

საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი

საჰაერო ტრანსპორტი

AIR TRANSPORT

International Scientific Journal

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

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

Editor in Chief

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

გიორგი მუშკუდიანი, ასოცირებული პროფესორი.

Editor

Giorgi Mushkudiani, Associate Professor.

სამეცნიერო-სარედაქტორო საბჭო

აკაკი დუმბაძე, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, თბილისი, საქართველო
იგორ კაბაშკინი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, რიგა, ლატვია
რობერტ გლებოვსკი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, ვარშავა, პოლონეთი
თამაზ ნატრიაშვილი, პროფესორი, თბილისი, საქართველო
ანდრო მაისურაძე, პროფესორი, თბილისი, საქართველო
ავთანდილ აფხაძე, პროფესორი, თბილისი, საქართველო
სეით ბლიაძე, პროფესორი, თბილისი, საქართველო
დემური ვეფხვაძე, პროფესორი, თბილისი, საქართველო
ნიკა თიკანაშვილი, ასოცირებული პროფესორი, თბილისი, საქართველო

Scientific-Editorial Board

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

აღმასრულებელი მდივანი
ანი კანდელაკი

Executive Secretary
Ani Kandelaki

სარჩევი • Contents

აკაკი დუმბაძე - 80	5
Mathematical Glance on Epidemic	7
G. Chikhladze, Jiali Liu, K. Kapanadze	
Profiling Related Challenges Pertinent to Commercial Aviation Security.	12
D. Alania	
Electroless Technology for Production of Cobalt Magnetic Nanowires under Magnetic Fields for RE Free Magnet Applications	15
G. Mamniashvili, Z. Shermadini, G. Donadze, T. Gegechkori, T. Zedginidze, T. Petriashvili, T. Gavasheli, A. Peikrishvili, B. Godibadze, A. Maisuradze	
ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგიები მომავლის ავიაციაში.	29
ბ. ნადარაია	
უპილოტო საავიაციო სისტემის ჯგუფური მოქმედების ამოცანის ანალიზი	33
მ. ზოიძე, გ. სანაძე	
Проектирование авиационных стартер генераторных устройств разных мощностей с помощью долевого значений метода геометрического программирования	39
З. Г. Гобианидзе, Л. А. Маисурадзе	
Financial Aspects of Ukraine's Transport Infrastructure of European Integration	49
K. M. Razumova, O. M. Kyrylenko, T. L. Mostenska	

აკაკი დუმბაძე - 80

ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი



დაიბადა 1940 წლის 16 აგვისტოს აჭარაში, ქედის მუნიციპალიტეტი, სოფელი გეგელიძეები. 1960 წელს შედის და 1966 წლის იანვარში ამთავრებს ქ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის (ამჟამად ივ. ჯავახიშვილის სახელობის) მექანიკა - მათემატიკის ფაკულტეტს სპეციალობით მექანიკა და განაწილებით, იმავე წლის თებერვალში მუშაობას იწყებს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტის პოლიმერების მექანიკის განყოფილებაში მეცნიერ მუშაკად.

1971 წელს ამთავრებს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის დასწრებული სწავლების ასპირანტურას. 1972 წელს მუშაობას იწყებს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის კ. ზავრიევის სახელობის სამშენებლო მექანიკისა და სეისმომედეგობის ინსტიტუტის პოლიმერების ცოცვალობისა და ხანგრძლივი

სიმტკიცის განყოფილებაში. 1994 წლამდე მუშაობდა სხვადასხვა სამეცნიერო თანამდებობებზე, შიფრით 01.02.04 - მყარი დეფორმირებადი სხეულების მექანიკა. აქვს უფროსი მეცნიერ მუშაკის წოდება.

კვლევებისადმი ახალი ორიგინალური მიდგომების გამოყენებით, რაც ემყარება ცნობილი კომპლექსური ცვლადის ფუნქციათა თეორიის აპარატს, ა. დუმბაძემ შეიმუშავა გარსთა თეორიის სივრცული ამოცანების ბრტყელ ამოცანებზე მიყვანის ხერხი, რის საფუძველზე გაანგარიშებულია ისეთი ბრუნვითი კომპოზიციური გარსები, რომელთაც შეერთების მრუდი საზღვარი გააჩნიათ.

1979 წელს დაცული აქვს ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხი მოსკოვის ელექტრონული მანქანათმშენებლობის ინსტიტუტში, მინიჭებული აქვს დოცენტის სამეცნიერო წოდება.

ა. დუმბაძე პარალელურად 1968 წლიდან 1994 წლამდე შემთავსებლად მუშაობს საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის (შემდგომში ტექნიკური უნივერსიტეტი) თეორიული მექანიკის კათედრაზე. სხვადასხვა დროს იყო ამ კათედრის ასისტენტი, უფროსი მასწავლებელი, დოცენტი, პროფესორი.

1994 წელს დაიცვა ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხი, შიფრით - 05.08.05 - სამშენებლო მექანიკა. იმავე წელს არჩეული იქნა ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორის თანამდებობაზე. ხოლო 1997 წელს მიენიჭა პროფესორის სამეცნიერო - პედაგოგიური წოდება, მყარი დეფორმირებადი სხეულების მექანიკის სპეციალობით, მისი

ოპონირებით დაცული არაერთი საკანდიდატო თუ სადოქტორო დისერტაციები.

ა. დუმბაძის სამეცნიერო მოღვაწეობის ძირითადი მიმართულებით ჩატარებული კვლევები ეხება, დრეკად-ბლანტი სხეულების მექანიკის, კერძოდ თხელკედლიანი გარსული კომპოზიტური კონსტრუქციების ცოცვადობაზე და ხანგრძლივ სიმტკიცეზე გაანგარიშებას, ცვლადი დატვირთვების, აგრესიული გარემოსა და ტემპერატურული (მაღალი) ზემოქმედების გათვალისწინებით. აღნიშნული პრობლემების კვლევასთან დაკავშირებით გამოქვეყნებული აქვს 60-ზე სამეცნიერო ნაშრომი და ორი მონოგრაფია:

1. „კომპოზიტური სხეულების ცოცვადობა და რელაქსაცია“.
2. „კომპოზიტური ტანის მექანიკა“.

აღნიშნულ შრომებთან დაკავშირებით არაერთხელ იყო დაბეჭდილი რეცენზიები რეფერატულ ჟურნალ „მექანიკა“-ში გარსთა თეორიის დარგში ცნობილი მეცნიერების კლიმენტ ჩერნიხისა (ლენინგრადი) და ნიკოლაი მალინინის (მოსკოვი) მიერ.

ა. დუმბაძეს სტუდენტებისათვის გამოცემული აქვს სასწავლო სახელმძღვანელოები: თეორიული მექანიკა (ორივე ნაწილი), კომპოზიტური სხეულების მექანიკა, ტექნიკური მექანიკა და მასალათა გამძლეობა.

ა. დუმბაძე 1994 წლიდან მუშაობას იწყებს ჯერ ტექნიკური უნივერსიტეტის საავიაციო ინსტიტუტში (შემდგომში საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი).

ა. დუმბაძე (1995 – 2005) წლებში იყო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საავიაციო ინსტიტუტის თვითმფრინავმშენებლობის კათედრის გამგე, ტექნიკური უნივერსიტეტის დიდი საბჭოს წევრი. 2005 წელს არჩეულ იქნა საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ნამდვილად წევრად

(აკადემიკოსად). მიღებული აქვს მთავრობის მაღალი ჯილდო ღირსების ორდენი (2000წ.). რუსეთის კოსმონავტიკის ფედერაციის პრეზიდენტის ბიუროს 1995 წლის 23 ივნისის გადაწყვეტილებით, დაჯილდოებულია აკადემიკოსის სერგეი კოროლიოვის სახელობის მედლით.

ჰყავს მეუღლე ჟუჟუნა მუმლაძე, ვაჟი ზურაბ დუმბაძე, შვილიშვილები: აკაკი დუმბაძე და დალი დუმბაძე.

ჟურნალ „საჰაერო ტრანსპორტის“ სარედაქციო კოლეგია ულოცავს პროფესორ აკაკი დუმბაძეს დაბადებიდან 80 წლის იუბილეს. უსურვებს მას ჯანმრთელობას, ბედნიერებასა და წარმატებებს პედაგოგიურ და სამეცნიერო საქმიანობაში.

Mathematical Glance on Epidemic

G. Chikhladze¹, Jiali Liu², K. Kapanadze³

¹Georgian Aviation University, 16 Ketevan Dedopali Ave, Tbilisi, Georgia

²New School International School of Georgia, 35 Tskneti Highway 0162, Bagebi, Tbilisi, Georgia

³Georgian Technical University, 77 Kostava Str., 0160, Tbilisi, Georgia.

Abstract

*Paper deals with an attempt of description, possible prediction and mathematical analysis of famous epidemic of **Great Black Plague in London** in 17th century. Authors tried to apply current experience to present situation in order to find the ways of fast win on continuing epidemic, supplying some helpful analysis of arising situation.*

Keywords

Epidemic, linear function, exponential function, plague.

Introduction

Being under the powerful influence of present situation of global Pandemic covering all over the

been followed by ongoing long-term epidemics of different deceases, periodically arising thru all history of existence of humanity.

As one of the most awful, huge and widespread epidemic historians consider the **Great Plague of London**, lasting from 1665 to 1666, and being the last major epidemic of the **bubonic plague** occur in **England**. It happened within the centuries-long **Second Pandemic**, a period of intermittent bubonic plague epidemics, which originated from



world, we decided to move some investigations of former happening epidemics putting the mathematical glance on them, in the attempt to describe and may be predict the further development of epidemic based on support of mathematical functions capable to describe the process. Development of humans' society always



Central Asia in 1331, the first year of the **Black Death**, an outbreak, which included other forms such as pneumonic plague, and lasted until 1750 [1].

The **Great Plague** killed an estimated 100,000 people — almost a quarter of population of London — in 18 months. Assume the plague caused by the ***Yersinia pestis* bacterium**, usually transmitted thru the bite of an infected **rat flea**.

The 1665–66 epidemic was on a far smaller scale than the earlier Black Death pandemic; remember it afterwards as the "great" plague mainly because it was the last widespread outbreak of bubonic plague in England during the 400-year **Second Pandemic** [2].

As in other European cities of the period, the plague was endemic in 17th-century London. The

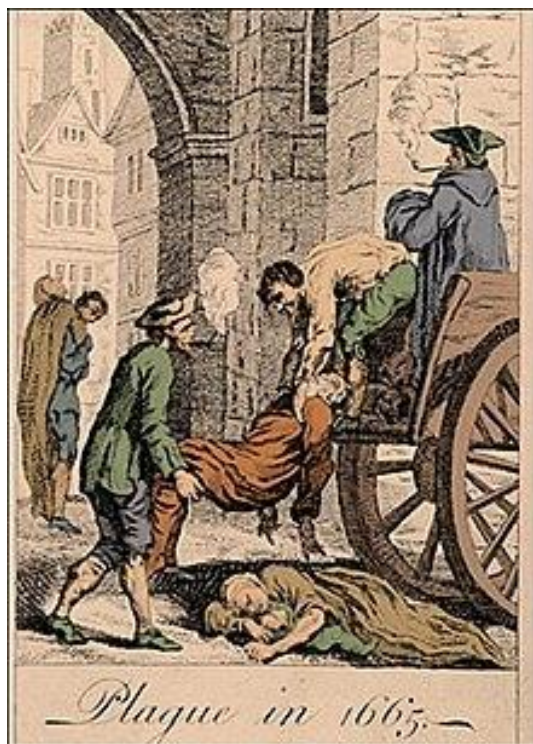
disease periodically erupted into massive epidemics. There were 30,000 deaths due to the plague in 1603, 35,000 in 1625, and 10,000 in 1636, as well as smaller numbers in other years.

In late 1664, a **Bright Comet** appeared in the sky and the people of London were fearful, wondering what evil event it portended. London at that time consisted of a city of about 448 acres surrounded by a city wall. In the poorer parts of the city, hygiene was impossible to maintain in the overcrowded tenements and garrets.

There was no sanitation, and open drains flowed along the center of winding streets. The cobbles were slippery with animal dung, rubbish and the slops thrown out of the houses, muddy and buzzing with flies in summer and awash with sewage in winter. Special workers removed the worst of the filth transporting it to mounds outside the walls, where it accumulated and continued to decompose. The stench was overwhelming and people walked around with handkerchiefs or nosegays pressed against their nostrils. Thus, there arise the purely ideal conditions for the epidemic to spread fast and wide [3].

Moving Investigations

Authors passed thru wide investigation of that time sources revealing the slow start of the epidemic in April, while the Government had nearly immediately conduct some preventing activities, but with the arrival of warmer weather, the disease began to take a firmer hold. In the week 2–9 May, there were 9 recorded deaths in different districts of London, but only one was actually inside the city walls.



A Privy Council committee was formed to investigate methods to best prevent the spread of plague, and measures were introduced to close some of the ale houses in affected areas and limit the number of lodgers allowed in a household. In the city, the Lord Mayor issued a proclamation that all householders must diligently clean the streets outside their property, which was a householder's responsibility, not a state one.

Matters just became worse, and Aldermen got orders to find and punish those failing their duty. As cases began to rise, the authorities made an attempt to quarantine the area and constables were inspecting everyone wishing to travel and contain inside vagrants or suspect persons. People began to be alarmed...

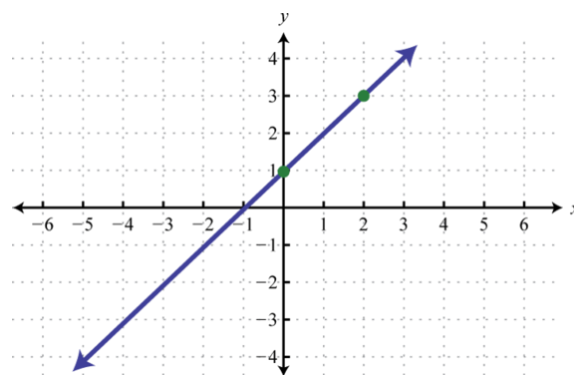
Infected / Deaths	Linear increment	Exponential increment	Peak	Exponential decrement
Months	3 – 4	6	4	2 – 2.5

Thru 3 – 4 months the epidemic developed rather uniformly and we concluded that the number of infected cases and deaths undergo the linear continuous increment that may be describe by means of the linear function given in standard form of

$$y = ax + b,$$

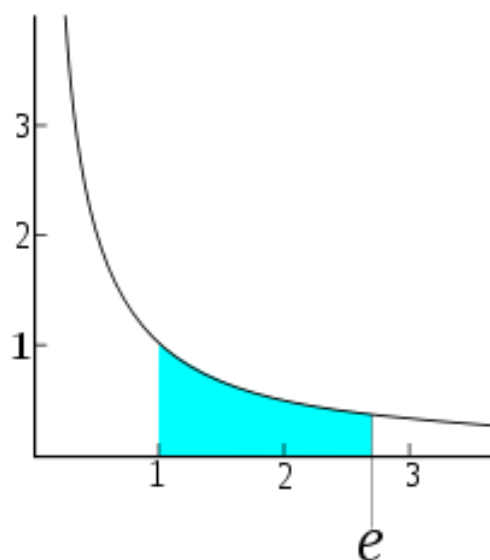
considering here x as the time given in months or may be in weeks, while y – announcing the total number of infected citizens and deaths corresponding to given time interval. a and b here we considered like numerical coefficients, but not permanently constant, differing in different parts of the city, as to number of cases were much more in poor districts of London than in that with higher living level of citizens. But it should be noted that nearly linear relation between y and x

occurred everywhere, so the expression rather precisely described the situation at early stages of the epidemic.



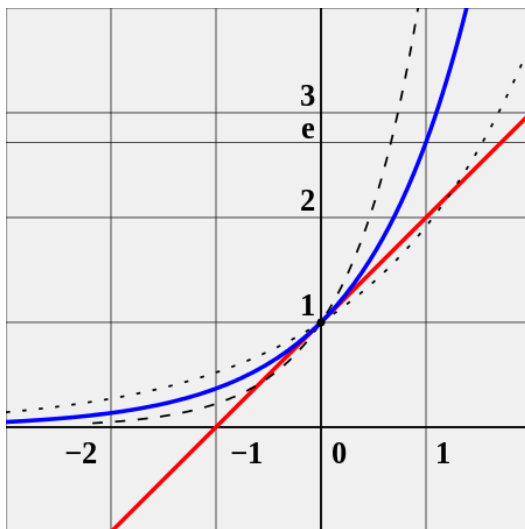
We may approximately estimate this period as continuing thru all summer. This expression of linear function may also include not time but number of districts of London been involved into epidemic, but dependence on time we consider as more precise and informative.

Actually, in autumn, the situation began getting out of the control of London authorities and the level of expansion of decease sharply increased.



In this case, close investigations of existing data approach us to the conclusion that expansion of the epidemic cannot be described by linear function any more – presented conditions need some other, more flexible and more sensitive methods of investigation. We decided to use the exponential function in such case given by

$$y = ke^x + l.$$



Conclusions

Due to lack of presented information concerning present pandemic, and taking into account definite similarities in expansion of pandemic/epidemic we suppose approximately the same periods of developing present COVID-19 pandemic, but due to much better development of modern treatment and

In such situation y and x represent the same quantities like it was in previous case and k and l coefficients again may be either constant or different depending on when and where investigators received data of the level of expansion. In developed stage of epidemic the exponential function much better reveals the current conditions because the way of expansion of the epidemic exactly follows the rules of exponents.

According to rules of growth of exponent the number of infected people and following deaths increased approximately during 6 months, then the numbers reach saturation or peak of epidemic. After it continued about 4 months, the epidemic decreased again in exponential way during 2 – 2.5 months, while linear increment of the epidemic at its initial stage continued 3 – 4 months, reasoning up 100,000 deaths thru estimated one and a half year period.

general level of medicines we predict more optimistic results, following the soon termination of pandemic. Representing the development of epidemic with as linear as exponential functions appear to be rather precise and completely display the ongoing process. We hope that our studies may be useful in searching the proper ways of exit from given situation all over the World.

References

1. **Arnold, Catherine** (2006). *Necropolis: London and its dead*. London: Simon and Schuster. ISBN 978-1-4165-0248-7.
2. **Moote, A. Lloyd** (2008). *The Great Plague: The Story of London's Most Deadly Year*. London: JHU Press. ISBN 978-0-8018-9230-1.
3. **Porter, Stephen** (2012). *The Great Plague of London*. Gloucestershire: Amberley Publishing. ISBN 978-1-4456-0773-3.

Profiling Related Challenges Pertinent to Commercial Aviation Security

D. Alania¹

¹Georgian Aviation University, 16 Ketevan Dedopali Ave, Tbilisi, Georgia

Abstract

One's behavior and appearance at the airport can be a cause for alarm. While this action borders on violation of a person's constitutional rights, officers are urged not to base their investigations on ethnicity, race, religion, or sex, but use behaviors as the main catalyst for observation - profiling.

In addition, because of the limitations of existing bomb detection technology, aviation security experts have sought to use profiling to reduce the number of passengers to be screened. This would allow airport security to focus on those passengers who are most likely to pose a threat.

Challenges of security also offer significant potential for growth driven by the ability to identify and manage emerging threats, improve the efficiency of aviation industry through the adoption of new technologies, and ensure compliance and maintenance of high safety and security standards across commercial aviation. Below are the challenges of commercial aviation security in the context profiling.

Keywords

Profiling, commercial aviation security, dangerous persons, terrorists, airport, challenges, security analysts, challenge, air transport, government.

Profiling Related Challenges Pertinent to Commercial Aviation Security

It may be popular to criticize aviation Industry, it is important to recognize the challenges associated with improving aviation security. One challenge is how much to focus on identifying the dangerous persons themselves and how much to focus on identifying the tools they might use. Even a casual look at the people who have been identified as dangerous persons often share some age, gender, and other background characteristics. While it is possible that future terrorists will not share these characteristics, one approach would be to use the characteristics of past dangerous persons to try to identify future terrorists. In some countries, to profiling has met with resistance that is, so the tendency has been to apply security procedures equally to all passengers. In some of them have developed and has begun implementing a program called Screening Passengers by Observational Techniques (SPOT) to identify suspicious passengers at airports. Challenges have been encountered by System as it strives to validate the approach on a scientific basis and evaluate the program's success.

“Profiling can be defined as a technique favoring the identification of the main characteristics of the

personality and behavior of a suspect, based on the elements of the crime that he has committed” Behavior analysis services perform the following tasks: Development of profiles of unidentified offenders, analysis of crime scenes, reconstruction of crime scenes, indirect assessment of personalities, advice on investigation or questioning, assistance in the execution of search warrants, analysis of statements or testimonies, risk assessment (threat assessment) and presentation of the services offered;

In the world, profiler training has been the responsibility of the International Criminal Investigative Analysis Fellowship;

The practice of profiling is based on certain assumptions: 1) Human behavior is predictable, 2) Offenders are consistent in the way they commit their crimes and can be distinguished from other offenders and 3) The way they commit their crimes is related to their personal characteristics;

We cannot conclude that behavioral profiling works in a systematic way. However, anecdotal evidence exists that profiling can function;

The literature is full of approaches and typologies, but these models suffer from the lack of

theoretical bases and empirical validations. For these reasons, none of the proposed models can be considered "scientific";

At the empirical level, few studies meet the criteria of rigor required of credible scientific research.

I believe that profiling methods should be formalized, that performance criteria should be formulated, and that empirical research should be undertaken to measure the actual effectiveness of criminal for the aviation security.

An approach is to focus on detecting the tools a dangerous person might use and prevent these tools from being brought on board or used in an airport environment. This approach involves explosives detection equipment to prevent bombs on checked luggage, cargo, carry-on luggage, or concealed on the passenger as well as other detection equipment to prevent weapons from being brought on board. It also involves improving airport perimeter security and access controls. Of course, these approaches are not mutually exclusive.

A second challenge is deciding what to publish. One approach is to be completely forthcoming and tell the public everything that is being done and why and to reveal what dangerous efforts have been stopped and how. Such an approach likely enhances credibility among the public, but it also provides valuable information to prospective terrorists. Conversely, if such information is not provided, terrorists are not helped, but transparency is sacrificed negatively affecting credibility with the public. A related challenge is what threats to respond to - the threats judged to be greatest by aviation security analysts or what the public perceives as the greatest threats.

A third challenge is how much to respond to threats. Unfortunately, there is a clear tradeoff between potential harm from dangerous activities (*terrorism*) and actual harm from steps taken to prevent these activities. That actual harm comes in the form of the added cost and inconvenience of air travel. Security measures clearly increase the cost of air travel relative to travel by automobile, measured both in terms of time cost and out of pocket cost. There seems little doubt that added air security costs have caused some people to shift from air transport to auto transport, particularly for short-haul trips. More generally, it is extremely difficult to measure

the benefits of aviation security policies. Adding to the measurement difficulties is the fact that one of the goals of aviation security policy is to deter prospective terrorists, but it is virtually impossible to measure how much deterrence has been achieved.

A fourth challenge is that aviation security risks are dynamic but policy responses can take time to develop and implement, particularly in an aviation system. Generally, the tactics used by terrorists in past attacks will not necessarily be those used in future attacks so in addition to reducing vulnerabilities revealed by past attacks, successful security policy must address potential weaknesses before they can be exploited.

A fifth challenge is determining the public versus private roles in providing aviation security. There are both advantages and disadvantages in having the government providing aviation security as is done in in some countries as opposed to using some sort of public-private partnership. A related challenge is that with current policy, government agencies is both the provider of aviation security services, and the regulator of such services. In essence, government agencies regulates itself. Such self-regulation has been shown repeatedly to create problems in aviation.

Behavioral profiling is used as an additional tool supporting security services in the process of detecting suspicious persons or dangerous behavior at airports. In this case, it is an activity consisting in analyzing and evaluating an individual solely on the basis of his behavior and external characteristics.

We often refer to profiling as predictive profiling. Based on documents and by scanning basic available information and observing behavior, we predict who may be a dangerous or violating individual.

Behavioral indicators can be broken down by the type of crime. In my experience, it is easier to create separate schemas and patterns for different types of behavior / personality e.g., depending on the type of crime committed (for pedophiles, drug smugglers, human traffickers, counterfeiters, fraudsters, terrorists etc.).

Conclusions

Passenger profiling can benefit airline passengers, the airlines, and the nation's economy in several ways

- Shorter delays for passengers;
- Higher assurance of baggage delivery to intended planes;
- Lower ticket prices if security costs taxed against passengers;
- Lower overall cost to nation of approximately. Adaptive strategies can play an important role;
- Can moderate baggage queuing delays in a manner that still ensures that most bags get scanned;
- Variable levels of “trustworthy” are possible, yielding more adaptive options, but data for assessments are not available.

But valid concerns about positive profiling remain and need to be resolved.

Commercial aviation safety has improved dramatically since the industry’s birth over a many years ago. Incidents decreased to the level where (along many dimensions) aviation is now the safest mode of commercial transportation. The next generation of aviation security challenges now require development and understanding new forms of data, and moving from incident-based approach toward a more proactive, predictive and systems-based approach.

References

1. Coughlin, C., Cohen, J., & Khan, S. (2008). Aviation security and terrorism. The elements of aviation security management, Vol. 2 (pp. 1e24). Westport, CT: Praeger Security International
2. D. Phipps. The Management of Aviation Security. Hardcover, 367 pages. Published January 10th 1991 by Pitman Publishing
3. Stephen Lord. Aviation Security. Paperback, 61 pages Published October 28th 2010 by DIANE Publishing Company (first published August 28th 2010)
4. Andrew R. Thomas. Aviation Security Management: Volume 3 Perspectives on Aviation Security Management. Hardcover, 248 pages. Published October 30th 2008 by Praeger Publishers
5. Golbe D. L. (1986). Safety and profits in the airline industry. Journal of Industrial Economics, 34, 305e318.
6. Jennifer Zellan. Aviation Security: Current Issues and Developments. Nova Publishers, 2003. 142 Pages.
7. <https://www.forbes.com/sites/marisagarcia/2019/02/27/iata-warns-of-aviation-security-risks-calls-for-better-collaboration-with-governments/#2-930365a36e2>
8. <https://bohatala.com/contemporaryissues-affecting-aviation-industry/>
9. <https://www.ict.org.il/Article/1092/Air-port%20%20Aviation%20Security#gs-c.tab=0>
10. <https://www.asimag.com/passengerprofiling-cases-for-and-against/>
11. <https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2016-10-25-01/>
12. https://www.icao.int/SAM/Documents/2018USAPCMA/Global_Aviation_Security_Plan_November_2017_en.pdf

Electroless technology for production of cobalt magnetic nanowires under magnetic fields for RE free magnet applications.

G. Mamniashvili¹, Z. Shermadini¹, G. Donadze¹, T. Gegechkori¹, T. Zedginidze¹, T. Petriashvili¹, T. Gavasheli², A. Peikrishvili³, B. Godibadze⁴, A. Maisuradze⁵

¹Ivane Javakhishvili Tbilisi State University Andronikashvili Institute of Physics, Tamarashvili St. 0177, Tbilisi, Georgia

²Ivane Javakhishvili Tbilisi State University 1 Chavchavadze Av 0179, Tbilisi, Georgia

³F. Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science, 10 Mindeli St., 0186, Tbilisi, Georgia

⁴G. Tsulukidze Mining Institute, 7, Mindeli St., 0186, Tbilisi, Georgia

⁵Georgian Aviation University, 16, Ketevan Dedopali Ave. Tbilisi, 0103, Georgia

Abstract

Cobalt nanowires were prepared by the original electroless deposition method under an applied magnetic field. Their oriented magnetic nanowire composites in paraffin and HSWC consolidated oriented composites of cobalt nanowires in copper matrix were prepared. The magnetism of Co nanowire composites was effectively studied by carrying out simple RF resonant magnetometry and NMR measurements with optical microscopy control of obtained composite linear textures.

Keywords

Renewable energy, nanotechnology, cobalt nanoclusters, cobalt nanowires, magnets, magnetometry, NMR.

Introduction

The development of experimental approaches for production of nanostructural materials is one of the pivotal problems of nanotechnology and modern materials science. The ability of controlling the materials properties by using nanoparticles as their building blocks is the key for the fabrication of new functional materials. For these aims core-shell nanoparticles and combined micro-nano objects have definite advantages [1].

In this work we present the elaboration of original electroless technology developed for synthesis of magnetic and photocatalytic nanopowders [2]. Using this technology with additional outer magnetic field makes it possible to produce magnetic nanowires due to self-organization processes of nanoparticles under the action of magnetic field during solution reduction. Magnetic nanowires are one dimensional (1D) ferromagnetic nanostructures attracting significant attention due to their large shape magnetic anisotropy important for applications in permanent magnets and high density magnetic storage media [1].

The specific feature of this method is that the deposition proceeds at low temperature. Therefore, the method is simple and low-cost, it changes neither the

properties of the matrix nor those of the material to be deposited. With this method Co and Ni nanoclusters were deposited on TiO₂ micro- (44 μm) and nano- (10 nm) powders for modification of photocatalytic TiO₂ powders and obtaining of nanopowders of better controlled sizes [3]. Cobalt nanopowders and nanowires are of a great scientific and technology importance due to their unique properties different from the bulk [1]. RF resonant magnetometry and NMR methods were proposed to control their magnetic properties [3].

One-dimensional Co-nanowires have been noticeable due to the strong shape anisotropy of their magnetism, which is important for permanent magnetic and high density magnetic storage application.

So far rare-earth (RE) ferromagnetic materials (Nd-Fe-B, Sm-Co) have dominated permanent magnets for energy applications (electric motors, wind turbines, electric machines) and magnetoelectronics [4]. Both high magnetization and coercivity are required for a high product (BH)_{max} being figure of merit of permanent magnets. Currently many efforts have been focused on the RE free permanent magnets due to

various issues arising from the RE elements, among them the need to lightened supply of RE elements in the global market [5].

The works [4, 5] describe methods for producing permanent magnets based on magnetic nanowires oriented in a magnetic field in epoxide or polymer matrices. It was shown that for Co nanowires [6] it was possible to obtain a magnet with an energy density $(BH)_{\max}$ (maximal energy product) $\sim 260 \text{ kJ/m}^3$, which is close to the best SmCo magnets $((BH)_{\max} \sim 120 \text{ kJ/m}^3)$, but still inferior to NdFeB magnets $((BH)_{\max} \sim 440 \text{ kJ/m}^3)$. However, these magnets are of interest in high temperature applications above 250°C , where NdFeB magnets cannot be used.

Even more promising magnets are obtained by the method of nanowire consolidation in the absence of an additional polymer matrix. The magnetically oriented nanowires were compacted at various pressures and temperatures. Magnets with good mechanical strength and energy density of 65 kJ/m^3 [7] were obtained.

We propose to obtain magnets of the first type with a polymer matrix to use the combined effect of temperature, variable and constant magnetic fields to orient nanowires in the polymer matrix, using Co nanopowders and nanowires obtained by electroless due to self-organization processes under applied outer magnetic fields as in [3]. To improve the properties of magnets of the second type, we suggest using the method of explosive shock-wave compaction following a preliminary heating (HSWC) [8], which, due to the explosive process of magnet formation from oriented nanowires, should better preserve its ordered nanostructure of oriented and connected into a one-dimensional texture nanowire structure.

Experimental results and discussions

1. Electroless synthesis of micro- and nanowires and their oriented magnetic composites under applied magnetic fields.

An elaboration of electroless method [2,3] is developed in this work for production of magnetic micro- and nanowires due to self-assembly processes under applied magnetic fields. The method consists in the separating of metallic cobalt from a chemical solution. This is a simple and cheap method that does not use expensive catalysts.

The solution of the following composition is most effective from the tested ones:

$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 10 \text{ g/l}$, $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O} - 40 \text{ g/l}$, $\text{N}_2\text{H}_4 - 17-20 \text{ mg/l}$, where cobalt sulfide $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ provides Co ions in solution, KNa tartrate $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ is complexants preventing excess of free metal ions concentration and hydrazine N_2H_4 is a reducing agents supplying electrons to reduce the metal ions.

By mixing these components, we get a thick muddy mass and then by adding 2 g/l NaOH - we get a violet solution that is stable.

Heating the solution up to 80°C and adding again several granules $\approx 2 \text{ g/l NaOH}$ it starts the process of decomposition of the solution, which is expressed in the Co particles separation from the solution.

Since the process is carried out with the help of magnetic mixer, the particles are collected on vessel's bottom and their growing is underway, Fig.1 and Fig.2. Our goal is to make this powder nano-sized. For this aim we use surface active substances that do not allow each granule to grow, since this granule will be coated by this organic substance. In our case this substance is toluene.



Fig. 1. The picture of Co particles deposition from Co chemical solution. Solution became colorless, i.e. depleted from Co ions.



Fig. 2. Received Co magnetic powder

We also worked on the elaboration of electroless technology for the obtaining nanowires from this solution under the applied magnetic field. It was used the chemical solutions described above. A 50 ml chemical vessel was filled with a 30 ml chemical

solution and heated up to 80°C between the magnet poles (magnetic field value is 500 Oe), Fig. 3.



Fig.3. Experimental setup for nanowires synthesis.

We added in this solution 5 ml toluene. When the process of isolation of ions began, it was observed that the cobalt particles were arranged in the magnetic field in one line. Depending on how long time the cobalt wires were assembled, their sizes differed from each other. The obtained cobalt wires were separated from the solution using magnet, then the organic compounds were removed with ethyl alcohol by ultrasound treatment. The received powder was thoroughly washed in the distillate, dried in drying

cupboard and subjected to the further physical research.

Figures 4 and 5 show views of obtained cobalt wires in chemical vessels and stuck to tweezers Fig. 4 c.

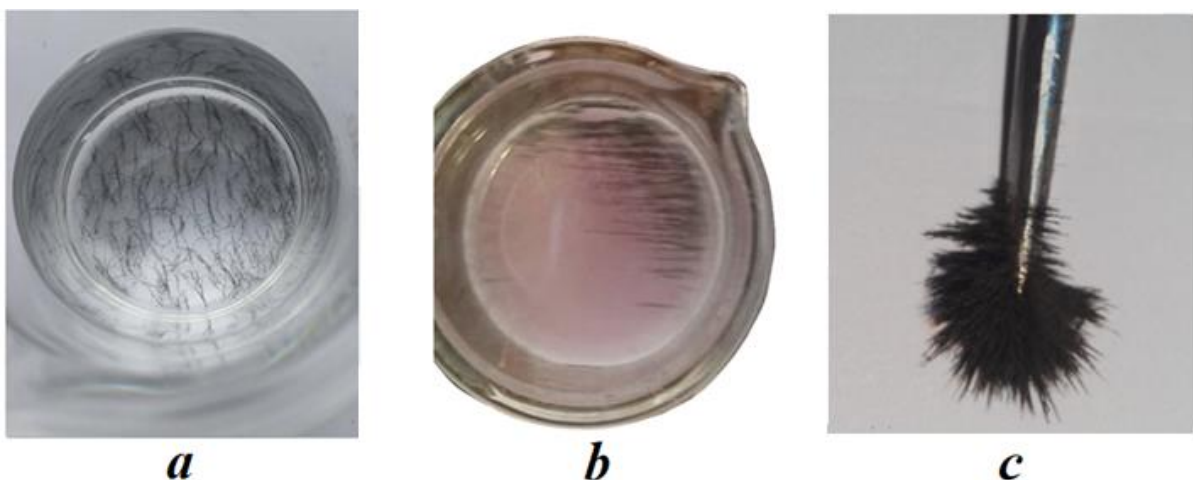


Fig.4. Obtained cobalt nanowires (a), oriented cobalt nanowires (b); cobalt nanowires stuck to tweezers (c).

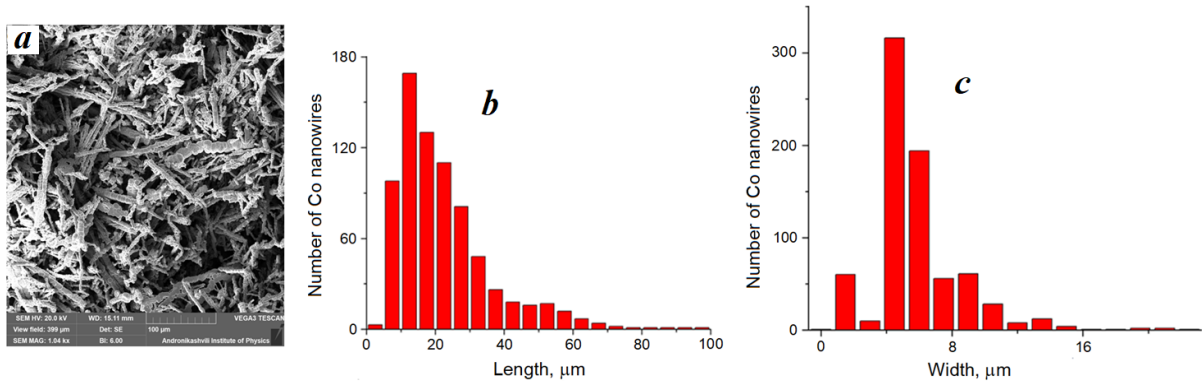


Fig.5. Electron diffraction pattern of the synthesized microwires (a), histograms of their distribution along the length (b) and width (c).

The RF resonant magnetometry measurements of samples placed in the coil of resonant LC contour under magnetic field up to 1.5 T were performed as in work [diped,wjcmp], Fig.6. This method based on a home-made device provides possibility for a simple and fast assessments of superparamagnetic and magnetic properties of samples under study as

compared with the VSM magnetometry measurements [jsnm]

Following Fig. 7 shows the results of RF resonant magnetometry study of cobalt nanopowders and nanowires in magnetic field up to 1.2 T, correspondingly.

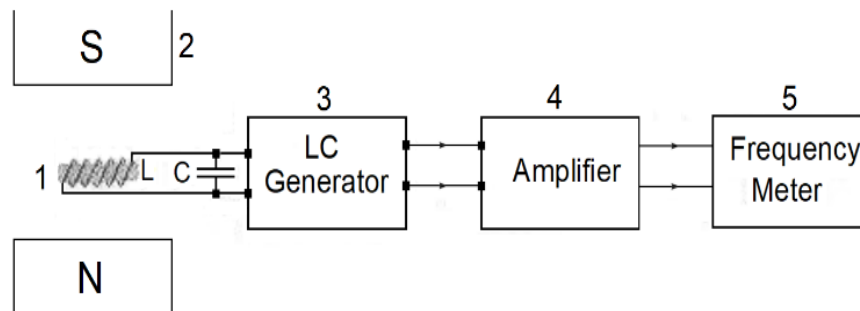


Fig.6. RF resonant magnetometer setup: 1- LC contour, 2- dc magnet 0-1.5 T, 3- LC generator, 4- RF amplifier, 5-frequency meter.

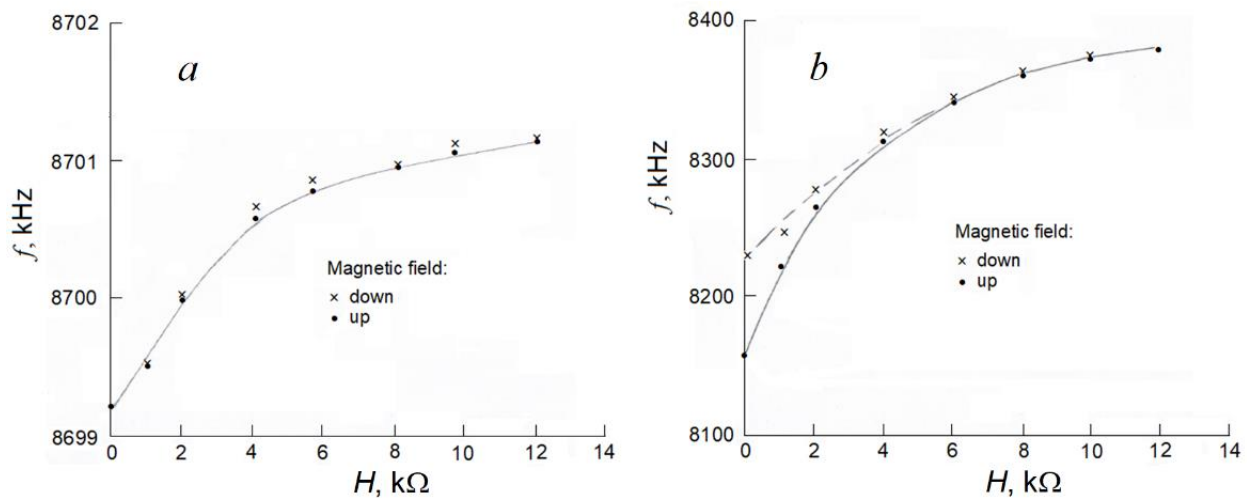


Fig. 7. Dependence of RF resonant magnetometer frequency change Δf at room temperature on the magnetic field H strength ((●) and (×) mark up and down magnetic field sweeps) for: a – Co nanopowder and b – Co nanowire.

The superparamagnetic behavior of nanopowder (a) is seen from curve Fig. 7a, due to the absence of hysteresis at field up-down sweeps, while nanowire (Fig. 7b) shows ferromagnetic behaviour at low fields apparently due to appearance of domain walls in 1D structure.

The NMR measurements were performed on a phase-incoherent spin echo spectrometer [9] in the frequency range 40–400 MHz at a temperature of 77 K. A standard self-excited generator was used in the frequency range 40–220 MHz. The oscillator frequency can be smoothly tuned using various inductors and adjustable capacitors. In the 200–400 MHz range, a commercial Lekher type generator was

used with a two-wire line including two inductors with a different number of turns. With a pulse length in the range of 0.1 to 50 μ s, the maximum amplitude of the RF field obtained on the sample was about 3.0 Oe, and the steepness of the fronts was no worse than 0.15 μ s. Receiver dead time \sim 1 μ s.

The NMR experimental design with additional unit for the magnetic video-pulse (MVP) field action is shown in Fig. 8 [9]. A pulsed magnetic field was created by a gated current regulator of adjustable amplitude and an additional copper coil, which made it possible to obtain magnetic field pulses of the order of 500 Oe with a sample size of \sim 10 mm.

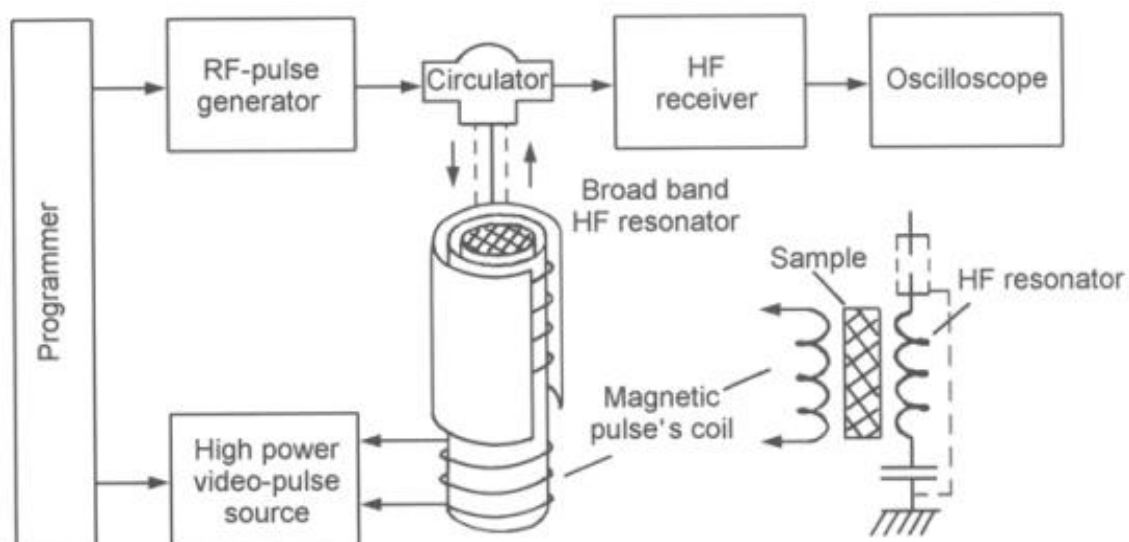


Fig. 8. The scheme of the experiment.

NMR measurements of obtained powders were carried out as in [3]. The shapes of NMR spectra points to the fact that both powders consist of FCC phases, Fig. 9. The NMR spectrum of Co nanowire is

narrower as compared with nanopowder's one, apparently reflecting an influence of self-organization processes of Co nanoparticles during the formation of nanowires.

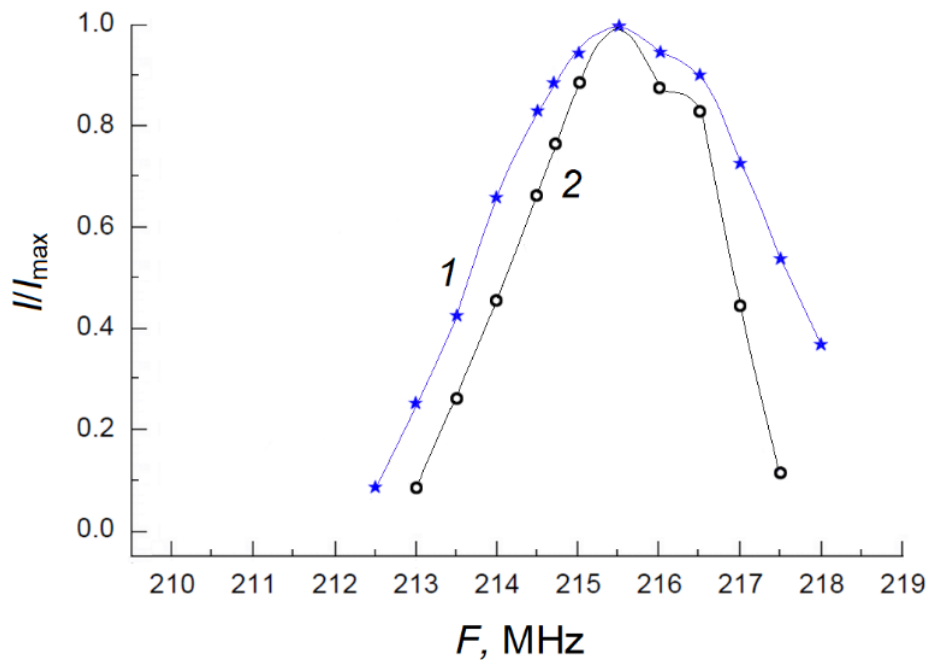


Fig.9. NMR spectra of Co nanopowder (1) and nanowire (2) at $T=77$ K.

As is known, the MVP effect in lithium ferrite leads to a decrease in the echo signal especially strong when the MVP is combined with the second RF pulse — a case of symmetric MVP exposure [9].

The attenuation of the NMR signal during the symmetric action of the MVP is due to the displacement of the DW. In this case, a part of the nuclei excited by the first RF pulse is displaced outside the DW changing his position under the pressure from the MVP, and that part of the nuclei that remained in the displaced DW is closer to its edge in positions with smaller η , which is equivalent to a decrease in the effective amplitude of the RF pulse $H_{eff}=\eta H_1$, where H_1 is the amplitude RF pulse and η -RF gain factor [9], and, accordingly, to attenuation of the echo signal.

As shown in [10], at zero constant field the NMR signal in ferrite is mainly observed from the DW, and its suppression by the asymmetric MVP at the inter-pulse intervals is associated with a reversible shift of the latter. If the nuclear spin system is excited by the

first RF pulse, then during the action of the MVP the direction of the precession of nuclear magnetic moments will change, and the rotation frequencies of individual isochromats will differ due to the inhomogeneous distribution of the deflection angle of M along the boundary. This will result in a defocusing of the isochromats and a decrease in the echo signal. In magnets with the anisotropy of HFF under the asymmetric action of the MVP, its attenuation is associated with the anisotropy of the HFF, which violates the phase coherence of the precessing nuclear spins and, accordingly, reduces the efficiency of the rephasing process [11].

Particularly strongly the anisotropy of HFF is manifested in Co, which has a much higher anisotropy of HFF compared with lithium ferrite. Therefore, the effect of MVP in cobalt is most effective with the asymmetric effect of MVP, in contrast to lithium ferrite.

Due to the lower mobility of the DW in Co, it is characterized by a much larger values of their pinning.

The pinning force in Co was previously estimated by the combined action of RF and MVP resulting in the appearance of an additional stimulated echo signal caused by the displacement of the DW under the influence of MVP [12], called the magnetic echo. The same estimate for the pinning force in lithium ferrite gave order of magnitude lower values of the pinning force [13].

The following microwire samples synthesized using electroless chemical deposition technique [3], as well as commercial nanowires (cobalt nanowires, average diameter: 200-300 nm, length: up to 200 μ ,

Plasma Chem GmbH), were used to study pinning and mobility of DW by the NMR method using MVP excitation technique [9]. In addition, for comparison, we studied cobalt micropowders obtained by inductive melting [14] with an average grain size less than 50 μ .

Therefore, to conduct experiments on the investigation of the pinning force in Co by the MVP method, it is necessary to use more intense MVP as compared to lithium ferrite.

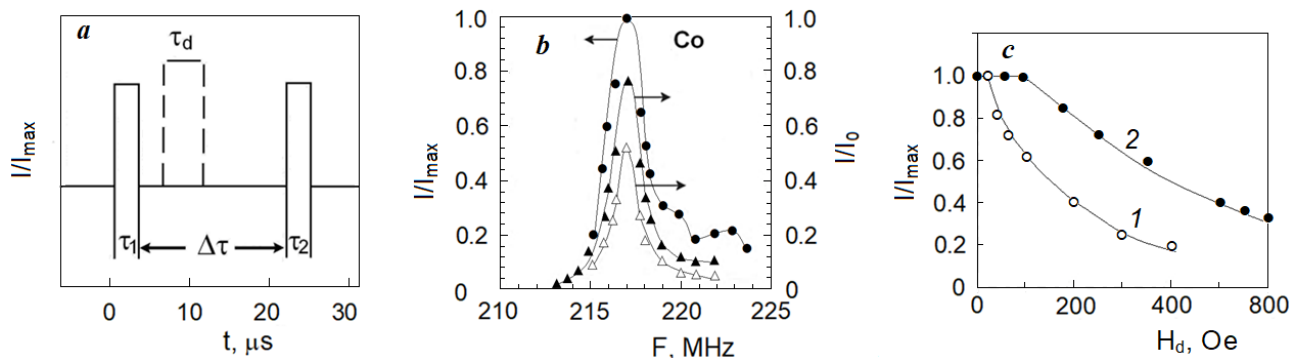


Fig. 10. MVP influence in cobalt: timing influence diagram scheme (a); frequency diagram (b) for symmetric (▲) and asymmetric (Δ) impact; Dependence of echo intensities on the amplitude of the MVP (c) in the case of cobalt micropowder – 1 (○), cobalt nanoclusters 2 (●)

In this work the electroless technology for preparation of microwires [2,3] was elaborated. The investigation was carried out on these microwires to study DWs dynamics and DWs pinning as well.

To compare with these results similar study was made on commercial cobalt nanowires. For this aim cylindrical samples 10 mm long and 5 mm in diameter were prepared with polarization of wires perpendicular to the cylindrical sample axis-along applied static 500 Oe magnetic field in paraffin to study anisotropy of MVP action on signals of cobalt NMR spin echo in these samples. White paraffin matrix was used which is transparent when melted allowing an easy control of self-organization processes under the applied magnetic field. For this a special sample rotating device was mounted with additional Helmholtz coils for the generation of magnetic video-pulses, Fig. 11 a.

We used MVP action technique of work [9]. The MVP was applied between two RF pulses and reduction of NMR echo intensity was studied due to DW displacement in a sample.

Our experiments directly show anisotropy of MVP action, Fig. 11 b.

It was established that MVP action is stronger, when MVP directed in parallel to magnetic wires. This could be related with specific type of DWs that are formed in these wires. From Fig. 10 one could get assessment of DW pinning and mobility. It is seen also that DWs are more mobile in synthesized microwires than in the commercial nanowire.

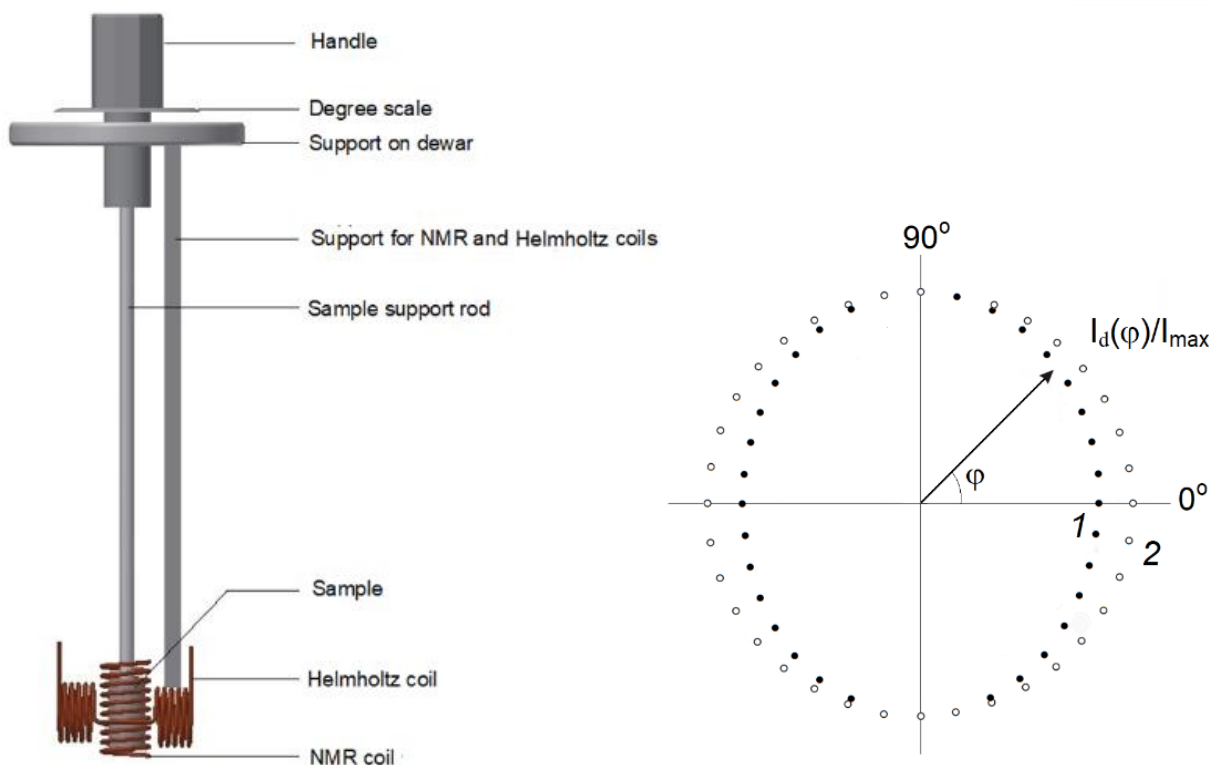


Fig.11. Anisotropy of the MVP effect in the case of microwire $I_d(\varphi)$ (1) and isotropy of $I(\varphi)$ for micropowder (2).

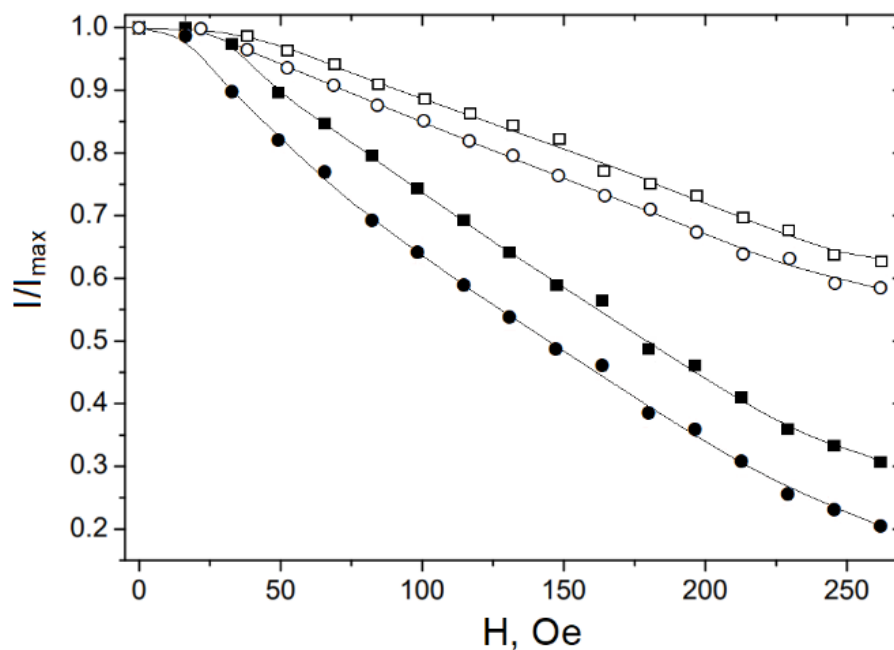


Fig. 12. MVP influence on the echo intensity from nuclei arranged in the centers of DWs, for microwires (curves 1) and nanowires (curves 2), when MVP is directed in parallel (\bullet , \circ) and in perpendicular (\blacksquare , \square) to magnetic wires.

As is seen from one could make a comparative study of pinning and mobility of synthesized micro- and nanowires to clear out their magnetic properties.

2. Production of Cu-Co nanowire composites by HSWC method for potential rare earth (RE) free magnet applications.

For production Cu-Co nanowire composites we first of all elaborated suitable technologies for obtaining necessary components, such as Co nanowires. We used two technologies for production cobalt nanowires composites with copper micropowders: above described chemical deposition method and hot-shock wave consolidation (HSWC) technology [8].

The HSWC method uses hot shock-waves for production of high-dense, long body nanostructural samples from precursor powders.

The novelty of the proposed non-conventional approach relies on the fact that the consolidation of solid samples in a cylindrical geometry from correspondingly submicrometer- and nanometer-sized Cu and Co precursors is performed in two stages:

a) The first stage: preliminary explosive compression of the precursors is carried out at room temperature with a loading intensity of 5-10 GPa to increase the initial density and to activate the particle surfaces in the blend;

b) The second stage: the same, already predensified cylindrical sample is reloaded by a primary explosive shock wave with a loading intensity of 10 GPa, but at a temperature up to 900°C.

Heating of the consolidated powders before loading and compacting at hot conditions assists to increase their elasticity and plastic flow during the shock-wave consolidation-joining process. As a result there are more easily formed common boundaries, solid solutions and high-density compacts can be obtained. Conventional consolidation approaches, including resin bonding, extrusion and hot-isostatic-pressing, deteriorate the magnetic properties either due to incorporation of non-magnetic binder or by involving prolonged thermal excursions which coarsen the fine microstructure and destroy the chemical homogeneity. Hence, with HSWC it is

possible to fabricate nanocomposite bulk magnets without grain growth since the heating is limited to the particle surface regions and it occurs in the time duration of microseconds.

We also used commercial cobalt nanowires composite for comparison. To investigate magnetic properties of the obtained nanowires we study dynamics of domain walls and their pinning using nuclear spin echo method with additional above described MVP action technique. The dependence of the echo-signals intensity on the amplitude of the magnetic video pulse allows us to evaluate the domain wall pinning and domain wall mobility in micro- and nanomaterials, their magnetic properties using NMR to study their anisotropy under the action of magnetic video-pulse at the sample during rotation, when the sample contains partially polarized magnetic wires, and also to establish the type of domain walls[9]. One-dimensional Co-nanowires are of particular interest for our research due to the strong shape anisotropy of their magnetism, important for permanent magnetic and high density magnetic storage applications. Metallic cobalt metal has a large saturation induction, which is expressed in its unique ability to acquire a magnetic force that is many times greater than the power of an external field. Another important property of cobalt - it has a large value of coercive force (H_c), which prevents demagnetization and magnetization reversal of the material. Since the costs of the rare-earth metals boosts up the price RE based magnets the high-performance RE-free magnets with a large energy are still a challenge.

In this work the HSWC technology was elaborated for production to Cu-Co nanowire composites for potential

RE free magnet applications. Cobalt nanowires were synthesized by the above described method of chemical deposition (electroless deposition).

The thoroughly mixed powder-like mixture of Co nanowires (20 wt.%) mixed with Cu micropowder was put in a steel cylindrical container (steel cylindrical tube). Then the sample was placed in the 500 Oe magnetic field for polarization during the 3 days in perpendicular to the cylinder axis and finally subjected to the HSWC procedure [8]. Its final sample's view is shown in Fig.13.



Fig.13. Photo of the sample obtained by HSWC compaction.

Then the sample was freed from the steel shell
(Fig.14. a, b).

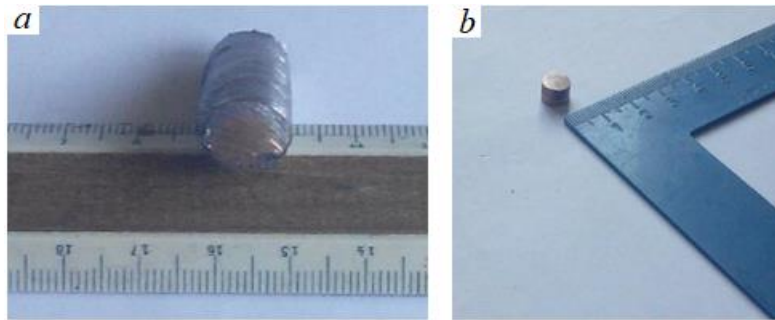


Fig. 14. Co-Cu (Co nanowires in Cu matrix). a – sample after HSWC procedure, b – Cylindrical Cu/Co composite nanowire sample

The obtained cylindrical sample was studied by RF resonant magnetometry and optical microscopies.

The magnetization was measured using the RF resonant magnetometry method [3], Fig. 5. It consisted in measuring the frequency of a RF resonant magnetometer while rotating a cylindrical sample near the probe (a tipped cylindrical ferrite embedded in the coil of a RF resonant magnetometer).

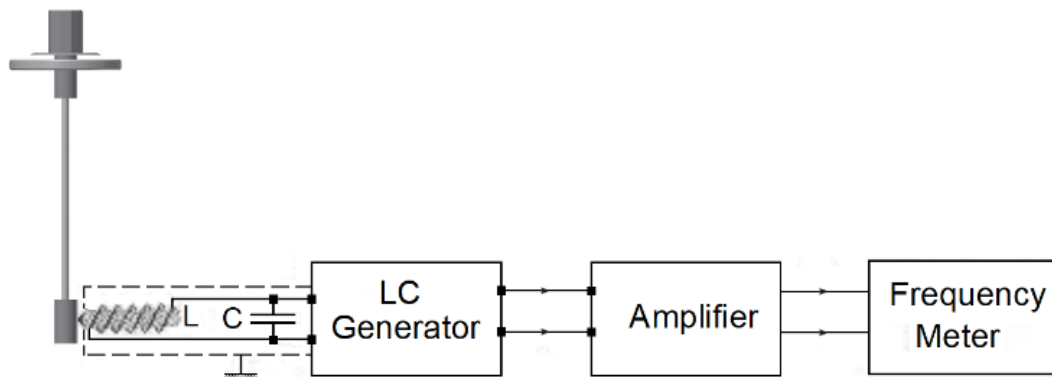


Fig. 15. Resonant RF magnetometer setup for measuring the magnetic characteristics of the magnetic composite: a - rotating cylindrical sample holder , b- RF resonant magnetometer.

The Fig.16 shows a decrease in resonant frequency of RF resonant magnetometer at a certain fixed angle of rotation, which indicates the existence of a

preferred direction of magnetization of nanowires in a sample which are polarized in a magnetic field.

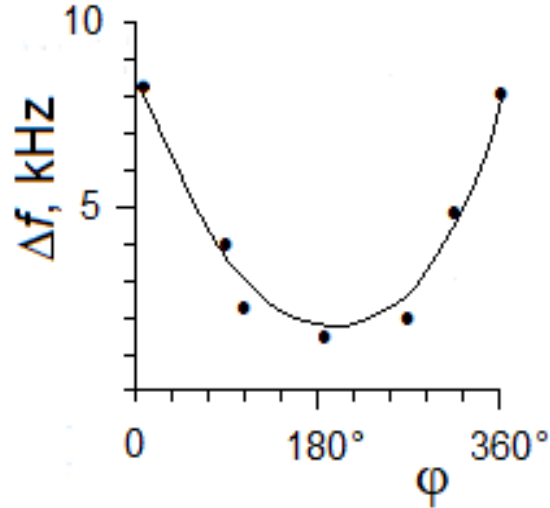


Fig. 16. The magnetization of the magnetic composite Cu/Co nanowires, 20 wt. %, depending on the angle of rotation of the cylindrical sample.

Next, NMR studies of the resulting composite sample were carried out. For this aim, a part of the cylinder was machined to obtain a powdery sample and was measured similarly to that described in [4]. Fig. 17 shows an oscillogram of the echo signal of the obtained sample at a nitrogen temperature (77 K).

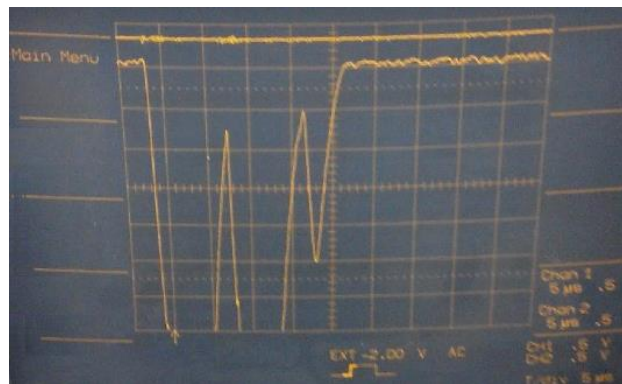


Fig. 17. The NMR echo signal of ^{59}Co nuclei in magnetic composite powder after the excitation by two RF pulses of 217 MHz frequency.

Fig.18 represents the NMR spectrum of the obtained sample (curve 1) and, for comparison, the NMR spectra of cobalt nanopowder obtained by

chemical deposition in the absence of an external magnetic field (curve 2).

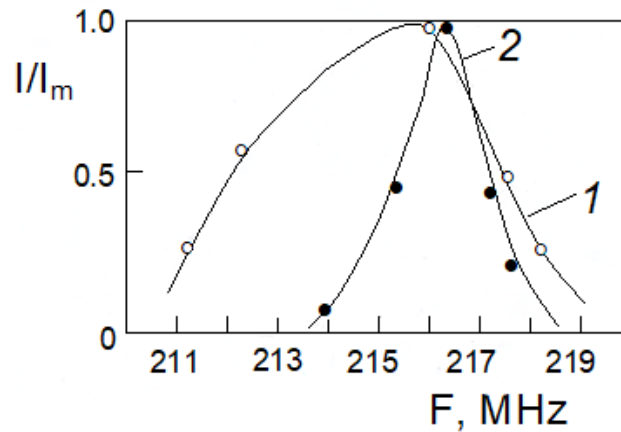


Fig.18. The NMR spectra for Cu/Co nanowire composite (curve 1) and for nanowire powder sample (curve 2).

The main feature of the NMR spectrum is its broadening towards to low frequencies indicating a diffusion of Cu atoms into cobalt nanowires. This reflects the formation of a continuous composite structure, where Cu grains are fused with Co nanowires.

The formation of a continuous composite without pores is also confirmed by measurements by optical microscopy, Fig.19, which confirms obtainment of texturized one-dimensional structure formed by Co nanowires in Cu matrix.

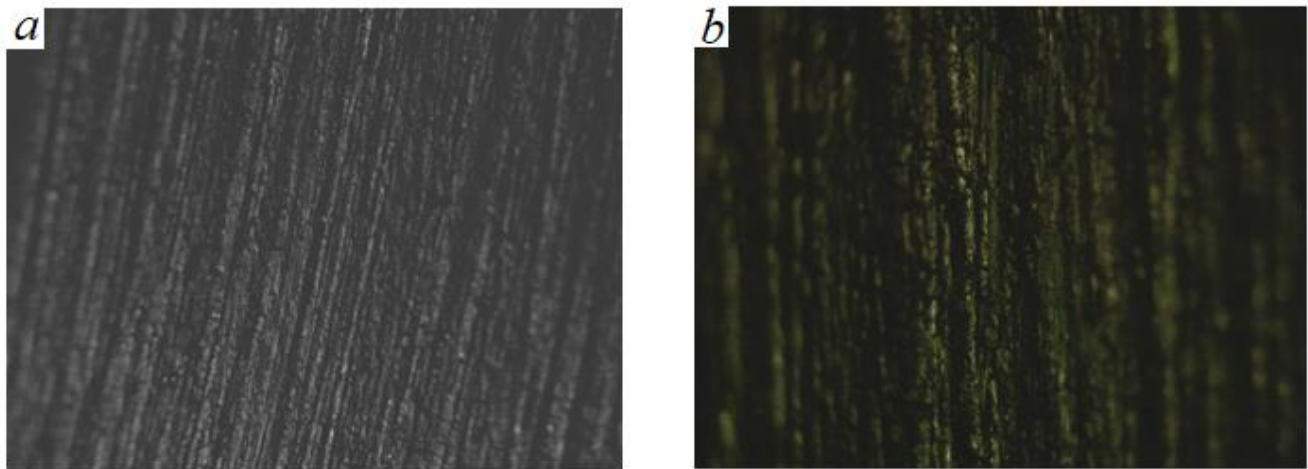


Fig. 19. Co/Cu (Co-nanowire in Cu matrix) optical microscopic images at magnitudes 40 (a) and 100 (b)

Conclusions

The cobalt nanowires have been prepared by the original electroless deposition method under applied magnetic field. Their oriented magnetic cobalt nanowire composite in paraffin and HSWC consolidated cobalt nanowires in copper matrix were

prepared. The magnetism of Co nanowire composites was effectively studied by carrying out the RF resonant magnetometry and NMR measurements with optical microscopy control of composite linear texture. Similar methods could be used for development of new types of RE free magnets using cobalt nanowires.

References

1. [S. Singamaneni](#), [V.N. Bliznyuk](#), [C. Binek](#) and [E.Y. Tsybal](#), “Magnetic nanoparticles: recent advances in synthesis, self-assembly and applications”, *Journal of Materials Chemistry*, **21**(42), 16819-169845 (2011).
2. T. [Khoperia](#), G. Mamniashvili, M. Nadareishvili and T.Zedgenidze. “[Competitive Nanotechnology for Deposition of Films and Fabrication of Powder-Like Particles](#)”. *ECS Trans.* **35**(10), 17-30 (2011).
3. T. Gavasheli, G. Mamniashvili, M. Nadareishvili, T. Zedginidze, "Electroless Technology for the Production of Cobalt Magnetic and Photocatalytic Nanopowders and Nanowires", *TechConnect Briefs* June 17, 42-45 (2019).
4. T. Maurer, T. Ott, G. Chaboussant. Y. Soumare, J.-Y. Piquemal, G. Viau, “Magnetic nanowires as permanent magnet materials”, *Applied Physics Letters*, Vol. 91, pp. 172501 (2007).
5. Fang, I. Panagiotopoulos, F. Ott, F. Boué, K. Ait-Atmane, J.-Y. Piquemal, G. Viau, F. Dalmas, “Optimization of the magnetic properties of aligned Co nanowires/polymer composites for the fabrication of permanent magnets”, *Journal of nanoparticle research*, Vol. 16, No. 2, pp. 2265 (2014).
6. I. Panagiotopoulos, W. Fang, F. Ott, F. Boué, K. Ait-Atmane, J.-Y. Piquemal, G. Viau, “Packing fraction dependence of the coercivity and the energy product in nanowire based permanent magnets”, *Journal of Applied Physics*, Vol. 114, No. 14, pp. 143902 (2013).
7. S. Ener, E. Anagnostopoulou, I. Dirba, L.-M. Lacroix, F. Ott, T. Blon, J.-Y. Piquemal, K. P. Skokov, O.Gutfleisch, G. Viau. “Consolidation of cobalt nanorods: A new route for rare-earth free nanostructured permanent magnets”, *Acta Materialia*, Vol. 145, pp. 290-297 (2018).
8. B. Godibadze, A. Dgebuadze, E. Chagelishvili, G. Mamniashvili, A. Peikrishvili, “Dynamic consolidation and investigation of nanostructural W-Cu/WY cylindrical billets”, *Journal of Physics: Conference Series* 2018 Mar (Vol. 987, No. 1, p. 012027). IOP Publishing.
9. T. A. Gavasheli, G. I. Mamniashvili, Z. G. Shermadini, T. I. Zedginidze, T. G. Petriashvili, T. O. Gegechkori, M. V. Janjalia, “Investigation of the pinning and mobility of domain walls in cobalt micro- and nanowires by the nuclear spin echo method under the additional influence of a magnetic video pulse”, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* , **500**, 1555310 (2020).
10. I. V. Pleshakov, N. S. Klekhta, Yu. I. Kuz'min, “The effect of a pulsed magnetic field on the nuclear spin echo signal in ferrite”, *Technical Physics Letters*, Vol. 38, No. 9, pp.853-855 (2012).
11. G. Mamniashvili, T. Gegechkori, M. Okrosashvili, E. Kutelia, A. Akhalkatsi, T. Gavasheli, D. Daraselia, D. Japaridze, A. Shengelaya, A. Peikrishvili, D. Lesuer, “Production of cobalt nanopowders by electron-beam technology and their NMR and magnetometry study”, *J. Magn. Magn. Mater.* **373**, 177-182 (2015).
12. A. M. Akhalkatsi, G. I. Mamniashvili, T. I. Sanadze, “The nuclear spin-echo signals under combined action of magnetic field and RF pulses”, *Appl. Magn. Reson*, Vol. 14, No. 3-4, pp. 393-399 (1998).
13. A. M. Akhalkatsi, M. D. Zviadadze, G. I. Mamniashvili, N. M. Sozashvili, A. N. Pogorely, O. M. Kuzmak. “Multipulse analogs of single-pulse echo signals in multidomain magnetics”. *Phys. Met. Metallogr*, Vol. 98, No. 3, pp. 252-260 (2004).
14. G. Kiliptari, V. I. Tsifrinovich, “Single-pulse nuclear spin echo in magnets”, *Phys. Rev. B*. Vol. 57, No. 18, pp. 11554-11564 (1998).

ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგიები მომავლის ავიაციაში

ბ. ნადარაია¹

საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი

ქეთევან დედოფლის გამზირი 16, 0103, თბილისი, საქართველო

რეზიუმე

საყოველთაოდ ცნობილია, საჰაერო ხომალდის პილოტირების სირთულისა და მაღალი პასუხისმგებლობის საკითხები, განსაკუთრებით დაფრენის ეტაპზე, ცუდი ვიზუალური მეტეო პირობებისას, ეშელონებზე გადასვლის დროს და ა. შ. თანამედროვე ავიაციის განვითარების ერთ-ერთი ყურადსაღები სფეროა თვითმფრინავის მართვის გამარტივებული საკითხი ერგონომიკულობის და ადამიანური ფაქტორის გათვალისწინებით. ინტეგრირებულ-ადაპტირებული ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგია შესაძლებლობას იძლევა ჩანაცვლებულ იქნას ხომალდზე არსებული საკურსო-სანავიგაციო სისტემა ახალი ვირტუალურ-კოორდინირებული ტექნოლოგიის საფუძველზე, რაც მფრინავს მისცემს საშუალებას მართოს ხომალდი ნულოვანი ხილვადობისას და გაზრდის გონების კონცენტრაციას უშუალოდ დასმული ამოცანის მიმართ.

სტატიაში „ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგიები მომავლის ავიაციაში“ განხილულია შემუშავებული ვირტუალურ-კოორდინირებული სივრცე კოსმოსურ-თანამგზავრულ ტექნოლოგიებზე დაყრდნობით და საჰაერო ხომალდის პილოტირების ვიზუალური კონცეფცია სივრცეში ორიენტირების თვალსაზრისით.

საკვანძო სიტყვები

საჰაერო სივრცე, ვირტუალური რეალობა, მომავლის ავიაცია, გამარტივებული პილოტირება, ვირტუალური კოორდინატები, კოსმოსური თანამგზავრი, კოსმოსური ნავიგაცია, კოორდინირებული სივრცე.

შესავალი

ვირტუალური რეალობა (ინგ. *Virtual Reality, VR*) - ტექნიკურ-ტექნოლოგიური საშუალებებით შექმნილი გარე სამყარო, რომელიც ადამიანის მიერ აღიქმება მისივე შეგრძნებების მეშვეობით: მხედველობა, სმენა, გათვითცნობიერება და სხვ. ვირტუალური რეალობა იმიტირებას ახდენს როგორც ქმედებებისას, ასევე ქმედებებზე ზემოქმედებისას. კომპლექსური შეგრძნებების ვირტუალურ რეალობასთან კომპიუტერული სინთეზის გაიგივების მიზნით მიმდინარეობს დროის რეალურ მონაკვეთში. ვირტუალური რეალობის ობიექტები წარმოადგენენ ჭეშმარიტი საგნების მოქმედებათა იმიტაციას, ასახვენ ერთგვარ მოდელს მატერიალური რეალობიდან. მომხმარებელს ეძლევა შესაძლებლობა მოახდინოს გარკვეული ქმედება-ზემოქმედება ობიექტებზე ყოველგვარი ფიზიკის კანონების გათვალისწინებით (გრავიტაცია, სითხის

თვისებები, საგანთან შეჯახება, არეკვლა და ა. შ.). ხშირ შემთხვევაში ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგია იძლევა იმაზე უფრო მეტ შესაძლებლობას ვიდრე მატერიალურ პირობებში (მაგ: ფრენა, ნებისმიერი სახის ობიექტების შექმნა და ა. შ.) [4].

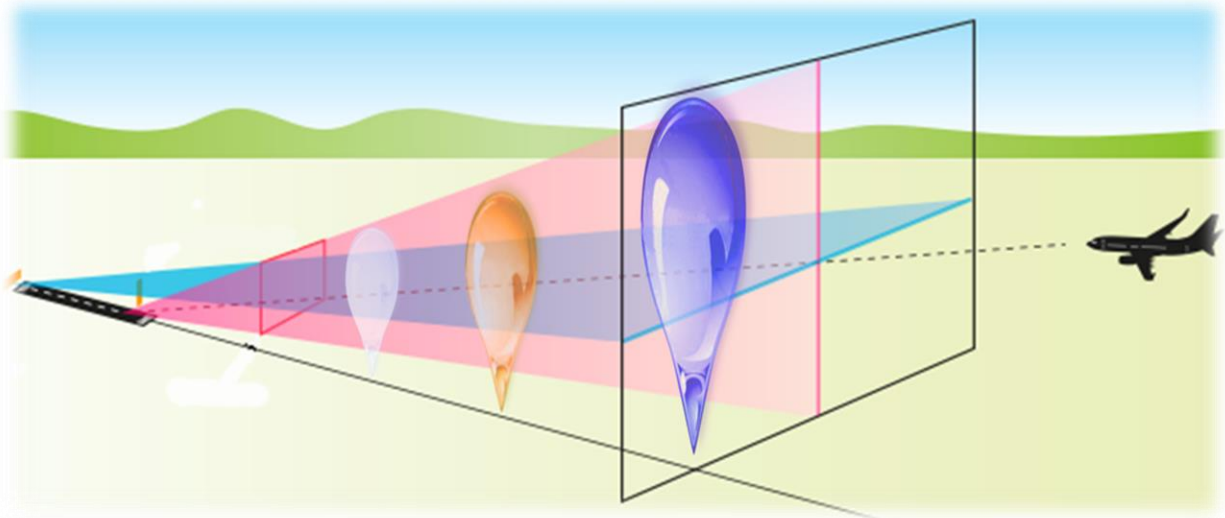
ძირითადი ნაწილი

სამომავლო ინჟინერიისათვის ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგია მეტად პერსპექტიულია, განვითარებადი, მრავალ ფუნქციური და დიდი პოტენციალის მქონე. მისი მორგება შესაძლებელია ავიაციაში და აღნიშნული შესაძლებლობა არ უნდა იქნას ხელიდან გაშვებული.

საჰაერო ხომალდის პილოტირებისას გამოიყოფა აფრენის, ფრენისა და დაფრენის ეტაპები. აქედან ყველაზე უფრო საპასუხისმგებლოდ მიჩნეულია საჰაერო ხომალდის დაფრენის ეტაპი, რომლის დროსაც მფრინავს მიჰყავს თვითმფრინავი

აეროდრომის მიმდებარე საჰაერო სივრცეში. ამავდროულად ის აკვირდება მიმყვან-მომნიშნავ რადიოშუქურების სასიგნალო მნიშვნელობებს და ცდილობს გაიყვანოს ხომალდი კურსისა და გლისადის ე. წ. თანაბარსიგნალურ ღერძზე (იხ.ნახ.1.), ანუ იყენებს ხელსაწყოების მიხედვით,

ინსტრუმენტულ დაფრენის სისტემას, რაც გულისხმობს სხვა და სხვა სამოდულო ბლოკებიდან ინფორმაციის შეჯამება-გადაამუშავებას უშუალოდ მფრინავის მიერ [1]. ამავდროულად ინარჩუნებს საკომუნიკაციო მითითებებს საჰაერო მოძრაობის მართვის დისპეჩერისაგან.



ნახ.1. ხელსაწყოების მიხედვით დაფრენის სისტემა

პროცესი რთულია, საპასუხისმგებლო და მოითხოვს ძალიან დიდ ყურადღებას. ადაპტირებული ვირტუალური რეალობის კონცეპტუალური ტექნოლოგია აზღვევს გარკვეული სახის რისკებისაგან.

ყველასათვის კარგადაა ცნობილი კოსმოსურ-თანამგზავრული გლობალური სანავიგაციო სისტემის არსებობა, რომლის ქსელში ჩართულობით სამომხმარებლო მიმღები ზუსტად განსაზღვრავს თავის ადგილმდებარეობას სივრცეში[2]. ე. ი. ალგორითმის თანახმად შესაძლებელი ხდება წინასწარ განისაზღვროს სივრცის ნებისმიერი კონკრეტული კოორდინატი, სხვანაირად რომ ვთქვათ, სივრცის ფიქტიური წერტილი. ასეთი ტიპის ინოვაცია მეტად დადებითი და სასარგებლოა მფრინავებისათვის, საჰაერო ხომალდის მართვის პროცესისათვის. თუ კი სანავიგაციო კოორდინატებით იქნება განსაზღვრული აეროდრომი, ადზ-ის გრძივი შუახაზი, კურსისა და გლისადის ე. წ. თანაბარსიგნალური ხაზი (სიბრტყეები), აეროდრომთან მისასვლელი საჰაერო დერეფნები, ეს მხოლოდ გაამარტივებს საკითხს. ახლანდელი ვითარება და დაფრენის თანამედროვე საავიაციო სისტემები ისეა მოწყობილი, რომ მფრინავმა

და ფრენის მართვის კომპიუტერმა ისედაც იცის ყოველივე ზემოხსენებული, თუმცა გასათვალისწინებელია ისიც, რომ საბოლოო გადაწყვეტილებას იღებს ადამიანი. აქედან გამომდინარე, მიზანშეწონილი იქნებოდა მფრინავ-ისათვის გამარტივებული პირობების შექმნა საჰაერო ხომალდის დაფრენისათვის, ანუ გონების კონცენტრაციისა და ყურადღების გამფანტველი პირობების მოხსნა/შემცირება [3]. თანამედროვეობიდან გამომდინარე, მფრინავი აკვირდება გადამწოდთა ინფორმაციას, ხელსაწყოებს და შედეგად ღებულობს გადაწყვეტილებას. ეს ყოველივე მეორდება ცუდი მეტეო პირობების დროსაც, მაშინაც კი როდესაც ხილვადობა პრაქტიკულად უმნიშვნელოა. ამ შემთხვევაში თავს იჩენს და მეტად გამოსადეგი იქნებოდა ადაპტირებული ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგია, რომელიც თავის მხრივ წარმოადგენს სპეციალურ საკოორდინატო მონაცემთა ბაზას, სადაც დროის რეალურ რეჟიმში მიიღება ინფორმაცია კოსმოსური სანავიგაციო თანამგზავრიდან.

ვირტუალური რეალობის ტექნიკა-აღჭურვილობა წარმოადგენს სპეციალურ

სათვალეს, რომლის ჩაშენებულ ეკრანებზე პროექცირდება სანავიგაციო თანამგზავრებიდან მიღებული ინფორმაცია, ანუ კურსისა და გლისადის ხაზები, ადზ ნულოვანი ხილვადობისას, კომბინირებული ავიაჰორიზონტი და მფრინავისათვის ნებისმიერი სხვა სასარგებლო ინფორმაცია. აღსანიშნავია, რომ ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგია მორგებულია სამგანზომილებიან სივრცეზე და მასში სავსებით შესაძლებელია კოსმოსურ-თანამგზავრული კოორდინირებული კონკრეტული წერტილის გამოსახვა, რომელიც იგივენაირად, ვირტუალურად გამოჩნდება მფრინავის სათვალეში. ე. ი. მფრინავისათვის საკმარისი იქნება მხოლოდ სათვალე კურსისა და გლისადის ვიზუალური შეფასებისათვის. ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგიების მეშვეობით სავსებით შესაძლებელი იქნება ავიამეთვალყურის მიერ უხილავი (მეტეო პირობებიდან გამომდინარე) საჰაერო ხომალდის ვირტუალური აღქმა-დანახვა (იხ.ნახ.2.).

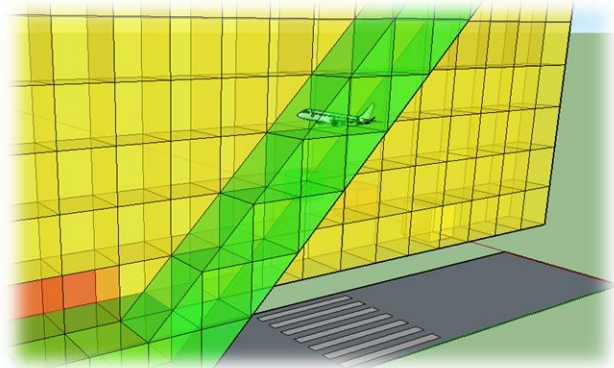
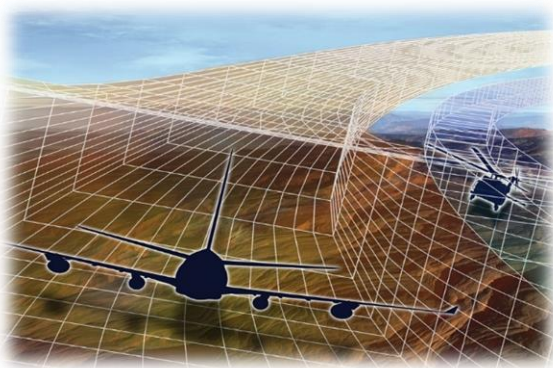
მფრინავს უწევს საკუთარ გონებაში ყოველივე ზემოხსენებულის პროექცირება/წარმოდგენა. ვირტუალური რეალობის

ტექნოლოგიების გამოყენებით ეს პრობლემა მოიხსნება, იმდენად რამდენადაც მფრინავი უშუალოდ დაინახავს მისთვის საჭირო,



ნახ.2. ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგიები საჰაერო მოძრაობის მართვაში

თანამგზავრული კოორდინატების მეშვეობით აგებულ ადზ-ს, კურსისა და გლისადის ხაზს და ა. შ. აღსანიშნავია, რომ ეს ყოველივე შესაძლებელი ხდება ნულოვანი ხილვადობის დროსაც კი. მფრინავის მიერ ვირტუალური პროექცირების ვიზუალური მაგალითი იხილეთ ნახ.3ზე.



ნახ.3. ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგიით დანახული სამიმოსვლო სივრცე (მარცხნივ) და საკურსო-საგლისადო დასაფრენი დერეფანი (მარჯვნივ).

დასკვნა

ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგიების ადაპტაცია და შემდეგ კი სამომავლო ავიაციაში ინტეგრაცია მოგვცემს შესაძლებლობას ვიზუალურად აღქმულ იქნას ამ დრომდე მფრინავისათვის მხოლოდ და მხოლოდ ხელსაწყოების მეშვეობით

საკუთარ გონებაში პროექცირებადი საეროდრომო დანიშნულების ობიექტები, რადიოტექნიკური მეთოდებით გენერირებული ელექტრომაგნიტური ტალღებით წარმოქმნილი თანაბარსიგნალური კურსისა და გლისადის ხაზები, საავიაციო დანიშნულების საჰაერო

მარშრუტ-დერეფნები და ა. შ. გასათვალისწინებელია, რომ კოსმოსურ-თანამგზავრული გლობალურ-კოორდინირებული სივრცის არსებობა პროცესს ბევრად გაამარტივებს კონკრეტული კოორდინატის საბორტო კომპიუტერში ფიქსაციის გზით. ვირტუალური რეალობის ტექნოლოგია მისცემს მფრინავებს შესაძლებლობას ხილვადობის მეტეო მინიმუმების უგულვებელყოფისა, იმდენად რამდენადაც მათთვის ვირტუალურად ხილული ხდება ადზ, მისი საზღვრები, რადიოსიგნალური სივრცეების თანაკვეთები და ა.შ. აღნიშნული ტიპის სისტემების გამოყენება შესაძლებელია როგორც პილოტირებად სამგზავრო დანიშნულების საჰაერო ხომალდებში, ასევე დისტანციური მართვის უპილოტო საფრენ აპარატებში.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. „საჰაერო ხომალდების რადიო-ელექტრონული მოწყობილობები“ - ს. ტეფნაძე, ა. რურუა, ფ. კოგანი; სსუ, თბილისი 2010.
2. “Essentials of Satellite Navigation” – Jean-Marie Zogg; U-blox, February 2009.
3. “Global Positioning System (GPS) for Pilots” – Sarina Houston; November 2018.
4. „*Виртуальная реальность*“ - <https://ru.wikipedia.org>

უპილოტო საავიაციო სისტემის ჯგუფური მოქმედების ამოცანის ანალიზი

მ. ზოიძე¹, გ. სანაძე²

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

²დავით აღმაშენებლის სახელობის საქართველოს ეროვნული თავდაცვის აკადემია, ცხინვალის გზატკეცილი, მე-3 კმ., გორი, საქართველო

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია და გაანალიზებულია უპილოტო საფრენი აპარატების ჯგუფური გამოყენების შესაძლებლობები და თანამედროვე გამოწვევები. მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატების და მათი ჯგუფური გამოყენების კონცეფციების გაერთმთლიანებით იქმნება ისეთი უპირატესობათა სფერო, სადაც ასეთ უპილოტო საფრენ აპარატებს ექნებათ გამოყენების აშკარა პრიორიტეტები. იკვეთება ავტონომიურ მართვის პრინციპზე მოქმედი მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატების ჯგუფში გამოყენების ახალი ტექნოლოგიების მიმართულება. ძირითადი პრობლემები დაკავშირებულია ჯგუფში მართვის და კავშირის უზრუნველყოფის ამოცანების გადაწყვეტასთან, რასაც ჯგუფური ინტელექტის მეთოდების გამოყენებასთან მივყავართ. წარმოდგენილია უპილოტო საფრენი აპარატების ჯგუფში ურთიერთქმედების ორგანიზების ალგორითმი და განხილულია შესაბამისი ამოცანები.

საკვანძო სიტყვები

უპილოტო საფრენი აპარატი, უპილოტო საავიაციო სისტემა, დრონი, ნანო, მიკრო, მინი, საფრენი აპარატების გუნდი, მართვა, საავიაციო ტექნოლოგიები, ალგორითმი.

უკანასკნელ პერიოდში აქტიურად ვითარდება უპილოტო საფრენი აპარატებისაგან შემდგარი საავიაციო სისტემის ტექნოლოგიები. იკვეთება მათი სამხედრო სფეროში ტაქტიკური ამოცანების გადაჭრის საინტერესო მიმართულებები. ქვეითი ქვედანაყოფებისათვის ტაქტიკური დავალებების წარმატებით შესრულებას მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს მიზნის განადგურების ალბათობა. ასეთი ამოცანის გადაწყვეტის საუკეთესო პასუხია უპილოტო საფრენი აპარატების ჯგუფად გამოყენება. ამ მხრივ საინტერესოა ტექნოლოგიური გადაწყვეტილება, სადაც ამ აპარატებიდან

ერთი ან რამდენიმე იმართება საკომანდო ცენტრიდან. დანარჩენი კი იმართებიან წამყვანი უპილოტო აპარატიდან მიღებული შედარებით სუსტი სიგნალების მეშვეობით.

ასეთი საავიაციო სისტემის მოდელი იძლევა ერთის მხრივ კავშირგაბმულობის სისტემის გამარტივებისა და რადიოელექტრონული შემჩნევადობის შემცირების, მეორეს მხრივ კი მიზანში ან მიზნებში მოხვედრის ალბათობის გაზრდის შესაძლებლობას. საავიაციო სისტემის ღირებულების შემცირების მიზნით შესაძლებელია წამყვანი უპილოტო საფრენი აპარატი შესრულებულ იქნას საბრძოლო ნაწილის გარეშე უკან დაბრუნების

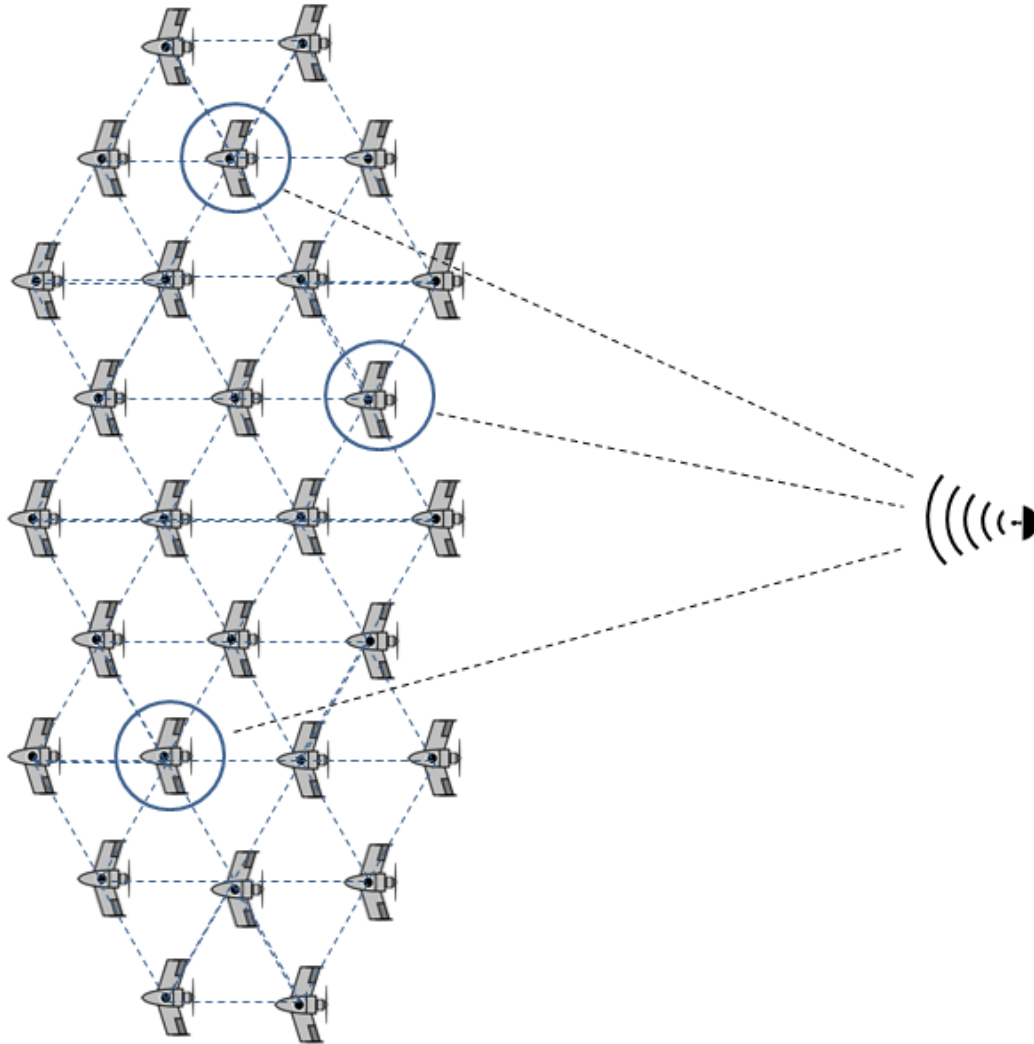
შესაძლებლობით. დაბალი რადიოელექტრონული შემჩნევადობა და მაღალი მანევრულობა მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს საჰაერო თავდაცვის დაბრკოლებების გადალახვას. გარდა ამისა უპილოტო საფრენი აპარატები განახორციელებენ ცეცხლის გამომახებას „თავის თავზე“, რითაც გამოაშვარავებენ მოწინააღმდეგის საჰაერო თავდაცვის საშუალებების განლაგებას. ზემოთ აღნიშნული ტექნოლოგიის პრაქტიკული რეალიზაციის ერთ-ერთი მაგალითია, ისეთი სისტემის შექმნა, სადაც გაერთიანებულ ოპერაციებში ერთი ოპერატორის მეშვეობით შესაძლებელი იქნება რამდენიმე უპილოტო საფრენი აპარატის მართვა. ასეთი პროგრამის განხორციელება გულისხმობს ისეთი სისტემის შექმნას, სადაც უპილოტო საფრენ აპარატს გააჩნია ფართო ავტონომიურობა და გამარტივებული ჯგუფური გამოყენება რთულ გეოგრაფიულ პირობებში ან და მოწინააღმდეგის მიერ ძლიერი რადიოელექტრონული წინააღმდეგობის გაწვევისას. მთავარი მიზანია, რომ საფრენ აპარატს გამოუმუშავდეს „ერთობლივი ავტონომიურობის“ განვითარების შესაძლებლობები. ეს გულისხმობს უპილოტო საფრენი აპარატების ჯგუფის შიგნით ინფორმაციის სინქრონიზაციას, ერთობლივ მოქმედებებს და მათ კორექტირებას ვითარების ცვლილების შესაბამისად. ოპერატორი ირჩევს მხოლოდ მისთვის შეთავაზებული ვარიანტებიდან ერთ-ერთს. ასეთ სისტემაში გაიზრდება უპილოტო საფრენი აპარატის სიცოცხლის უნარიანობა, რადგან ჯგუფის წევრებს რომელიმე სისტემის დაზიანებისას, შესაძლებლობა ექნებათ გაინაწილონ ინფორმაცია ერთმანეთში.

უპილოტო საავიაციო სისტემის გუნდის ელემენტები უნდა იყოს ნანო (25 გრ-ზე ნაკლები), მიკრო (5 კგ-ზე ნაკლები) და მინი (5-150 კგ-ის) კლასის უპილოტო საფრენი აპარატები. ასეთი მცირე ზომის

უპილოტო საფრენი აპარატების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ნაკლოვანებას წარმოადგენს ოპერატორთან კავშირის სირთულე. ვინაიდან მათ გააჩნია მცირე ენერგორესურსები, რომელიც მას ჭირდება მიმღები-გადამცემი აპარატურის მუშაობ-ისათვის. ასევე იზღუდება ანტენის ზომები.

ამ პრობლემის გადაჭრის ერთ-ერთ შესაძლებლობად განიხილება „იერარქიული მართვის“ პრინციპის გამოყენება, რომლის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ კავშირი მართვის ცენტრალურ პუნქტთან აქვს მხოლოდ ერთ ან რამდენიმე უპილოტო საფრენ აპარატს, რომელიც გადასცემს კომანდებს თავის ქვეჯგუფის აპარატებს. ცხადია ჯგუფში საფრენ აპარატებს შორის კავშირის დისტანცია მცირეა და შესაბამისად მცირეა ენერგოდანახარჯები კავშირის

უზრუნველყოფაზე. ინფორმაციის გაცვლისათვის უპილოტო საფრენი აპარატების გუნდის შიგნით საჭიროა გუნდური ინტელექტის მეთოდების გამოყენება, რომელიც დაფუძნებულია თვითორგანიზებულ დეცენტრალიზებულ მართვაზე. ასეთი მეთოდები ეფუძნება მწერების, თევზების ან ფრინველების გუნდში მოძრაობის და კავშირის თვითორგანიზებაზე.



სურ. 1. უპილოტო საფრენი აპარატების გუნდის მართვის პრინციპის სქემა

გუნდში უპილოტო საფრენ აპარატებს შორის კავშირი მყარდება მხოლოდ უახლოეს მანძილზე მყოფებთან გარკვეული დროის მომენტში. აპარატები იღებენ გადაწყვეტილებას მიმდინარე მოქმედებებზე თავის მიერ შეგროვებული და მეზობლად მყოფი აპარატებიდან მიღებული მონაცემების საშუალებით.

სურ. 1-ზე წარმოდგენილია მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატების გუნდური მართვის მოდელს, სადაც $r_i (i = 1 \dots N)$ სიმრავლის R უპილოტო საფრენი აპარატები ასრულებენ $P = (P_1 \dots P_c)$ დავალებათა სიმრავლეს. ამასთან ძალაშია შემდეგი პირობები:

- ყველა $r_i (i = 1 \dots N)$ უპილოტო საფრენი აპარატი ერთნაირია;

- თითოეული უპილოტო საფრენი აპარატის მდგომარეობა აღიწერება $S_i = (S_{i1} \dots S_{ij})$ ვექტორული სიდიდით;

- თითოეულ უპილოტო საფრენ აპარატს შეუძლია შეასრულოს გარკვეული შეზღუდული რაოდენობის მოქმედებები, რომელიც აღნიშნება ვექტორით $A_i = (a_{i1} \dots a_{ig})$;

- ერთ უპილოტო საფრენ აპარატს შეუძლია ინფორმაციის გაცვლა L რადიუსის ზონაში ანუ მხედველობის ზონაში მყოფ გარკვეული ქვესიმრავლის $R_i \in R$ აპარატებთან. $r_i \in R$ უპილოტო საფრენმა აპარატმა იცის თავისი მდგომარეობის ცვლილების კანონები თავისი მოქმედებების მიხედვით, ასევე $R_i \in R$ ქვესიმრავლის სხვა უპილოტო საფრენი აპარატების მოქმედებები და მდგომარეობა. აღნიშნული პირობა შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი გამოსახულებით

$$\frac{dS_i}{dt} = f(S_i, A_i, S_{i1}, A_{i1} \dots S_{ij}, A_{ij}),$$

- სადაც, $S_{ij} (j = 1 \dots L)$ - არის r_i უპილოტო საფრენი აპარატის ხედვის ზონაში მყოფი $R_{ij} \in R_i$ უპილოტო საფრენი აპარატის მიმდინარე მდგომარეობა და მოქმედება;

- გუნდის წინაშე დასმულ ამოცანაში $p_b \in P$ ვგულისხმობთ ისეთ $S_k^b = (S_{1k}^b \dots S_{Nk}^b)$ მდგომარეობის მიღწევას, სადაც N - გუნდში უპილოტო საფრენი აპარატების რაოდენობაა, $S_{1k}^b (i = 1 \dots N)$ - არის r_i უპილოტო საფრენი აპარატის მიზნობრივი მდგომარეობაა, რომელიც საჭიროა P_b ამოცანის გადაწყვეტისათვის და რომლის დროსაც მიიღწევა

$$Y = F_b(S_1 \dots S_N) \text{ ფუნქციონალის მინიმუმი.}$$

აღნიშნული პირობების გათვალისწინებით უპილოტო საფრენი აპარატების გუნდის მართვის

ამოცანა შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგი სახით: განისაზღვროს ყველა $N = (A_1 \dots A_N)$ უპილოტო საფრენი აპარატის ლოკალური მოქმედებების ისეთი თანმიმდევრობა, რომელიც გარდაქმნის გუნდის მიმდინარე მდგომარეობას $S_0 = (S_{10} \dots S_{N0})$ გუნდის წინაშე დასმული $P_b = P, S_1^b (S_{1k}^b \dots S_{Nk}^b)$ ამოცანის შესაბამის მიზნობრივ მდგომარეობაში და რომელშიც მიიღწევა $Y = F_b(S_1 \dots S_N)$ ფუნქციონალის მინიმუმი $\frac{dS_i}{dt} = f(S_i, A_i, S_{i1}, A_{i1} \dots S_{ij}, A_{ij})$ კავშირის პირობებში. აქ S_{ij}, A_{ij} - მდგომარეობა და მოქმედებაა $R_i \in R$ ქვესიმრავლის უპილოტო საფრენი აპარატებისთვის, რომლებიც ხვდებიან r_i უპილოტო საფრენი აპარატის ხედვის ზონაში.

გუნდური ურთიერთქმედება შესაძლებელია წარმოვადგინოთ შემდეგი ალგორითმის სახით:

- გუნდში მყოფი ყველა უპილოტო საფრენი აპარატი მართვის პუნქტიდან ღებულობს k ტიპის დავალებას;

- გუნდში მყოფი თითოეული R_i უპილოტო საფრენი აპარატი განსაზღვრავს ან ღებულობს ინფორმაციას ხედვის არეში მოხვედრილი გუნდის უპილოტო საფრენი აპარატის მიმდინარე მდგომარეობის და ლოკალური მოქმედებების შესახებ;

- მიღებული მონაცემების საფუძველზე R_i უპილოტო საფრენი აპარატი განსაზღვრავს S_i^{min} მდგომარეობას, სადაც Y_k^i ფუნქცია ღებულობს მინიმალურ მნიშვნელობას;

- R_i უპილოტო საფრენი აპარატი განსაზღვრავს a_i მოქმედებას, რომელიც მიმართულია მისი S_i მიმდინარე

მდგომარეობის S_i^{min} მდგომარეობაში გარდაქმნაზე;

- R_i უპილოტო საფრენი აპარატი ახდენს a_i ლოკალური მოქმედების რეალიზებას.

განვიხილოთ გუნდში ერთმანეთის მიმართ თანაბრად დაშორებული უპილოტო საფრენი აპარატების განლაგების ამოცანა. ჩავთვალოთ, რომ m - აპარატებს შორის მინიმალური დასაშვები დისტანციაა, d - მიმდინარე დისტანციაა R_i და R_j დისტანცია აპარატებს შორის, L - თითოეული R_i აპარატის ხედვის ზონაა. მაშინ $m < d < L$ პირობის შემთხვევაში $F_{ij}(k)$ რეზულტატური ძალის ვექტორი იქნება მიმართული აპარატზე და d დისტანციის პროპორციული $F_{ij}(k) \sim d$.

უპილოტო საფრენი აპარატების მთლიანი გუნდის გადაადგილების დროს ყველა აპარატს არ აქვს ინფორმაცია მიზნის მიმართულებით მოძრაობის შესახებ. ის აპარატები, რომლებიც ყველაზე ახლოს აღმოჩნდებიან მიზანთან და აღმოაჩენენ მას იწყებენ მისკენ მოძრაობას. ასეთი წამყვანი აპარატის რეზულტატურ ძალას დაემატება კიდევ ერთი F_M -მოძრაობის ვექტორი. მაშინ რეზულტატური ძალის ფორმულა ღებულობს შემდეგ სახეს

$$F_i(k) = \sum_{j=1}^n F_{ij}(k) + F_{ib}(k) + F_{iM} .$$

ამ დროს მიმყოფი აპარატი მოძრაობს ისევე იგივე მიზიდულობის და განზიდულობის კანონებით. საერთო ჯამში მთელი გუნდი მოძრაობს მიზნის მიმართულებით. იმ შემთხვევაში თუ უპილოტო საფრენი აპარატების გუნდს წაყენება დაბრკოლებების გარშემოვლის მოთხოვნა, მაშინ აპარატზე მოქმედი რეზულტატური ძალის ფორმულაში უნდა დაემატოს კიდევ ერთი მდგენელი F_{iH} - რომლის ვექტორი მიმართულია დაბრკოლების საწინააღმდეგოდ. შესაბამისად

აპარატზე მოქმედი რეზულტატური ძალის ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს

$$F_i(k) = \sum_{j=1}^n F_{ij}(k) + F_{ib}(k) + F_{iM} + F_{iH} .$$

გუნდში მყოფი ერთ-ერთი უპილოტო საფრენი აპარატის მიერ მიზნის აღმოჩენის შემთხვევაში შესაძლებელია რომ ინფორმაცია გადაეცეს ყველა აპარატს, მაგრამ შეზღუდული კავშირის შემთხვევაში ნაცვლად ინფორმაციის გადაცემისა შესაძლებელია რომ ამ აპარატმა დაიწყოს მოძრაობა მიზნის მიმართულებით, გაიყოლიოს მთლიანი გუნდი, რათა სხვა აპარატებიც მოხვდნენ მიზნის ხედვის ზონაში.

ჩატარებული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატების და მათი ჯგუფური გამოყენების კონცეფციების გაერთმთლიანებით იქმნება ისეთი უპირატესობათა სფერო, სადაც ასეთ უპილოტო საფრენ აპარატებს ექნებათ გამოყენების აშკარა პრიორიტეტები. იკვეთება ავტონომიურ მართვის პრინციპზე მოქმედი მცირე ზომის უპილოტოს საფრენი აპარატების ჯგუფში გამოყენების ახალი ტექნოლოგიების მიმართულება. ძირითადი პრობლემები დაკავშირებულია ჯგუფში მართვის და კავშირის უზრუნველყოფის ამოცანების გადაწყვეტასთან, რასაც ჯგუფური ინტელექტის მეთოდების გამოყენებასთან მივყავართ.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. გივი სანაძე, მამუკა ზოიძე, დავით ბესტავაშვილი. „მოიერიშე უპილოტო საავიაციო სისტემა“ ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, უკ. 629.735;
2. მ. ზოიძე, გ. სანაძე, უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენების და საჰაერო მოძრაობის რეგულირების მდგომარეობის მიმოხილვა სხვადასხვა ქვეყნებში და საქართველოში. ტრანსპორტი და

მანქანათმშენებლობა. თბილისი. ISSN 1512-3537, №1-№2 (47-48) 2020, გვ.48;

3. მ. ზოიძე, გ. სანაძე, პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციების გამოთვლის მეთოდოლოგია საჰაერო მოძრაობის დაგეგმარების ავტომატიზებულ სისტემაში. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა. თბილისი. ISSN 1512-3537, №4 2020;

4. მ. ზოიძე, გ. სანაძე, სამხედრო უპილოტო საფრენი აპარატების გუნდური გამოყენების პრობლემები; სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის ნაშრომთა კრებული, COLLECTION OF THE PAPERS OF THE SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE. გორი. ISBN 978-9941-8-2796-9. გვ.21. 2020წ.

5. სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია: გლობალური - რეგიონალური უსაფრთხოების გამოწვევები და თავდაცვის ძალები. თემა: „სამხედრო უპილოტო საფრენი აპარატების გუნდური გამოყენების პრობლემები“;

6. Douglas M. Marshall, Richard K. Barnhart, Eric Shappee, Michael Thomas Most. Introduction to Unmanned Aircraft Systems. CRC Press. 2016. 395 p. ISBN-10: 1482263939; ISBN-13: 978-1482263930.;

7. Paul Gerin Fahlstrom, Thomas James Gleason. Introduction to UAV Systems. 2012 John Wiley & Sons, Ltd. ISBN 978-1-119-97866-4;

8. Collaborative Microdrones: Applications and Research Challenges. Markus Quaritsch, Emil Stojanovski, Christian Bettstetter, Gerhard Friedrich, Hermann Hellwagner, Bernhard Rinner, Michael Hofbauer, Mubarak Shah. Conference Paper “Collaborative microdrones: Applications and research challenges” January 2008;

9. В. А. Лупандін, Г.В. Мегельбей, О. Й. Мацько, Т.Л. Куртсейтов, П.О. Міроненко. Основні тенденції створення та застосування груп безпілотних літальних апаратів. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2019. № 2(35). С. 88-96.

Проектирование авиационных стартер – генераторных устройств разных мощностей с помощью долевых значений метода геометрического программирования

З.Г. Гобианидзе¹, Л. А.Маисурадзе²

¹Грузинский Технический Университет, пр. Мераб Костава 75, 0175, Тбилиси, Грузия

²Авиационный университет Грузии, пр. Кетеван Дедофали 16, 0103, Тбилиси, Грузия

Резюме

В данной научной работе проанализировано один из актуальных вопросов оптимизации параметров авиационных стартер-генераторных устройств разных мощностей.

При проектировании нового электромеханического преобразователя энергии необходимо знать априорные сведения зависимости входных и выходных параметров для подбора интервалов варирования.

Имея теоретически модель или опитный образец изделия метод геометрического программирования позволяет получить исчерпывающее сведения и распространить ее на отрезке серии подобных преобразователей энергии.

В работе электрическая машина, представленная в виде нелинейной функции многих переменных, анализируется с помощью систем линейных алгебраических уравнении с использованием долевых значений переменных составляющих.

Ключевые слова

газотурбинный двигатель; пусковые устройства; стартер-генератор; постоянные магниты; магнитопровод; ротор; статор; геометрическое программирование.

I. В ВЕДЕНИЕ

На современных авиационных газотурбинных двигателях в основном используются электрические и воздушные пусковые устройства. Пусковые устройства выбирается от типа источника энергии имеющегося на борту воздушного судна а также величины требуемой мощности и продолжительности запуска двигателей.

Электрические стартеры бывают постоянного и переменного тока. Однако при наличии в качестве бортового источника питания аккумуляторных батарей и из-за более простой конструкций большое распространение получили стартеры постоянного тока, особенно для небольших воздушных судов. Их мощность колеблется в пределах 18-20 кВт.

Запуск авиационного газотурбинного двигателя представляет собой одну из важных эксплуатационных режимов от надежности которого непосредственно зависит регулярность и безопасность полетов воздушных судов. Система запуска обеспечивает принудительную раскрутку ротора газотурбинного двигателя до режима самостоятельной работы двигателя.

Опыт проектирования, доводки и эксплуатация газотурбинных двигателей показывает, что выбор типа и параметров пусковой системы является довольно сложной задачей. Этот выбор осуществляется в сочетании надежного запуска двигателя в широком диапазоне изменения климатических условий и минимальных масса-габаритных показателей пусковой системы.

Выбор типа и параметров автономной пусковой системы с обеспечением с минимальных масса-габаритных показателей осуществляется в зависимости от целевого назначения воздушного судна.

Для запуска газотурбинных двигателей применяются следующие типы электростартеров и стартер-генераторов:

- Стартеры прямого действия последовательного и смешанного возбуждения;

- Стартер-генераторы с дополнительными полюсами, смешанным возбуждением в стартерном режиме и параллельным в генераторном. Связь якоря машины с приводом газотурбинного двигателя осуществляется через двухскоростной редуктор;

- Стартер-генераторы с дополнительными полюсами и компенсационной обмоткой чисто шунтового возбуждения для двух режимов, с встроенным в планетарным двухскоростным редуктором;

- Обычные самолетные генераторы применяемые в стартерном и генераторном режимах с постоянным передаточным числом редуктора, расположенного в приводе газотурбинного двигателя.

С целью снижения массы и габаритов конструкция всех авиационных стартеров и стартер-генераторов отличается высокой степенью использования активных материалов. Необходимо отметить, что если в промышленных генераторах плотность тока в обмотках якоря равна 3-8 А/мм², то в авиационных стартерах и стартер-генераторах она составляет 15-25 А/мм². При этом линейная нагрузка достигает 200-500 А/см, а абсолютная температура нагрева обмоток и щеток 150-200 °С. В связи с этим для их изоляции применяется стекловолно, кремнеорганические лаки, стекломиканит, высокопрочные эмали повышенной нагревостойкости и т.д. При этом максимальная частота вращения стартеров в стартерном режиме равно 170-350 С⁻¹, а для стартер-генераторов 130-200 С⁻¹, в то время, как для промышленных генераторов и двигателей той же мощности она равна 25 - 50 С⁻¹.

На Рис. 1 представлена конструктивная схема авиационного стартер-генератора.

Сочетание стартера и генератора в одном агрегате основано на свойстве обратимости электрических машин.

Использование этого свойства в электрических пусковых системах позволяет значительно сократить вес пусковой системы. Как и электростартер стартер – генератор имеет статор 1, в котором вращается якорь 2 с коллектором 3. Также имеется щеткодержатель 4 и клеммная коробка 5.

Основная особенность стартер – генератора это отсутствие редуктора муфты

свободного хода наличие системы охлаждения с вентилятором 6, а также наличие кроме главных полюсов 7 с обмотками 8, дополнительных полюсов 9 с обмотками 10, одна из которых является компенсационной а вторая обмоткой возбуждения генератора. Для повышения эффективности воздушного охлаждения вал 11 якоря выполнен полым. Пустота продувается воздухом от вентилятора.

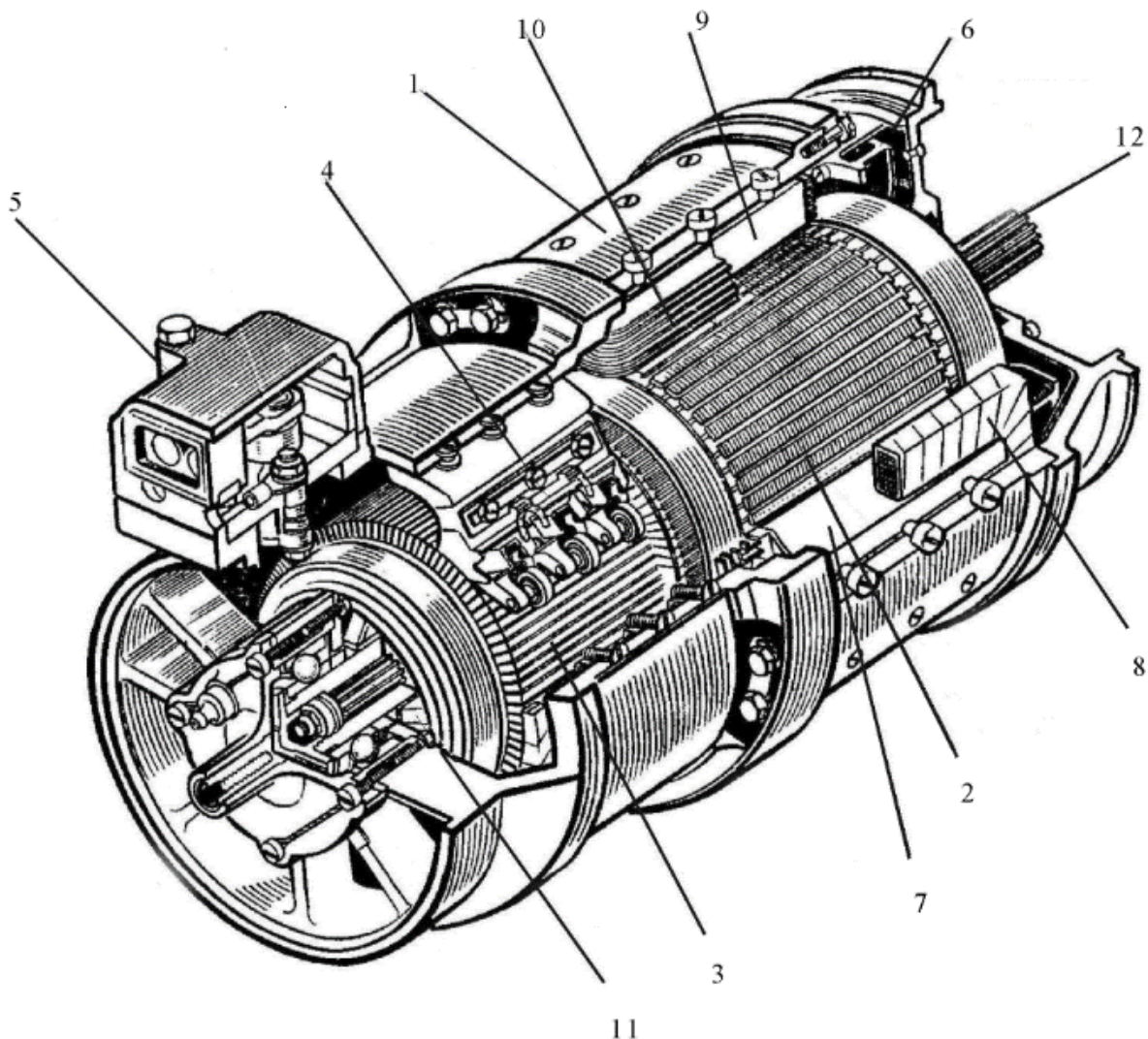


Рис. 1 Стартер–генератор

- 1–статор 2–якорь 3–коллектор 4–щеткодержатель 5–клеммная коробка 6–вентилятор 7–главный полюс 8–обмотка главного полюса 9–дополнительный полюс 10– обмотка дополнительного полюса 11–полый вал 12–шлицевой валик

II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На большинстве газотурбинных двигателей пусковое устройство связано с ротором двигателя через кинематический привод и размещается на коробке приводов двигателя.

Ресурс работы пусковых устройств определяется наиболее слабым элементом конструкции. Таким элементом в пусковых устройствах является щеточно-коллекторный узел.

В связи с этим для дальнейшего улучшения масса-габаритных показателей starter-генераторных устройств в настоящее время большое внимание уделяется разработке конструктивных схем и методике проектирования бесконтактных синхронных машин с постоянными магнитами из редкоземельных сплавов (Nd-Fe-B, Sm-Co)

Проектирование индуктивных starter-генераторных изделия специального назначения с первого взгляда является простой задачей, которая сводится к расчету токопровода (обмоточные данные starter-генератора для создания нужного магнитного потока и выборе оптимальной пути магнитопровода для замыкания его через воздушный зазор. На рис. 2 показаны примеры распространения магнитного потока для разных конфигурации пазов ротора и статора. Однако по пути оптимального проектирования, встречаются сложности разного вида и характера, отличающиеся друг от друга как качественно, так и количественно. Например при выборе материала магнитопровода не имеются прямые готовые рецепты однозначного выбора толщины, типа материала и метода изготовления магнитопровода.

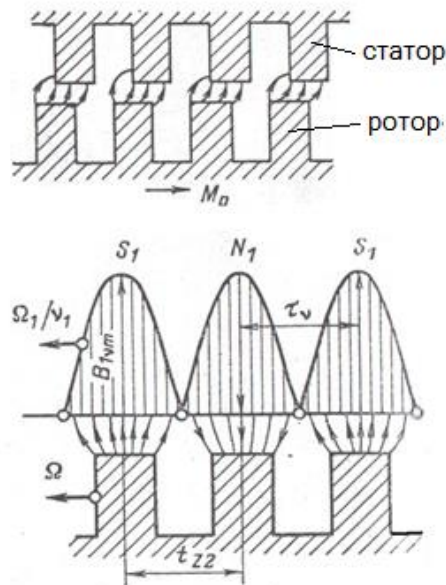


Рис. 2. Характер распространения магнитного потока для разных конфигурации пазов ротора и статора

В практике имеются целый ряд магнитопровода (электротехнической стали) толщиной от 0,015 до 0,5 мм разной марки. Обработка их происходит горячекатанием или холоднокатанием. Следовательно материал получается анизотропным или изотропным. Магнитные потери на гистерезис и вихревые токи а также поверхностные потери полностью завьсят от толщины материала и обработки выбранного магнитопровода. Один только выбор магнитопровода пораждает несколько десятков и сотен вариантов проекта.

При поиске оптимальной пути зубцовой зоны подвижных и не подвижных частей стартер-генератора также стоим перед сложным выбором.

Сложность усугубляется существованием изобилия формы паза и зубца статора и ротора, а также их комбинацией. Выбор формы зубцов во многом определяет качество насыщенности магнитной пути на участке зубца и сильно влияет на выходные параметры оптимизации. Согласно вышесказанного количество возможных вариантов также вырастает несколько сотни раз. На рисунках 3, 4 и 5 показаны варианты форм пазов электрической машины, выполненных в соответственно в статоре и в роторе.

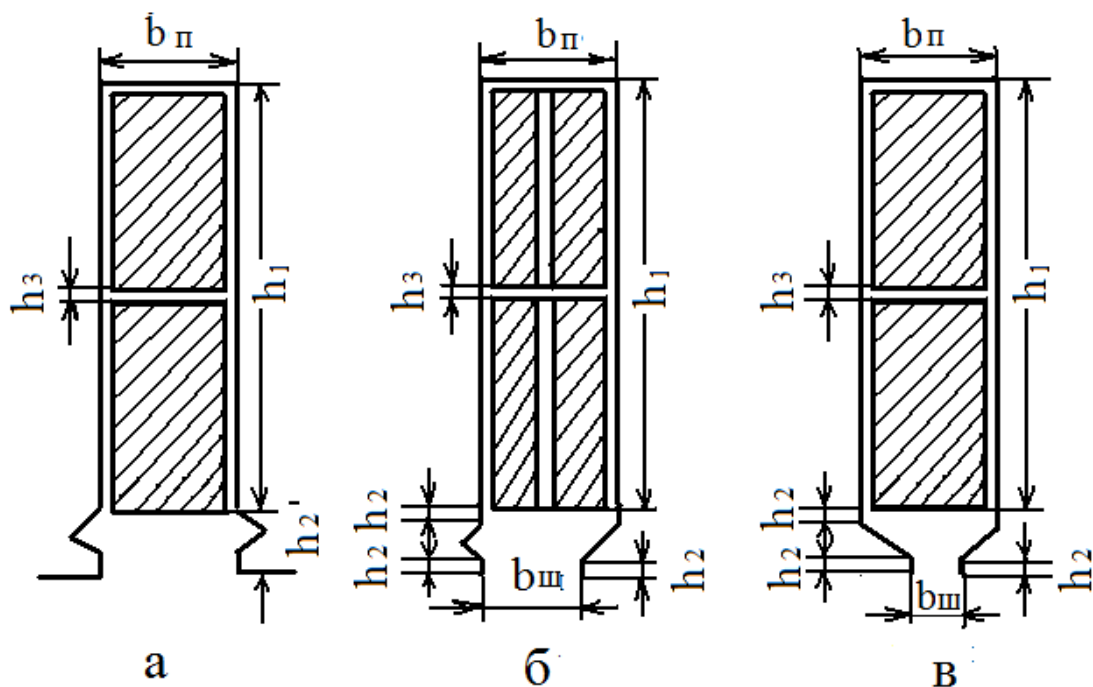


Рис. 3. Прямоугольные пазы статора

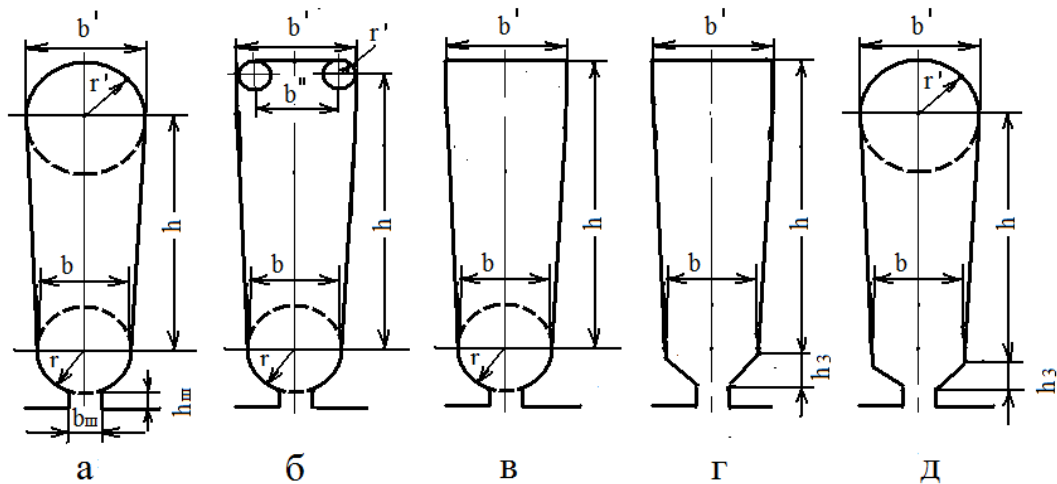


Рис. 4. Трапецидальные полузакрытые пазы

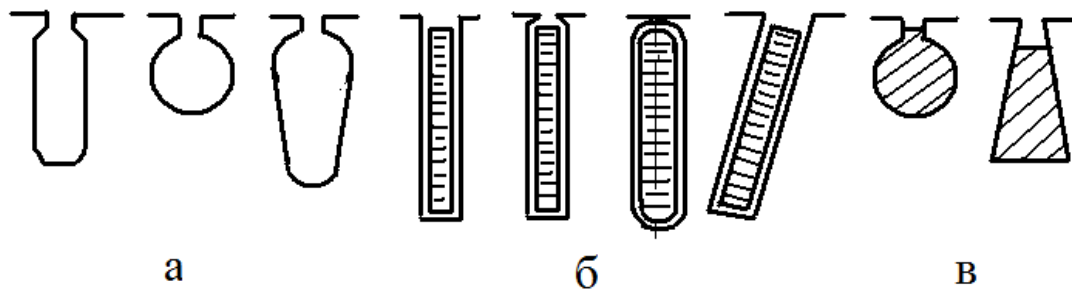


Рис. 5. Пазы короткозамкнутых роторов. а – пазы с параллельными, круглыми, трапецидальными; б – пазы глубинные продольные и наклонные; в – пазы круглой и трапециевидной формы имеющие стержни соответствующего сечения

При проектировании индукционных машин необходимо уточнить расчетную мощность которая зависит от энергетического КПД равная произведению КПД и коэффициента мощности. На рис. 6 показан график зависимости КПД η трехфазных асинхронных двигателей с контактными кольцами в зависимости от номинальной

мощности P_n . Для некоторых машин обследуемых заранее имеются зависимости в виде кривых от расчетной мощности и главных геометрических размеров например диаметра D при $P = \text{const}$. где P – число пар полюсов машины. На рис. 7 показан график зависимости диаметра ротора от мощности двигателя $D = f(P')$ при различных числах полюсов P .

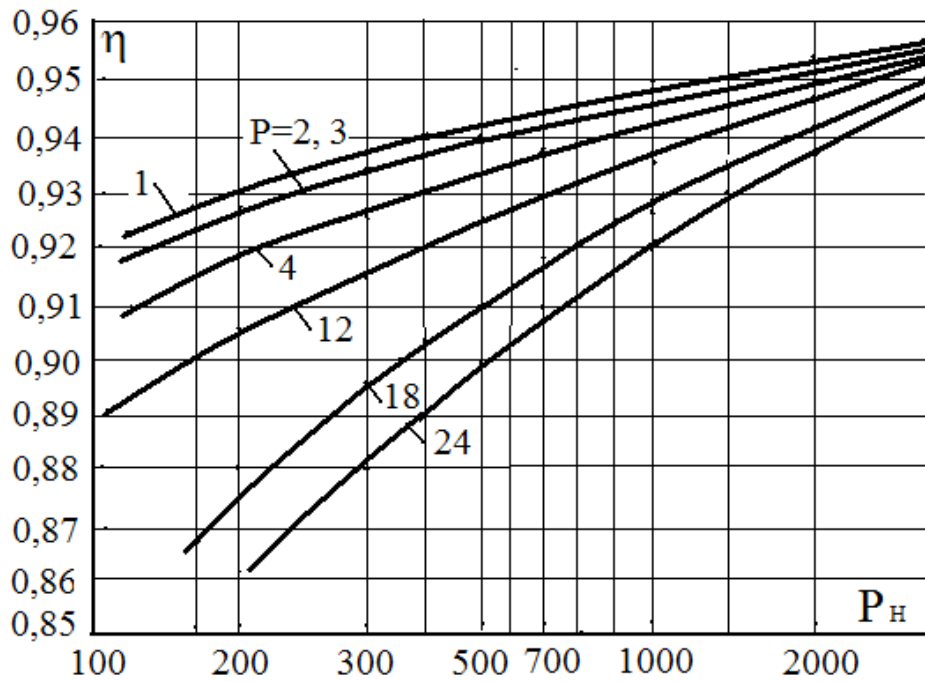


Рис. 6. График зависимости КПД $\eta = f(P)$

Имеется богатая информация в виде кривых : $\eta = f(P')$; при $P=1, 2, 3, \dots 10$; (1)

P' – расчетная мощность машины

P – число пар полюсов определяющий номинальную частоту вращения стартер-генератора.

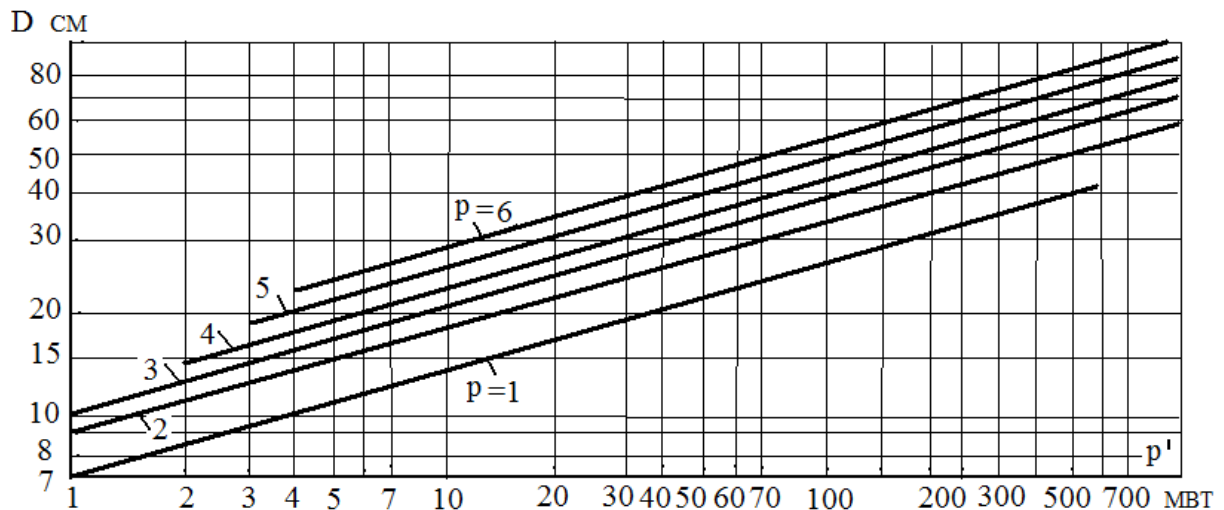


Рис. 7. График зависимости диаметра от мощности двигателя $D = f(P')$ при различных числах полюсов P

$\cos\varphi = f(P)$; при $P=1, 2, 3, \dots 10$; (2)

Где $\cos\varphi$ – коэффициент мощности.

$$D=f(P); \text{ при } P=1, 2, 3, \dots 10; \quad (3)$$

Где D внутренний диаметр

магнитопровода

$$B_{\delta}=f(\tau); \text{ при } P=1, 2, 3, \dots 10; \quad (4)$$

$$A_s=f(\tau); \text{ при } P=1, 2, 3, \dots 10; \quad (5)$$

Имея столь богатую информацию не трудно спроектировать машину. Однако, в случае когда проектируется электромагнитный стартер-генератор и не имеется ни какой информации приходится рассчитывать на опыт, знание и интуиции. Задача усложняется еще тем что одно и тоже установка работает в двух совершенно противоположенных режимах: в случае стартера работает в кратковременном режиме а в случае генератора, работает в продолжительном режиме S1. В режиме стартера имеет значительно большую мощность, чем в режиме генератора. Следовательно приходится две качественно и количественно разные требования и задачи слить в одно целое.

Проектирование осложняется еще почти ежедневно растущим требованием и претензиями потребителя (заказчика). Если раньше при оптимальном проектировании требовалась один параметр оптимизации (спроектировать машину минимальной стоимостью или максимальным КПД или минимальной массой при разных прочих условий) то на сегодняшний день ставится многокритериальная задача в частности спроектировать стартер-генераторную систему максимальной надежностью и минимальной массой, при разных прочих условиях или же спроектировать машину минимальной стоимостью максимальным КПД и т. д. При вышеперечисленной сложной ситуации на помощь прибегает математическое, физическое моделирование и теория подобия.

Модель, это вспомогательный объект, находящийся в абсолютном, или определенном соответствии с изучаемым объектом – оригиналом. Абсолютное подобие это тождество модели и оригинала в

пространстве и во времени. В таком благоприятном случае полная информация, извлеченная из модели, можно распространить на оригинал с помощью коэффициентов подобия. В данном конкретном случае отрезок серии, или оригинальный объект можно построить с помощью масштабных коэффициентов.

В частности, если конкретный объект, характеризуется функциональной зависимостью $f(t_1, t_2, \dots, t_n)$, где t_1, t_2, \dots, t_n , n мерная координатная система входных переменных объекта– модели, то функциональная зависимость $F(t_1, t_2, \dots, t_n)$ вполне может математически описать отрезок серии, или оригинал, с помощью критериев подобия.

$$m_1 = \frac{t_1}{t'_1}; m_2 = \frac{t_2}{t'_2}; \dots, m_n = \frac{t_n}{t'_n}; \quad (6)$$

Где t'_1, t'_2, \dots, t'_n – n мерная система входных переменных отрезка серии, или оригинала.

Однако в практике исследуемые объекты (индукционные машины) разных мощностей не являются абсолютно подобными. Следовательно, между входными параметрами могут быть разные зависимости, что отражается в первую очередь на критериев подобия. Они могут быть:

$$m_i = \text{const}; m_i = \text{var}; m_i = f(t_1, t_2, \dots, t_n),$$

постоянные, переменные или функциональные.

Мощность и почти все выходные показатели индуктивной машины в стартерном или генераторном режиме зависят не только от частоты вращения, геометрических размеров магнитопровода и токопровода, но и электромагнитных нагрузок и эффективной конструкции которая в формуле мощности не отражается.

Магнитная нагрузка воздушного зазора маломощных, средней и большой мощности очень мало отличается друг от друга. Что касается линейной нагрузке, она меняется в заметных интервалах для машин

разных мощностей. Следовательно об абсолютном подобии машин речь не может идти.

Использование масштабных коэффициентов (коэффициентов подобия) только для геометрических размеров не увенчается успехом. Переменные величины проектирования, которые мало отличаются для машин разных мощностей тоже возможно не включить в списке подобных величин для модели и оригинала.

Существующие величины таковы как абсолютные, относительные, масштабные, подобные, произведенные, приводные, множество коэффициентов имеющих размерность или безразмерность, являются обязательными величинами для получения оптимальных величин стартер – генераторной установки. В начале проектирования стартер–генераторной установки для сужения области (интервала) исследования и получения предварительно приближенных результатов экспериментального образца предлагается использование долевых (весовых) величин геометрического программирования.

Если обратить внимание на мощность электромеханического преобразователя увидим, что он является функцией частоты вращения, объема магнитопровода (произведения квадрата внутреннего диаметра на расчетную длину магнитопровода), линейной нагрузки и магнитной индукции в воздушном зазоре. Каждый множитель имеет размерность, физический смысл и вносит строго определенную ношу (долю) в создании мощности. Величина каждого множителя зависит от множества требований заказчика– потребителя и абсолютная величина их в процессе проектирования меняется в определенных интервалах. Чтобы сузить область поиска оптимальной машины, необходимо использовать долевые величины геометрического программирования, являющийся обобщениями более высокого порядка. Сопоставляя выражения мощности так называемую функцию предварительного

проектирования можно найти показатели степеней – ограничители с помощью решения линейных уравнений. Функция предварительного проектирования имеет следующий вид

$$f(n, D^2, \iota, A, B_\delta) \rightarrow n^{x_1} \cdot D^{x_2} \cdot \iota^{x_3} \cdot A^{x_4} \cdot B_\delta^{x_5}; \quad (7)$$

→ знак означает „ сопоставление”.

Где x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 являются показателями степеней комбинированной ограничивающей функции. Они могут распространяться на большой спектр машин. Оставляя их постоянными и меняя только величину мощности машин, можно получить предварительные области оптимального проектирования той или иной машин.

Если модель исследовать со всех сторон как экспериментально так и математически после извлечения из него x_1, x_2, \dots, x_5 величины легко можно попасть в оптимальный интервал поиска желаемой машины оригинала. Они x_1, x_2, \dots, x_5 и являются, обобщениями более высокого порядка.

Подобно выражению (6) при желании можно создать функции предварительного проектирования зависящую от выбранного нами переменных проектирования и после несложных математических приемов матричной алгебры и геометрического программирования получить предварительный область оптимального варианта стартер-генератора.

Составим линейное уравнение положительных весов

$$\left. \begin{aligned} &\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_6 = 1 \\ &1 \cdot \delta_1 + 1 \cdot \delta_2 + 0 \cdot \delta_3 + 0 \cdot \delta_4 + 0 \cdot \delta_5 - X_1 \cdot \delta_6 = 0 \\ &1 \cdot \delta_1 + 1 \cdot \delta_2 + 0 \cdot \delta_3 + 0 \cdot \delta_4 + 0 \cdot \delta_5 - X_2 \cdot \delta_6 = 0 \\ &1 \cdot \delta_1 + 0 \cdot \delta_2 + 0 \cdot \delta_3 + 0 \cdot \delta_4 + 0 \cdot \delta_5 - X_3 \cdot \delta_6 = 0 \\ &0 \cdot \delta_1 + 1 \cdot \delta_2 + 0 \cdot \delta_3 + 0 \cdot \delta_4 + 0 \cdot \delta_5 - X_4 \cdot \delta_6 = 0 \\ &1 \cdot \delta_1 + 1 \cdot \delta_2 + 0 \cdot \delta_3 + 0 \cdot \delta_4 + 0 \cdot \delta_5 - X_5 \cdot \delta_6 = 0 \\ &1 \cdot \delta_1 + 1 \cdot \delta_2 + 0 \cdot \delta_3 + 0 \cdot \delta_4 + 0 \cdot \delta_5 - X_6 \cdot \delta_6 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

В данном частном случае ставится обратная задача. При известных входных параметров найти

$$f(t_1, t_2, t_3, \dots, t_n) \rightarrow t^{x_1}_1 \cdot t^{x_2}_2 \cdot t^{x_3}_3, \dots, t_n^{x_n}; \quad (9)$$

После всестороннего исследования модели кроме x_1, x_2, \dots, x_n известно все величины, как, входные так и выходные показатели мотор-генератора. Остается математическими приемами найти x_1, x_2, \dots, x_n показатели обобщенные и распространить их на остальных подобных изделиях (оригиналах).

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описаны сложности оптимального проектирования опытного образца любого электромеханического преобразователя энергии, в частности стартер-генератора предварительных, априорных сведений.

Предложены пути расчета чисел-долевых (весовых) значений параметров более высокого уровня обобщения с помощью использования метода геометрического программирования.

До сей поры предварительном проектировании, априорные сведения задаются в виде таблиц, или графических форм в зависимости от одного или двух параметров $\eta = f(P')$; $D = f(P)$; $D = f(P')$ и т.д.

При представлении проектируемого объекта в матричной форме зависимость новый многофункциональный характер, упрощает и расширяет возможности оптимального проектирования стартер-генератора.

Показано преимущество использования данного метода по сравнению существующими методами для нахождения оптимальной области поиска и сужения интервала поиска.

Имея исследуемый модель ,извлекая из него полную информацию и рассчитать числа более высокого обобщения, найти области предварительного поиска оптимальных вариантов подобных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Веников, Г. В. Веников, Теория подобия и моделирование М. Высшая школа 1984
2. Копилов И. П. Электрические машины Энергия, Москва 1986 г.
3. Копилов И. П. Математическое моделирование электрических машин Москва „Высшая школа” 1987.
4. A. Maisuradze, Z. Gobianidze, L. Maisuradze, Optimization of Design Schemes and Parameters of Motor-Generators for Aviation Gas Turbine Engines. (163-170), Proceedings of Mechanics, The International Conference on Mechanics, 2016.



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.

FINANCIAL ASPECTS OF UKRAINE'S TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF EUROPEAN INTEGRATION

K. M. Razumova¹, O. M. Kyrylenko¹, T. L. Mostenska¹

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

Annotation

The article analyzes the national task of management activity - financial support of the processes of modernization of transport infrastructure. It has been established that the need for financial flows in the transport industry, as a rule, should be initiating and stimulate the attraction of own resources of enterprises and entrepreneurs, bank loans and other extra-budgetary funds. Based on the world experience in financing the development of transport infrastructure, it has been proven that one of the most common mechanisms for attracting investment is concessions, which provide an optimal balance between benefits and risks for an investor.

Key words: *transport complex, investments, transport infrastructure, financial project.*

Formulation of problem

Ukraine's aspiration to become a member of the EU requires significant work on the adaptation of transport legislation to European

requirements. In the field of transport, the EU White Paper is an important document that defines the main priorities for the development of transport infrastructure. This document

provides an estimate of the cost of infrastructure development in the EU for 2010 - 2030 at 1.5 trillion euros [9].

The lack of financial resources for the modernization and development of transport infrastructure can be compensated by introducing the principles of "polluter pays" and "user pays", along with special attention to the most vulnerable members of society; providing guarantees for loans and working capital for infrastructure development; involvement of the private sector, international institutions and other international partners, including through partnerships with stakeholders and the principle of accountability based on clear rules and functions.

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

The main objective of the article. Identification of possible main sources of financing of the transport complex of Ukraine in the conditions of European integration.

Exposition of the basic material. The White Paper notes: "price signals play a crucial role in many decisions that have a long-term impact on the transport system" [9]. Transport charges and taxes should be restructured to make greater use of the polluter pays and user pays principles. They should be the basis for the role of transport in promoting European

competitiveness and coherence, while the total production costs of the sector should reflect all transport costs, including infrastructure and external costs. Wider socio-economic benefits and positive externalities are the basis for a certain level of public funding, but in the future transport users are likely to pay a higher share of costs than today. It is important that users, operators and investors receive the right and consistent monetary incentives.

The National Transport Strategy until 2030 identifies the main priorities, one of which is to ensure sustainable financing of transport through the introduction of the principle of "user pays" and the introduction of a mechanism of targeted funding [6]. It is necessary to support the attraction of private capital, provided there are economic benefits. Public funding should be provided based on a transparent mechanism for prioritization, economic efficiency and transparency of public procurement, the establishment of open communication and disclosure of information on planning the use of budget funds and actual expenditures [4].

Another tool for regulating the financing of transport infrastructure development projects is taxation. "Taxation of many transport industries is preferential, compared to all other economies: the taxation of company cars, non-collection of VAT and energy tax on international maritime and air transport, and so on. In general, these schemes create a conflict of incentives given the efforts

to increase the efficiency of the transport system and reduce its external costs" [5].

Elimination of tax disparities and unjustified subsidies, free and undistorted competition, aimed at bringing market choices in line with the needs of environmental sustainability, necessary to create a level playing field for modes of transport that are in direct competition. A significant source of funding for transport infrastructure is the funds raised, among which are the following.

- Foreign investment, which is one of the promising sources of funding. Their use in comparison with loan capital and other types of financial and credit security has a number of advantages. Unlike loans and credits, they, without increasing the external debt of the state, contribute to obtaining funds for the development of production, attracting the interest of a foreign investor. Most often, foreign investment is made in the form of new equipment, technology and the right to use intellectual property, know-how, complex equipment. It should be noted that the Ukrainian economy receives very little foreign investment (in 2016, their volume amounted to UAH 9.4 billion, or 2.9% of total investment in the economy). This is hindered by frequent changes in legislation and the lack of reliable protection guarantees for foreign investors, too high tax rates, and slow privatization.

- State budget funds used by a limited number of enterprises. In 2016, the amount of budget funding amounted to 7.5 billion UAH,

or 2.3% of total investment in fixed assets of the economy [4]. Budget financing of investment programs and projects, as a rule, should initiate and stimulate the attraction of own resources of enterprises and entrepreneurs, bank loans and other extra-budgetary funds. Provision of investment programs should be distributed between state and local budgets interested in the implementation of these programs, and the implementation of investment projects, as a rule, - to be carried out on a competitive basis.

- Raising funds on the secondary stock market. Securities previously issued are resold on the secondary stock market. The main actors in it are investors who earn on fluctuations in securities prices. The difference between buying and selling prices generates their income. The situation on the secondary market shows which companies and industries are experiencing a crisis, and which - on the contrary - the rise. Thus, the secondary market sends signals to investors about promising areas of future investment, provides structural restructuring of the economy.

- Attracting funds from domestic, including private, investors, for which, along with the formation of financial and investment structures, it is necessary to take other measures to increase the return on investment.

In Ukraine, the following forms of cooperation of partners are most often used in the implementation of infrastructure projects:

concession agreements, management agreements, investment agreements.

However, each of these mechanisms does not provide the investor with the optimal way of refinancing and guarantees for return on investment with a certain return.

Studying the experience of Europe and the world in financing the development of transport infrastructure, it should be noted that one of the most common mechanisms for attracting investment is concessions. The relevance of research on concession relations and the adaptation of Ukrainian legislation to EU requirements is confirmed by Directive 2014/23 / EU of 26 February 2014 on the conclusion of concession agreements.

This Directive requires the establishment of a specific term of concession agreements, the duration of which exceeds five years. This condition aims to provide the optimal balance between benefits and risks for the investor. In practice, this may mean that the shortest concession period can be determined by a criterion in the selection of the contract.

On March 5, 2014, the European Commission published information on a package of EU measures to support Ukraine for the period up to 2020, amounting to 11 billion euros [9]. The estimate includes macro-financial assistance (credit resources) of € 610 million and € 1 billion; EU grant aid - 1.4 billion euros. (including € 400 million under existing programs), credit resources from the

European Bank for Reconstruction and Development (€ 5 billion) and the European Investment Bank (€ 3 billion) [10].

The main International Financial Institutions (IFIs) that provide project financing for the public and private sectors of Ukraine are: the European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), the European Investment Bank (EIB) and the World Bank Group (International Bank for Reconstruction and Development and the International Finance Bank). corporation).

Since the early 1990's. When the I cooperation of Ukraine with the IFI, the total volume of assets (loans and investments) exceeded several tens of billions of euros and dollars, about 12 billion euros from the EBRD and \$ 12.5 billion from the IBRD. On the one hand, each donor has its own priorities, according to which it determines the directions and amounts of support. On the other hand, MFIs often complement assistance. For example, the EIB and the EBRD have traditionally coordinated their work: they jointly evaluate and co-finance several projects. This is easy to explain, as the former is a bank of the European Union, while the latter is a major shareholder in the EU. At the same time, the direction of the EIB's work can be directly determined by the EU's foreign policy needs, as the European Commission plays a key role in setting the Bank's priorities outside the EU.

The situation is similar in the World Bank Group, where spheres of activity are

distributed among individual organizations. The European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) primarily lends to governments and the public sector, while IFC provides loans to private businesses.

Russia's military aggression and the economic crisis in Ukraine have forced donors to reconsider their strategies in Ukraine. The amount of funding was proposed above, and the directions of work were adjusted. At the same time, infrastructure remained among the priorities of all MFIs supporting Ukraine.

In March 2014, the EU agreed on a support package for Ukraine totaling more than 11

billion euros, with the EBRD and the EIB having the largest commitments, five and three billion euros respectively. Part of these funds was supposed to be spent on transport infrastructure.

As a result, the EBRD's portfolio of projects (in 2018) in Ukraine amounted to € 3.6 billion, of which almost 35% was in infrastructure. However, most of the bank's liabilities were for projects that began before 2014. During 2014-2018, the Bank approved loans for transport projects in the amount of only 237 million. euro (Figure 1).

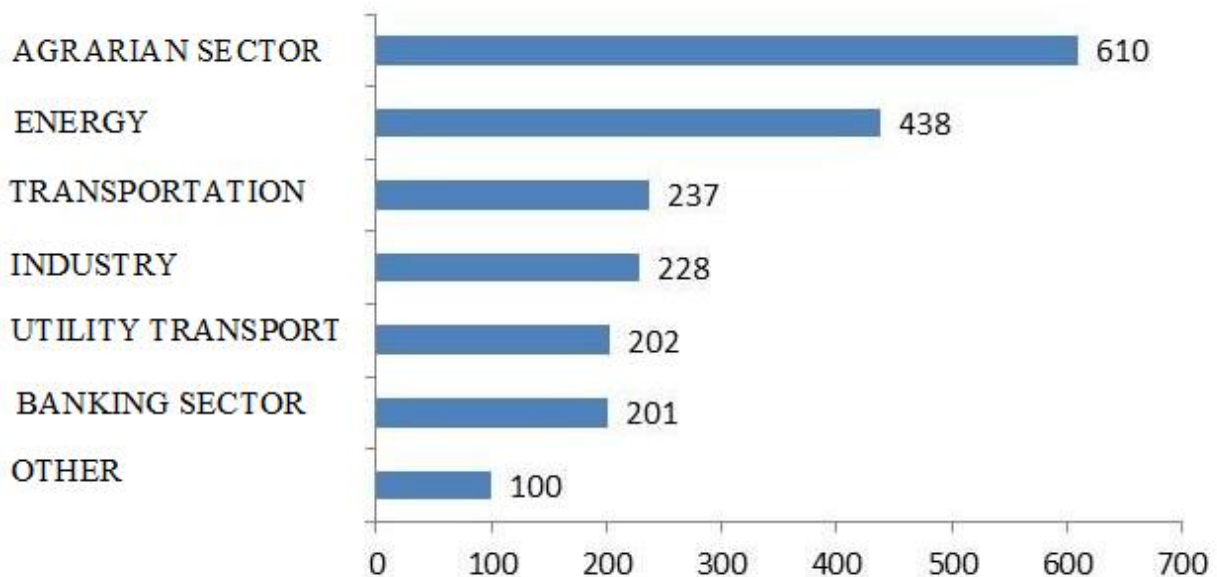


Fig. 1. Distribution of EBRD funds under contracts signed in March 2014 - September 2018 (by sectors), million euros [8].

As part of Ukraine's support package, the EIB has been authorized to finance infrastructure projects. Among these funds, transport projects accounted for more than a tenth - 356 million euros [3].

Overall, since the beginning of 2014, the EIB has signed loan agreements for transport projects worth € 420 million (Figure 2). A separate question is whether Ukraine is fully using these opportunities, because in the framework of various projects about 3

billion. euros for 2018 were considered unused.

As a result, the Bank increased lending to Ukrainian projects and met its € 3 billion commitment. The amount of funds allocated under contracts signed in 2014-2016 was almost twice as high as in 2011-2013 (1.7 billion euros).

In early October 2018, the EBRD approved a new five-year strategy for Ukraine, which should replace the crisis response package. Infrastructure is among the operational and strategic priorities, further EBRD investments for the transport sector can be expected (Fig. 3).

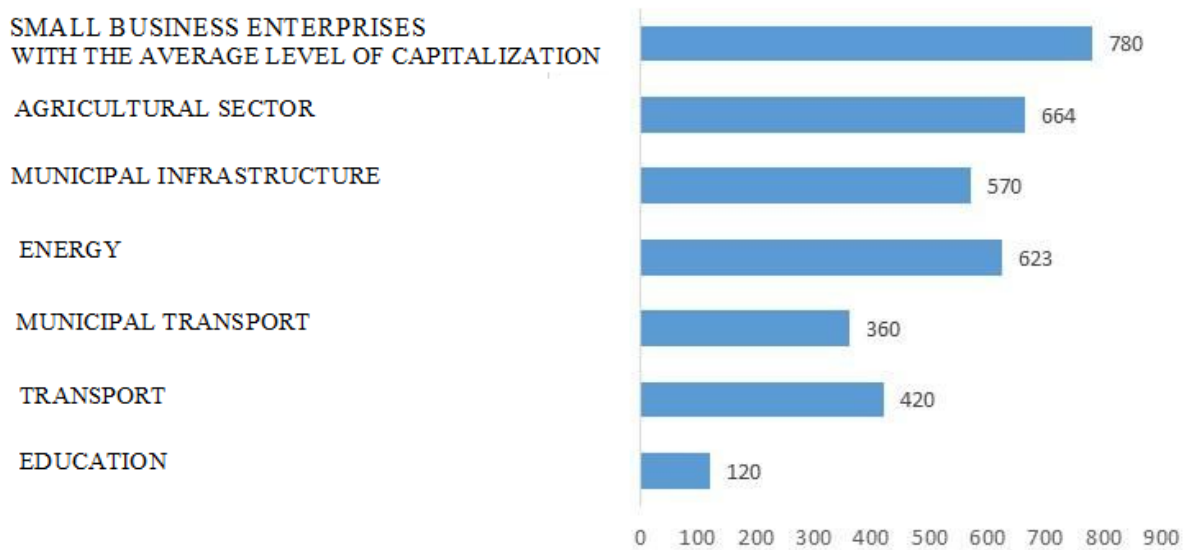


Fig. 2. Allocation of EIB funds to signed contracts in March 2014 – September 2018, million euros [9].

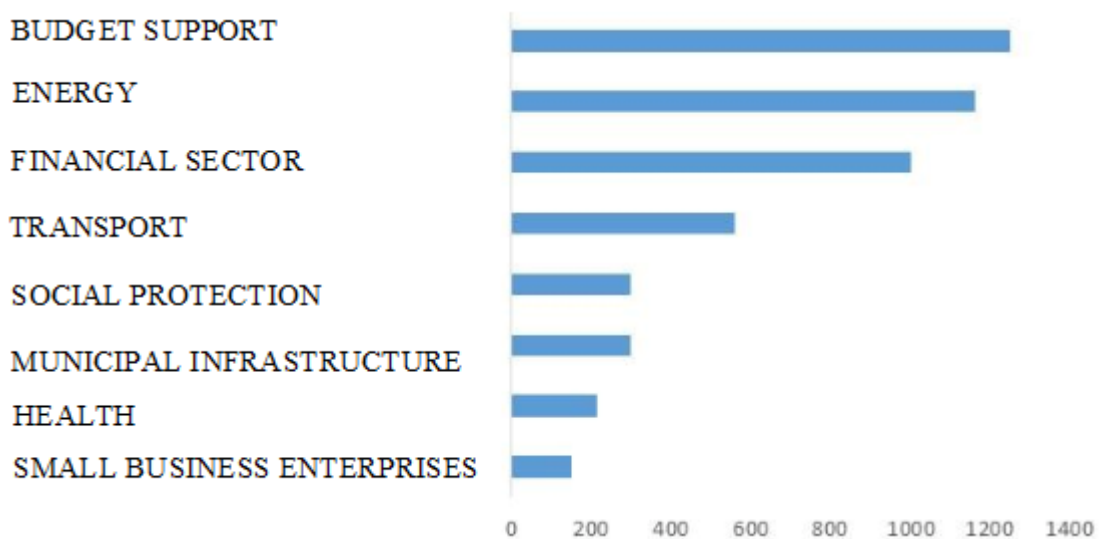


Fig. 3. Distribution of IBRD funds under contracts signed in March 2014 - September 2018 (by sectors), million euros [8].

Conclusions. Thus, the economic component of EU transport policy is manifested in the financing of infrastructure projects through EU investment funds. It is implemented through the creation of EN - T - a new transport policy of the European Union. According to the new EU strategy in the field of infrastructure, the volume of funding for the transport sector in 2020 amounted to 26 billion euros. However, funding the transport sector will be redirected to the clearly marked a new basic network, by means of which will be formed the principal basis of the transportation system within the single European market.

Its implementation will be facilitated by the creation of nine main transport corridors connecting EU Member States and stakeholders, which will ensure the concentration of scarce resources and achieve concrete results.

Participation in international organizations is one of the most important forms of cooperation between the states, aimed at the adaptation of national legislation to international law and the implementation of international technical and legal norms in the field of transport and communications of Ukraine.

References

1. Kyrylenko O. M. Strategic areas of development the railway industry in the conditions of eurointegration processes / O. M. Kyrylenko, K. 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.

2. Kyrylenko O. M. Transport development trends Aviation in Ukraine / O. M. Kyrylenko, V. O. Novak, E. M. Razumova, T.L. Mostenska // Economy. Finances. Right.- 2020. - №1 1 /2. - P .46-52.

3. Novak V. Scientific basis of management of transport companies interaction/ V. Novak, V. Marchenko, V. Perederii// Airtransport. 2016. № 1 (11). P. 31-36.

4. Ministry of Infrastructure of Ukraine. [Electronic resource]. Access mode: <https://mtu.gov.ua>.

5. Ministry of Finance of Ukraine. [Electronic resource]. Access mode: <https://mof.gov.ua/uk/ebrr>.

6. On approval of the National Transport Strategy of Ukraine for the period up to 2030. [Electronic resource]. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%> .

7. The Ukrainian air transportation market has set a record in Europe - statistics: <https://novyny.online.ua/811212-ukrayinskiy-rinok-aviaperevezen-vstanoviv-rekord-u-evropi-statistika>

8. Official site of State Statistics Service of Ukraine (2017, 2018, 2019, 2020). Available at: <http://ukrstat.gov.ua>

9. Official site of the Delegation of Ukraine to the European Union and the European Atomic Energy Community (2017), available

at: <http://ukraine-eu.mfa.gov.ua/ukraine-eu/sectoral-dialogue/transport>.

//mtu. gov. ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.htm.

10. Statistics in the field of air transport. URL: <https://>

ФИНАНСОВЫЕ АСПЕКТЫ РЕФОРМИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ ЕВРОИНТЕГРАЦИИ

Е.Н. Разумова

О.Н. Кириленко

Т.Л.Мостенская

**(Национальный авиационный университет, проспект Любомира Гузара, 1,
03680, Киев, Украина)**

***Аннотация.** В статье проведен анализ общегосударственной задачи управленческой деятельности - финансового обеспечения процессов модернизации транспортной инфраструктуры. Установлено, о необходимости финансовых потоков в транспортную отрасль как правило, должно быть иницирующим и стимулировать привлечение собственных ресурсов предприятий и предпринимателей, банковских кредитов и других внебюджетных средств. На основе мирового опыта по финансированию развития транспортной инфраструктуры, доказано, что одним из самых распространенных механизмов привлечения инвестиций является концессии, которые позволяют обеспечить оптимальное соотношение между выгодами и рисками для инвестора.*

Ключевые слова: *транспортный комплекс, инвестиции, транспортная инфраструктура, финансовый проект.*

Авторы:

Екатерина Николаевна Разумова, доктор экономических наук, профессор, Национальный авиационный университет

Оксана Николаевна Кириленко, доктор экономических наук, профессор, Национальный авиационный университет

Татьяна Леонидовна Мостенская, доктор экономических наук, профессор, Национальный авиационный университет

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 აკრეფილი 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 განხილვაშია.

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

საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი:

ქეთევან დედოფლის გამზ. 16, თბილისი,
0144, საქართველო.

ტელეფონი: +(99532) 2773138

ტელეფონი/ფაქსი: +(99532) 2776572

ელ-ფოსტა: mail@ssu.edu.ge

ვებ-გვერდი: <http://www.ssu.edu.ge>

მთავარი რექტორი:

პროფესორი სერგო ტეფნაძე

ელ-ფოსტა: rector@ssu.edu.ge

რექტორი:

ასოცირებული პროფესორი გიორგი
მუშკუდიანი

ელ-ფოსტა: gi.mushkudiani@ssu.edu.ge

აღმასრულებელი მდივანი:

ანი კანდელაკი

ელ-ფოსტა: a.kandelaki@ssu.edu.ge

Contact Information

Georgian Aviation University:

16, Ketevan Dedofali ave. 16, Tbilisi, 0103,
Georgia.

Tel: +(99532) 2773138

Tel/Fax +(99532) 2776572

Email: mail@ssu.edu.ge

web: <http://www.ssu.edu.ge>

Editor in Chief:

Professor Sergo Tepnadze

E-mail: rector@ssu.edu.ge

Editor:

Associate Professor Giorgi Mushkudiani

E-mail: gi.mushkudiani@ssu.edu.ge

Executive Secretary:

Ani Kandelaki

E-mail: a.kandelaki@ssu.edu.ge