ღონისძიებანი გეგმიური მაჩვენებლებიდან და ნორმებიდან გადახვევის აღმოსაფხვრელად;

- კოორდინაცია უზრუნველყოფს ურთიერთობათა ერთიანობის მართვის ობიექტის, მართვის სუბიექტის, მართვის აპარატის და ცალკეული თანამშრომლებისა, ანუ უზრუნველყოფის შეთანხმებულ ფუნქციონირებას დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიებით მართვის ყველა ელემენტთან;
- კონტროლი გულისხმობს მმართველობითი გადაწყვეტილებების სრულ და სწორ შესრულებას - დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიების ფუნქციონირების და გეგმიური მაჩვენებლების შესაბამისობას ორგანიზაციის შემოწმებისას;
- ტექნოლოგიური მმართველობა გულისხმობს პედაგოგიურ მართვის დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიების სწავლების პროცესში მისი ეფექტურობის ამღლების მიზნით.

ოპტიმალური მართვის ფუნქციები ახდენს დისტანციური სწავლების სოციალური, მმართველობითი და პედაგოგიური პროცესების რეალიზებას. ასე, მაგალითად, მართვის უწყვეტობის და მოქნილობის პრინციპის ეფექტური რეალიზებისათვის საჭიროა საქმიანობის, პროგნოზირების და კოორდინაციის გატარება. ცხოვრებაში იდენტიფიკაციისა და რეგლამენტების პრინციპების გასატარებლად საჭიროა დაგეგმვა და კონტროლი. დისტანციური სწავლების მართვის დეცენტრელიზაციისა და დემოკრატიზაციის პრინციპები დაკავშირებულია რეგულირების მონიტორინგთან, სტიმულირებასთან, თვითმმართველობასთან, ტექნოლოგიური მართვის ფუნქციებთან, მთლიანობაში ჩვენს მიერ განხილული ყველა ფუნქციის რეალიზება ხდება ოპტიმალური მმართველობის პირობებში.

დასკვნა

ამრიგად, დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიებით ოპტიმალური მართვა არის არა მარტო უწყვეტი, არამედ მრავალვალფუნქციური პროცესიც, რომელშიც ერთმანეთს ერწყმის სტანდარტული და ინოვაციური კომბინაციები, მოქნილობა და არა ორდინალურობა, განსაზღვრულ საგანმანათლებლო სიტუაციაში.

დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიებით მართვის ოპტიმალურობა ბევრად დაამოკიდებული აღწერილი ფუნქციების სისრულისა და თანამიმდევრულობის რეალიზებაზე. ამავე დროს, მართვის უწყვეტობა უზრუნველყოფს ფუნქციების თანამიმდევრულობას და „მოქნილობას“.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. გოჩა ჩოგოვაძე, ვალენტინა მირზოევა - იუნესკოს გლობალური გამოწვევები და საქმიანობა - შრომები მართვის ავტომატიზებული სისტემები N 2 (26)თბილისი

2. Елагина, В. С. и др. (2010) Самостоятельная работа студентов в педагогическом вузе / Современные наукоемкие технологии. № 10
3. Чорненкоий Я. Я. та ін. (2006). Основы нанковых досліджень. Организация самостийной та наукової роботи студента. К., ВД «Професіонал».
4. რელფმანი ე. რ. სასწავლო ინფორმაციის კონსტრუირების ფსიქოლოგიური საფუძვლები /პედაგოგიკის სასწავლო სახელმძღვანელო მ. 1998წ./ჩოგოვაძე გ. - შრომები მართვის ავტომატიზებული სისტემები N 2 (26)თბილისი

Optimizing management of distance learning with the help of technologies

Abstract

Modern requirements and principles, technical progress and technical processes of the 21st century education system create new problems and have a major impact on ongoing education reform processes in the country. Of course, there is a need to transform the existing education system, to seek new ways of management and technologies, ways of teaching. If we follow this progress, our perception apparatus must be turned into the virtual side to reflect reality, which is at the forefront of evolutionary change. To achieve this, it is necessary to combine existing pedagogical experience and scientific research with modern information technologies. This agreed interaction will, of course, lead to qualitative changes in the educational space and will highlight new teaching technologies that shape the future of education and build upon our country's socio economic development, adaptation and integration with the rest of the world.

სითხის მოლეკულების ზომებისა და კონცენტრაციის გამოთვლა ლაბორატორიულ პირობებში

ნ. თავაძე¹, ო. კეთილაძე², მ. ჩიხლაძე²

¹ საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი, ქეთევან დედოფლის გამზირი №16, თბილისი, 0103, საქართველო

² საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტი, კოსტავას 77, თბილისი, 0175, საქართველო

რეზიუმე

ნაშრომში მოცემულია სასწავლო ლაბორატორიებში იოლად ხელმისაწვდომი ცდების საშუალებით, წყლის მაგალითზე, ზოგიერთი სითხის მოლეკულათა წირითი ზომების და კონცენტრაციის გამოთვლის მეთოდი. მოყვანილია გამოთვლათა სიზუსტის შეფასების ერთ-ერთი გზა.

საკვანძო სიტყვები

ენერგეტიკული მდგომარეობა, ზედაპირული დაჭიმულობის ენერგია, ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი, ზმის ენერგია.

ნივთიერებათა დისკრეტული აღნაგობის შესახებ წარმოდგენა სათავეს ძველი ბერძნებიდან იღებს, თუმცა მხოლოდ XVIII საუკუნის დასაწყისიდან დაიწყო ამ იდეის მეცნიერული შესწავლა. XIX საუკუნის მიწურულიდან მთელი რიგი მკვლევართა შრომების საფუძველზე შეიქმნა ნივთიერებათა დისკრეტული აღნაგობის მეცნიერული თეორია.

ექსპერიმენტების საშუალებით ნივთიერებათა სტრუქტურის კვლევა, კერძოდ შემადგენელი ნაწილაკების (მოლეკულის, ატომის, იონის) წირითი ზომების განსაზღვრა მათი მიკროსკოპული მნიშვნელობათა გამო უდიდეს სირთულეებთანაა დაკავშირებული. მხოლოდ XX საუკუნის შუა პერიოდიდან კვანტური ფიზიკისა და ტექნოლოგიების განვითარებამ შესაძლებელი გახადა ისეთი მძლავრი მიკროსკოპების შექმნა (ოპტიკური, რენტგენული, ელექტრონული, ატომურ-ძალოვანი), რომლებმაც ელექტრომაგნიტური ტალღისა და ელემენტარული ნაწილაკების კონის ნივთიერებაში ინტერფერენციისა და დიფრაქციის მოვლენათა საფუძველზე შესაძლებლობა შექმნა უხილავი გაეხადა „ხილული“. აღნიშნული აპარატურები იმდენად ძვირადღირებულია, რომ

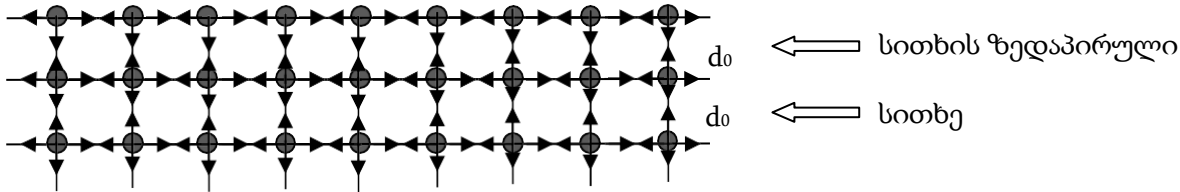
არათუ სკოლებს და კოლეჯებს, არამედ უმაღლესი სასწავლებლების დიდ ნაწილსაც არ ხელეწიფება მათი შეძენა და მით უმეტეს სასწავლო პროცესებში გამოყენება.

ამ სიძნელის დასაძლევად, ჩვენი აზრით, იოლად ხელმისაწვდომი ცდების საშუალებით შესაძლებელია სასწავლო ლაბორატორიების პირობებში ზოგიერთი სითხის მოლეკულათა წირითი ზომების და კონცენტრაციის გამოთვლა და დაშვებული ცდომილებების გაანალიზება.

უმაღლესი დაშვება, რაც ქვემოთ მოყვანილ მსჯელობას უდევს საფუძველად, მდგომარეობს შემდეგში: სითხეში მოლეკულების განლაგება იმდენად მჭიდროა, რომ d_0 მანძილი ორ მეზობელ მოლეკულის ცენტრებს შორის მოლეკულის წირითი ზომის რიგისაა და შესაბამისად მოლეკულის მოცულობა $V_0 \approx d_0^3$.

სითხის ზედაპირსა და სიღრმეში მყოფ მოლეკულათა ენერგეტიკული მდგომარეობა განსხვავებულია. ნახაზზე მოცემულია სითხის მოლეკულათა განლაგების ორგანოზომილებიანი მოდელი. საიდანაც ჩანს, რომ სითხის სიღრმეში მყოფი მოლეკულა ურთიერთქმედებს იგივე ტიპის ექვს მოლეკულასთან, რის გამოც ერთ

კავშირზე მოდის მოლეკულის ბმის ენერჯის მეექვსედი - $W_{0bm} / 6$.



ზედაპირზე მყოფი მოლეკულა ურთიერთქმედებს იგივე ტიპის ხუთ მოლეკულასთან ამიტომ მისი ბმის ენერჯიაა $5W_{0bm} / 6$ და ის $W_{0bm} / 6$ -ით განსხვავდება სიღრმის მოლეკულის ბმის ენერჯისგან. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ბმის ენერჯია უარყოფითია, მაშინ გამოდის, რომ ზედაპირის მოლეკულის ენერჯია $W_{0bm} / 6$ -ით აღემატება სიღრმის მოლეკულის ენერჯას. ზედაპირის მოლეკულათა ეს „ჭარბი“ ენერჯია ქმნის ზედაპირული დაჭიმულობის ენერჯას $W_{zed} = \sum W_{0bm} / 6$ და განაპირობებს ზედაპირული დაჭიმულობის ძალების არსებობას.

რადგან სითხის მოლეკულებს ახასიათებთ უმჭიდროესი განლაგება, ამიტომ ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი (ზედაპირული დაჭიმულობის ენერჯის სიმკვრივე), შეიძლება ასე ჩავწეროთ:

$$\sigma = \frac{W_{zed}}{S} = \frac{W_{0zed}}{S_0} = \frac{W_{0bm}}{6S_0},$$

(S_0 მოლეკულის ფართობია)

$$\text{საიდანაც } W_{0bm} = 6\sigma S_0 \quad (1)$$

ორთქლადქცევის სითბო, ანუ ენერჯია, რომელიც საჭიროა მოცემული ტემპერატურის სითხის ასაორთქლებლად $Q = q_{aorT} m = q_{aorT} \rho V$, ერთი მოლეკულის მიმართ ასე ჩაიწერება:

$$Q_0 = q_{aorT} \rho V_0 \quad (2)$$

($V_0 = d_0 S_0$ მოლეკულის მოცულობაა)

სწორედ ეს ენერჯია ჭირდება ზედაპირზე მყოფ მოლეკულას ბმისგან გასათავისუფლებლად - ასაორთქლებლად. აქედან გამომდინარე გავუტოლოთ (1) (2)-ს:

$6\sigma S_0 = q_{aorT} \rho d_0 S_0$
საიდანაც ვღებულობთ მოლეკულის წირითი ზომის გამოსათვლელ ფორმულას:

$$d_0 = \frac{6\sigma}{q_{aorT} \rho} \quad (3)$$

(3) საინტერესოა იმ თვალსაზრისით, რომ ისეთი მიკროსკოპული სიდიდე, როგორცაა მოლეკულის წირითი ზომა, შეიძლება მარტივად გამოითვალოს ლაბორატორიულ პირობებში იოლად გასაზომი ρ , σ , q_{aorT} პარამეტრების გამოყენებით.

თუ სიგრძით ერთეულზე მოლეკულათა რიცხვს აღვნიშნავთ N -ით, ზემოთ მოცემული დაშვების თანახმად $N \cdot d_0 = 1$ მ-ს, საიდანაც $N = 1/d_0$ მოლეკულათა რიცხვია სიგრძით ერთეულზე, ხოლო $N^3 = n$ მოლეკულათა რაოდენობაა (კონცენტრაცია) მოცულობის ერთეულში.

მიღებული შედეგების სიზუსტის შესაფასებლად შეიძლება გამოვიყენოთ მოლეკულის წირითი ზომის შეფასების ერთ-ერთი თეორიული მეთოდი. კერძოდ, მოლეკულის მოცულობა გამოვთვალოთ მოლური მოცულობის ფარდობით ავოგადროს რიცხვთან

$$V_0 = \frac{V_M}{N} = \frac{M}{\rho N} \quad \text{საიდანაც } d_{0Teor} = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho N_A}}$$

ქვემოთ ცხრილის სახით მოყვანილია განხილული გზით გამოთვლილი წყლის მოლეკულის წირითი ზომა და შედარებულია თეორიულ მნიშვნელობასთან.

ρ კგ/მ ³	σ ჯ/მ ²	q_{aorT} ჯ/კგ	M კგ/კმოლ	d_0 მ	n მ ⁻³	$d_{0თეორ}$ მ	$\Delta d_0 / d_{0თეორ}$ %
1.10 ³	0,071	22,6.10 ⁵	18.10 ⁻³	2,0.10 ⁻¹⁰	1,25.10 ²⁹	3,14.10 ⁻¹⁰	36

მიღებული შედეგის ცდომილება $\approx 36\%$ -ის ფარგლებშია, რაც ჩვენს მიერ გაკეთებულ დაშვებასთან ერთად მეტწილად დაკავშირებულია იმ გარემოებასთან, რომ ზედაპირული ზმის ენერჯის განსაზღვრაში, უგულებელვყავით სითხის ზედაპირის მოლეკულებთან მეორე ფაზის (ჰაერი, ორთქლი) მოლეკულათა ურთიერთქმედება. აღნიშნულის გათვალისწინება შეამცირებდა ზედაპირული დაჭიმულობის ენერჯის სიდიდეს და შესაბამისად გაზრდიდა მოლეკულის წირითი ზომის მნიშვნელობას. რეალურად ამ ფაქტორის გათვალისწინება შეუძლებელია, თუმცა ის არსებითად ვერ შეცვლიდა მოლეკულის წირითი ზომის გამოთვლილ სიდიდეს.

ჩვენი აზრით, ზემოთ განხილული მეთოდი შესაძლებელია გამოყენებული იქნას სხვა სითხეების სტრუქტურულ კვლევებშიც.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ვ. ვაისკოპფი თანამედროვე ფიზიკა ელემენტარული თვალსაზრისით. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი 1973.
2. ე. მიმინოშვილი ნივთიერებების, მასალების და ნაკეთობების კვლევის მეთოდები ფიზიკა-ტექნიკურ ექსპერტიზაში. ტექნიკური უნივერსიტეტი 2011.
3. ა. გიგინეიშვილი, გ. კუკულაძე ზოგადი ფიზიკის კურსი I „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ 2007

Calculation of Size and Concentration of Molecules of a Liquid in Laboratory Conditions

Abstract

The paper represents the method of calculation of linear size and concentration of molecules of some liquids, on a water base, conducted by easy-made experiments in an training laboratory.

ჰაერის ტემპერატურისა და ტენიანობის გავლენა თვითმფრინავის საფრენოსნო მახასიათებლებზე

ავთანდილ აფხაიძე¹, მანანა მამსირაშვილი¹

¹საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი ქეთევან დედოფლის გამზირი, 16, თბილისი, 0103,

საქართველო

რეზიუმე

ნაშრომში განიხილება თვითმფრინავების ასაფრენ-დასაფრენი მახასიათებლების მნიშვნელობებზე ატმოსფერული წნევის, ჰაერის ტენიანობისა და ტემპერატურის მნიშვნელობათა ცვლილებების გავლენა. კლიმატური მონაცემების მიხედვით გაანალიზებულია ჰაერის საშუალო ტემპერატურის გადახრა სტანდარტული ატმოსფერული მნიშვნელობიდან თბილისის საერთაშორისო აეროპორტის ტერიტორიულ ნაწილში, ფრენის ემელონებისა და სეზონების მიხედვით.

საკვანძო სიტყვები

საპილოტაჟო-სანავიგაციო ხელსაწყო, ბარომეტრული სიმაღლისმზომი, ბარომეტრული სიმაღლისმზომის მეთოდური ცდომილება, სტანდარტული ატმოსფერო (სა), კლიმატური მონაცემები, ტემპერატურის (ფარდობითი ტენიანობის) ვირტუალური დანამატი, ბარომეტრული სიმაღლის მეთოდური შესწორება.

შესავალი

თვითმფრინავების ფრენის უსაფრთხოება დიდადაა დამოკიდებული მათი საფრენოსნო მახასიათებლების სწორ გათვლაზე არსებულ მეტეოროლოგიურ პირობებში /3,4/. ასეთი გათვლების სიზუსტე დიდ როლს ასრულებს აფრენისა და დაფრენის პროცესებში. როგორც ცნობილია, თვითმფრინავის ასაფრენ-დასაფრენი ზოლიდან მოწყვეტის სიჩქარე, დაფრენის სიჩქარე, აფრენის წინა და დაფრენის შემდეგი განარბენის სიგრძე გამოიანგარიშება მშრალი ჰაერისათვის /1,2/. ამ უკანასკნელის სიმკვრივე დამოკიდებულია ატმოსფერულ წნევასა და ტემპერატურაზე. მიწისპირა ფენაში კი ჰაერი ყოველთვის შეიცავს წყლის ორთქლს. ამიტომ მისი სიმკვრივე დამოკიდებულია აგრეთვე წყლის

მოლეკულების კონცენტრაციაზე ანუ ტენიანობაზე.

გარდა ამისა აღსანიშნავია, რომ საჰაერო ტრანსპორტის უსაფრთხო ფრენების უზრუნველყოფა წარმოადგენს შედარებით რთულ და მრავალმხრივ პრობლემას, რომელიც მრავალ ასპექტებს მოიცავს. კერძოდ: საჰაერო ხომალდის ფუნქციონირების საიმედოობას; საპილოტაჟო-სანავიგაციო სისტემების საიმედოობას; კავშირგაბმულობის საშუალებათა საიმედოობას; ეკიპაჟის ფუნქციურ ეფექტურობას და სხვა. ბარომეტრული სიმაღლისმზომი წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად საპილოტაჟო-სანავიგაციო ხელსაწყოს, რომლითაც იზომება ფრენის სიმაღლე /5/. მისი მოქმედების პრინციპი ეფუძნება სტატიკური წნევის გაზომვას ატმოსფეროში მგრძნობიარე ბარომეტრ-ანეროიდით, რომლის შკალა დაპროგრამირებულია ბარომეტრული

ფორმულის მიხედვით სტანდარტული ატმოსფეროს (სა) მიხედვით. მაგრამ სიმაღლისა და წნევის მნიშვნელობების კავშირი ყოველთვის ერთგვაროვანი არაა. სიმაღლის ჭეშმარიტი მნიშვნელობები დამოკიდებულია არა მარტო წნევაზე, არამედ მის ქვემოთ არსებული ჰაერის სვეტის ტემპერატურაზეც. ამიტომ დაფრენის ბარომეტრული სიმაღლის გაზომვისას აუცილებელია მეთოდური შესწორების შემოტანა, რომელიც დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. აქედან გამომდინარე, წარმოდგენილი ნაშრომის ერთ-ერთი მიზანია ხსენებული ხელსაწყოს მეთოდური შესწორების ცვალებადობის ანალიზი.

ბარომეტრული სიმაღლის მზომის მეთოდური შესწორების შეფასება

ცნობილია, რომ ფრენის სიმაღლის განსაზღვრისათვის სარგებლობენ ბარომეტრული ფორმულით /6/:

$$H = RmS \cdot T_{saS} \cdot \ln \frac{P_0}{P_H} \quad (1)$$

სადაც H - ფრენის სიმაღლე;

R_{saS} - მშრალი ჰაერის დაყვანილი გაზური მუდმივა;

T_{saS} - ჰაერის სვეტის საშუალო ტემპერატურა K (კელვინებში) ზღვის დონიდან ფრენის სიმაღლემდე;

P_0 - წნევა ზღვის დონეზე (ვწყ. სვ. მმ);

P_H - წნევა ფრენის სიმაღლეზე.

ფრენის სტანდარტული ბარომეტრული სიმაღლის განსაზღვრისას $P_0 = 760$ მმ ვწყ. სვ., ხოლო P_H -ს გააჩნია მუდმივი მნიშვნელობა ფრენის ეშელონზე (სიმაღლეზე). ამ შემთხვევაში გაზომვადი სიმაღლის მნიშვნელობა დამოკიდებული იქნება მხოლოდ ჰაერის სვეტის საშუალო ტემპერატურაზე. ვინაიდან ტემპერატურის რეალური განაწილება სიმაღლის მიხედვით და შესაბამისად T_{saS} -ის მნიშვნელობა ყოველთვის განსხვავდება სტანდარტული ატმოსფეროს პირობებისაგან, ფორმულა (1) იძლევა შესაბამის ცდომილებას H -ის განსაზღვრისას.

ხელსაწყოს მეთოდური ცდომილების მნიშვნელობის შესაფასებლად ავიღოთ ლოგარითმული დიფერენციალი (1) ფორმულის მარჯვენა და მარცხენა მხარეებიდან, ამასთან

ჩავთვალოთ P_0 და P_H მნიშვნელობები მუდმივებად. მაშინ საბოლოოდ შეიძლება დავწეროთ:

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta T_{saS}}{T_{saS}} \quad (2)$$

თუ ტროპოსფეროსა და ქვედა სტრატოსფეროსთვის სტანდარტულ ატმოსფეროში ჩავთვლით, რომ $T_{saS} = 250$ K, მაშინ (2) განტოლება შეიძლება წარმოვადგინოთ სახით

$$\frac{\Delta H}{H} = 0,4 T_{saS} \% \quad (3)$$

სადაც T_{saS} - ჰაერის სვეტის საშუალო ტემპერატურის სა მნიშვნელობიდან გადახრის მნიშვნელობა.

(3) გამოსახულებიდან გამომდინარეობს, რომ ბარომეტრული სიმაღლის მზომით ფრენის სიმაღლის გაზომვისას მეთოდური ცდომილება არაა მუდმივი და იცვლება ფრენის სიმაღლის H და ჰაერის სვეტის საშუალო ტემპერატურის სა-

დან გადახრის მნიშვნელობათა მიხედვით. მართლაც, $\frac{\Delta H}{H}$ -ის გაზომვისას ფარდობითი

ცდომილება $\Delta T_{saS} = 2,5^\circ$ -ზე შეადგენს 1%, ხოლო $\Delta T_{saS} = 10^\circ$ -ზე ტოლია 4%-ის.

ცხრილი 1-ში წარმოდგენილია ბარომეტრული სიმაღლის მზომის აბსოლუტური მეთოდური ცდომილებები სხვადასხვა სიმაღლეებზე ფრენისას და მათი დამოკიდებულება ΔT_{saS} და ΔH -ის მნიშვნელობებზე.

$\Delta T_{საშ}$ მნიშვნე ლობა	$\Delta H, \%$ მნიშვნე ლობა	ფრენის სიმაღლე H, მ						
		900	1500	3000	5100	7200	9000	12000
1,0	0,4	4	6	12	20	29	36	48
2,5	1	9	15	30	51	72	90	120
5,0	2	18	30	60	102	144	180	240
10,0	4	36	60	120	204	288	360	480
15,0	6	54	90	180	306	432	540	720
20,0	8	72	120	240	408	576	720	960
25,0	10	90	150	300	310	720	900	1200

ცხრილი 1. ბარომეტრული სიმაღლის მზომის აბსოლუტური მეთოდური ცდომილებები

მონაცემთა ანალიზიდან ჩანს, რომ ფრენის სიმაღლის გაზომვებისას აბსოლუტური მეთოდური ცდომილებები დამოკიდებულია ფრენის ეშელონის სიმაღლეზე. 9 კმ ფრენის ეშელონზე და ზემოთ ცდომილებამ შეიძლება მიაღწიოს 900 მ და მეტს. ჩავწერთ ფორმულა (1) სტანდარტული და რეალური ატმოსფეროსათვის

$$H_{xe \parallel s} = R_{mS} \cdot T_{saS} \cdot \ln \frac{P_0}{P_H} \quad (4)$$

$$H_{WeS} = R_{mS} \cdot T_{saS,f} \cdot \ln \frac{P_0}{P_H} \quad (5)$$

სადაც H_{WeS} - სიმაღლე, რომელსაც აჩვენებს სიმაღლის მზომი;

$H_{ჰემ}$ - ჰემმარიტი ბარომეტრული სიმაღლე;

$T_{საშ}$ - ჰაერის სვეტის საშუალო ტემპერატურა სტანდარტულ ატმოსფეროში;

$T_{საშ,ფ}$ - ფაქტიური საშუალო ტემპერატურა. თუ გავყოფთ (5) განტოლებას (4)-ზე, მივიღებთ

$$H_{WeSm} = H_{xe \parallel s} \frac{\Delta T_{saS,f}}{\Delta T_{saS}} \quad (6)$$

(6) ფორმულის ანალიზიდან გამომდინარეობს, რომ

ა) წლის თბილ პერიოდში და აგრეთვე თბილ ჰაერის მასებში, როცა $T_{საშ,ფ} > T_{საშ}$, სიმაღლის მზომი აჩვენებს შემცირებულ სიმაღლეს ე. ი.

$H_{ჰემ} > H_{WeS}$;

ბ) წლის ცივ პერიოდში და ცივ ჰაერის მასებში, როცა $T_{საშ,ფ} < T_{საშ}$, სიმაღლის მზომი მაჩვენებლები აღემატებიან ფაქტიურ სიმაღლეებს. ე. ი. $H_{ჰემ} < H_{WeS}$.

ჰაერის სვეტისა და სტანდარტული ატმოსფეროს ტემპერატურათა განსხვავებების ანალიზის შედეგები თბილისის აეროპორტის რაიონში

სამუშაოს შესრულების პროცესში ჩვენს მიერ გამოთვლილი იქნა ჰაერის სვეტის მინიმალური, საშუალო და მაქსიმალური ტემპერატურების გადახრები სტანდარტული ატმოსფეროს მიხედვით გამოთვლილი შესაბამისი მნიშვნელობებიდან. ამისათვის გამოვიყენეთ კლიმატური მონაცემები თბილისის აეროპორტის რაიონისათვის. ისინი მიეკუთვნებოდნენ წლის ცივ (იანვარი) და თბილ (ივლისი) პერიოდებს. გამოთვლების შედეგები მოყვანილია ცხრილ 2-ში, რომელთა ანალიზით მივედით შემდეგ დასკვნებამდე:

1. აბსოლუტური მნიშვნელობებით ტემპერატურათა გადახრებით სიმაღლის მიხედვით იცვლებიან შედარებით მცირე საზღვრებში; განსხვავებები მათ შორის შეადგენენ 2-5⁰, ამასთან ისინი

შედარებით მცირე სიდიდეებით ხასიათდებიან ზამთრის პერიოდში.

2. ჰაერის სვეტის ტემპერატურათა მნიშვნელობების შორის განსხვავებები $T_{საშ.გ}$ და $T_{საშ}$ თბილისის აეროპორტის

რაიონის თავზე ზამთარში ყველა სიმაღლეებზე ფიქსირდება უარყოფითი ($-9,5^{\circ}$ -დან $-11,4^{\circ}$ -მდე), ე.ი. $T_{საშ.გ} < T_{საშ}$; ხოლო ზაფხულში დადებითი ($9,3^{\circ}$ -დან $13,5^{\circ}$ -მდე), ე. ი. $T_{საშ.გ} > T_{საშ}$.

სეზონი, თვე	ტემპერატურის მახასიათ.	სიმაღლე H, კმ					
		1	2	3	5	7	9
იანვარი	საშუალო	-11,4	-10,9	-9,9	-11,2	-9,1	-9,5
	მაქსიმალური	1,8	2,5	4,5	2,3	4,7	2,7
	მინიმალური	-25,7	-24,5	-25,3	-26,7	-22,8	-22,3
ივლისი	საშუალო	10,8	10,7	10,3	9,3	12,4	13,5
	მაქსიმალური	23,3	22,0	22,0	19,8	23,7	24,7
	მინიმალური	1,3	1,5	1,5	0,7	-0,3	-0,3

ცხრილი 2. $T_{საშ.გ}$ და $T_{საშ}$ ტემპერატურებს შორის განსხვავებები თბილისის აეროპორტის რაიონში

3. სხვადასხვა სიმაღლეებზე საშუალო ტემპერატურული გადახრის მნიშვნელობა არ აღემატება ზამთარში -12°C , ზაფხულში $+14^{\circ}\text{C}$, (ანუ $T_{საშ.გ} - T_{საშ}$ სხვაობის მნიშვნელობა);
 - მაქსიმალური ტემპერატურის მიხედვით ის იცვლება $+1^{\circ}\text{C}$ -დან $+5^{\circ}\text{C}$ -მდე ზამთარში და ზაფხულში $+19^{\circ}\text{C}$ -დან $+25^{\circ}\text{C}$ -მდე.
 - მინიმალური ტემპერატურის მიხედვით გადახრა ხასიათდება საზღვრებით ზამთარში -22°C -დან $+27^{\circ}\text{C}$ -მდე და ზაფხულში -2°C -დან $+2^{\circ}\text{C}$ -მდე.

ჰაერის საშუალო ტემპერატურის სტანდარტულიდან გადახრების შესაბამისად, რომლებიც აქ მოვიყვანეთ, ადგილი ექნება ბარომეტრული სიმაღლის მზომის მეთოდური შესწორების ცვლილებებსაც, რომელთა გამოთვლა პრობლემას არ წარმოადგენს.

ჰაერის ტენიანობის გავლენა თვითმფრინავის საფრენოსნო მახასიათებლებზე

განვიხილოთ ახლა ჰაერის ტენიანობის გავლენა თვითმფრინავის ასაფრენ-დასაფრენი ზოლიდან მოწყვეტის სიჩქარეზე (v_a), აფრენისწინა განარბენზე (L_a), დაფრენის სიჩქარესა ($v_{ფ}$) და დაფრენის შემდეგ განარბენზე ($L_{ფ}$).

მოწყვეტის სიჩქარეების შესადარებლად მშრალი და ნოტიო ჰაერის შემთხვევებისათვის, სათანადო გარდაქმნებით შეიძლება მივიღოთ ფორმულა

$$\frac{v_{m,not}}{v_{m,s}} = \sqrt{\frac{\rho_{m,s}}{\rho_{not}}}$$

ვინაიდან მუდმივი წნევის პირობებში ადგილი აქვს ტოლობას

$$\frac{\rho_{m,s}}{\rho_{not}} = \frac{T_3}{T}$$

ამიტომ შეიძლება დაწეროთ

$$\frac{L_{d.m.not}}{L_{d.m.s}} = \frac{T_3}{T} \quad (10)$$

$$\frac{v_{m.not}}{v_{m.s}} = \sqrt{\frac{T_{m.s}}{T_{not}}} \quad (7)$$

გამოთვლებმა გვაჩვენებს, რომ ჰაერის ტენიანობის გავლენით მოწყვეტის სიჩქარე შეიძლება გაიზარდოს 1,4 %-ით მშრალ ჰაერთან შედარებით სხვა უცვლელი პირობების შემთხვევაში.

მოწყვეტის სიჩქარის ცვლილებას, თავის მხრივ, იწვევს აფრენისწინა განარბენის L_a მნიშვნელოვან ცვლილებას. ვინაიდან v_a დამოკიდებულია ჰაერის ტენიანობაზე, ამიტომ L_a მნიშვნელობაც აგრეთვე დამოკიდებული უნდა იყოს მასზე. განარბენის სიგრძის დამოკიდებულება ვირტუალურ ტემპერატურაზე (7)-ის გათვალისწინებით შეიძლება განვსაზღვროთ შემდეგნაირად:

$$\frac{L_{am.not}}{L_{am.s}} = \frac{v_{m.not}}{v_{m.s}} = \frac{T_3}{T} \quad (8)$$

გამოთვლებმა გვაჩვენებს, რომ ჰაერის ტემპერატურის მნიშვნელობისათვის $+20^{\circ}\text{C}$ -დან $+40^{\circ}\text{C}$ -მდე და ფარდობითი ტენიანობისათვის 50%-დან 100%-მდე, სხვა თანაბარ პირობებში, განარბენის მნიშვნელობა ტენიანობის გამო იზრდება მშრალ ჰაერთან შედარებით 0,4% - 2,8% - ით. მაგალითად, თუ ბოინგ 737 ტიპის თვითმფრინავისათვის შესაბამისი ასაფრენი მასით, ფრთაუკანების 20° -ით გადახრისას აფრენისწინა განარბენი სტანდარტულ პირობებში შეადგენს 1270 მ და მხოლოდ ჰაერის ტენიანობის ცვლილების გამო $+40^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურისას ის შეიძლება გაიზარდოს 35-38 მეტრით. ჰაერის ტენიანობის გავლენით იცვლება თვითმფრინავის დაფრენის მახასიათებლებიც. დაფრენის სიჩქარისა და დაფრენის შემდეგი განარბენის მნიშვნელობების შესადარებლად მშრალი და ტენიანი ჰაერის პირობებში შეიძლება გამოვიყენოთ შესაბამისად შემდეგი თანაფარდობანი:

$$\frac{v_{d.m.not}}{v_{d.m.s}} = \sqrt{\frac{T_{m.s}}{T_{not}}} \quad (9)$$

(9), (10) ფორმულები ანალოგიურია (7), (8) ფორმულების. აქედან გამომდინარეობს, რომ ჰაერის ტენიანობის გავლენა ერთნაირია მოწყვეტისა და დაფრენის სიჩქარეებზე, ისევე როგორც აფრენისწინა და დაფრენის შემდეგ განარბენზე.

დასკვნა

ამრიგად, ჩატარებული კვლევების შედეგებზე დაყრდნობით შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნა:

1. ბარომეტრული სიმაღლის ზუსტი განსაზღვრისათვის ფრენის პროცესში ეკიპაჟს უნდა გააჩნდეს ინფორმაცია ჰაერის ტემპერატურის შესახებ მიწისპირას და ფრენის სიმაღლეზე. მიწისპირიდან ფრენის სიმაღლემდე ჰაერის სვეტის საშუალო ტემპერატურის 1°C -იან ცდომილებას მივყავართ სიმაღლის გაზომვისას 0,4% - იან ცდომილებამდე. ამ შემთხვევაში 5100 მ-იანი ეშელონისთვის ცდომილება იქნება 20 მეტრი, ხოლო 12000 მ ეშელონისთვის 48 მეტრი.
2. ჰაერის ტემპერატურის გაზომვის სიზუსტეზე დამოკიდებული ბარომეტრული სიმაღლის განსაზღვრის სიზუსტე და შესაბამისად, ფრენის უსაფრთხოებაც.
3. თვითმფრინავების ასაფრენ-დასაფრენი მახასიათებლების გამოთვლისას აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული ჰაერის სინოტივე, როცა მისი ფარდობითი ტენიანობა აღემატება 50%-ს, ხოლო ტემპერატურა აჭარბებს 25%-ს.
4. ჰაერის ტენიანობის გათვალისწინება ყველაზე ხელსაყრელია ვირტუალური ტემპერატურის გამოყენებით. ეს საშუალებას იძლევა გამოთვლებში გამოვიყენოთ ფორმულები, გრაფიკები და ცხრილური მონაცემები მშრალი ჰაერისათვის, რომლებიც რეკომენდებულია თვითმფრინავების

საფრენოსნო ექსპლუატაციის სახელმძღვანელოებში და ამ დროს შეიცვალოს მხოლოდ ჰაერის ტემპერატურის მნიშვნელობა ვირტუალური ტემპერატურით.

ლიტერატურა

1. А.А.Апхаидзе, Влияние температуры воздуха на показания барометрического высотомера «Воздушный транспорт», Тбилиси, 2013. с. 8-13.
2. А.М. Баранов. облака и безопасность полётов. Л. Гидрометеориздат. 1983. с.231.
3. А.М. Баранов, С. С. Солонин, Авиационная метеорология. Л. Гидрометеориздат. 1975. с. 223.
4. Л.Т. Матвеев, Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Гидрометеориздат. 1976. с. 318.
5. О.И. Михайлов. И.М. Козлов, Ф.С. Гергель, Авиационные приборы. М. «Машиностроение». 1977. с. 9-25.
6. В.И. Осадший, Г.А. Чернышев, Воздушная навигация. М. «Транспорт». 1969. с. 203-213.

Influence of air temperature and humidity on aircraft flight performance

Abstract

The article considers the influence of changes in the values of atmospheric pressure, humidity and air temperature in the values of aircraft take-off and landing characteristics. The deviation of average air temperature from the normative atmospheric value in the territorial part of Tbilisi International Airport by flight echelons and seasons are analyses on the basis of climatic data.

სამეცნიერო წერილების ავტორთა საყურადღებოდ

ავტორები ვალდებული არიან სამეცნიერო ნაშრომები წარმოადგინონ შემდეგი მოთხოვნების დაცვით:

1. სამეცნიერო ნაშრომი უნდა იყოს რედაქციაში წარდგენილი რეცენზიით და ავტორის (ან ავტორების) წერილობითი პასუხით რეცენზენტის დასკვნაზე. ავტორმა(ებმა) - საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტიდან და სხვა უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულებებიდან უნდა წარმოადგინონ შესაბამისი ფაკულტეტების (წარმომადგენლების) გადაწყვეტილება მოცემული სტატიის გამოქვეყნების მიზანშეწონილობის შესახებ, ხოლო ავტორმა(ებმა) კვლევითი ინსტიტუტებიდან და კომპანიებიდან - სამეცნიერო ან სამეცნიერო-ტექნიკური საბჭოს გადაწყვეტილება.

2. სამუშაო მომზადებული უნდა იყოს Microsoft Word - დოკუმენტში.

3. სამეცნიერო ნაშრომები უნდა იყოს აკრედიტი შრიფტით - „Sylfaen“. ნაშრომის ტექსტური ნაწილი უნდა იყოს ნაჩვენები ორ სვეტში.

4. სამეცნიერო ნაშრომი რედაქციაში წარმოდგენილი უნდა იყოს თაბახის A4 ზომის ფურცლებზე და მოწოდებული რედაქციის ელ-ფოსტაზე. შრიფტის ზომა 11, ინტერვალი სტრიქონებს შორის - 1,15, მინდვრები: ზემოდან 30მმ, მარცხნიდან 25მმ, მარჯვნიდან 20მმ, ქვემოდან 25მმ, სამუშაოს დასახელება იწერება შრიფტის ზომით - 14, გვარი და სახელი ზომით - 13, ორგანიზაციის დასახელება, სადაც შესრულებულია სამუშაო, მითითებულია ფრჩხილებში ზომით 13, ხოლო მისი მისამართი ზომით 10), სამუშაოს რეზიუმე იბეჭდება დახრილი შრიფტით ზომით - 10, საკვანძო სიტყვები იწერება შრიფტის ზომით - 12, რეფერატი იწერება ზომით - 11. რეზიუმეები უნდა იყოს დაწერილი გამოყენებული ლიტერატურის შემდეგ ინგლისურ ენაზე. მასში მითითებული უნდა იყოს სამუშაოს დასახელება, წერილის ავტორის(ების) სახელი და გვარი.

5. ცხრილები, სქემები, გრაფიკები და

ფორმულები უნდა იყოს წარმოდგენილი კომპიუტერული გრაფიკით.

6. გამოყენებულ ლიტერატურაში საჭიროა მითითებული იყოს ავტორის(ების) გვარი, ინიციალები, წიგნის დასახელება, გამოქვეყნების ადგილი, გამომცემლობა და გამოშვების წელი. თუ ლიტერატურაში მითითებულია სამეცნიერო წერილი, უნდა მიეთითოს ავტორის(ების) გვარი, წერილის სათაური, ორი დახრილი ხაზით უნდა გამოიყოს ჟურნალის სათაური, გამოქვეყნების ადგილი, გამოშვების წელი და ჟურნალის ტომის ნომერი. გამოგონებაზე პატენტის გამოყენებისას, გამოყენებულ ლიტერატურაში უნდა მიეთითოს გამოგონების სახელი, სახელმწიფო, რომელსაც ეკუთვნის პატენტი, პატენტის ნომერი, პატენტის გაცემის თარიღი, ერთი დახრილი ხაზით გამოიყოფა ავტორი(ები), ადგილი და გამოშვების წელი.

7. უარყოფითი რეცენზიის შემთხვევაში, ავტორის(ების) თხოვნით, სარედაქციო საბჭომ შესაძლებელია ნება დართოს სამეცნიერო წერილის გამოქვეყნებაზე, რომელზეც იქნება დასმული ბეჭედი, რაც აღნიშნავს იმას, რომ სამეცნიერო ნაშრომი განხილვამია.

8. სამეცნიერო ნაშრომზე უნდა იყოს ავტორის(ების) ხელმოწერა.

For Authors of Articles

Authors are obliged to submit scientific articles in compliance with the following requirements:

1. The article should be submitted to the editorial board with a review and a written response from the author (s) to the conclusion of reviewer. Authors from the Georgian Aviation University and other HEI should submit solutions of the councils of the relevant faculties on the appropriateness – decisions of scientific or scientific and technical councils.

2. The paper must be prepared in Microsoft Word.

3. Scientific letters should be typed in Sylfaen. The text part of the paper should be shown in two columns.

4. Scientific letters should be sent to the editorial office on A4-size paper and e-mailed to the editorial office. Font size 11, line spacing 1, 15, margins: 30 mm top, 25 mm left, 20 mm right, 25 mm bottom, title in font size 14, surname and title size 13. The abstract is printed in italics size - 10, key words are written in font size - 12, abstracts are written in font size - 11. The abstract is written after the references in English. It should include the title of the work, the name and surname of the author(s) of the letter.

5. Tables, diagrams, graphs and formulas should be presented by computer graphics.

6. The references should include the surname(s) of author(s), initials, title of the book, place of publication, publisher and year of publication. If a scientific letter is indicated in the references the name(s) of author(s), the place of publication, the year of publication and journal volume number should be indicated. In case of using a patent of an invention, the name of the invention, the state to which the patent belongs, the patent number, the date of the patent. The author(s), the place and year of granting should be indicated after

a slash.

7. In the case of a negative review, upon the request of the author(s), the Editorial Board may authorize to publish a scientific letter with a note that the scientific letter is under review.

8. The article must be signed by the author(s).

საკონტაქტო ინფორმაცია

Contact Information

საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი:
ქეთევან დედოფლის გამზ. 16, თბილისი,
0103, საქართველო.
ტელეფონი: +(99532) 2773138
ტელეფონი/ფაქსი: +(99532) 2776572
ელფოსტა: mail@ssu.edu.ge
ვებგვერდი: <http://www.ssu.edu.ge>

Georgian Aviation University:
16, Ketevan Dedopali Ave. 16, Tbilisi, 0103,
Georgia.
Tel: +(99532) 2773138
Tel/Fax +(999532) 2776572
Email: mail@ssu.edu.ge
web: <http://www.ssu.edu.ge>

მთავარი რედაქტორი:
პროფესორი სერგო ტეფნაძე
ელფოსტა: rector@ssu.edu.ge

Editor in Chief:
Professor Sergo Tepnadze
E-mail: rector@ssu.edu.ge

რედაქტორი:
ასოცირებული პროფესორი გიორგი
მუშკუდიანი
ელფოსტა: gi.mushkudiani@ssu.edu.ge

Editor:
Associate Professor Giorgi Mushkudiani
E-mail: gi.mushkudiani@ssu.edu.ge

აღმასრულებელი მდივანი:
ანი კანდელაკი
ელფოსტა: a.kandelaki@ssu.edu.ge

Executive Secretary:
Ani Kandelaki
E-mail: a.kandelaki@ssu.edu.ge