

ISSN 1829—0043

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ԼՐԱԲԵՐ

ԳԻՏԱՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀՈԴՎԱԾՆԵՐԻ
ԺՈՂՈՎԱԾՈՒ

ВЕСТНИК

ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ

**СБОРНИК НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ
СТАТЕЙ**

PROCEEDINGS

OF ENGINEERING ACADEMY OF ARMENIA

**SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL
COLLECTED ARTICLES**

XIV

ՀԱՏՈՐ TOM VOLUME

№ 3

ԵՐԵՎԱՆ ЕРЕВАН YEREVAN

2017

Հրատարակվում է Հայաստանի Ճարտարագիտական ակադեմիայի (ՀՃԱ) և Միջազգային Ճարտարագիտական ակադեմիայի (ՄՃԱ) Նախագահությունների որոշմամբ, ընդգրկված է Հայաստանի Հանրապետության Բարձրագույն որակավորման հանձնաժողովի (ՀՀ ԲՈՀ) կողմից **06.03.2012 վերանայված ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ** ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԻ ԵՎ ԴՐՈՒՅԹՆԵՐԻ ՀՐԱՏԱՐԱԿՄԱՆ ՀԱՄԱՐ ԸՆԴՈՒՆԵԼԻ ՊԱՐԲԵՐԱԿԱՆ ԳԻՏԱԿԱՆ ՀՐԱՏԱՐԱԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՑՈՒՑԱԿ ՈՒՄ (<http://www.boh.am/periodicals.php?langid=1>)

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԼՐԱԲԵՐ (ՀՃԱԼ) ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԽՈՐՀՈՒՐԴ

Գլխավոր խմբագիր՝	տ.գ.դ., պրոֆ. Ս. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆ (ՀՀ)
Գլխ. խմբագրի առաջին տեղակալ՝	տ.գ.դ., պրոֆ. Ս. ՄԻՆԱՍՅԱՆ (ՀՀ)
Գլխ. խմբագրի տեղակալներ՝	տնտ.գ.դ., պրոֆ. Ա. ԳՅՈՒՐՁՅԱՆ (ՀՀ), ճարտ. դ., պրոֆ. Յու. ՍԱՖԱՐՅԱՆ (ՀՀ), տ.գ.դ., պրոֆ. Ս. ՍՏԱԿՅԱՆ (ՀՀ)
Պատ. քարտուղար՝	տ.գ.թ., դոց. Ռ. ԲԱՐՍԵՂՅԱՆ (ՀՀ) տ.գ.դ., պրոֆ. Ա. ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ (ՀՀ), տնտ.դ., պրոֆ. Վ. ԲՈՍՏԱՆՁՅԱՆ (ՀՀ), տ.գ.դ. Վ. ԳԱԲԶԻՄԱԼՅԱՆ (ՀՀ), տ.գ.դ., պրոֆ. Գ. ԳԱԼՍՏՅԱՆ, տ.գ.դ., պրոֆ. Բ. ԳՈՒՄԵՎ (ՈՂ), ճարտ. դ. Գ. ԴԻԲԱՆ (ՍԱՀ), տ.գ.դ., պրոֆ. Ն. ԵՖԻՄՈՎ (ՈՂ), ք.գ.դ., պրոֆ. Գ. ԹՈՐՈՍՅԱՆ (ՀՀ), կ.գ.դ., պրոֆ. Ա. ԹՈՂՈՒՆՅԱՆ (ՀՀ), տ.գ.դ., պրոֆ. ԻՆ ՍԱՄՈՒԵԼ ԻԵՆ-ԼՅԱՆ (Թայվան), տ.գ.դ., ԿԱԶՈՒՐՈՒ ԻՄԱՅԻ (Ճապոնիա), պրոֆ. Ռ. ԿԱԼԼԵՆԲՈՐՆ (Նորվեգիա), տնտ.դ. Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ (ՀՀ), պրոֆ. Պ. ՀԼԱՎԻՆԵՎ (Չեխիա), ֆ.մ.գ.դ., պրոֆ. Ա. ՂՈՒԿԱՍՅԱՆ (ՀՀ), տ.գ.թ. Ի. ՄԱՀՐԻԿՈՎԱ (Սլովենիա), պրոֆ. Հ. ՄԱՐԳՈՒԼՈՎ (ՈՂ), պրոֆ. Ո. ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ (ՀՀ), մանկ. գ.դ. Ս. ՄԿՐՏՉՅԱՆ (ՀՀ), պրոֆ. Զ. ՄՈՍՁՅԱՆ (Գերմանիա), Է. ՄՈՈՈՅԱՆ (ԱՄՆ), տնտ.դ. ՉԺԵՆ ՎԵՆՏԱՆ (Չինաստան), տ.գ.դ., պրոֆ. Վ. ՉԵՐԴԻՆՑԵՎ (Բելառուս), ք.գ.դ., պրոֆ. Գ. ՉԻԼԻՆԳԱՐՅԱՆ (ՀՀ), պրոֆ. Ս. ՊԱԳԼԻԱՐԱ (Իտալիա), տ.գ.դ., պրոֆ. Բ. ՊԱՏՈՆ (Ուկրաինա), ՊԱՌԻԼՈՂԵԼ-ԲԻԱՆԿՈ (Իտալիա), տ.գ.դ., պրոֆ. Վ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ (ՀՀ), տ.գ.դ., պրոֆ. Ի. ՊԵՇԿՈՎ (ՈՂ), ճարտ. թ. պրոֆ. Ն. ՍԱՐԳՍՅԱՆ (ՀՀ), տ.գ.դ., պրոֆ. Ա. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ (ՀՀ)

«ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԼՐԱԲԵՐ»-ի խմբագրական խորհուրդը շնորհակալություն է հայտնում «ՎիվաՍել-ՄՏՍ» ՓԲԸ գլխավոր տնօրեն **ՌԱԼՖ ՅԻՐԻԿՅԱՆԻՆ ԼՐԱԲԵՐԻ** հրատարակման գործում ցուցաբերած օգնության համար:

Редакционный совет **“ВЕСТНИКА ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ”** благодарит Генерального директора ЗАО “ВиваСелл-МТС” **РАЛЬФА ЙИРИКЯНА** за оказанную помощь при издании **ВЕСТНИКА**.

Editorial council of **“PROCEEDINGS OF ENGINEERING ACADEMY OF ARMENIA”** expresses gratitude to the General Manager of CJSC “VivaCell-MTS” **RALPH YIRIKIAN** for the help in publishing **“PROCEEDINGS”**.

<http://www.engineeracademy.am>

© ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԼՐԱԲԵՐ (ՀՃԱԼ), 2017

Печатается согласно решению Президиумов Инженерной академии Армении (ИАА) и Международной инженерной академии (МИА), включен в список публикаций, принятых Высшей аттестационной комиссией (ВАК) РА

(<http://www.boh.am/periodicals.php?langid=1>).

**ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ (ВИАА)
РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**

Главный редактор	д.т.н., проф. С. Амбарцумян (РА)
Первый заместитель гл. редактора	д.т.н., проф. С. Минасян (РА)
Заместители гл. редактора	д.экон.н., проф. А. Гюрджян (РА) , д. архит., проф. Ю. Сафарян (РА) , д.т.н., проф. М. Стакян (РА)
Отв. секретарь	к.т.н., доц. Р. Барсегян (РА) д.т.н., проф. А. Аракелян (РА) , д.экон.н., проф. В. Бостанджян (РА) , д.т.н., проф. А. Варданян (РА) , д.т.н. В. Габзималян (РА) , д.т.н., проф. Г. Галстян (РА) , д.ф-м.н., проф. А. Гукасян (РА) , д.т.н., проф. Б. Гусев (РФ) , д.архит. Г. Дибан (САР) , д.т.н., проф. Н. Ефимов (РФ) , д.т.н., проф. Ин Самуэл Иен-Лянь (Тайвань) , Казуро Имаи (Япония) , проф. Р. Калленборн (Норвегия) , д.экон. наук К. Карапетян (РА) , проф. Г. Маргулов (РФ) , проф. В. Марухян (РА) , к.т.н. И. Махрикова (Словения) , д.пед.н. М. Мкртчян (РА) , проф. Дж. Момджян (Германия) , Э. Мороян (США) , проф. С. Паглиара (Италия) , Паоло Дель-Биянко (Италия) , д.т.н., проф. Б. Патон (Украина) , д.т.н., проф. В. Петросян (РА) , д.т.н., проф. И. Пешков (РФ) , канд. архит., проф. Н. Саргсян (РА) , д.хим.н., проф. Г. Торосян (РА) , д.биол.н., проф. А. Трчунян (РА) , проф. П. Хлавинек (Чехия) , д.т.н., проф. В. Чердынцев (Беларусь) , д.экон.наук Чжэн Веньтан (КНР) , д.хим. н., проф. Г. Чилингарян (США)

Printed according to the Decision of Engineering Academy of Armenia (EAA) and International Academy of Engineering (IAE), included into the list of publication accepted by Highest Certifying Commission (HCC RA)
(<http://www.boh.am/periodicals.php?langid=1>).

**PROCEEDINGS OF ENGINEERING ACADEMY OF ARMENIA (PEAA)
EDITORIAL COUNCIL**

Editor-in-chief	doctor of tech. sci., prof. S. Hambartsumyan (RA)
First deputy Editor-in-chief	doctor of tech. sci., prof. S. Minasyan (RA)
Editor-in-chief deputies	doctor of econ. sci., prof. A. Gyurjyan (RA) , doctor of architecture, prof. Yu. Safaryan (RA) , doctor of tech. sci., prof. M. Stakyan (RA)
Responsible secretary	candidate of tech. sci. R. Barseghyan (RA) doctor of tech. sci., prof. A. Arakelyan (RA) , doctor of econ. sci., prof. V. Bostanjyan (RA) , doctor of tech. sci., prof. V. Cherdintsev (Belarus) , doctor of chem. sci., prof. G. Chilingaryan (USA) , doctor of architecture G. Diban (SAR) , doctor of tech. sci., prof. N. Yefimov (RF) , doctor of tech. sci. V. Gabzimalyan (RA) , doctor of tech. sci., prof. G. Galstyan (RA) , doctor of phys.-math. sci., prof. A. Ghukasyan (RA) , doctor of tech. sci., prof. B. Gusev (RF) , prof. P. Hlavinek (Czech republic) , prof. R. Kallenborn (Norway) , cand. of tech. sci. I. Mahrikova (Slovak republic) , doctor of econ. sci. K. Karapetyan (RA) , Kazuro Ima (Japan) , doctor of tech. sci., prof. H. Margulov (RF) , prof. V. Marukhyan (RA) , doctor of ped. sci. M. Mkrтчян (RA) , prof. J. Momjyan (Germany) , A. Moroyan (USA) , doctor of tech. sci. Paolo Del-Biyanko (Italy) , prof. S. Pagliara (Italy) , doctor of tech. sci., prof. B. Paton (Ukraine) , doctor of tech. sci., prof. V. Petrosyan (RA) , doctor of tech. sci., prof. I. Peshkov (RF) , doctor of tech. sci., prof. Samuel Yen-Liang Yin (Taiwan) , candidate of arc., prof. N. Sargsyan (RA) , doctor of chem. sci., prof. G. Torosyan (RA) , doctor of biol. sci., prof. A. Trchunyan (RA) , doctor of tech. sci., prof. A. Vardanyan (RA) , doctor of econ. sci. Wentang Zheng (PRC)

**ЛИДЕРУ АРМЯНСКОЙ ЭКОНОМИКИ, КОЛЛЕКТИВНОМУ ЧЛЕНУ
ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ, ЗАО “ГАЗПРОМ-АРМЕНИЯ” –
20 ЛЕТ**

В сентябре текущего года, в день профессионального праздника, исполнилось 20 лет со дня создания компании “Газпром-Армения”, которая стала признанным лидером армянской экономики, ярким символом плодотворного армяно-российского экономического сотрудничества. Этот, пусть и небольшой юбилей - повод воздать должное профессиональной деятельности многотысячного коллектива компании, умению его руководителей.



Стратегической целью ЗАО “Газпром-Армения” является создание газозенергетической компании регионального значения, обеспечивая участие в энергетических проектах как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Основными элементами стратегии для достижения этой цели являются:

- расширение рынка природного газа как основного источника роста доходов Общества;
- восстановление и дальнейшее развитие газового комплекса, направленные на обеспечение стабильного безопасного газоснабжения и уменьшение потерь газа;
- совершенствование принципов корпоративного управления и их приведение к передовым международным стандартам;
- участие на рынке производства электроэнергии в Армении и развитие позиций Общества на рынках экспорта электроэнергии в третьи страны;
- постоянное повышение профессионального уровня сотрудников и социально-трудовых отношений.

ЗАО “Газпром-Армения” видит свою миссию в максимально эффективном, сбалансированном и бесперебойном снабжении природным газом потребителей Армении и в интересах своих акционеров стремится к обеспечению долгосрочного и динамичного развития путем дальнейшей диверсификации, повышения эффективности и прозрачности своей деятельности и деятельности своих дочерних компаний.

Благодаря широкомасштабной работе, проделанной Компанией, и реализованным ею проектам, сегодня в Армении обеспечен достаточно высокий уровень энергетической безопасности. Располагая двумя газопроводами с севера и с юга, а также мощностями подземного хранения газа, Армения не уступает странам региона, имеющим собственные энергоресурсы.

В контексте обеспечения энергетической безопасности ЗАО “Газпром Армения” сегодня решает еще одну важную задачу: восстановление проектной мощности Абовянской станции подземного хранения газа (СПХГ). Этот стратегический объект призван обеспечить надежность газоснабжения республики. В результате поэтапного выполнения проекта по реконструкции и модернизации СПХГ планируется с каждым годом увеличивать вместимость газохранилища.

Компания “Газпром Армения” целенаправленно проводит политику по внедрению нового оборудования и новых технологий в системах транспортировки и распределения газа, что способствует совершенствованию системы учета газа и повышению общей надежности системы. В газотранспортной системе республики поэтапно внедряется система SCADA, позволяющая в централизованном порядке осуществлять контроль и управлять транспортными потоками природного газа по магистральным газопроводам.

В контексте обеспечения безопасного газоснабжения и повышения качества обслуживания важнейшей программой явилась установка сигнализаторов горючих газов и отсечных клапанов (системы безопасности) в многоквартирных жилых домах. На территории СНГ Армения является первой страной, которая предприняла массовую установку систем безопасности с целью исключения человеческого фактора при эксплуатации газовых приборов и предотвращения техногенных катастроф.

“Газпром Армения” является крупнейшей компанией Армении и на протяжении долгих лет неизменно занимает лидирующие позиции в списке крупных налогоплательщиков республики. В 2016 г. выплаты в госбюджет Республики Армения составили более 42 млрд драмов.

Компания неуклонно и с большой ответственностью подходит к выполнению требований по обеспечению прозрачности финансово-хозяйственной деятельности. Аудиторские услуги компании предоставляют международные авторитетные организации. Сотрудничество с финансовыми институтами и длительные деловые и партнерские отношения с крупными банками подняты на качественно новый уровень и подтверждают доверие международных финансовых институтов и организаций к ЗАО “Газпром Армения”.

Пройденный путь не был легким и однозначным, но можно с уверенностью сказать, что компания смогла использовать свой шанс и выйти на позиции устойчивого и поступательного роста. Сегодня ЗАО “Газпром-Армения” является одним из “локомотивов” армянской экономики, во многом определяющим темпы социально-экономического развития страны. “Газпром-Армения” – это компания профессиональных единомышленников, ставящих перед собой достаточно амбициозные и агрессивные “бизнес-задачи”, которые еще несколько лет тому назад могли показаться фантастическими.

Грамотное использование имеющегося потенциала и конкурентных преимуществ, а также поддержка акционеров создают для ЗАО “Газпром-Армения” уникальные возможности для дальнейшего динамичного развития, на основе которых компания может планомерно, по собственной инициативе, занять стабильное лидирующее положение на энергетическом рынке региона.

Особо хотелось бы подчеркнуть внимательное отношение руководства компании к проблемам науки, научно-технической и инженерной мысли в Армении. Так, уже в течение нескольких лет компания, которая является коллективным членом Инженерной академии Армении, спонсирует издание журнала академии, оказывает ей содействие в проведении научных исследований, организации различных мероприятий. Мы рады, что представители компании активно участвуют в работе академии.

Весь состав Инженерной академии Армении сердечно поздравляет председателя правления-генерального директора ЗАО “Газпром-Армения” Тадевосяна Гранта Хачиковича, а также весь коллектив компании с юбилеем. Мы искренне желаем Вам, дорогие друзья и коллеги, и Вашим семьям крепкого здоровья и больших успехов в труде. Примите искренние поздравления почетного президента Инженерной академии Армении, академика НАН РА, иностранного члена РАН Сергея Александровича Амбарцумяна, а также всего инженерного сообщества.

**Президент Инженерной академии Армении,
вице-президент Международной инженерной академии,
заслуженный инженер России, доктор технических наук, профессор С.А. Минасян**

H.Yu. Adilkhanyan

ENERGY EFFICIENCY IN EMERGING MARKETS AND DEVELOPING COUNTRIES: A TWO-STEP CLUSTER ANALYSIS*

Energy sectors of emerging markets and developing countries are discussed. Special emphasis is put on energy efficiency issues. An attempt is made to define homogenous groups of countries according to their similarities in energy patterns. As a method of research, a two-step cluster analysis is employed. Six energy related indicators are selected. The results of clustering procedure reveal five clusters with sizes of 5, 5, 10, 23 and 39 respectively. The most decisive factors in determining those clusters are share of electricity production from renewable sources, energy use per capita and energy imports. The first cluster contains low income African countries that generate electricity mostly from renewable sources. The second cluster includes many Latin American countries that have high share of renewable electricity and low energy use. These countries have the highest energy imports and low energy intensity of GDP. The third cluster represents mix of all these attributes. Interestingly, most part of former Eastern Bloc countries are assigned to this cluster. The fourth cluster's countries are characterized by the largest volume of energy net exports and the lowest energy intensity of GDP. These countries are rich in oil and gas but generate electricity from renewable sources, as well. The fifth cluster includes high income countries with very rich oil and gas sources and almost no electricity production from renewable sources.

Keywords: energy sector, energy efficiency, cluster analysis, two-step clustering, emerging countries.

Introduction. Current stage of global economic development has put forward a number of serious challenges that have to be accepted and properly solved in order to secure further growth of world economy. Almost all economic sectors have faced such challenges. Energy sector, as an important element of global economy, is not an exclusion. Among issues that should be addressed and effectively solved in the framework of this sector, are the increase of energy efficiency, decrease of ecological impact, promotion of green and sustainable energy, etc. Solution of these problems requires development and provision of respective policies and strategies both on international and national levels. However, in order to design and implement productive strategies for energy sectors it is necessary to have a deep understanding about their profiles and things that are going on within them. For that reason, a very important and practical step could be to define groups of countries that have similar energy patterns, based on certain energy indicators and parameters. This particular step will allow to make better qualitative judgements on the nature of a particular energy sector and will form a basis for further theoretical and practical analysis. It will also give an opportunity to compare different energy sectors and provide policy advices and implications (e.g. what direction an energy sector should follow).

Such an attempt to assign countries to homogenous groups, based on certain similarities existing between their energy sectors, is made in this study. That particular problem is suggested to solve by means of cluster analysis and allocate countries to different clusters. Cluster analysis is a commonly used tool in solving such kind of grouping problems and has applications in various areas including healthcare, marketing, psychology, economics. As a technique for clustering, a two-step cluster analysis is decided to implement. Although the latter is a bit less popular approach in comparison with hierarchical and partitioning methods, it has important advantages (e.g. automatic determination of cluster numbers, information on importance of clustering factors), as it contains features of both techniques and represents a certain hybrid method.

The remainder of this paper is organized as follows: Section 1 reviews studies on various methods of cluster analysis that are available in the literature, introduces basic theoretical concepts of cluster analysis and more detailed overview of the methodology to be applied. Information on data to be employed is represented in Section 2. The results of analysis are presented in Section 3. In the final section concluding remarks are reported.

1. Literature review

1.1. Hierarchical and k-means clustering. In the literature, various clustering methods and algorithms are available. The majority of those techniques is classified as a part of either hierarchical clustering or partitioning clustering which are the two mainstream approaches. *Hierarchical clustering* has two directions – agglomerative and divisive. In case of *agglomerative hierarchical clustering*, at the initial stage, all objects are considered as separate clusters. Further, these clusters, based on the distance between them, sequentially start to merge and the process of clustering stops when all objects are grouped into one single cluster. *Divisive clustering*, which is less popular than agglomerative clustering, assumes the contrary process. Initial cluster which combines all objects gradually splits up until each unit forms a separate cluster. In case of hierarchical clustering, once an observation is allocated to any cluster, further reallocation is not permitted [1].

* The paper is developed in the framework of Erasmus+ Mobility Funds project between Yerevan State University and Institute of Housing and Urban Development of Erasmus University of Rotterdam.

As it was mentioned in the previous paragraph, the process of cluster formation within hierarchical clustering is based on the distance between observations and clusters. Various distance measures are suggested. The most commonly used ones are Euclidean distance, City-block distance (or Manhattan metric) and Chebyshev distance. Euclidean distance between objects $B(x_B, y_B)$ and $C(x_C, y_C)$ is calculated in the following way [1]:

$$d_{Euclidean}(B, C) = \sqrt{(x_B - x_C)^2 + (y_B - y_C)^2}. \quad (1)$$

In case of city-block criterion, the sum of absolute differences between values is considered. The distance is measured as follows [1]:

$$d_{City-block}(B, C) = |x_B - x_C| + |y_B - y_C|. \quad (2)$$

Another distance criterion is the Chebyshev distance which is used in case of ordinal data. It represents the maximum of absolute difference in objects' values and has the following calculation [1]:

$$d_{Chebyshev}(B, C) = \max(|x_B - x_C|, |y_B - y_C|). \quad (3)$$

At the initial stage of hierarchical agglomerative clustering, distances between all pairs of objects are calculated and represented with the help of distance matrix. Further, objects are grouped and form clusters based on a particular agglomerative procedure. After each stage of clustering, the distance matrix is updated. The most popular agglomeration procedures are [1]:

- Single linkage (nearest neighbour) – the distance between clusters is equal to the shortest distance between any two members of clusters.
- Complete linkage (furthest neighbour) – the distance between clusters is equal to the longest distance between any two members of clusters.
- Average linkage – the distance between clusters is equal to the average distance between all pairs of cluster members.
- Centroid – the distance is equal to the distance between geometric centres (centroids) of clusters.

It is worth mentioning, that each of these algorithms may reveal completely different clusters for the same data set. For instance, single-linkage algorithm usually forms one large cluster and several clusters with few members, as it is based on minimum distances. On the contrary, complete linkage algorithm in a large extent is exposed to the influence by outliers. The reason is that it maximizes distances between objects. In case of the other two approaches clusters with low within-cluster variance and similar sizes are formed, although they are affected by outliers as well [1].

Partitioning clustering algorithms, contrary to hierarchical ones, form clusters at the same time by developing certain partitions and assessing those partitions according to particular criteria [2]. The most well-known partitioning method is *k-means* clustering. This approach doesn't take into account the distance between observations and assigns objects to clusters based on minimization of within-cluster variance. The latter represents the distance (squared) from a particular observation to the centre of cluster. In case of *k-means* clustering the number of clusters is predetermined. At the initial stage of clustering, observations are randomly assigned to the defined number of clusters. Further, these observations are reallocated in order to minimize within-cluster variance. A particular object is reallocated to another cluster if that step brings a decrease in within-cluster variance. The last point is in contrast with hierarchical clustering where observations remain in the cluster till the end of the whole process [1].

Although both hierarchical and partitioning clustering methods are commonly used, they have serious drawbacks and issues that have to be addressed. The first serious disadvantage of hierarchical clustering is the strong influence caused by outliers and irrelevant clustering parameters. Another problem of this technique is applicability only to small data sets. In case of *k-means* clustering these issues are solved pretty well. However, the most crucial concern is that the number of clusters have to be defined prior to the clustering process which makes many researchers to refrain from using *k-means* method [1]. As an effective solution to these problems two-step clustering is suggested which is a unique hybrid method that incorporates characteristics of the above discussed techniques.

1.2. Two-step cluster analysis. Two-step cluster analysis proposed by Chiu et al. combines features of both hierarchical and *k-means* clustering techniques [3]. It consists of two stages. At the first stage, which is called pre-clustering, the initial dataset is divided into sub-clusters which are considered as independent units. Each object is either sequentially joined to existing sub-clusters or forms new sub-cluster, according to distance criteria. The whole process is based on a modified cluster feature (CF) tree approach. CF tree approach is developed by Zhang et al. and represents hierarchy of nodes which contain a certain number of entries [4]. In case of two-step clustering leaf entries of leaf nodes represent sub-clusters. All observations are scanned one by one. Starting from root node, for each observation the nearest node entry and child node are determined. This process descends down the tree until reaching the nearest leaf entry of leaf node. If the distance from a particular observation to closest leaf entry is less than the defined threshold, then leaf entry absorbs that observation. Otherwise, a new entry is formed. It should be mentioned, that restrictions are assumed on the number of nodes, node entries and size of tree. If there is no space for new entries in the node, the node should be split in two parts. If the whole CF tree exceeds the maximum allowed size, then it should be updated and threshold distance should be increased [2-3].

In the second step, which is called clustering, the sub-clusters resulted from pre-clustering, based on hierarchical agglomerative clustering are grouped into the desired number of clusters. The best cluster solution is determined by respective information criteria which are introduced below [1 - 3].

There are two distance criteria employed in two-step clustering [5]. The first one is log-likelihood distance, which is very effective in case of categorical variables. In this case, distance is based on probabilities and observations are joined into the cluster that has the highest log-likelihood. The second distance measure criterion is Euclidean distance, in case of which units are allocated to clusters that have the smallest Euclidean distance [5]. Log-likelihood criteria assumes continuous variables to be normally distributed and categorical variables to be multinomially distributed. However, it is worth mentioning, that two-step clustering provides good results even if normality assumption is violated. Besides, log-likelihood distance assumes both observations and variables to be independent. Based on this criterion, the distance between two clusters is measured in the following way [2, 3, 5]:

$$d_{(R,S)} = \xi_R + \xi_S - \xi_{(R,S)}, \quad (4)$$

where

$$\xi_v = -N_v \left(\left(\sum_{k=1}^{K^A} \frac{1}{2} \log(\hat{\sigma}_k^2 + \hat{\sigma}_{vk}^2) \right) + \left(\sum_{k=1}^{K^B} \hat{E}_{vk} \right) \right) \quad (5)$$

and where

$$\hat{E}_{vk} = - \sum_{l=1}^{L_k} \left(\frac{N_{vkl}}{N_v} \log \left(\frac{N_{vkl}}{N_v} \right) \right), \quad (6)$$

where, $d_{(R,S)}$ is the distance between clusters R and S , ξ_v is variance within cluster v , N is the number of observations, N_v is the number of objects in cluster v , K^A is the number of continuous variables, K^B is the number of categorical variables, $\hat{\sigma}_k^2$ is the estimated variance in continuous variable k , $\hat{\sigma}_{vk}^2$ is the estimated variance in continuous variable k within cluster v , N_{vkl} is the number of objects in cluster v where categorical variable k takes category l .

Two-step clustering approach allows to specify the number of clusters, set the maximum number of clusters and automatically determine the number of clusters. In case of automatic determination of cluster numbers, again, two stage process occurs. At first, Bayes' Information Criterion (BIC) or Akaike's Information Criterion (AIC) are calculated for each cluster solution. After that, at the second stage, initial estimate is improved by revealing the greatest increase in distance between the two closest clusters in each phase of hierarchical clustering. Those criteria for R clusters are calculated in the following way [2-5]:

$$BIC_R = -2 \sum_{i=1}^R \xi_i + m_R \log(N), \quad (7)$$

$$AIC_R = -2 \sum_{i=1}^R \xi_i + 2m_R, \quad (8)$$

where

$$m_R = R \left\{ 2K^A + \sum_{k=1}^K (L_k - 1) \right\}, \quad (9)$$

where L_k is the number of groups in categorical variable k .

Two-step clustering handles problem with outliers as well. First of all, it is assumed that outliers follow normal distribution. Based on that assumption, two likelihood functions are calculated. The first one is for the case when observation is assigned to an unstandardized cluster, while the second one is for the case when observation is allocated to the nearest cluster of unstandardized cluster. Based on those techniques, the observation is allocated to the cluster that has the highest log-likelihood function value. This is equal to assigning an observation into the nearest cluster (not unstandardized) if the distance from cluster is smaller than the critical value $C = \log(V)$, where $V = (\prod_k R_k) \times (\prod_m L_m)$. Otherwise an observation is considered as an outlier [5].

In case of Euclidean distance, the unit is allocated to the nearest cluster (not unstandardized) if the Euclidean distance is smaller than the critical value $C = 2 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^{K^A} \hat{\sigma}_{kl}^2}{K^A}}$. If the distance exceeds that value, an observation is classified as an outlier [5].

Two-step clustering technique provides measures that assess the quality of clustering results. For that purpose, Silhouette measure is calculated. For AIC it takes values from -1 to 1, while for BIC from 0 to 1. If it has a value less than 0.2 then the quality of clustering is assumed to be poor. In case of values laying between 0.2 and 0.5 the quality of clustering is considered as fair. Good quality of clustering is achieved for values greater than 0.5[1]. Besides the quality of clustering, two-step methodology also allows to evaluate the importance of employed parameters in forming clusters. For continuous variables, importance is computed as follows [2]:

$$t = \frac{\mu_k - \mu_{vk}}{\sigma_{vk}} \sqrt{N_k}, \quad (10)$$

where μ_k is the estimated mean of variable k , while μ_{vk} is the estimated mean of variable k within cluster v .

For categorical variables, the calculation is based on χ^2 test and has the following form [2]:

$$\chi^2 = \sum_{l=1}^{L_k} \left(\frac{N_{vkl}}{N_k} - 1 \right)^2. \quad (11)$$

The importance of each parameter is evaluated between 0 and 1. Parameters with importance higher than 0.8 are considered as very important.

1.3. Practical application of cluster analysis. The literature on practical applications of the introduced clustering methods is quite extensive. For instance, Dardac and Boitan (2009) conduct hierarchical cluster analysis for grouping Romanian banks according to their risk profiles [6]. Preda et al. (2013) employ various hierarchical clustering techniques for classifying countries according to their macroeconomic indicators [7]. In Forte and Santos (2015) hierarchical clustering is implemented for analysing foreign direct investments in Latin American countries [8]. Similar technique is used by Chavez et al. (2016) for studying tourism in Mexico and countries of Asia-Pacific Economic Cooperation [9]. Ercan and Sayaseng (2016) analyse banking sectors of European countries. With the help of hierarchical clustering, the authors assign banking sectors into 3 clusters [10].

Das (2003) uses k-means technique for clustering hedge funds [11]. Rován and Sambt (2003) implement both hierarchical and k-means clustering in order to explore differences among Slovenian municipalities [12]. In Zivadinovic et al. (2009) hierarchical and k-means clustering methods are combined as well [13]. EU countries and their economic indicators are subject to analysis. Regional development differences in Latvia are investigated by k-means approach in Brauksa (2013) [14]. Vagizova et al. (2014) implement k-means clustering for Russian banks [15]. Neri et al. (2017) apply similar methodology with respect to sustainable performance of national economies in a dynamic perspective [16].

Hsu et al. (2006) implement two-step clustering for Chinese tourism sector visitors [17]. Ulstein et al. (2007) employ two-step clustering technique for Norwegian healthcare sector [18]. In Cerin et al. (2007) two-step cluster analysis is conducted for transport sector [19]. Chang and Yeh (2007) by means of two-step clustering classify Taipei motorcyclists according to their risk preference level [20]. Schipou (2010) uses two-step cluster analysis for classifying bank customers as a part of Customer Relationship Management (CRM) program [2]. In Dietrich et al. (2015) two-step cluster analysis is applied for grouping respondents according to their perception of alcohol social marketing program [21]. Tkaczynski et al. (2015) conduct two-step cluster analysis for segmenting preferences of tourists that come to Norway [22]. Trpkova and Tevdovski implement the same methodology with respect to largest Macedonian companies [5].

2. Clustering parameters and data

In order to conduct cluster analysis and allocate countries into homogenous groups, six parameters are decided to select. Those parameters are: energy intensity of GDP (consumption of primary energy per unit of GDP, *MJ/\$*), share of electricity production from renewable sources (% total output), energy use per capita (in kilograms of oil equivalent), energy imports (% of total energy use), industry value added (% of GDP) and electricity losses from transmission and distribution networks (% of output). Selection of these parameters has its explanation. All of them are related to one of the most toughly debated topics of energy sector – energy efficiency. In particular, energy intensity of GDP is considered among the most common measures of energy efficiency. Energy use matters for energy efficiency as well, as the latter implies effective use of energy. Importance of energy imports is reasoned by a necessity to have optimal balance of energy imports and exports in order to avoid dependence from foreign suppliers. Electricity generation from renewable sources is significant, as it deals with environmental aspects of energy efficiency and is a key to sustainability. Industry value added describes the level of country's industrialization which is in a large extent related to energy use, therefore to energy efficiency. And finally, electricity losses from transmission and distribution networks concern management aspects of energy sector. In case of efficient management, the level of losses is minimal and doesn't have any influence on electricity price.

In this study, emerging markets and developing countries are considered. Country classification of International Monetary Fund (IMF) is employed. According to that classification, countries based on their economic development level are classified as advanced or emerging and developing [23]. Selection of these countries is conditioned by scientific interest coming from their economic development patterns. In overall, 82 countries are selected for the analysis. Only countries with complete data are selected. Clustering is made for the year 2014. All data are obtained from World Development Indicators (WDI) database provided by The World Bank [24]. Maximum allowed number of clusters is set equal to 15. AIC and log-likelihood distance are selected.

3. The results of cluster analysis

As a result of two-step clustering, selected 82 emerging and developing countries are assigned into five clusters. As it can be seen from Fig. 1, the largest cluster includes 39 countries (47.6% of all countries), while the smallest two clusters consist of 5 countries (6.1%). Another two clusters have 10 (12.2%) and 23 (28%) members respectively. Allocation of countries in five clusters is reported in Table 1, while Table 2 reports information on cluster centroids.

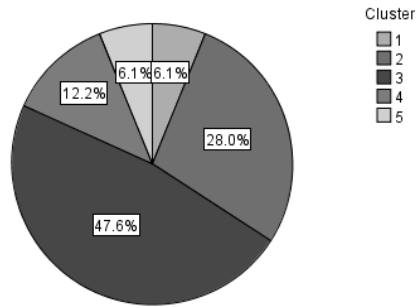


Fig. 1. Cluster sizes

Fig. 2 provides an information on overall quality of clustering. It is clearly seen, that conducted clustering has a good quality, as the Silhouette measure of cohesion and separation is greater than threshold value of 0.5 and lays in the green coloured region.

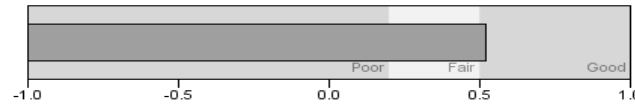


Fig. 2. Silhouette measure of cohesion and separation

Importance of six clustering factors is reported in Fig. 3. According to the results, the most important parameter in developing clusters is the share of electricity production from renewable sources. This factor has a predictor importance of 1. This indicator is followed by per capita energy use which has an importance of 0.9. Further, energy imports, energy intensity of GDP and industrial value added are coming with importance between 0.6 and 0.8. The least important factor is the percentage of electricity losses from transmission and distribution networks which has a predictor importance less than 0.2.

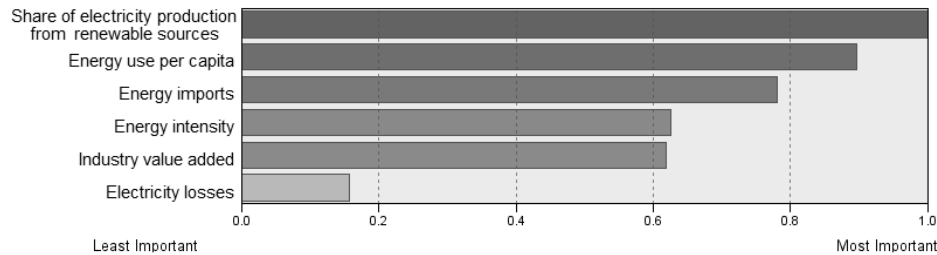


Fig. 3. Importance of clustering factors

Cluster 1 consists of the following five countries: Congo Democratic Republic, Ethiopia, Zimbabwe, Mozambique and Togo. All these countries are low income African countries and are the least developed countries in the whole sample. They possess the highest percentage of renewable sources in electricity generation among studied 82 countries - on average 86.92% - and have almost no electricity production from other energy sources. Due to low economic development, these countries are mostly agricultural and have the lowest level of industrialization within the whole sample (23.44% on average). Combined with warm climate, this has its reflection on the volume of energy use as well, which is again the lowest one among all five clusters (506.30 kg. o. e.). The highest rate of electricity losses (28.72%) and energy intensity of GDP (17.2 MJ/\$) may be another result of poor economic development.

Cluster 2 contains 23 members: Albania, Brazil, Cambodia, Cameroon, Costa Rica, El Salvador, Georgia, Ghana, Guatemala, Honduras, Kenya, Kyrgyz Republic, Myanmar, Namibia, Nepal, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Tajikistan, Uruguay, Zambia. As one can see, the major part of countries represents Latin America and like countries in Cluster 1 shares similar economic background. Countries within this cluster are characterized by quite high level of electricity production from renewable sources (on average 76.99%), but at the same time they produce electricity from other sources as well which mostly come from other countries in form of energy imports. Also, major part of these countries imports electricity from their neighbours. That is why, these countries have the highest level of energy imports (26.33% on average). These countries are also described by low level of per capita energy use (780.13 kg. o. e.) - possibly explained by not so high level of industrialization (27.11%), - low energy intensity of GDP (4.76 MJ/\$), which is mostly due to higher economic development in comparison with countries from the previous cluster and high rate of electricity losses (17.62%).

Cluster 3 is the largest and most diverse one and includes the following 39 countries: Argentina, Armenia, Bangladesh, Belarus, Bosnia and Herzegovina, Botswana, Bulgaria, Chile, China, Cote d'Ivoire, Cuba, Dominican Republic, Egypt, Hungary, India, Iran, Islamic Rep., Jamaica, Jordan, Kazakhstan, Lebanon, Malaysia, Mexico, Moldova, Morocco, Nigeria, Pakistan, Philippines, Poland, Romania, Russian Federation, Senegal, South Africa, Tanzania, Thailand, Tunisia, Turkey, Ukraine, Uzbekistan, Vietnam. The large part of these countries are members of former Eastern Bloc (former Soviet countries or East-European countries) which either are in economy transition process or have completed it recently. Again, some similarities in economic development pattern are present. Countries assigned to this cluster are characterized by a low level of renewable energy share (15.95%) and in a large extent rely on electricity production from non-renewable sources (oil, gas, coal, nuclear). This, similar to previous cluster, results in large percentage of energy imports (25.98%) for the most part of the countries. Besides, these countries are more industrialized (30.32%) and therefore have high per capita energy use (1,599.24 *kg. o. e.*), which mostly comes from China. Conditioned with higher level of economic development these countries have low levels of energy intensity (5.61 *MJ/\$*) and electricity losses (11.98%) (compared to other three clusters).

In Cluster 4 there are 10 countries – Algeria, Azerbaijan, Bolivia, Colombia, Republic of Congo, Ecuador, Gabon, Indonesia, Mongolia and Venezuela. Most part of these countries have quite rich sources of oil and gas which has a reflection on their energy profiles. However, these countries are not considered as high income ones. These countries, on average, have 32.91% share of electricity produced from renewable sources. The rest part of electricity is generated mostly from oil and gas sources. Abundance of oil and gas sources explains low level of energy imports. The volume of energy imports is the lowest in these countries and they are considered as large net energy exporters. As a result of possessing rich natural energy sources these countries are highly industrialized (46.03%) and logically have quite high per capita energy use (1,381.66 *kg. o. e.*). Energy intensity of GDP in these countries is the lowest (4.57 *MJ/\$*) but electricity losses are quite high (on average 19.17%) due to poor management of electricity production and distribution.

And finally, Cluster 5 contains the richest 5 countries. Those countries are: Bahrain, Brunei Darussalam, Saudi Arabia, Trinidad and Tobago and Turkmenistan. They have the highest level of economic development in the whole sample. Like countries included in Cluster 4, they are rich in oil and gas sources as well. The difference is that they are richer and have almost no electricity production from renewable sources. As a result of abundant oil and gas sources these countries have the highest level of industrialization (56.70%) among all five clusters and possess quite high level of net energy exports. As a logical consequence of high industrialization, they have the highest volume of energy use per capita (9,061.62 *kg. o. e.*) which is reflected in quite high energy intensity which is the second highest for all clusters. On average, it is equal to 11.05 *MJ/\$*. Conversely, these countries have the lowest level of electricity losses which on average is about 6.38%. A possible explanation to this result may be high economic development of countries which has brought efficient management of electricity transmission and distribution.

Table 1

The results of clustering

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
Congo Democratic Republic, Ethiopia, Zimbabwe, Mozambique, Togo	Albania, Brazil, Cambodia, Cameroon, Costa Rica, El Salvador, Georgia, Ghana, Guatemala, Honduras, Kenya, Kyrgyz Republic, Myanmar, Namibia, Nepal, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Tajikistan, Uruguay, Zambia	Argentina, Armenia, Bangladesh, Belarus, Bosnia and Herzegovina, Botswana, Bulgaria, Chile, China, Cote d'Ivoire, Cuba, Dominican Republic, Egypt, Hungary, India, Iran, Islamic Rep., Jamaica, Jordan, Kazakhstan, Lebanon, Malaysia, Mexico, Moldova, Morocco, Nigeria, Pakistan, Philippines, Poland, Romania, Russian Federation, Senegal, South Africa, Tanzania, Thailand, Tunisia, Turkey, Ukraine, Uzbekistan, Vietnam.	Algeria, Azerbaijan, Bolivia, Colombia, Republic of Congo, Ecuador, Gabon, Indonesia, Mongolia, Venezuela.	Bahrain, Brunei Darussalam, Saudi Arabia, Trinidad and Tobago, Turkmenistan

Table 2

Centroids of clusters					
Parameters	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
Size of cluster (%)	6.1	28	47.6	12.2	6.1
Electricity production from renewable sources (% of total)	86.92	76.99	15.95	32.91	0.01
Energy use per capita (kg. o. e.)	506.30	780.13	1,599.24	1,381.66	9,061.92
Energy imports (% of energy use)	-2.29	26.33	25.98	-221.43	-180.94
Energy intensity of GDP (MJ/\$2011 GDP PPP)	17.21	4.76	5.61	4.57	11.05
Industry value added (% of GDP)	23.44	27.11	30.32	46.03	56.07
Electrical power transmission and distribution losses (% of output)	28.72	17.62	11.98	19.17	6.38

Conclusion

Energy sectors of 82 emerging and developing countries are investigated in this study. By means of two-step cluster analysis, which represents a certain mixture of hierarchical and k-means clustering techniques, an attempt was made to classify selected countries into homogenous groups according to similarities in their energy patterns. As a result of clustering, countries were allocated into five clusters based on six parameters. The largest cluster had 39 members, while the smallest ones had 5 members. Among those parameters, the most important was the share of electricity produced from renewable sources, followed by per capita energy use, energy imports, energy intensity of GDP and industry value added. According to the results, percentage of electricity losses was the less important factor in forming clusters. The overall quality of clustering was good, as the Silhouette measure exceeded the threshold of 0.5.

The first cluster included low income countries (African) with high level of renewable energy, energy intensity, electricity losses and low level of energy use per capita and industrialization. Cluster 2 included countries that had quite high share of electricity production from renewable sources, energy imports and electricity losses, while energy use and energy intensity of GDP were low. The major part of these countries were Latin American countries. Cluster 3 was characterized by high level of energy use, energy imports, average level of industrialization and low level of renewable energy, energy intensity and electricity losses. This was the most representative cluster and had very diverse geography. For instance, this cluster included the major part of former Eastern Bloc countries that either were in the process of economy transition (CIS countries, China, Vietnam) or had completed that process recently (East-European countries). Fourth cluster was described by quite high level of energy use, industrialization and electricity losses. On the contrary, energy imports and energy intensity of GDP were the lowest. And finally, countries in the fifth cluster were characterized by almost 0 level of renewable energy and electricity losses and high level of energy use, energy exports, intensity of GDP and industrialization. All these countries were very rich in oil resources and were considered as high income countries.

References

1. Mooi, E., & Sarstedt, M. A concise guide to market research: the process, data, and methods using IBM SPSS statistics. – Springer, 2011.
2. Şchiopu, D. Applying TwoStep cluster analysis for identifying bank customers' profile // *Buletinul*. – 2010. – 62. – P. 66-75.
3. Chiu, T., Fang, D., Chen, J., Wang, Y., & Jeris, C. A robust and scalable clustering algorithm for mixed type attributes in large database environment // *Proceedings of the seventh ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. – 2001. – P. 263-268.
4. Zhang, T., Ramakrishnan, R., & Livny, M. BIRCH: an efficient data clustering method for very large databases // *ACM Sigmod Record*. – 1996. – 25(2). – P. 103-114.
5. Trpkova, M., & Tevdovski, D. Twostep cluster analysis: Segmentation of largest companies in Macedonia // *Proceedings of the Challenges for Analysis of the Economy, the Businesses and Social Progress International Scientific Conference*. – 2009. – P. 302-318.
6. Dardac, N., & Boitan, I. A. A Cluster Analysis Approach for Banks' Risk Profile: The Romanian Evidence // *European Research Studies*. – 2009. – 12(1). – P. 109-118.
7. Preda, B., Şerban, M., & Stefan, R. M. Hierarchical clustering algorithms and data security in financial management // *Revista Economica*. – 2013. – 65(6). – P. 147-158.
8. Forte, R., & Santos, N. A cluster analysis of FDI in Latin America // *Latin American Journal of Economics*. – 2015. – 52(1). – P. 25-56.
9. Chávez, J. C. N., Torres, A. I. Z., & Torres, M. C. Hierarchical Cluster Analysis of Tourism for Mexico and the Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) Countries // *Revista Turismo em Análise*. – 2016. – 27(2). – P. 235-255.
10. Ercan, H., & Sayaseng, S. The cluster analysis of the banking sector in Europe // *Economics and Management of Global Value Chains*, University of Szeged, Doctoral School in Economics. – 2016. – P. 111-127.
11. Das, N. Hedge fund classification using k-means clustering method // *9th Conference on Computing in Economics and Finance*. – 2003.
12. Rován, J., & Sambt, J. Socio-economic differences among Slovenian municipalities: A cluster analysis approach // *Development in Applied Statistics*. – 2003. – P. 265-278.
13. Zivadinovic, K. N., Dumicic, K., & Casni, C. A. Cluster and Factor Analysis of Structural Economic Indicators for Selected European Countries. // *WSEAS Transactions on Business and Economics*. – 2009. – 6(7). – P. 331-341.

14. Brauksa, I. Use of cluster analysis in exploring economic indicator. Differences among regions: the case of Latvia // *Journal of Economics, Business and Management*. – 2013. – 1(1). – P. 42-45.
15. Vagizova, V., Ksenia, L., & Ivasiv, I. B. Clustering of Russian banks: business models of interaction of the banking sector and the real economy // *Problems and Perspectives in Management*. – 2014. – 12(1). – P. 83-93.
16. Neri, L., D'Agostino, A., Regoli, A., Pulselli, F. M., & Coscieme, L. Evaluating dynamics of national economies through cluster analysis within the input-state-output sustainability framework // *Ecological Indicators*. – 2017. – 72. – P. 77-90.
17. Hsu, C. H., Kang, S. K., & Lam, T. Reference group influences among Chinese travellers // *Journal of Travel Research*. – 2006. – 44(4). – P. 474-484.
18. Ulstein, I., Wyller, T. B., & Engedal, K. High score on the Relative Stress Scale, a marker of possible psychiatric disorder in family carers of patients with dementia // *International Journal of Geriatric Psychiatry*. – 2007. – 22(3). – P. 195-202.
19. Cerin, E., Leslie, E., du Toit, L., Owen, N., & Frank, L. D. Destinations that matter: associations with walking for transport // *Health & Place*. – 2007. – 13(3). – P. 713-724.
20. Chang, H. L., & Yeh, T. H. Motorcyclist accident involvement by age, gender, and risky behaviors in Taipei, Taiwan // *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. – 2007. – 10(2). – P. 109-122.
21. Dietrich, T., Rundle-Thiele, S., Leo, C., & Connor, J. One size (never) fits all: Segment differences observed following a school-based alcohol social marketing program // *Journal of School Health*. – 2015. – 85(4). – P. 251-259.
22. Tkaczynski, A., Rundle-Thiele, S. R., & Prebensen, N. K. Segmenting potential nature-based tourists based on temporal factors: The case of Norway // *Journal of Travel Research*. – 2015. – 54(2). – P. 251-265.
23. International Monetary Fund. World Economic Outlook October 2016. Subdued demand, symptoms and remedies.
24. The World Bank. World Development Indicators. Available at <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>. 29.08.2017.

Հ.Յու. Ադիլխանյան

ԷՆԵՐԳԱՎԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ԶԱՐԳԱՑՈՂ ԵՐԿՐՆԵՐՈՒՄ. ԵՐԿՔԱՅԼ ՔԼԱՍՏԵՐԱՅԻՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

Ուսումնասիրվել են զարգացող երկրների էներգետիկայի ոլորտները: Հատուկ շեշտադրում է արված էներգաարդյունավետության հիմնախնդրի վրա: Փորձ է արվում ձևավորել երկրների համասեռ խմբեր՝ էներգետիկ ոլորտում ունեցած նմանությունների հիման վրա: Որպես հետազոտության մեթոդ ընտրված է երկրային քլաստերային վերլուծությունը: Դիտարկված է էներգետիկայի ոլորտին առնչվող վեց փոփոխական: Վերլուծության արդյունքում ձևավորվել է հինգ քլաստեր, որոնք ընդգրկում են համապատասխանաբար 5, 5, 10, 23 և 39 երկրներ: Քլաստերների ձևավորման մեջ առավել կարևոր փոփոխականներն են վերականգնվող աղբյուրներից էլեկտրաէներգիայի արտադրության մասնաբաժինը, մեկ շնչի հաշվով էներգիայի օգտագործումը և էներգիայի ներմուծումը: Առաջին քլաստերում ընդգրկված են ցածր եկամուտ ունեցող աֆրիկյան երկրներ, որոնք էլեկտրաէներգիա են ստանում գերազանցապես վերականգնվող աղբյուրներից: Երկրորդ քլաստերում ներառված են երկրներ, որոնք ունեն վերականգնվող աղբյուրների էլեկտրաէներգիայի արտադրության մեծ բաժին և էներգիայի սակավ օգտագործում: Այս երկրները էներգիայի ամենամեծ ներկրողներն են: Երրորդ քլաստերը նշված հատկանիշների խառնուրդ է: Հետաքրքրական է, որ այս քլաստերում է ընդգրկված նախկին Արևելյան Բլոկի երկրների մեծ մասը: Չորրորդ քլաստերի երկրները բնութագրվում են էներգիայի զուտ արտահանման ամենաբարձր և ՀՆԱ-ի էներգախնայողության ամենացածր ցուցանիշներով: Այս երկրներն ունեն նավթի և բնական գազի հարուստ պաշարներ, սակայն էլեկտրաէներգիա արտադրում են ոչ միայն այդ աղբյուրներից, այլ նաև վերականգնվող աղբյուրներից: Եվ վերջապես հինգերորդ քլաստերում են ներառված բարձր եկամուտ ունեցող երկրներ, որոնք տիրապետում են նավթի ու բնական գազի ահռելի պաշարների և վերականգնվող աղբյուրներից էլեկտրաէներգիա գրեթե չեն արտադրում:

Առանցքային բառեր. էներգետիկայի ոլորտ, էներգաարդյունավետություն, քլաստերային վերլուծություն, երկրային քլաստերային վերլուծություն, զարգացող երկրներ:

А.Ю. Адилханян

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАНАХ: ДВУХШАГОВЫЙ КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ

Изучены секторы энергетики развивающихся стран. Особое акцентирование сделано на проблемах энергоэффективности. Сделана попытка сформировать однородные группы стран, основанные на сходствах энергетических секторов. Методом анализа выбрана двухшаговая кластеризация. Рассмотрено шесть параметров, связанных с сектором энергетики. В результате анализа выявлено пять кластеров, которые соответственно включают 5, 5, 10, 23 и 39 стран. Самыми важными параметрами в создании кластеров являются доля производства электроэнергии из возобновляемых ресурсов, потребление энергии на душу населения, а также импорт энергии. В первый кластер входят африканские страны с низким уровнем доходов, которые производят электроэнергию преимущественно из возобновляемых ресурсов. Во второй кластер входят страны с большой долей производства электроэнергии из возобновляемых ресурсов и низким потреблением энергии. Эти страны являются самыми большими импортерами энергии. Третий кластер представляет смесь всех характеристик. Интересно, что в этом кластере собрана большая часть стран бывшего Восточного Блока. Страны, входящие в четвертый кластер, описываются самым высоким уровнем чистого экспорта энергии и самым низким уровнем энергоинтенсивности. Они обладают богатыми ресурсами нефти и природного газа, но производят электроэнергию также из возобновляемых источников. И, наконец, в пятый кластер входят страны с высоким уровнем доходов, которые очень богаты ресурсами нефти и природного газа и почти не производят электроэнергию из возобновляемых источников.

Ключевые слова: сектор энергетики, энергоэффективность, кластерный анализ, двухшаговая кластеризация, развивающиеся страны.

Adilkhanyan Hayk - Chair of Mathematical Modelling in Economics, Yerevan State University

G.R. Chakhoyan, Ye.B. Hakobyan

TERRITORIAL DEVELOPMENT INDEX: CASE STUDY OF THE REPUBLIC OF ARMENIA

The Territorial Development Index of the Republic of Armenia is a composite index, which provides a working framework for assessing, recording, comparing and monitoring the regional development of Armenia. It builds on and modifies the approach of the EU Regional Competitiveness Index and Human Development Index. It consists of eleven pillars grouped in two groups: social and physical. Eleven pillars are constructed using eighty-two indicators evaluated based on the data provided by the Ministry of Territorial Administration and Development. Using a unique approach in construction the final index is able to address the main issues of each territorial unit in the Republic of Armenia. The index reveals the diversity of the development level of the Armenian communities and allows monitoring and identifying the main issues of the communities and implementing individual approach during regional policy construction.

Keywords: composite index, regional development, community, normalization, weighting and aggregation.

Introduction. The variations and differences of the progress levels in certain areas of the Republic of Armenia require up growth and implementation of regional development policy, which will ensure the effectiveness of the overall socio-economic policy (Ministry of Territorial Administration and Development, 2015). Territorial development is determined, apart from the historical and development and strategic orientations, but also by the basic features of the resources: uneven territorial distribution, poorness and “imperfect mobility”. It has to be observed in a broader context, like a set of contents and activities in an area. According to the Territorial development strategy of the Republic of Armenia for 2016-2025 [1], the Government has recognized the importance of territorial development and its crucial role in achieving the long run goals. Its concept involves the coordinated and prioritized territorial development, sets out sustainable economic development approaches, demanding from all regions/communities to develop regional development activities plans. However, there is no quantitative approach to assess and monitor the development level of the administrative-territorial units.

Starting from the collapse of the Soviet Union, as any other post-Soviet country, Armenia also started changing its economic and government system. At the same time, Armenia has faced several obstacles, such as geopolitical constraints in terms of closed borders, its relations to the North and South, and its need to balance East and West. Preceding independence, it suffered a devastating earthquake that killed thousands and destroyed an already fragile infrastructure. It was engaged in the Nagorno-Karabakh conflict through 1994, which remains unresolved. Nowadays Armenia is characterized as a country with geopolitical constraints, external energy and market dependence, low-income level, high unemployment level etc. The issues are not only external but also internal. In particular, in this paper we will focus on the regional governance issues.

After the adoption of the Constitution in 1995, the regional division of Soviet Armenia changed into a new one. Before Armenia had 37 regions, afterward it started using two level system. The first level consisted of 10 regions or marzes, and the second level consisted of 915 communities. The main purpose of this division was the decentralization of power. Nowadays Armenia is facing serious challenges on the community level. For instance, 25% of the communities have population less than 300, low accessibility to infrastructure, high migration level to the capital and abroad, high percentage of elder people in total population (in some cases, it is higher than 50%), high level of poverty, etc. The economic activities are mainly focused in the capital. Thus from 2005 government started to reform its territorial management approach. Nowadays the Ministry of territorial administration and development has developed a 10-year plan (2016-2025) to overcome the regional challenges. Furthermore, the government accepted that the existing administrative division is a serious obstacle for the further development of the self-government system and the realization of the community capacities [3]. Thus in 2011 the government started the process of consolidating the communities, and in 2015, Armenia already had several pilot ongoing projects. However, in both cases there is not a quantitative approach in assessing and monitoring the social and economic impact of the policies.

Taking into account the importance of monitoring and comparing the development of territorial units the main question is how to assess the development level of the communities based on their similarities and dissimilarities, strengths and weaknesses. The most common approach used in practice is a composite index construction. However, as a multidimensional process, the measurement of the progress, which regions have made in their developmental efforts, has proven to be difficult. Nevertheless, during its evolution the measurement of development has been accompanied by the introduction of various composite indices attempting to measure progress. Indices such as the Human Development Index (HDI), the Weighted Index of Social Indicators (WISP), the South African Development Index (SADI), etc. have all contributed to the study field but no researchers were able to capture the whole development process [3]. These reinforced the need for the study and the development of the index as a tool for the Republic of Armenia. Following a quantitative approach, this study aims to construct a new territorial development

index, with the purpose of providing a more comprehensive and adequate measure towards the progress which communities have made in improving the standard of living. In its construction, the index will enable better identification of the socio-economic aspects where assistance is required. The index as developed would furthermore be used as a tool for future analysis as well as to provide comparisons of different regions regarding the level of development.

Taking into consideration the multidimensional nature of the index it should also be constructed in a way to be useful for exploring socio-economic issues. Particularly the phenomena of human migration can be studied using the framework provided by the index construction process hence the change of the level of development of the region can entail changes in the flows of migrants.

Literature review. The search for alternative indicators of development has employed the need to develop a variety of composite indices. Composite indicators (CIs) which compare country/region performance are increasingly recognized as a useful tool in policy analysis and public communication. Such composite indicators provide simple comparisons of entities that can be used to illustrate complex and sometimes elusive issues in wide-ranging fields. It often seems easier for the public to interpret composite indicators than to identify common trends across many separate indicators, and they have proven useful in benchmarking the performance. However, composite indicators can send misleading policy messages if they are poorly constructed or misinterpreted.

In general terms, an indicator is a quantitative or a qualitative measure derived from a series of observed facts that can reveal relative positions (e.g. of a country) in a given area. When evaluated at regular intervals, an indicator can point out the direction of change across different units and through time. They can also be helpful in setting policy priorities and in benchmarking or monitoring performance. A composite indicator is formed when individual indicators are compiled into a single index based on an underlying model. The composite indicator should ideally measure multidimensional concepts, which cannot be captured by a single indicator.

From the point of view of regional development, indices represent macro-level valuations of development insofar as they integrate various social, political and economic elements of development in measurement [4]. The motivation behind efforts at composite indexing differs. While some analysts intended to independently evaluate the social situation through the composite indices, others saw them as indicators to contrast with economic indicators, or indicators that combined different aspects of development in measurement [5].

The first and essential issue that we have to address while evaluating a development index is what aspect of development the indicator measures. The theory and individual approach stands central in this case. This relates to the meaning of development in the particular analysis. In other words, every researcher has its own approach to explaining what are understood to be composite indices of development. Composite indexing involves four steps, i.e. selection; scaling; weighting and aggregation; validation [6]. It is important to mention that the steps mentioned do not necessarily follow in this sequence. It is a long run process during which selection can be altered, weights adjusted and variables rescaled in order to arrive at final index estimates. The methodology and the steps of the index construction will be discussed in the next sections. Now we would like to discuss several indexes constructed. In particular, as the scope of this paper entails towards developing composite index on regional/territorial level, the next part will present several indices constructed on this level for other countries/regions.

The development level assessment and categorization of Croatian local and regional units is based on the value of the development index, which is the main instrument of Croatian regional policy [7]. The State has a constitutional obligation to promote the economic development of all the regions in Croatia and to promote economic progress and the social welfare of all citizens. The development index is a composite indicator calculated as the weighted average of five basic normalized socio-economic indicators: income per capita, budget revenue per capita, unemployment rate, change in population number, educational attainment rate relative to the national average. The indicators, their corresponding weights and other issues are determined by a government decree (Decree on Development Index, 2010). However, the development index has been critically reviewed, revealing problems of multicollinearity and the existence of outliers.

Regional human development index for Portuguese on NUTS III regions, constructed in a way that resembles the methodology of the HDI by the UNDP [8]. Additionally, to the traditional dimensions of the HDI, income, health, and education, they also added two dimensions, that they choose to include, given the main criticisms pointed in the literature to the HDI - governance and environment. Results show some significant differences when they added the environment dimension, but in terms of governance they don't change significantly. The dimensions, which present a higher degree of volatility in the analyzed period, are health and the environment, possibly rejecting some reinforcement of economic policies in these areas. The least volatile dimensions are income and governance

The EU Regional Competitiveness Index (RCI) is the first composite indicator, which provides a synthetic picture of territorial competitiveness for each of the NUTS 2 regions of the 27 EU Member States [9]. It builds on and modifies the approach of the Global Competitiveness Index of the World Economic Forum (WEF) [10]. It consists of eleven pillars grouped in three groups: Basic, Efficiency and Innovation. It takes into account the level of development of the region by emphasizing basic issues in less developed regions, and innovative capacity in more developed regions.

Taking into account the uniqueness of the approaches in construction of regional development index the next sections will introduce the methodological issues, and how they have been overcome during the construction process of the territorial development index for the Republic of Armenia.

Methodology. The quality of a composite indicator depends not only on the quality of the data it is constructed on. The other key component of the index building construction is its methodology. A rather thorough review of index construction methodology is given in OECD's "Handbook on Constructing Composite Indicators" [11]. The authors propose several steps for construction and use of composite indexes, which compare and rank country performance in areas such as industrial competitiveness, sustainable development, globalization and innovation.

One of the biggest challenges of the modeler on his way of constructing a composite index is the problem of missing values. The existence of missing values can affect the robustness of composite indicators. For the most variables in our dataset, missing values show patterns of randomness (missing completely at random (MCAR), i.e. missing values do not depend on the variable of interest or on any other observed variable in the data set). It can be either a result of mistakenly not filling several parts of the questionnaire, or mistakes when transferring the data from one agent to another one. There are three methods to deal with missing values. The first one is the simplest. It proposes not to include missing records in the index construction, however this would lead to unbiased estimator only if the missing values are MCAR. As a rule of thumb, if a variable has more than 5% missing values, cases are not deleted [12]. The other two methods are called single imputation and multiple imputation. They propose to include the missing cases into the analysis by replacing them using some technique. In the single imputation case, the values are replaced by mean, median, mode or calculated using regression. Multiple imputation imputes values through Markov Chain Monte-Carlo algorithm. In our case, we used the single imputation method and all missing values were replaced by the mean of the variable. Considering the spatial nature of the data, it is also worth considering to use a more complicated method of interpolation such as kriging which is widely used in geostatistics.

After the calculation of indicators, the next step in the process of index building is normalization of the initial indicators. Normalization is used to overcome the problem of the differences in measurement units between indicators before aggregating them. There are many normalization techniques and the goal of the modeler is to find the most suitable technique for the data at his hand, because different normalization techniques will result in different normalized indicators and robustness tests should be carried out to find out the best method of normalization.

The most widely used techniques for normalization are

- *Min-max method*

The value of normalized indicator is calculated with the formula:

$$I_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}},$$

where I_i is the value of normalized indicator for i -th country, x_i is the value of indicator for i -th country before normalization, x_{min} is the minimum value of the indicator and x_{max} is the maximum value of the indicator. So min-max method normalizes indicators to a range [0,1] by subtracting the minimum value and dividing to the range of the indicator values.

- *Distance-to-a-reference method*

The value of normalized indicator is calculated with the formula:

$$I_i = \frac{x_i}{x_0},$$

where x_0 is the value of the indicator for some community chosen in advance. Usually the item with maximum value is taken as a reference value.

- *Standardization (z-scores) method*

Converts indicators to a common scale with a mean of zero and standard deviation of one. The value is calculated with the formula:

$$I_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma},$$

where μ is the mean of the indicator and σ is the standard deviation of the indicator.

- *Percentile ranking method*

The value of the normalized indicator is calculated with the formula:

$$I_i = \frac{x_{bi}}{x_{bi} + x_{ai}},$$

where x_{bi} indicates the number of communities which have lower indicator values than i -th community, and x_{ai} indicates the number of communities which have higher indicator values than i -th community. So it shows the value below which a given percentage of observations fall.

Each of the above-mentioned techniques has its pros and cons. Min-max and distance-to-a-reference method are linear transformations of the data. They keep the actual proportional differences between different communities' indicator values, however they are not able to deal with the extreme values properly. As a result, the outliers distort the transformed indicator and the overall index tend not to reflect the reality properly. Standardization method also

allows extreme values to distort the output. On the other side percentile ranking is not affected by outliers. It considers the frequencies while producing the transformed values, thus allows the output to be smoother.

For our data, all four methods of normalization were tested. As the proportion of indicators with extreme values was quite large, the percentile ranking method was chosen as the final technique. Robustness tests also have shown that this method produced indicators whose distribution had less skewness and their histograms were resembling a normal distribution.

The nature of the indicator should be considered as well when normalizing it to some range. As we consider the development level of the communities when constructing the index, some normalized indicators must be reversed in order to reflect their influence on the overall index properly. For example, unemployment level shows the percentage of labor force which is not employed at the moment. The higher the value of it, the lower the value of index should be, because high level of unemployment is not a desired feature of a developed community. In our case, as the indicators are normalized to a range of 0 to 10, then the reversed values of the indicators are calculated by subtracting them from 10.

Indicators which were normalized in the previous step have to be weighted and aggregated into one composite indicator. The weight of each individual indicator reflects its relative importance when being included in the final index calculation. They should be chosen wisely because its technique can have a significant effect on the overall index value and thus give misleading messages to the users of the index(es). There are several techniques for weights calculation, however regardless of weighting technique, the weights are always value judgments. They show the statistician's idea about data structure and relative importance of indicators. He can either take the simplest approach, i.e. not using any weighting technique and giving all indicators the same or in other word "equal" weights, or use one of two types of models for drawing the weights.

The first group of models are derived from statistical models, like factor analysis, data envelopment analysis, predictor importance from two step clustering, etc. The second group of models express experts' opinions from participatory models such as budget allocation processes, analytic hierarchy processes or conjoint analysis. Equal weighting is usually applied to indicators when there is not an obvious theoretical reasoning about indicators' relative importance or there is a lack of consensus on alternative method.

There is no common way of choosing weighting method. It is situational. Each type of method has its pros and cons. Participatory models are usually applied when the number of indicators is not big. When it exceeds 10 to 20 indicators, the process of comparison, evaluation and weight determination can become an overwhelming process for experts or other people being interviewed. Statistical methods on the other side, are usually dependent on data properties. For example, principal component analysis or factor analysis can be used when there is a sufficient degree of correlation between variables.

During our index construction process, we have used indicator weighting on two stages. Firstly, indicators were given equal weights when being weighted into sub-indices. Then the method of predictor importance based on two-step clustering was applied to sub-indices when calculating the overall index. The essence of predictor importance technique is that firstly the communities are clustered into groups and then the indicators which had more influence when clustering the communities or had higher "predictor importance" are given bigger weights [13].

Weight determination is followed by aggregation of indicators. The methods of aggregation also vary. By far the most widely used method of aggregation is linear aggregation of the following form:

$$TDI = \sum_{n=1}^N w_n * I_n,$$

where TDI is the index value, w_n is the weight of the indicator, I_n is the value of the indicator which is already normalized.

It is calculated by summing up the weighted and normalized individual indicators.

The process of index construction includes several steps which are based on individual judgments. A certain level of uncertainty always remains. Thus analysis should be performed to challenge the robustness of the indicator. The handbook suggests several steps for assessing and dealing with uncertainties:

1. Testing with individual indicators (Including and excluding them based on their variance).
2. Using different imputation methods for missing data.
3. Using different normalizing techniques.
4. Using alternative weighting schemes, both statistical and participatory methods.
5. Using different aggregation systems.
6. etc.

However, the modeler and the policy maker should always keep in mind that the robustness tests will not be enough to guarantee a sensible composite index. The valid theoretical index is the cornerstone of high quality index construction process.

Conceptual framework and the main construction process. As it is already mentioned the main objective of this paper is the construction of a composite index for assessing the territorial development level. Our Index to large extent adopts and builds upon the methodology developed by the European Union Regional Policy. The working framework is described below:

Any index development firstly entails the data acquisition. As it is already mentioned in the literature review section, not systematic and biased data has a significant impact on the indices and can send misleading policy messages. In Armenia, the Ministry of Territorial Administration and Development has annually collected the data on the community level. It is based on the questionnaires accomplished by the community leaders. The key issue is that there is no automated system for this process, and no one is legally responsible for providing inaccurate data. Thus the data processing includes data mining, finding outliers, dealing with missing value, removing the variables that can be biased, cross checking, etc. Finally, we have been left with approximately 900 variables. Based on them we constructed 482 indicators, which describe different aspects of the communities: education level, demographical, living condition, accessibility, etc. Next step inclines developing and constructing the working dimensions of sub indicators. Here we have to identify the key indicators, which are essential for assessing the diversity and development level of the communities. Specifically, the indicators selection and grouping were based on the SWOT analysis done by the Ministry of Territorial Administration and Development during 2015-2016. In addition, the groups were selected based on the main weaknesses and strengths of the communities. We have identified 11 pillars (dimension) describing different aspects of development. They are classified into two major groups: social and physical.

However, before the grouping process, the variables should be rescaled. For this purpose, there are several techniques used in the literature, which we have already discussed. For instance, the standardization/ z-scores, feature scaling, percentile or quartile based ranking, etc. We employed all three scaling techniques. The most accurate one was the percentile based ranking, because in the case of standardization and feature scale if the data is skewed, the transformed data reflects the presence of unwanted information. In other words, in the first two cases, the scaled indicators do not reflect the reality properly. Further, we constructed the pillars or sub-indices by giving equal weights to the variables. As a result, we have 11 pillars/ dimensions, which describe demography, living condition, employment level, education level, economic efficiency and budgeting, building and infrastructure conditions, public transport and roads condition, utilities and equipment.

And final step includes weighting the sub-indices to conduct the final index. Here the weighting process should be employed with caution. Moreover, weights could be the subject of political dispute. We have used the prediction importance based on two-step clustering. The predictor importance lets us indicate the relative importance of each sub-index in estimating the overall score. The descriptive statistics of the Territorial Development Index are summarized in Fig.

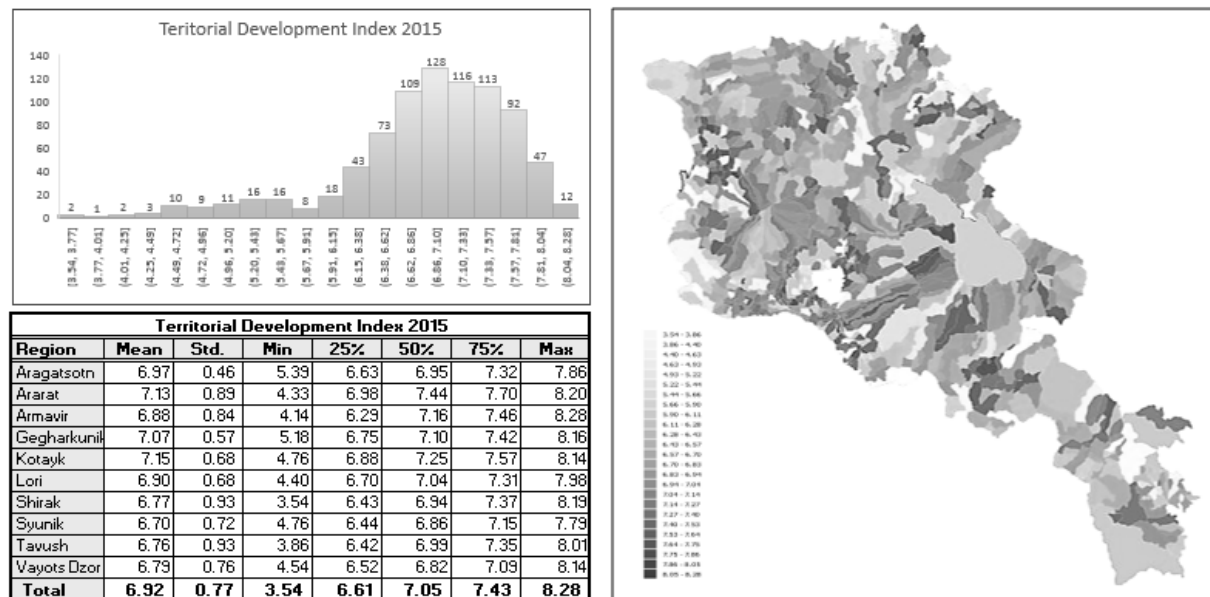


Fig. The descriptive statistics of TDI: histogram on the top left, descriptive statistics about marzes on the bottom left, the map of Armenia's communities by the level of TDI on the right

Conclusion. The TDI is the first measure providing an overview on the development level of all communities in the Republic of Armenia. It is based on the most recent data available. It assesses not only aggregate development, but also the strengths and weaknesses of a community, using the main dimensions relevant for development.

In many developing countries, the capital region is at the same time the economic center and is far more competitive than the other regions. This is more emphasized in case of Armenia with its highly dispersed geographical, social, cultural, etc. diversity. Thus, many regions have highly heterogeneous TDI scores. The gaps and variation in territorial development employ a debate on to what extent these gaps affect the national development, and to what extent the internal variation can be overcome. Thus, the construction of this type of composite index has been challenging. The major problem was the methodology selection. The scaling and weighting based on importance were crucial in capturing the reality. However, there are still limits and issues to overcome.

As it is already mentioned the TDI captures the diverse development of the communities. The majority of the communities near urban areas, have a high level of development, which indicates the higher level of integration. On the other hand, TDI identifies the low level of the majority of border communities. For instance, the smallest CDI is located on the border with Turkey. A key question for the future is whether the strong performance of the central communities will help to increase the performance of neighboring regions through spillovers, or whether the gap between them and the other regions will grow.

Further debate around the use of composite indicators for measuring development has concentrated on the implications of creating league tables and the danger of sending misleading policy messages while not taking into account the broader picture. The TDI takes a wider approach to development, looking at a number of relevant dimensions not strictly related to development itself, but also covering social well-being, and long-term potential.

TDI allows the top down approach also. One of the practical values of the research is that it can be a powerful tool in the policy and decision making processes. It allows a community to compare itself to all others, to find another one with similar level of development, and to identify the communities it could learn from.

The government of the Republic of Armenia could make use of the TDI to inform regional development policy priorities. The future of the TDI is to further refine the index, test the sensitivity and robustness of the latter and furthermore investigate other factors affecting the development of the communities. Finally develop a working framework for assessing the potentials and relative competitiveness of each community.

We believe that our work can lead to further researches and TDI can be used to explore socio-economic phenomena, particularly it can be used for the assessment of the process of migration.

References

1. Հայաստանի Հանրապետության 2016-2025 թվականների տարածքային զարգացման ռազմավարություն. – 2015:
2. Համայնքների խոշորացման և միջհամայնքային միավորումների ձևավորման հայեցակարգ. – 2011:
3. **Naudé, W., Rossouw, S. & Krugell, W.** The non-monetary quality of city life in South Africa // *Habitat International*. – 2009. – Vol. 33, No. 4. – P. 319-326.
4. **Todaro, M.P.** Economic Development in the Third World // Longman. - New York, 1989. – P. 108-113.
5. **Sainz, P.** An index of social welfare / F. Bracho (ed.), Towards a New Way to Measure Development // Report on the International Meeting on More Effective Development Indicators, July 31 to August 3. - Caracas, Venezuela, 1989. – P. 156-160.
6. **McGranahan, D.V., Richard-Proust, C., Sovani, N.V. and Subramanian, M.** Contents and Measurement of Socioeconomic Development, A Staff Study of the United Nations Research Institute for Social Development (UNRISD). - Praeger, New York, 1972. – 136 p.
7. **Perišić A., Wagner V.** Development index: analysis of the basic instrument of Croatian regional policy // Financial theory and practice. – 2014. – Vol. 39, No. 2. – P. 206-236.
8. **Silva, Rita & Ferreira-Lopes, Alexandra.** A Regional Human Development Index for Portugal // CEFAGE-UE Working Paper. – 2012/05.
9. **Kozovska, Kornelia & Annoni, Paola & Dijkstra, Lewis.** A New Regional Competitiveness Index: Theory, Methods and Findings. – 2011.
10. **Schwab, K. and Porter, M. E.** The Global Competitiveness Report 2007-2008 // World Economic Forum. - Geneva, Switzerland, 2007.
11. Handbook on constructing composite indicators / **M. Nardo, M. Saisana, A. Saltelli, et al** // OECD publishing. – 2005.
12. **Little R.J. & Rubin D.B.** Statistical analysis with missing data. - John Wiley & Sons, 2014.
13. The SPSS Two Step cluster component: Technical report, SPSS Inc. 21, 2001.

14.09.2017.

ՏԱՐԱԾՔԱՅԻՆ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ԻՆԴԵՔՍ: ՀՀ ՕՐԻՆԱԿ

ՀՀ տարածքային զարգացման ինդեքսը բաղադրյալ ինդեքս է, որը թույլ է տալիս գնահատել, հաշվառել, համեմատել և մշտադիտարկել ՀՀ տարածքային զարգացումը: Այն որոշակի փոփոխություններով կառուցվում է ԵՄ Ռեզոնանս մրցունակության ինդեքսի և Մարդկային զարգացման ինդեքսի օրինակի հիման վրա: Այն կազմված է տասնմեկ հենասյուներից, որոնք երկու խմբի են բաժանված՝ սոցիալական և ֆիզիկական: Տասնմեկ հենասյուները կառուցվում են՝ օգտագործելով ութսուներկու ցուցիչներ, որոնք հաշվարկվում են ՀՀ տարածքային կառավարման և զարգացման նախարարության կողմից տրամադրված տվյալների հիման վրա: Վերջնական ինդեքսի կառուցման յուրահատուկ մոտեցումը թույլ է տալիս վեր հանել յուրաքանչյուր տարածքային միավորի հիմնախնդիրները: Ինդեքսը բացահայտում է Հայաստանի համայնքների զարգացման մակարդակի բազմազանությունը և թույլ է տալիս մշտադիտարկել և նույնականացնել համայնքների հիմնախնդիրները և իրականացնել տարածքային քաղաքականության մշակման անհատական մոտեցում:

Առանցքային բառեր. բաղադրյալ ինդեքս, տարածքային զարգացում, համայնք, բնականոնացում, կշռում և միացքավորում:

Г.Р. Чахоян, Е.Б. Акопян

ИНДЕКС ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

Индекс территориального развития Республики Армения является составным индексом, который обеспечивает необходимой информацией для оценки, регистрации, сравнения и мониторинга регионального развития Армении. Он основывается и модифицирует подход к индексу конкурентоспособности ЕС и индексу развития человеческого потенциала. Индекс состоит из одиннадцати подкомпонентов, сгруппированных в две основные группы: социальные и физические. Все одиннадцать подкомпонентов построены с использованием восьмидесяти двух показателей, оцененных на основе данных, предоставленных Министерством территориального управления и развития. Используя уникальный подход в построении, окончательный индекс способен идентифицировать основные проблемы каждой территориальной единицы в Республике Армения. Индекс показывает разнообразие уровня развития армянских регионов и позволяет осуществлять мониторинг и выявлять основные проблемы регионов и внедрять индивидуальный подход при составлении региональной политики.

Ключевые слова: составной индекс, территориальное развитие, община, нормализация, взвешивание и агрегация.

Chakhoyan Gagik Robert - PhD student, Department of Mathematical Modelling in Economics, Yerevan State University

Hakobyan Yenok Beniamin - PhD student, Department of Mathematical Modelling in Economics, Yerevan State University

Մ.Թ. Մխիթարյան

ՄԻՋԱԶԳԱՅԻՆ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԿՈՂՄԻՑ ՀՀ ՆԵՐԴՐՈՒՄԱՅԻՆ ԴԱՇՏԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ

Երկրում հաջողված ձեռնարկատիրական գործունեություն սկսելու և վարելու գլխավոր նախապայմանը ներդրումային դաշտն է, վերջինիս գրավչությունն ու ռիսկերի հնարավորինս ցածր մակարդակը: ՀՀ ներդրումային միջավայրի ուսումնասիրություն և գնահատում իրականացվել է մի շարք միջազգային կազմակերպությունների կողմից, որոնց արդյունքներից են «Doing business» զեկույցը, The Heritage Foundation-ի և Wall Street Journal-ի կողմից հրապարակվող տնտեսական ազատության ինդեքսը և «Համաշխարհային մրցունակության զեկույցը»:

Առանցքային բառեր. ներդրումային դաշտ, օտարերկրյա ուղղակի ներդրումներ (ՕՈՒՆ), մրցակցություն, հարկային համակարգ, ֆինանսական շուկա, կոռուպցիա:

Ցանկացած գործունեություն սկսելու, գլխավոր և որոշիչ քայլերից առաջինը ներդրումների պլանավորումն ու իրականացումն է, այսինքն՝ այս փուլում ընկերությունը գործ ունի ներդրումային ռիսկի հետ: Բնական է՝ որքան մեծ է երկրում ներդրումների իրականացման գրավչությունը, այնքան փոքր են ներդրումային ռիսկերը: Բազմիցս գնահատվել և վերլուծվել են մեր երկրում ներդրումների իրականացման գրավչությունը և պետության դերը դրա բարձրացման շուրջ: Երկրի ներդրումային գրավչության մասին վկայում են ինչպես տվյալ երկրում կատարվող ներքին և օտարերկրյա ներդրումների ծավալները, այնպես էլ տվյալ միջավայրի՝ միջազգային մի շարք հետազոտությունների արդյունքները:

2015թ. հունվար-դեկտեմբեր տնտեսության իրական հատվածում օտարերկրյա ներդրումների զուտ ներհոսքը կազմել է 123,7 մլրդ դրամ, որից ուղղակի ներդրումների զուտ հոսքերը կազմել են 70,4 մլրդ դրամ: Այս տվյալները ոչինչ չեն ասի, եթե այն չդիտարկենք նախորդ տարիների կամ համանման տնտեսական իրավիճակում և զարգացման մակարդակում գտնվող այլ երկրի տվյալների հետ:

Աղյուսակ 1

Օտարերկրյա ներդրումները Հայաստանում և Վրաստանում 2007-2015 (մլն ԱՄՆ դոլար [1])

Տարիներ	Հայաստան		Վրաստան
	Ընդամենը ներդրումներ	Որից՝ ուղղակի ներդրումներ	ՕՈՒՆ
2006	444	251	1190
2007	845	582	2015
2008	1258	1001	1564
2009	935	732	658
2010	703	483	814
2011	816	631	1117
2012	752	567	912
2013	597	271	942
2014	402	282	1758
2015	248	145	1564

Ինչպես տեսնում ենք, ուղղակի ներդրումներն աճելով՝ իրենց ամենաբարձր մակարդակին հասնում են 2007թ., որից հետո նվազում՝ մինչև 2013թ. և ապա 2014թ.-ից նորից սկսում դրսևորել աճման միտումներ՝ 2015թ. հասնելով 145 000 ԱՄՆ դոլարի, այսինքն՝ 2015թ ՕՈՒՆ կրճատվել է գրեթե 48%: Նկատելի է, որ նախորդ տարվա համեմատ ներդրումները նվազել են և՛ ընդամենը, և՛ ուղղակի զուտ հոսքերի գծով՝ համապատասխանաբար 38,3% և 48,5%: Բացի դրանից, ուշագրավ է, որ ներկայիս ՕՈՒՆ ծավալը նախաձգնաժամային ցուցանիշից ցածր է:

2008թ-ի անկումը կարող էր կապված լինել նաև գլոբալ ֆինանսական ճգնաժամի հետ, մինչդեռ պատկերն այլ է Վրաստանում, որտեղ 2010թ-ից սկսած ՕՈՒՆ ծավալն աճում է մինչև օրս և ներկայումս ավելի քան 10 անգամ գերազանցում է մեր երկիր ուղղվող ՕՈՒՆ: Կարող ենք եզրակացնել, որ Վրաստանը ավելի գրավիչ է ներդրումների ուղղորդման տեսանկյունից:

Իհարկե կան մի շարք սուբյեկտիվ պատճառներ, որոնցով կարող ենք ինչ-որ կերպ արդարացնել նման տարբերությունը: Նախ՝ Վրաստանը Եվրոպական միության հետ կնքել է ասոցացման համաձայնագիր ոչ միայն քաղաքական, այլև առևտրային մասով, ինչից մեր երկիրը հետ կանգնեց: Եվ քանի որ ներդրումների մեծ մասը մեզ մոտ ուղղվում էր Եվրոպայից՝ այս պայմանագրից հետ կանգնելը նպաստեց

այդ ներդրումների կրճատվելուն: Որպես մյուս կարևոր հանգամանք՝ պետք է նկատել Ռուսաստանից եկող ներդրումների կրճատումը: Տարիներ շարունակ Ռուսաստանը եղել է ամենախոշոր ներդրողը Հայաստանում (2015թ. դեկտեմբերի վերջի դրությամբ Ռուսաստանից Հայաստանի իրական հատվածում կատարված օտարերկրյա ներդրումների համախառն հոսքերի տեսակարար կշիռը ընդհանուր համախառն հոսքերում ընդհանուր և ուղղակի ներդրումների գծով կազմել է համապատասխանաբար 40,9% և 49,1%): Մինչդեռ, եթե մինչև ԵԱՏՄ-ին ադամանկեցել՝ 2014թ. առաջին կիսամյակում, Ռուսաստանից կատարվող ուղղակի ներդրումների զուտ հոսքերի ծավալը կազմել է ընդհանուր ուղղակի ներդրումների 48,5%, ապա 2015թ. նույն ժամանակահատվածում այդ ցուցանիշը անկում է ապրել՝ կազմելով 11,2%: Նման միտումը պայմանավորում ենք Ռուսաստանի և ԵՄ երկրների ու ԱՄՆ-ի միջև սահմանված սանկցիաների արդյունքում Ռուսաստանում ստեղծված ծանր տնտեսական վիճակի, ռուբլու արժեզրկման և այլ բացասական հետևանքների հետ: Բոլոր վերոնշյալ պատճառներն ունեն առավելագույն արտաքին բնույթ և ինչ-որ ձևով արդարացնում են Հայաստան և Վրաստան ուղղվող օտարերկրյա ներդրումների ծավալների և միտումների տարբերությունը: Բնչ վերաբերում է ներդրումների իրականացման ներքին պայմանների բարենպաստությանը, ապա փորձ է արվել տալ վերջինիս բնութագիրը՝ ելնելով Համաշխարհային Բանկի և Միջազգային ֆինանսական կորպորացիայի կողմից կատարված վերլուծության և դրա հիման վրա ձևավորված «Doing Business» զեկույցի տվյալների: Ստորև ներկայացվում են Հայաստանի և Վրաստանի 2010-2017թթ. վարկանշային գնահատման ցուցանիշները:

Աղյուսակ 2

Հայաստանի և Վրաստանի «Doing business» 2010-2017թթ. զեկույցի տվյալները [2]*

Ցուցանիշներ	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Հայաստան	43	48	55	32	37	45	43	38
Վրաստան	11	12	16	9	8	15	24	16

* Մասնակից երկրների քանակը, ըստ տարիների, եղել է համապատասխանաբար 183, 183, 183, 185, 189, 189, 189 և 190:

Ինչպես տեսնում ենք, 2017թ. նախորդ տարվա համեմատ Հայաստանը բարելավել է իր դիրքը 5 հորիզոնականով՝ զբաղեցնելով 38-րդ տեղը մասնակից 190 երկրների շարքում: Վրաստանը բավականին լավ դիրք է գրավում գործարարությամբ զբաղվելու համաթվով, ինչը պայմանավորված է մասնավորապես ավելի տանելի հարկային համակարգով, մեղմ վարչարարությամբ և կոռուպցիայի ոչ բարձր մակարդակով: Նշենք, որ մեր հարևան Ադրբեջանը զբաղեցնում է համապատասխանաբար 38, 54, 66, 67, 70, 80, 63 և 65 տեղերը: Հետխորհրդային տարածքի երկրներից Հայաստանը հետ է միայն Վրաստանից:

Նշենք, որ ինդեքսի ցուցանիշը հավաքական է և ստացվում է տարբեր բաղադրիչների համադրման արդյունքում: Ստորև ներկայացվում է Հայաստանի զբաղեցրած տեղերն ըստ այդ բաղադրիչների [3]՝

- սկսել ձեռնարկատիրական գործունեություն՝ 9-րդ տեղ (նախորդ տարի՝ 9-տեղ),
- շինարարություն սկսելու թույլտվություն՝ 81-րդ տեղ (նախորդ տարի՝ 78-րդ տեղ),
- էլեկտրաէներգիայի հասանելիություն՝ 76-րդ տեղ (նախորդ տարի՝ 85-րդ տեղ),
- սեփականության գրանցում՝ 13-րդ տեղ (նախորդ տարի՝ 13-րդ տեղ),
- վարկի ստացում՝ 20-րդ տեղ (նախորդ տարի՝ 42-րդ տեղ),
- ներդրողների պաշտպանություն՝ 53-րդ տեղ (նախորդ տարի՝ 51-րդ տեղ),
- հարկերի վճարում՝ 88-րդ տեղ (նախորդ տարի՝ 88-րդ տեղ),
- միջազգային առևտուր՝ 48-րդ տեղ (նախորդ տարի՝ 48-րդ տեղ),
- պայմանագրերի կիրարկում՝ 28-րդ տեղ (նախորդ տարի՝ 35-րդ տեղ),
- ձեռնարկատիրական գործունեության դադարեցում՝ 78-րդ տեղ (նախորդ տարի 75-րդ տեղ):

Վերոնշյալ ենթացուցանիշներից Հայաստանն առաջընթաց է արձանագրել էլեկտրաէներգիայի հասանելիության (9 միավորով), վարկերի ստացման (22 միավորով), պայմանագրի կիրարկման (7 միավորով) ենթացուցանիշներում: Հետընթաց՝ շինարարություն սկսելու թույլտվության (3 միավորով), ներդրողների պաշտպանության (2 միավորով) և ձեռնարկատիրական գործունեության դադարեցման (3 միավորով) ենթահամակարգերում: Անփոփոխ են մնացել ձեռնարկատիրական գործունեություն սկսելու, սեփականության գրանցման, հարկերի վճարման, միջազգային առևտրի ենթահամակարգերը:

Տարբեր երկրների զբաղեցրած դիրքերն ու իրականացվող ներդրումային հոսքերն ուսումնասիրելիս նկատելի է, որ առաջինը երկրորդի համար բավարար, բայց պարտադիր պայման չէ: Շատ հաճախ դրսևորվում են իրար հակասող արդյունքներ: Օրինակ, 2015թ. տվյալներով վարկանշային սանդղակում Մինգապուրը զբաղեցնում է 1-ին, Հոլանդիան 27-րդ իսկ Հնդկաստանը 142-րդ տեղերը, մինչդեռ ՕՌԻՆ կազմել են համապատասխանաբար՝ 65-րդ ԱՄՆ դոլար, 90-րդ ԱՄՆ դոլար և 59-րդ ԱՄՆ դոլար: Այսինքն Հոլանդիան, լինելով բավականին հետ Մինգապուրից վարկանշային սանդղակով, ներգրավում է ավելի մեծ ծավալի ՕՌԻՆ, իսկ Հնդկաստանը լինելով վարկանշային սանդղակի վերջին հորիզոնականներում, գրեթե չի

գիշում ՕՈՒՆ ծավալով Մինգապուրին [4]: Հնդկաստան ուղղվող այս ծավալի ներդրումները պայմանավորված են մասնավորապես Հնդկաստանի էժան աշխատուժով և մեծ շուկայով, ինչը արտացոլված չէ «Doing Business» -ի գնահատման ցուցանիշներում: Նշենք, որ այստեղ ներառված չեն նաև մոնոպոլացումը և կոռուպցիան գնահատող ցուցանիշները, որոնք մեծ խաչընդոտ են մեր երկրի տնտեսության զարգացման գործում:

Եվ այսպես, Համաշխարհային Բանկի և Միջազգային ֆինանսական կորպորացիայի կողմից իրականացված վերլուծության արդյունքում Հայաստանի ձևավորած նման դիրքը, իհարկե, խոսում է մի շարք դրական տեղաշարժերի մասին, մասնավորապես՝ ձեռնարկատիրական գործունեություն սկսելու դյուրինության, սեփականության գրանցման և վարկերի ստացման առումներով: Սակայն վերջիններս ապահովում են միայն բիզնես սկսելու դյուրինությունը, մինչդեռ հարկավոր է նաև պահել այդ բիզնեսը, այսինքն՝ անհրաժեշտ են ձեռնարկատիրական գործունեության արդյունավետությունն ապահովող և չխոչընդոտող պայմաններ: Հետևաբար, կարծում ենք՝ այս վերլուծությունը չի արտացոլում երկրի գործարար միջավայրի պատկերն ամբողջությամբ: Բացի դրանից, Հայաստանում մեծ է օրենք ստեղծելու, սակայն իրական կյանքում այն չկիրառելու միտումը, մինչդեռ այս զեկույցի արդյունքները հիմնականում հիմնվում են բիզնեսի ընթացքը կարգավորող նորմատիվ ակտերի ամբողջության գնահատման, այլ ոչ՝ կիրարկման վրա:

Հետևաբար ամբողջական պատկերացում կազմելու համար հարկավոր է միաժամանակ դիտարկել տարբեր ցուցանիշներ և ռեյթինգային աղյուսակներ:

Ներկայացնում ենք The Heritage Foundation-ի և Wall Street Journal-ի կողմից հրապարակվող տնտեսական ազատության ինդեքսի արդյունքները: Սա ևս կարևորագույն ինդեքսներից է և հաշվի է առնվում ներդրողների կողմից: «Տնտեսական ազատության ինդեքս 2017» զեկույցի տվյալներով ՀՀ-ը լավացրել է իր դիրքերը՝ զբաղեցնելով 33-րդ տեղը, նախորդ տարվա 54-րդ տեղի փոխարեն 178 երկրների շարքում: Իսկ տնտեսական ազատության գնահատականը այս տարի կազմել է 70,3 միավոր նախորդ տարվա 67 միավորի փոխարեն, այսինքն՝ 3,3 միավորով աճ է գրանցվել և տնտեսապես «սահմանափակ ազատ» երկրից վերածվել տնտեսապես «հիմնականում ազատ» երկրի:

Այս ինդեքսը նույնպես ձևավորվում է տարբեր պաշտոնական աղբյուրների տվյալների հիման վրա և գնահատվում ըստ 10 գործոնների, որոնցից յուրաքանչյուրի գծով ՀՀ-ն վաստակած միավորներն են՝ [5]

- սեփականության իրավունքի պաշտպանություն՝ 55.5 միավոր (նախորդ երկու տարիների 20-ական միավորի համեմատ գրանցվել է 35.5 միավոր աճ),
- դատական արդյունավետություն՝ 42.5 (այս գործոնը գնահատվում է 2017թ.-ից),
- կոռուպցիայից ազատություն՝ 43.4 միավոր (նախորդ տարվա 37-ի փոխարեն),
- հարկաբյուջետային ազատություն՝ 83.7 միավոր (նախորդ տարվա 83.8-ի փոխարեն): Հարկաբյուջետային ազատությունը չափում է գործարարության հարկային բեռը: Որքան մեծ է ՀՆԱ-ում հարկային բեռի տեսակարար կշիռը (կազմել է 23,5%), այնքան հարկաբյուջետային ազատության ցուցանիշը ցածր է,
- կառավարության ծախսումներ՝ 81.7 միավոր (նախորդ տարվա 80.7-ի փոխարեն): Որքան մեծ է կառավարության ծախսումների տեսակարար կշիռը ՀՆԱ-ում (կազմել է 24,7%), այնքան ցածր է երկրի դիրքը այս գործոնի գծով,
- ֆիզիկական առողջություն՝ 82.9 միավոր (այս գործոնը հաշվարկվում է 2017թ.-ից),
- գործարարության ազատություն՝ 78,5 միավոր (նախորդ տարվա 77.5-ի փոխարեն): Heritage-ի փորձագետները այս գործոնի ցուցանիշները վերցրել են Համաշխարհային Բանկի՝ «Գործարարությամբ զբաղվելու դյուրինությունը» զեկույցից,
- աշխատանքի ազատությունը՝ 72.4 միավոր (նախորդ տարվա 62,2-ի փոխարեն): Այս գործոնի գնահատման ցուցանիշները նույնպես վերցվել են Համաշխարհային Բանկի՝ «Գործարարությամբ զբաղվելու դյուրինությունը» զեկույցից,
- դրամավարկային ազատություն՝ 72,8 միավոր (մնացել է անփոփոխ),
- առևտրի ազատություն՝ 80.2 միավոր (նախորդ տարվա 85,6-ի փոխարեն),
- ներդրումների ազատություն՝ 80 միավոր (մնացել է անփոփոխ),
- ֆինանսական ազատությունը՝ 70,0 միավոր (2006թ.-ից անփոփոխ է): Ըստ Heritage-ի փորձագետների՝ «Պետությունը այլևս բաժնեմաս չունի որևէ բանկում, սակայն բանկային հատվածը, որին պատկանում է ֆինանսական հատվածի ընդհանուր ակտիվների ավելի քան 90%-ը, դեռևս պայքարում է աղեկվատ երկարաժամկետ վարկեր տրամադրելու համար [6]:

Նշենք, որ 80% և ավելի ինդեքս ունեցող երկրները համարվում են տնտեսապես «ազատ», 70...79.9%՝ «հիմնականում ազատ», 60.0...69.9%՝ «չափավոր ազատ», 50.0...59.9%՝ «հիմնականում ոչ ազատ», 50%-ից ցածր՝ «ձնշված» երկրներ: 2017թ. տնտեսական ազատության ինդեքսի գնահատման համար հիմք են

ընդունվել 2015թ. հուլիսի 1-ից մինչև 2016թ. հունիսի 30-ը ընկած ժամանակահատվածի տնտեսական ցուցանիշները, այսինքն՝ ինդեքսն արտահայտում է առավելապես այդ ժամանակաշրջանի իրավիճակը:

Եվ այսպես, ըստ «Տնտեսական ազատության ինդեքս 2017»-ի մեր երկիրը տնտեսապես «հիմնականում ազատ» երկիր է, և ամենացածր գնահատականները դրսևորված են 2 գործոններում՝ «սեփականության իրավունքի պաշտպանություն» (55.5 միավոր), «դատական արդյունավետություն» (42.5 միավոր) և «կոռուպցիայից ազատություն» (43.4 միավոր): Մնացած գործոնների գծով նվազագույն շեմը 70 միավորն է: Համաձայն Heritage-ի փորձագետների՝ «ՀՀ-ում դատական համակարգն այնքան անարդյունավետ է և կոռուպացված, որ արտադատարանական լուծումներն ու արբիտրաժը տարածված բնույթ է կրում: Սեփականության իրավունքը դժվարությամբ է պաշտպանվում: Դատական համակարգում կոռուպցիան, ինչպես նաև բռնագրավման դեպքերը տարածված են» [7]: Heritage-ի կայքում նշվում է նաև, որ դատական իշխանությունը չունի անկախություն և թափանցիկություն: Պայմանագրերի, սեփականության իրավունքի կամ առևտրային հարցերի հետ կապված բոլոր վեճերը լուծվում են ընդհանուր իրավասության դատարաններում, որոնք կարգավորում են ինչպես քաղաքացիական, այնպես էլ քրեական գործեր, ինչի հետևանքով լուծումները անընդմեջ հետաձգվում են [8]:

«Կոռուպցիայից ազատություն» գործոնի վերաբերյալ The Heritage-ի փորձագետները նշում են, որ «Հայաստանում Ռուսաստանի հետ միավորվելու և Հայաստանի տնտեսության ու տարածաշրջանային անվտանգության տեսանկյունից Ռուսաստանի ազդեցությունը մեծանալու արդյունքում համատարած կոռուպցիան խորացել է: Կաշառակերությունն ու խնամի-դրացիական հարաբերությունները տարածված են կառավարական պաշտոնյաների շրջանում, որոնք հազվադեպ են քրեորեն հետապնդվում կամ հեռացվում պաշտոնից իրենց պաշտոնական դիրքը չարաշահելու համար: Դատական համակարգը տառապում է անկախության և թափանցիկության պակասից: Ոստիկանության հակաիրավական վարքագիծը դժվարացնում է օրենքի կիրարկումը» [9]:

Այս գեկույցով ևս գալիս ենք այն եզրակացության, որ ՀՀ-ում հարմար պայմաններ ստեղծված են բիզնես սկսելու, բայց ոչ շարունակելու համար, ինչին խոչընդոտում են կոռուպցիայի բարձր մակարդակը, սեփականության իրավունքի թույլ պաշտպանվածությունը, մոնոպոլացման բարձր աստիճանն ու տնտեսական շրջափակումը:

Ի վերջո, ներկայացնենք ևս մեկ կարևոր գեկույցի արդյունքները, այն է՝ «Համաշխարհային մրցունակության գեկույց 2016-2017»-ը: Համաձայն այս գեկույցի Հայաստանն իր մրցունակությամբ 79-րդն է 138 երկրների շարքում: 2015-2016 և 2014-2015 գեկույցների արդյունքներով Հայաստանը գրավել է համապատասխանաբար 82-րդ տեղը 140 երկրների շարքում և 85-րդ տեղը 144 երկրների շարքում: Այսինքն վերջին 3 տարիների ընթացքում արձանագրվել է 3 դիրքով աճ: Ստորև ներկայացնենք Հայաստանի դիրքի փոփոխություններն ըստ հենապյունների՝ [10]

Աղյուսակ 3

Համաշխարհային մրցունակության գեկույց 2016-2017թթ.

Հենապյուններ	2016-2017 (տեղ)	2015-2016 (տեղ)	2014-2015 (տեղ)	Փոփոխությունը 2015-2016թթ.
	138 երկրների շարքում	140 երկրների շարքում	144 երկրների շարքում	
Ինստիտուտներ	66	76	72	↑10
Ենթակառուցվածքներ	82	82	78	0
Մակրոտնտեսական միջավայր	88	72	77	↓16
Առողջապահություն և տարրական կրթություն	93	95	99	↑2
Բարձրագույն կրթություն և վերապատրաստում	71	72	75	↑1
Ապրանքների շուկայի արդյունավետություն	45	50	64	↑5
Աշխատուժի շուկայի արդյունավետություն	55	58	74	↑3
Ֆինանսական շուկայի գարգացվածություն	90	94	97	↑4
Տեխնոլոգիական պատրաստվածություն	71	75	71	↑4
Շուկայի չափ	120	116	118	↓4
Գործարարության կատարելագործվածություն	81	97	93	↑16
Նորարարություն	87	107	104	↑20

Ինչպես նկատում ենք, այս գեկույցի տվյալներով Հայաստանը բավականին հետ է բոլոր գործոնների գծով: Աճ է արձանագրվել բոլոր հենապյուններում, բացառությամբ «մակրոտնտեսական միջավայրի», «շուկայի չափի» և

«ենթակառուցվածքների», որոնք մնացել են անփութի: «Շուկայի չափը», որը մեզ ամենահուզող ենթայայտներից մեկն է, (կաթնամթերքի շուկան իր հիմնական արտադրատեսակներով սպառվում է երկրի ներսում), զբաղեցնում է ամենավատ դիրքը (120): «Ենթակառուցվածքներում», որը նույնպես խոցելի է մեզ համար, աճ չի արձանագրվել, ինչն արդեն վատ է: Ներդրումային միջավայրի գնահատման բոլոր վերոնշյալ արդյունքները ձևավորվել են հիմնականում իրավական ակտերի և օրենսդրական դաշտի հիման վրա, ինչի արդյունքում կարելի է պատկերացում կազմել երկրի իրավական դաշտում առկա բացթողումների և թերացումների վերաբերյալ: Սա մեզ հնարավորություն կտա շարունակական վերլուծությունն իրականացնել զեկույցների արդյունքներից բխող ավելի խոցելի ոլորտներում, որտեղ առկա են ձեռնարկատիրական գործունեության վրա ազդող ռիսկաձին գործոններ:

Ինչպես համոզվեցինք, բիզնես սկսելու տեսանկյունից Հայաստանում ստեղծված են բարենպաստ պայմաններ: Ուրիշ հարց է՝ ներդնելը որքանով է արդարացված: Ինչպես գիտենք ներդրումները որպես կանոն ուղղվում են տնտեսական և քաղաքական կայունություն ունեցող երկրներ, որտեղ օրենքներն իրոք գործում են և հաճախ չեն փոխվում, որտեղ կոռուպցիան ցածր մակարդակի վրա է գտնվում, մեծ է ներքին շուկան և որտեղ զարգացած են արտահանման հնարավորությունները: Ըստ էության Հայաստանը չի բավարարում այս պահանջներից ոչ մեկին: Ավելին, սրան գումարվում է մոնոպոլացման բարձր մակարդակը, ֆինանսական շուկայի անկատարությունն ու սպառողական գնողունակության ցածր մակարդակը:

Այս անկատար խնդիրներում հարկավոր է ուշադրությունը կենտրոնացնել մասնավորապես նրանց շուրջ, որոնք պետությունը ի գործ է կարգավորել օրենսդրական որոշակի փոփոխությունների և ճիշտ ռազմավարությունների միջոցով, և ժամանակավորապես բաց թողնել նրանք, որոնք առավելապես կախված չեն պետության ներքին իրավիճակներից: Օրինակ, տնտեսական անկայունությանը, որը կապված է մակրոտնտեսական միջավայրի հետ, արդյունք է Ռուսաստանի տնտեսության հետ ինտեգրվածության, որի հետևանքով անընդհատ տատանվում են այնպիսի մակրոտնտեսական ցուցանիշներ, ինչպիսիք են փոխանակային կուրսը, օտարերկրյա ուղղակի ներդրումները, տրանսֆերտները, արտահանման մակարդակը և այլն: Հետևաբար այս խնդիրներն ու ցուցանիշները կկարգավորվեն Ռուսաստանի տնտեսության կարգավորմամբ, ինչի վրա մեր երկիրը ազդեցություն չունի:

Գրականություն

1. Ազգային վիճակագրական տեղեկագիր 2009թ., 2012թ., 2016թ., National Statistics Office of Georgia 2010, 2013, 2017.
2. Doing business 2010,2011,2012,2013, 2014, 2015, 2016, 2017\Armenia. The international Bank for Reconstruction and Development\The World Bank.
3. A World Bank Group Flagship Report, Doing business 2017 (Armenia)
4. <http://www.vestifinance.ru>, Топ-10 стран по объему иностранных инвестиций.
5. <http://www.heritage.org/index/country/armenia>
6. Promoting Economic Opportunity & Prosperity: The 2015 Index of Economic Freedom/Heritage Foundation & The Wall Street Journal, page 98.
7. Promoting Economic Opportunity & Prosperity: The 2016 Index of Economic Freedom/Heritage Foundation & The Wall Street Journal, page 468.
8. <http://www.heritage.org/index/country/armenia>
9. Promoting Economic Opportunity & Prosperity: The 2016 Index of Economic Freedom/Heritage Foundation & The Wall Street Journal, page 98.
10. The Global Competitiveness Report 2016-2017.

28.09.2017.

М.Т. Мхитарян

АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОЛЯ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ РЯДОМ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

В стране главным условием начинания и введения успешной предпринимательской деятельности являются инвестиционное поле, привлекательность и максимально низкий уровень рисков в ней. Исследование инвестиционной среды РА проводилось рядом международных организаций, результатом чего являются доклад “Doing business”, индекс экономической свободы, опубликованный The Heritage Foundation и Wall Street Journal, и “Доклад глобальной конкурентоспособности”.

Ключевые слова: инвестиционный климат, иностранные прямые инвестиции, конкуренция, налоговая стабильность, финансовый рынок, коррупция.

M.T. Mkhitarian

THE INVESTMENT FIELD ANALYSIS OF THE REPUBLIC OF ARMENIA BY INTERNATIONAL ORGANIZATIONS

The main prerequisite for starting and running a successful entrepreneurial activity in the country is the investment climate, attraction and the lowest possible risk in it. The study of investment environment was conducted by a number of international organizations, the results of which are the “Doing Business” report, the freedom index published by the Heritage Foundation and the Wall Street Journal and the “Global Competitiveness Report”.

Keywords: investment climate, foreign direct investments, competition, tax stability, financial market, corruption.

Մխիթարյան Մարինա Թորոսի - հայցորդ (ՀՊՏՀ)

ՀՏԴ 005.585:65.015.3

ԷԿՈՆՈՄԻԿԱ ԵՎ ԿԱՌԱՎԱՐՈՒՄ

Հ.Ա. Մանուկյան

ԱՐՏԱԴՐԱԿԱՆ ԼՈԳԻՍՏԻԿԱՅԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԵՎ MMOG/LE ՄԵԹՈԴԸ

Քննարկվում են արտադրական լոգիստիկայի արդյունավետությունը և դրա գնահատման MMOG/LE մեթոդը, փոխադարձ կապը լոգիստիկ շղթայի կառավարման ISO/TS16949 ստանդարտի և MMOG/LE մեթոդի փոխկապվածությունը, մեթոդի լայն կիրառումը Արևմուտքում և Եվրոպայում և դրա կիրառման հնարավորությունները ՀՀ-ում:

Առանցքային բառեր. արտադրական լոգիստիկա, արդյունավետության գնահատում, MMOG/LE.

Ներածություն. Մեծ Բրիտանիայում կատարված հետազոտությունները ցույց են տվել, որ վերջնական սպառողին հասած ապրանքների արժեքի մոտ 70 տոկոսը կազմում են տեղափոխման, պահեստավորման, փաթեթավորման և այլ գործողությունների վրա արված ծախսերը, որոնք պատասխանատու են նյութական հոսքերի համար [1]:

Լոգիստիկ ծախսերի մեծ մասնաբաժնը ընդհանուր ծախսերի մեջ բացատրում է արտադրողների մեծ հետաքրքրությունը նրա հանդեպ և ցույց է տալիս լոգիստիկայի արդյունավետության բարձրացման մեծ նշանակությունը: Հենց այս խնդրի լուծման և արդյունավետության բարձրացման նպատակով Ավտոմոբիլաշինության ոլորտի գործողության խումբը (The Automotive Industry Action Group (AIAG)), Հյուսիսամերիկյան ավտոմոբիլային ստանդարտների ասոցիացիան (North American automotive standards association) և նրա եվրոպական գործընկեր Odette-ը, 2002 թվականից սկսած, մշակել և մշակում են MMOG/LE (Materials Management Operations Guideline/ Logistics Evaluation) հայեցակարգը [2]:

Ներկայիս համաշխարհային աճող արդյունաբերությունը կախված է նյութական հոսքի կատարման մակարդակից ամբողջ լոգիստիկ շղթայի երկայնքով: Աշխարհի առաջատար սարքավորումներ արտադրողները (original equipment manufacturers (OEMs)) համախմբվել են վտիտ արտադրության մոտեցումների շուրջ, որոնք ասում են, որ ամեն մատակարար (արտադրող մատակարար կամ փոխադրող) պետք է մատակարարի ճիշտ ապրանք ճիշտ տեղ և ճիշտ ժամանակին: Ներկայիս արտադրողների համար դա նշանակում է, որ առաքման և մատակարարման կատարումը պետք է գերակա լինի և համապատասխանի այն ստանդարտներին, որոնք ընդունված են արտադրության բոլոր ոլորտների համար, ինչպես նաև արտադրողները պետք է փորձեն հավասարակշռել արտադրությունը պահանջարկի հետ:

MMOG/LE մեթոդի նկարագրությունը. Արդի մենեջմենթում մեծ ուշադրություն է դարձվում որակի կառավարմանը: Այդ են վկայում բազում ստանդարտների ստեղծումը և ներդրումը: Թերևս դրանցից ամենատարածվածը և որակի բարձր ցուցանիշ հանդիսացող ստանդարտը ISO9001-ն է և նրա մաս կազմող այլ ստանդարտները:

Ավտոմոբիլաշինության և ավտոմոբիլաշինությանը սպասարկող բնագավառներում մեծ ուշադրության է արժանանում ISO9001 ստանդարտի մաս կազմող ISO/TS16949 ստանդարտը, որը որակի ցուցանիշներ է սահմանում բուն գործառնական գործունեության և լոգիստիկ շղթայի համար:

ISO/TS16949-ը մշակվել է 2002 թվականին ISO ընկերության և Ճապոնիայի ավտոարտադրողների միության կողմից և վերջին անգամ թարմացվել՝ 2009 թվականին: ISO/TS16949-ի ստեղծման նպատակը որակի կառավարման նկատմամբ որոշակի պահանջների սահմանումն է՝ երեք ուղղությամբ.

- մշտական կատարելագործում,
- սխալների, խոտանի և արատների վերացում,
- Տատանումների և կորուստների կրճատումը լոգիստիկ շղթայում:

Այս նպատակները բխում են ISO9001:2008 ստանդարտի մոտեցումներից, որոնք ուղղված են ամբողջ ձեռնարկության կառավարմանը:

ISO/TS16949-ը նաև նախնական այնպիսի պահանջների խումբ է, որոնց բավարարումից հետո ձեռնարկությունը իրավունք ունի դիմել ISO9001-ի համար [3]:

Այլ կերպ ասած՝ ISO/TS16949-ը լոգիստիկ շղթայի որակն է, իսկ MMOG/LE-ն լոգիստիկ շղթայի գնահատումն է և արդյունավետությունը: Իսկ ի՞նչ է MMOG/LE-ը:

MMOG/LE-ն լոգիստիկ շղթայի ինքնագնահատման բազմակողմանի համակարգ է, որը պահանջարկված է շատ արտադրողների կողմից: Գրեթե ամբողջ ավտոմոբիլային ինդուստրիան օգտագործում է MMOG/LE-ն՝ մատակարարման շղթայում՝ արտադրությունը, մատուցված ծառայությունները և պահեստավորման գործընթացները գնահատելու համար: Գնահատումը նաև օգնում է կազմակերպություններին.

- սահմանել ներքին գործընթացների հուսալիության չափանիշները (ներքին են այն գործընթացները, որոնք ամբողջությամբ կառավարվում են կազմակերպության կողմից, օրինակ պահեստավորումը, փոխադրումը մի արտադրամասից մյուսը և այլն),
- առանձնացնել մատակարարման շղթայի ելակետային գործառույթները (Banchmarking, эталонный тест),
- հետևել հաճախորդների գոհունակության բավարարմանը,
- հստակեցնել տեղեկատվության հոսքը մատակարարման ամբողջ շղթայում [2]:

Համաշխարհային կազմակերպությունները, ինչպիսիք են Ford-ը, General Motors-ը, Chrysler-ը, Volvo Car-ը, Volvo Truck-ը, Jaguar/Land Rover-ը, Renault-ը և PSA-ը, BOSCH-ը արդեն ներդրել են այս համակարգը և, սկսած 2002 թվականից, աջակցում են նրա զարգացմանը և կատարելագործմանը:

2014 թվականին ստեղծվեց MMOG/LE համակարգի 4րդ տարբերակը, որն ունի 2 տարբերակ՝ Բազային, նախատեսված փոքր արտադրությունների համար և ամբողջական, նախատեսված մեծ ընկերությունների համար:

MMOG/LE գնահատման համակարգը ներառում է.

- ամբողջական կամ Բազային գնահատման MS Excel աշխատանքային աղյուսակ, որն արդեն պատրաստ է կիրառման և համապատասխան տվյալները լրացնելուց հետո տալիս է արդյունավետության գնահատականները ինչպես նաև կազմում գրաֆիկներ,
- վեց գլուխ, որոնք ներկայացնում են մատակարարման շղթան.
գլուխ 1. ռազմավարություն և բարելավումներ,
գլուխ 2. աշխատանքի կազմակերպում,
գլուխ 3. կարողություններ և արտադրական պլանավորում,
գլուխ 4. հաճախորդների ինտերֆեյս,
գլուխ 5. արտադրություն և ապրանքի վերահսկում,
գլուխ 6. մատակարարի ինտերֆեյս:
- gap (բացթողումների) վերլուծության թերթիկ (MS Excel sheet) գործողությունների պլան կազմելու համար,
- չափանիշները գնահատելու՝ կազմակերպության մատակարարման շղթայի գործընթացները և կարողությունները (Բազային 106 Ամբողջական 197 չափանիշ),
- ավտոմատացված միավորների հավաքման և դասակարգման համակարգ՝ A,B և C տարակարգերով ամբողջական գնահատման համար և ZA, ZB և ZC բազայինի,
- ինտեգրված գործիքների բացթողումների վերլուծության, զարգացման պլաններին և գործընթացներին հետևելու համար,
- դիագրամներ՝ գրաֆիկորեն ամփոփելու գնահատման արդյունքները,
- ընդհանուր տեղեկություններ և առաջարկություններ MMOG / LE-ն օգտագործելու վերաբերյալ [4]:

MMOG / LE-ի դասերը

- A Դաս (կամ լավագույն փորձ). Կազմակերպությունը համապատասխանում է բոլոր հիմնական չափանիշներին և ունի լոգիստիկ շղթայի կառավարման մեծ փորձ: Տարեկան գնահատումներն իրականացվում են կայունության ապահովման և տեղեկատվության հավաքագրման նպատակով: Շարունակական զարգացումը ապահովելու համար զարգացման պլանը դիտարկվում է մնացած չափանիշների ապահովման տեսանկյունից:
- B դաս (կամ անկայուն, կամ անհետևողական գործընթացներ): Չնայած մատակարարման շղթայի հիմնական դրույթները կատարված են՝ կազմակերպության գործունեությունը անարդյունավետ է որոշ ոլորտներում, որը և կարող է բացասաբար ազդել հաճախորդների

պահանջմունքների բավարարման վրա: Թերությունների շտկման նպատակով գործողությունների պլանը պետք է զարգացնել և իրականացնել ճիշտ ժամկետներում, որպեսզի բավարարեն բիզնեսի և հաճախորդների պահանջները:

- C դաս (կամ թերի առանցքային ոլորտներում): Կազմակերպությունը թերի է մատակարարման շղթայի մեկ կամ մի քանի առանցքային օղակներում: Այս իրավիճակը ստեղծում է հաճախորդների կորստի մեծ ռիսկ, ցույց է տալիս արդյունավետության և կառավարման պակասը լոգիստիկ շղթայի մշտական պրոցեսներում: Այս փուլում կառավարման խմբի անդամների նպատակն է կազմել առաջնահերթ գործողությունների պլան և ժամանակին կատարել դրանք, ինչպես նաև խուսափել հաճախորդների հետ լուրջ և տևական հարցերից [5]:

MMOG/LE-ի կիրառումը. MMOG / LE-ն նպատակաուղղված է լոգիստիկ շղթայի հիմնական հարցերին, ներառյալ հաճախորդների պահանջները, պաշարների կառավարումը, առաջարկի կառավարումը, ռեսուրսների բաշխումը, աշխատակիցների կարողությունները և այլն: Այն օգնում է կազմակերպություններին այս հարցերում, ինչպես նաև՝ ձեր բիզնեսի այն հատվածին, որտեղ ավտոմատացումը կարող է շոշափելի ազդեցություն ունենալ:

Հանդիպելով շատ դժվարությունների՝ MMOG / LE- մոդելը վերածվել է մատակարարման շղթայում կատարվող գործընթացների գնահատման «ստանդարտի» ավտոմոբիլաշինության և դրան հարակից ոլորտներում: Այն լայնորեն կիրառվում է ներքին գնահատման և մատակարարման շղթայի զարգացման համար:

Ինչպես արդեն նշվեց, MMOG/LE-ն մշակվել է Ավտոմոբիլաշինության ոլորտի գործողության խմբի (The Automotive Industry Action Group (AIAG)), Հյուսիսամերիկյան ավտոմոբիլային ստանդարտների ասոցիացիայի (North American automotive standards association) և նրա եվրոպական գործընկեր Odette-ի կողմից 2002 թվականին և հանդիսանում է այդ ընկերությունների ինտելեկտուալ սեփականությունը: 2002 թվականից առ այսօր գնահատման համակարգը ներդրել են General Motors-ը, Ford-ը, Volvo-ն, Volkswagen-ը, Renault-ը, PSA Peugeot-ը, Chrysler-ը, Bosch-ը, Jonson Controls-ը, Continental-ը, Lear Corporation-ը, Gates-ը և այլ ընկերություններ:

Այս համակարգը կիրառելու համար անհրաժեշտ է մասնակցել Odette-ի կազմակերպած դասընթացներին, որոնք նախատեսված են կազմակերպության մատակարարման շղթայի աշխատակիցների և լոգիստիկ համար: Այդ դասընթացներում քննարկվում են վերը նշված վեց թեման, ինչպես նաև՝ MMOG/LE-ից օգտվելու եղանակը: Մասնագետի վերապատրաստումից հետո ընկերությունը ձեռք է բերում MMOG/LE MS Excel գնահատման գործիքը, որից հետո կազմակերպությունը կարող է ինքնուրույն գնահատել սեփական լոգիստիկ համակարգի արդյունավետությունն այս մեթոդով [6]:

Չնայած՝ այս մոտեցումը լայն տարածում է գտել ԱՄՆ-ում և Արևմտյան Եվրոպայում, այն լիարժեք չի կիրառվում Արևելքում և Հայաստանում:

Եզրակացություն և առաջարկություններ. MMOG/LE-ն լոգիստիկ համակարգի գնահատման առաջատար եղանակներից մեկն է, մանավանդ ավտոարտադրության և հարակից ոլորտներում: Այս է վկայում այն հանգամանքը, որ MMOG/LE-ն օգտագործվում է ոլորտում առաջատար ընկերությունների կողմից:

Համակարգի լայն տարածումը առիթ է տալիս մտածելու նրա ներդրման մասին նաև այլ ոլորտներում, ինչպես նաև հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ այս մոտեցումը թույլ է տալիս կազմակերպություններին ինքնուրույն գնահատել իրենց լոգիստիկ համակարգի արդյունավետությունը, և, հաշվի առնելով, որ Հայաստանում լոգիստիկ գնահատումը զարգացած չէ, այս համակարգի կիրառումը և օգտագործումը Հայաստանում շատ ավելի շահավետ է դառնում:

Բացի MMOG/LE համակարգից, Odette-ը ներկայացնում է լոգիստիկ համակարգի զարգացմանն ուղղված այլ ձեռնարկներ, կուրսեր և մոտեցումներ, որոնք կիրառվում են ամբողջ աշխարհում և թարգմանված են ավելի քան 11 լեզուներով:

Հավելյալ առավելություն է նաև գնահատման Excel գործիքը որն ավտոմատացնում և հեշտացնում է գնահատման գործընթացը՝ օգնելով լոգիստիկ շղթայի առավել ամբողջական գնահատմանը:

MMOG/LE համակարգի թերություններից թերևս կարելի է համարել այն հանգամանքը, որ այն նախատեսված է միայն գնահատման, և ոչ թե լոգիստիկ շղթայի կառավարման համար: Նման պարագայում այն կլուծեր նաև ինֆորմացիայի հավաքագրման խնդիրը, ինչը կբարձրացնի

գնահատման ճշտությունը, ինչպես նաև ինֆորմացիայի փոխանցման և լոգիստիկ համակարգի կառավարման գործընթացը:

Ուշադրության արժանի հանգամանք է նաև այն, որ համակարգը ամբողջությամբ զարգացվում է ամերիկյան և եվրոպական ընկերությունների կողմից, և դրան չեն մասնակցում ճապոնական ընկերությունները:

Հաշվի առնելով Հայաստանում արտադրության և լոգիստիկ միջավայրի վիճակը՝ լոգիստիկայի արդյունավետության գնահատումը մեծ կարևորություն է ստանում, այս առումով ММОG/LE համակարգը շատ հարմար է այդ առաքելությունն իրականացնելու համար:

Գրականություն

1. **Гаджинский А.М.** Логистика: Учебник.- М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. — 484 с.
2. **QAD INC.** ММОG/LE OVERVIEW-2014.
3. **TECHNICAL SPECIFICATION ISO/TS16949.** Second edition 2002-03-01 p. viii-xii
4. www.aiag.org/expertise/supply-chain-management
5. **GM Fred Roldan.** South America Supply Chain Director 05-2014 Supplier Overview
6. www.odette.org/services/mmog

16.05.2017.

А.А. Манукян

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЛОГИСТИКИ И МЕТОД ММОG / LE

Рассматривается эффективность промышленной логистики и дается ее оценка методом ММОG/LE. Обсуждаются вопросы взаимосвязи стандарта управления логистической цепью ISO / TS16949 и метода ММОG/LE, широкого применения метода на Западе и в Европе и возможности применения в РА.

Ключевые слова: промышленная логистика, оценка эффективности, метод ММОG/LE.

H.A. Manukyan

EVALUATION OF EFFICIENCY OF PRODUCTION LOGISTICS AND ММОG / LE METHOD

The efficiency of production logistics and its evaluation method, which is called ММОG/LE, are discussed. There are discussed the questions of relationship between ISO/TS16949, which is an ISO standard for supply chain management, and ММОG/LE method, use of ММОG/LE in West and Europe and opportunities of its application in RA.

Keywords: production logistics, evaluation of efficiency, ММОG/LE method.

Մանուկյան Հայկ Ավետիկի - ՄՄՏՀ և Դ ինստիտուտ, Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան

Ն.Դ. Մարգարյան

ՄԱՔՍԻՄԱԼ ԷՆՏՐՈՊԻԱՅԻ ԽՆԴՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ԱԼԳՈՐԻԹՄԱԿԱՆ ՄՈՏԵՑՈՒՄ

Ներկայացվում են մաքսիմալ էնտրոպիայի մեթոդի գործնական կիրառությունը ծրագրավորման միջոցով, նաև հնարավոր հաշվարկային խնդիրները և դրանց լուծման մեթոդները: Մինչ այժմ հայտնի էին միայն տեսական արդյունքներ և մի քանի գործնական օրինակներ [1],[2], մեր նպատակն է նախ աշխատեցնել դասական մոդելը, այնուհետև փորձել լավարկել այն՝ օգտագործելով այլ մեթոդներ: Կազմվել է ծրագիր, որն առանց մարդկային միջամտության ամեն քայլին կորոշի, թե որ մեթոդի կիրառությունն է ավելի օպտիմալ և կհասնի լուծմանը: Հաշվարկները կատարվել են MatLab-ի միջոցով:

Առանցքային բառեր. մաքսիմալ էնտրոպիա, բաշխում, ալգորիթմ, Հեսսի մատրից, գրադիենտ, MatLab:

Ինչպես հայտնի է [1,2], Լագրանժյան պարամետրերը գտնելու համար անհրաժեշտ է գտնել հետևյալ ֆունկցիայի մինիմումի կետը.

$$W = -\sum_{i=1}^n p_i^m * \ln\left(\frac{p_i}{p_i^m}\right) = -S(p^m) + \lambda_0 + \sum_{k=1}^m \lambda_k * b_k:$$

Դա անելու համար կիրառվում է Նյուտոնի երկրորդ կարգի մոտարկման մեթոդը: Նկատենք, որ նպատակային ֆունկցիան խիստ ուռուցիկ է դեպի ներքև: Դա տեսնելու համար բավարար է դիտարկել Հեսսի մատրիցը՝

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 W}{\partial \lambda_k \partial \lambda_s} &= -\frac{\partial b'_k}{\partial \lambda_s} = -\frac{\partial b'_s}{\partial \lambda_k} = \sum_{i=1}^n p_i * (A_{ki} - b'_k) * (A_{si} - b'_s) = \\ &= < (b_k - b'_k)(b_s - b'_s) >: \end{aligned}$$

Հեշտ է ստուգել, որ այս նշանակումը բավարարում է սկալյար արտադրյալի 3 արքիմոներին, և հետևաբար այն օգտագործելն օրինական է: Նշանակենք H -ով Հեսսի մատրիցը՝

$$H_{ks} = \frac{\partial^2 W}{\partial \lambda_k \partial \lambda_s} = < (b_k - b'_k), (b_s - b'_s) >:$$

Այն ակնհայտորեն դրական որոշված է, հետևաբար նպատակային ֆունկցիան ունի միակ մինիմումի կետ: Հիմա քննարկենք, թե ինչպես գտնել էքստրեմումի կետը: Նշանակենք նպատակային ֆունկցիան $f(x)$: Վերլուծենք այն ըստ Թեյլորի՝

$$f(x) = f(x_0) + (x - x_0)^T * f'(x_0) + (x - x_0)^T * H(x_0) * (x - x_0):$$

Հետևաբար՝ մինիմումի կետի նվազման ուղղությունը ունի հետևյալ տեսքը՝

$$d = -H'(x_0) * f'(x_0):$$

Գործնականում հակադարձ մատրիցը հաշվարկելու փոխարեն կարելի այն, օրինակ, ենթարկել տարրալուծման և լուծել հավասարումների համակարգը d -ի նկատմամբ: Այս պարագայում հարմար է օգտագործել Խոլեցկու մեթոդը, որը կամայական դրական որոշված A մատրից ներկայացնում է հետևյալ կերպ՝

$$A = L * L^T,$$

որտեղ L -ը ստորին անկյունագծային մատրից է: Հետևաբար, կամայական $A * x = b$ տիպի հավասարումը կարելի է լուծել երկու փուլով՝

$$L * y = b,$$

$$L^T * x = y;$$

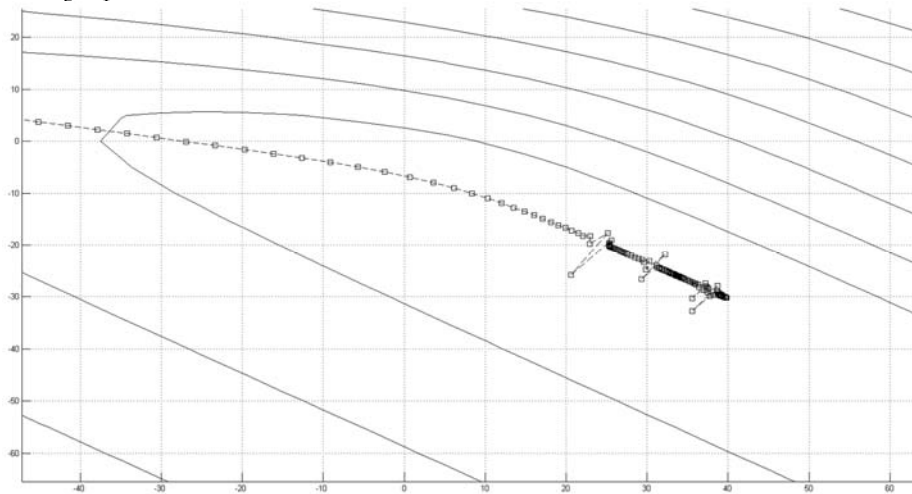
Խնդրի այսպիսի շրջանցումը հատկապես կարևոր է, եթե ակնկալվում են հաշվիչ սարքի կողմից կլորացումներ, որոնք կարող են բերել անցանկալի հետևանքների:

Եթե Հեսսի մատրիցը լինի սինգուլյարին մոտիկ, ապա կառաջանան խնդիրներ: Այս պարագայում կարելի է Նյուտոնի մեթոդի փոխարեն իջնել գրադիենտի ուղղությամբ, սակայն այստեղ կան հաշվարկային նրբություններ: Նախ՝ ամեն քայլում պետք է համոզվել, որ իրականում իջնում ենք, այլ ոչ՝ բարձրանում: Դա կարելի է անել գրադիենտի հակադարձ ուղղությամբ արգումենտներին չնչին աճ տալով և տեսնելով՝ արդյոք ֆունկցիայի արժեքը նվազում է: Եթե տեղի ունի հակառակը, ապա պետք է ընտրել նոր նախնական կետ: Դա անելու համար n -չափանի տարածությունում 2^n ուղղություններով կարելի է կրկին չնչին աճեր տալ և գտնելով այն ուղղությունը, որով ֆունկցիան նվազում է, որպես նոր կետ վերցնել այն, որը գտնվում է այդ ուղղության վրա և կրկին կիրառել ալգորիթը: Օրինակ, 2-չափանի տարածության դեպքում հարմար է դիտարկել հետևյալ 2^2 ուղղությունները՝ $[1,1]$, $[1,-1]$, $[-1,1]$, $[-1,-1]$:

Ընդհանուր դեպքում յուրաքանչյուր քայլում կետի ընտրությունը կատարվում է հետևյալ կերպ՝

$$x_{k+1} = x_k - \gamma * f'(x_k),$$

որտեղ γ -ն քայլի չափն է: Չնայած մեթոդն աշխատում է, իտերացիաների տեսանկյունից այն ամենաօպտիմալը չէ, քանի որ կարող են հանդես գալ բազմաթիվ տատանումներ օպտիմալ ուղղության շրջանակում: Դա կարող է նաև առաջանալ քայլի շատ մեծ լինելուց: Տատանումների այդպիսի օրինակ կարելի է տեսնել նկ. -ում:



Նկ. Իտերացիաների շեղումները

Լուծումը փնտրելուց առաջ անհրաժեշտ է համոզվել, որ այն գոյություն ունի: Ծրագրային տեսանկյունից կարելի է ներմուծել մի քանի կատարումներով օպցիոնների գները, ակտիվի ներկա գինը և տարբեր գնային միջակայքերի համար ստուգել՝ արդյոք գծային հավասարումների համակարգը լուծելի է: Հաջողության դեպքում կընտրենք որևէ գնային վեկտոր և կանցնենք մինիմիզացիայի խնդրին:

```
%% Core
clearvars -except price res sp b;
Pr = price(res(10,1),1:res(10,2));
K = sp';
m = size(K,2);
n = size(Pr, 2);
for i = 1:m
    for j=1:n
        A(i,j) = max((Pr(1,j)-K(1,i)),0);
    end
end
iter = 0;
lambda = zeros(1,m);
sw = 0;
lambda0 = 0;
direction = zeros(1,m);
```

```

grad = zeros(1,m);
D = direc(m);
g = [1;5;10;15;25;50;60;75;100;150;200;250;500];
sg = [0.001;0.01;0.1];
p = zeros(1,n);
W = 100;
H = zeros(m,m);
%% Gramm Shmidt
A = A';
[m,n] = size(A);
Q = zeros(m,n);
R = zeros(n,n);
for j = 1:n
    v = A(:,j);
    for i = 1:j-1;
        R(i,j) = Q(:,i)' * A(:,j);
        v = v - R(i,j) * Q(:,i);
    end
    R(j,j) = norm(v);
    Q(:,j) = v / R(j,j);
end
Q = Q';
R = R';
b = inv(R)*b;
A = A';
[m,n] = size(A);
    Այս քայլից հետո կարելի ընտրել մինիմումին հասնելու մի քանի եղանակ, առաջինը՝ Նյուտոնի
մեթոդով:
%% Newton
[p, lambda0] = prob(lambda,Q);
for i = 1:m
    grad(i) = b(i) - p * Q(i,:);
end
for i = 1:m
    for j = 1:m
        H(i,j) = (p .* Q(i,:)) * Q(j,:) - (p * Q(i,:)) * (p * Q(j,:));
    end
end
direction = -H\grad';
lambda = lambda + direction';
[p, lambda0] = prob(lambda,Q);
W = lambda0 + lambda * b;
    Սխալ ուղղության դեպքում կարելի իջնել գրադիենտի հակառակ ուղղությամբ կամ, եթե առկա
են հաշվարկային խնդիրներ, կարելի է ստեղծել նոր ուղղություն: Կարելի է տարբեր չափի քայլերով
իջնել և ընտրել ամենաօպտիմալ քայլը: Ավարտի նշան կհամարվի գրադիենտի նորմի 0-ին մոտիկ
դառնալը:
%% Grad Modified
for k = 1:m
    while abs(grad(1,k)) > 10^(-4)
        iter = iter + 1;
        points(iter+1,:) = lambda;
        p = prob(lambda,Q);
        for i = 1:m
            grad(i) = b(i) - p * Q(i,:);
        end
        if potfun(lambda-0.1*grad,Q,b) < W
            gamma = g(1,1);
            temp = potfun(lambda-g(1,1)*grad,Q,b);
            for i = 2:size(g)
                if potfun(lambda-g(i,1)*grad,Q,b) < temp %
                    temp = potfun(lambda-g(i,1)*grad,Q,b);
            end
        end
    end
end

```

```

        gamma = g(i,1);
    end
end
lambda = lambda - gamma*grad;
W = temp
else
    sw = sw + 1;
    temp = potfun(lambda-0.01*D(1,:),Q,b);
    tlamba = lambda-0.01*D(1,:);
    for i = 2:m
        if potfun(lambda-0.01*D(i,:),Q,b) < W
            if potfun(lambda-0.01*D(i,:),Q,b) < temp;
                temp = potfun(lambda-0.01*D(i,:),Q,b);
                tlamba = lambda-0.01*D(i,:);
            end
        end
    end
    lambda = tlamba;
    pp(sw,:) = lambda;
    W = temp
end
end
end
%% Final Distribution
lambdaf = lambda * inv(R);
p = prob (lambdaf,Q);

```

Եզրակացություն. Ծրագրային մասը գրվել է այնպես, որ լուծման ճանապարհը բավականին ճկուն է դարձել, և բոլոր իրավիճակներում այն ավտոմատ ադապտացվում է նոր պայմաններին՝ լինի դա Հեսսի մատրիցի սինգուլյարին մոտ լինելը, կամ սխալ ուղղություն ընտրելը, կամ սկզբնական գների վեկտորների վատ լինելը: Ի վերջո, բոլոր գործնական օրինակներում լուծումը հասանելի է եղել, վերջին իտերացիան մոտարկել է լուծումը 10^{-14} -ից 10^{-17} ճշտությամբ, ինչը գնահատվում է բավարար և համապատասխանում է աշխատանքի նպատակին:

Գրականություն

1. **Alhassid Y., Agmon N. and Levine R.D.** An Upper Bound for the Entropy and its Applications to the Maximal Entropy Problem // Chem. Phys. Lett. – 1978. – 53. - P.22.
2. **Alhassid Y., Agmon N. and Levine R.D.** An Algorithm for Finding the Distribution of Maximal Entropy // Journal of Computational Physics. – 1979. – 30. - P.250-258.
22.11.2016.

Н.Д. Маргарян

АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНТРОПИИ

Показано практическое применение метода максимальной энтропии путём программирования, а также представлены расчетные задачи и методы их решения. Целью работы является разработка классической модели и улучшение ее другими методами. Составлена программа, с помощью которой решается, какой из методов наиболее оптимальный для достижения решения. Вычисления проведены с помощью MatLab.

Ключевые слова: максимальная энтропия, распределение, алгоритм, матрица Гессе, градиент, MatLab.

N.D. Margaryan

AN ALGORITHMIC APPROACH TO SOLVING THE MAXIMUM ENTROPY PROBLEM

A practical application of maximum entropy method using programming, as well as possible calculating problems and ways to solve them are presented. The goal of the work is to make the classical model work and then try to improve it using other methods. A program is written, with the help of which it is decided, which method is the most optimal for the achievement of the solution. The calculations were done using MatLab.

Keywords: maximum entropy, distribution, algorithm, Hessian matrix, gradient, MatLab.

Մարգարյան Նարեկ Դավիթի - մագիստրոս (ԵՊՀ)

Գ.Օ. Ավետիսյան

ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐԻՉՆԵՐԻ ԳՈՐԾՈՆԱՅԻՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ՊԱՆԵԼԱՅԻՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ

Կատարվելով է կառավարման արդյունավետությունը բնութագրող պարամետրերի գործոնային վերլուծություն՝ պանելային տվյալների կիրառմամբ: Վերլուծությունը հնարավորություն կտա բացահայտել վերոնշյալ պարամետրերի փոխկապակցվածությունը, ստացված գործոնները կիրառել որպես բացատրող փոփոխականներ ռեգրեսիոն վերլուծությունների համատեքստում:

Առանցքային բառեր. կառավարման արդյունավետություն, գործոնային վերլուծություն, պանելային տվյալներ:

Ներածություն: Պետական կառավարման արդյունավետության հիմնահարցերը լայնորեն ուսումնասիրվում են ինստիտուցիոնալ տնտեսագիտության շրջանակներում: Պետական կառավարման արդյունավետությունն ունի հիմնարար կարևորություն տնտեսական զարգացման համար, քանի որ վերջինիս համակարգային և գործառնական արդյունավետությունից է կախված երկրում սահմանադրականության պատշաճ մակարդակի ապահովումը կամ վերջինիս դեֆիցիտի կրճատումը, այսինքն՝ սահմանադրական հիմնարար դրույթների իրացումը իրական կյանքում: Սահմանադրական նորմերն իրական կյանքում արտացոլելու, սահմանադրականության դեֆիցիտը չափելու ու կրճատելու նպատակով մասնագիտական գրականությունում առաջադրվել են արդյունավետ կառավարման մեթոդաբանական լուծումներ ու գործիքակազմ [1]: Կառավարման համակարգային և գործառնական արդյունավետությունն ուղղակիորեն ազդող գործոն է տնտեսական ցուցանիշների վրա: Մի կողմից՝ արդյունավետ կառավարված համակարգի, այն է՝ օպտիմալ կառավարման համար անհրաժեշտ ինստիտուտների, գերատեսչությունների և մեխանիզմների առկայությունը, տնտեսական բոլոր գործակալների համար իրավահավասար և արդարացի կանոնների սահմանում, անաչառ դատական համակարգի առկայությունը, իշխանության թևերի արդյունավետ փոխկախվածությունն ապահովող զսպումների և հակակշիռների համակարգի առկայությունն ու գործունեությունը, կոռուպցիոն ռիսկերի կրճատումը և այլն, նշանակալիորեն ազդում են տնտեսական զարգացման վրա: Մյուս կողմից՝ կարևորվում է կառավարման գործառնական արդյունավետությունը, այն է՝ վերոնշյալ մեխանիզմների օպտիմալ իրացումը, կառավարման համար անհրաժեշտ ծախսերի օպտիմալ մակարդակի սահմանում և իրացումը (օր.՝ ՀՀ-ում 2015 թ.-ին այն կազմել է ՀՆԱ-ի մոտ 28%-ը [2]), կոռուպցիոն երևույթների կրճատումը/բացառումը և այլն, քանի որ վերջիններիս որակից է կախված սահմանադրականության մակարդակը և որպես ածանցյալ արդյունք՝ տնտեսական զարգացումը:

Այստեղից հարց է ծագում, թե ո՞ր գործոններն են ազդում կառավարման արդյունավետության վրա և որքանով են վերջիններս փոխկապակցված: Կառավարման արդյունավետությունը, որպես համընդգրկուն կատեգորիա, բաղկացած է տնտեսական, իրավական և ժողովրդավարական բազմաթիվ ցուցանիշներից: Այս հոդվածում մեր նպատակն է ներկայացել, մասնավորապես, կառավարման արդյունավետությունը բնորոշող զանազան գործոնների փոխկապակցվածությունը, ինչը թույլ կտա հետագա էկոնոմետրիկ գնահատականներում կատարել առավել ճշգրիտ մոդելի ընտրություն և մոդելներում ներառել կառավարման արդյունավետությունը բնորոշող գործոնային փոփոխական(ներ):

Գործոնային վերլուծության մեթոդաբանություն [3]: Գործոնային վերլուծությունը կիրառվում է երկու տեսակի խնդիրների լուծման նպատակով՝

1. բացահայտել փոփոխականների միջև կապը՝ հաշվի առնելով վերջիններիս միջև առկա կոռելացիոն կախվածությունը,
2. նվազեցնել չափողականությունը՝ նվազեցնելով մոդելում առկա փոփոխականների քանակը:

Գործոնային վերլուծության մոդելը ձևակերպվում է հետևյալ կերպ [4]՝

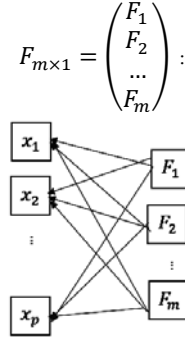
Դիցուք գոյություն ունի N հատ դիտարկումներից կազմված նմուշ: Յուրաքանչյուր դիտարկման վերաբերյալ գոյություն ունեն p հատ բնութագրիչ ցուցանիշներ (p փոփոխականներ)

$$X_{p \times 1} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_p \end{pmatrix};$$

Այդ փոփոխականների մաթեմատիկական սպասումները և կովարիացիոն մատրիցը կներկայացվեն հետևյալ կերպ [4],

$$\mu_{p \times 1} = \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \dots \\ \mu_p \end{pmatrix}, \quad \text{Cov}(X) = \Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \dots & \sigma_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{p1} & \dots & \sigma_{pp} \end{bmatrix};$$

Ենթադրենք՝ գոյություն ունեն m հատ գործոններ (F), որոնք չդիտարկվող փոփոխականներ են, և դրանցով պայմանավորված է X փոփոխականների վարիացիան (նկ. 1).



Նկ. 1. Չդիտարկվող և չդիտարկվող փոփոխականների միջև կապը

Նշանակենք Λ -ով F փոփոխականների՝ X փոփոխականների վրա ազդեցության չափերի մատրիցը: Այդ մատրիցի λ_{ij} տարրերը կոչվում են բեռնվածություններ (loadings):

Քանի որ X փոփոխականների վարիացիան չի կարող ամբողջությամբ բացատրվել F գործոններով, ապա δ_j -ով նշանակենք j -րդ փոփոխականի վարիացիայի այն մասը, որը չի բացատրվում F գործոնների միջոցով (յուրահատուկ / ունիկալ / գործոններ):

Ստորև ներկայացնենք գործոնային մոդելը: Վեկտորային տեսքով այն կլինի՝

$$\begin{aligned} x_1 &= \mu_1 + \lambda_{11} * F_1 + \lambda_{12} * F_2 + \dots + \lambda_{1m} * F_m + \delta_1, \\ x_2 &= \mu_2 + \lambda_{21} * F_1 + \lambda_{22} * F_2 + \dots + \lambda_{2m} * F_m + \delta_2, \\ &\vdots \\ x_j &= \mu_j + \lambda_{j1} * F_1 + \lambda_{j2} * F_2 + \dots + \lambda_{jm} * F_m + \delta_j, \\ &\vdots \\ x_p &= \mu_p + \lambda_{p1} * F_1 + \lambda_{p2} * F_2 + \dots + \lambda_{pm} * F_m + \delta_p: \end{aligned}$$

Մատրիցային տեսքով այն կլինի՝

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_p \end{pmatrix}_{p \times 1} = \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \dots \\ \mu_p \end{pmatrix}_{p \times 1} + \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \dots & \lambda_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{p1} & \dots & \lambda_{pm} \end{bmatrix}_{p \times m} * \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \dots \\ F_m \end{pmatrix}_{m \times 1} + \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \dots \\ \mu_p \end{pmatrix}_{p \times 1}$$

$$X = M + \Lambda F + \delta, X - M = \Lambda F + \delta: \quad (1)$$

Գործոնային մոդելի համար անհրաժեշտ է, որ բավարարվեն հետևյալ պայմանները՝

1. $E(F) = 0$,
2. $E(\delta) = 0$,
3. $\text{cov}(F) = E(F F^T) = I$, այսինքն՝ գործոնները միմյանց հետ կոռելացված չեն: Այս դեպքում մոդելը կկոչվի ուղղահայաց (orthogonal) մոդել, իսկ հակառակ դեպքում՝ շեղված (oblique) մոդել,
4. $\text{cov}(\delta) = \Psi = \begin{bmatrix} \psi_{11} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \psi_{pp} \end{bmatrix}_{p \times p}$, այսինքն՝ ունիկալ գործոնները միմյանց հետ կոռելացված չեն,
5. $\text{cov}(F \delta) = 0$:

Կարելի է ստանալ X փոփոխականների կովարիացիոն մատրիցը՝ հաշվի առնելով գործոնային մոդելի (1) հավասարումը.

$$\begin{aligned} Cov(X) &= E[(X - \mu)(X - \mu)^T] = E[(\Lambda F + \delta)(\Lambda F + \delta)^T] = E[\Lambda F F^T \Lambda^T + \Lambda F \delta^T + \delta F^T \Lambda^T + \delta \delta^T] = \\ &= \Lambda E(F F^T) \Lambda^T + \Lambda E(F \delta^T) + E(\delta F^T) \Lambda^T + E(\delta \delta^T) = \Lambda \Lambda^T + \Lambda * 0 + 0 * \Lambda^T + \Psi = \Lambda \Lambda^T + \Psi, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \cdots & \delta_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{1p} & \cdots & \delta_{pp} \end{bmatrix} = \Lambda \Lambda^T + \Psi = \begin{bmatrix} \sum_{k=1}^m \lambda_{1k}^2 & \cdots & \sum_{k=1}^m \lambda_{1k} \lambda_{pk} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{k=1}^m \lambda_{1k} \lambda_{pk} & \cdots & \sum_{k=1}^m \lambda_{pk}^2 \end{bmatrix}_{p \times p} + \begin{bmatrix} \psi_{11} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \psi_{pm} \end{bmatrix}_{p \times p},$$

այսինքն՝

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= \sum_{k=1}^m \lambda_{1k}^2 + \psi_{11}, \\ \delta_{22} &= \sum_{k=1}^m \lambda_{2k}^2 + \psi_{22}, \\ &\vdots \\ \delta_{jj} &= \sum_{k=1}^m \lambda_{jk}^2 + \psi_{jj}: \end{aligned}$$

Հետևաբար ստացվում է, որ X_j փոփոխականի վարիացիայի մի մասը բացատրվում է F փոփոխականների բեռնվածության միջոցով՝ $\sum_{k=1}^m \lambda_{jk}^2$, մնացած մասը՝ ունիկալ գործոններով՝ $\sum_{k=1}^m \lambda_{jk}^2 + \psi_{jj}$: Ակնհայտ է, որ գործոնային վերլուծության տեսանկյունից, որքան մեծ է առաջին մասը, այնքան ավելի լավն է մոդելի որակը:

Առկա են Λ մատրիցի գնահատման հետևյալ 3 հիմնական մեթոդաբանություններ [5]՝

1. գլխավոր բաղադրիչների մեթոդ (Principal component method),
2. գլխավոր գործոնների մեթոդ (Principal factor method),
3. առավելագույն ճշմարտանմանության մեթոդ (Maximum likelihood estimation):

Գլխավոր բաղադրիչների մեթոդը Σ մատրիցը ենթարկում է սպեկտրալ տարրալուծման /դեկոմպոզիցիայի/՝ օգտագործելով մատրիցի սեփական արժեքները և սեփական վեկտորները, որից ստացվում են λ_{jk} -ների գնահատականները: Օրինակ՝ առաջին գործոնի համար $\lambda_{11} = \sqrt{Q_1} \times e_{11}$, որտեղ Q_1 -ը մատրիցի առաջին սեփական արժեքն է, իսկ e_{11} -ը այդ սեփական արժեքին համապատասխան սեփական վեկտորի առաջին տարրը:

Գործոնային վերլուծության մոդելի որակը ստուգվում է ստորև թվարկված մեթոդաբանությունների միջոցով՝

1. Կոռելյացիոն մատրիցի միջոցով (ստուգվում են փոփոխականների կոռելյացիոն մատրիցը և փոփոխականների միջև կոռելյացիայի բարձր աստիճանի առկայության դեպքում (սովորաբար 0.4-ից մեծ), առաջանում է գործոնային վերլուծության անհրաժեշտություն):
2. Բարտլեթի գնդաձևության թեստ (Bartlett's sphericity test)

$$\chi_{p(p-1)/2}^2 = -[(n-1) - \frac{(2p+5)}{6} \ln|R|],$$

որտեղ p -ն փոփոխականների քանակն է, n -ը՝ դիտարկումների քանակը, R -ը՝ կոռելյացիոն մատրիցը, $\frac{p(p-1)}{2}$ -ը՝ ազատության աստիճանը:

Այս թեստով ստուգվում է H_0 վարկածն այն մասին, որ գործոնային վերլուծության կարիք չկա: Եթե հավասարման աջ մասը մեծ է ձախ մասից, ապա H_0 վարկածը մերժվում է և առաջանում է գործոնային վերլուծություն կատարելու անհրաժեշտություն:

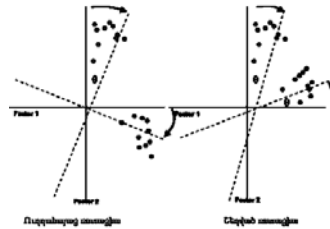
3. Մեծ նմուշի թեստ (Large sample test):

Գործոնային վերլուծություն կատարելիս կարևոր է համարվում գործոնների քանակի ընտրությունը: Այն ընտրելու համար գոյություն ունեն 3 ընդունված մեթոդները՝

1. Սահմանվում է որոշակի սահմանային տոկոսային շեմ, որից պակաս չպետք է լինի գործոնների գումարային տոկոսը:
2. Վերցվում են այն գործոնները, որոնց սեփական արժեքները 1-ից մեծ են:
3. Օգտագործվում է scree plot գրաֆիկը:

Հաջորդիվ ենթադրենք, որ գոյություն ունեն որոշակի փոփոխականներ, որոնց գործոնային վերլուծության ենթարկելուց հետո ստացվել է երկու գործոն: Քանի որ բոլոր փոփոխականները այդ գործոններից գծային կախվածություն ունեն, ապա կարող ենք այդ գործոններն ընդունել որպես

երկչափանի տարածության առանցքներ, իսկ փոփոխականները ներկայացնել որպես կետեր այդ տարածության մեջ, որոնց կոորդինատները համապատասխանեցվում են փոփոխականների բեռնվածություններին: Այնուհետև անհրաժեշտ է ռոտացիայի ենթարկել վերոնշյալ առանցքներն այնպես, որ կետերի մի մասն ավելի մոտ լինի առաջին առանցքին, իսկ մյուս մասը՝ երկրորդին: Ակնհայտ է, որ այդ կետերի միջև հարաբերակցությունները պետք է կայուն մնան, այլապես սխալ արդյունք կստացվի: Գոյություն ունի ռոտացիայի երկու եղանակ: Առաջին դեպքում առանցքներն այնպես են տեղաշարժվում, որ ի վերջո դրանք մնան իրար գուգահեռ, որը կնշանակի, որ գործոնները միմյանցից անկախ են (ուղղահայաց ռոտացիա): Երկրորդ դեպքում թույլատրվում է առանցքները տեղաշարժել այնպես, որ ի վերջո ոչ գուգահեռ առանցքներ ստացվեն, և հետևաբար գործոնները կլինեն կոռելացված (շեղ ռոտացիա): Ուղղահայաց ռոտացիան կարող է կատարվել 3 եղանակով՝ վարիմաքսի, էքսիմաքսի և քուարտիմաքսի [6]: Ռոտացիայի ամենատարածված մեթոդը վարիմաքսի ռոտացիան է: Նկ.2-ում ներկայացված է ռոտացիայի 2 եղանակ՝



Նկ. 2. Ռոտացիայի տեսակները

Այսպիսով, գործոնային վերլուծության արդյունքում բացահայտվում են այն չդիտարկվող փոփոխականները, որոնք հանգեցնում են դիտարկվող փոփոխականների դրսևորմանը: Հարց է առաջանում, թե արդյոք հնարավոր է ստանալ չդիտարկվող փոփոխականների որոշակի արժեքներ, որոնք կպարունակեն դիտարկվող փոփոխականների տեղեկատվությունը: Իրականում դա հնարավոր է: Այս խնդիրը լուծելու համար առկա է 3 մեթոդաբանություն [7]՝

1. կշռված փոքրագույն քառակուսիների մեթոդ,
2. ռեգրեսիոն մեթոդներ,
3. առավել ճշմարտանմանության մեթոդը:

Գործոնների արժեքների (factor score) առանձնահատկությունն այն է, որ դրանք կարող են օգտագործվել հետագա վերլուծություններում որպես առանձին փոփոխականներ, օրինակ՝ ռեգրեսիոն վերլուծության մեջ որպես անկախ փոփոխականներ: Սովորաբար գործոնային վերլուծություն իրականացնելիս ստացվող թաքնված փոփոխականների արժեքները ստանդարտացվում են այնպես, որ յուրաքանչյուր փոփոխականի միջինը լինում է 0, իսկ վարիացիան՝ 1: Այդ դեպքում, եթե թաքնված փոփոխականի որևէ դիտարկման համար ստացված արժեքը համապատասխանում է այդ փոփոխականի ընդհանուր նմուշի միջինից ստանդարտ շեղման կետային քանակին:

Կառավարման արդյունավետության ցուցանիշների գործոնային գնահատումը: Իրականացվել է կառավարման արդյունավետությունը բնութագրող ժողովրդավարական, իրավական և սոցիալ-տնտեսական ցուցանիշների գործոնային վերլուծություն: Վերլուծության համար անհրաժեշտ տվյալները ստացվել են Համաշխարհային Բանկի տնտեսական զարգացման ցուցանիշների տվյալների շտեմարանից, ինչպես նաև Համաշխարհային տնտեսական համաժողովի տվյալների շտեմարանից և Թրանսփարենսի Ինթերնեյշնլ հակակոռուպցիոն կազմակերպության տվյալների շտեմարանից: Վերլուծությունը կատարվել է 2011-2015 թթ.-ի տվյալների հիման վրա:

Դիտարկված փոփոխականներն են՝ կոռուպցիայի ընկալման համաթիվը, կառավարման արդյունավետության համաթիվը, մարդկային զարգացման համաթիվը, իրավունքի գերակայության համաթիվը, իշխանության թևերի տարանջատման համաթիվը, իշխանության տարանջատումն ըստ սոցիալ-տնտեսական խմբերի համաթիվը, իշխանության տարանջատումը ըստ սոցիալ-տնտեսական դիրքի համաթիվը, դատական իշխանության զսպումը գործադիր իշխանությանը համաթիվը, օրենսդիր իշխանության զսպումը գործադիր իշխանությանը համաթիվը, արդար ընտրությունների համաթիվը, ազատ և անկողմնակալ մեղիայի համաթիվը, քաղհասարակության մասնակցության համաթիվը, լիբերալ դեմոկրատիայի համաթիվը, արտահայտման ազատության համաթիվը, կառավարության թափանցիկության համաթիվը, կառավարության հաշվետվողականության համաթիվը, դատական իշխանության հաշվետվողականության համաթիվը, քաղաքական գործիչների հանդեպ հանրային

վստահության համաթիվը, իշխանության աուդիտորական և հաշվետվողականության կանոնակարգերի համաթիվը:

Գործոնային վերլուծության համար դիտարկվել են զարգացած, զարգացող և անցումային երկրների 2011-2015 թթ. առկա ցուցանիշները:

Վերլուծությունը կատարվել է գլխավոր բաղադրիչի մեթոդով, իսկ ռոտացիան՝ վարիմաքս եղանակով: Ստացված գործոնների գնահատականները ստացվել են կշռված փոքրագույն քառակուսիների մեթոդով:

Վերլուծության արդյունքում պարզ է դառնում, որ կոռուպցիայի ընկալման համաթիվը, մարդկային զարգացման համաթիվը, կառավարման արդյունավետության համաթիվը և իրավունքի գերակայության համաթիվը միաժամանակ ներառվում են ստացված բոլոր գործոններում, ուստի վերջիններս հարկավոր է հեռացնել գնահատումից՝ ավելի որակյալ գործոններ ստանալու համար:

Վերլուծության արդյունքում ստացվում է 2 գործոն: 2015 թ.-ի համար ստացված արդյունքներն են՝

Աղյուսակ 1

Ստացված գործոններ

Rotated Component Matrix ^a		
2015	Component	
	1	2
Freedom of expression index	.928	
Liberal democracy index	.919	
Civil society participation index	.874	
Legislative constraints on the executive index	.874	
Clean elections index	.865	
Media bias	.849	
Judicial constraints on the executive index	.840	
Power distributed by social group	.768	
Power distributed by socioeconomic position	.690	
Division of power index	.686	
Transparency of government policymaking		.913
Accountability of government		.876
Public trust in politicians		.857
Strength of auditing and reporting standards		.845
Judicial accountability		.614

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 3 iterations.

Ստացված 1-ին գործոնը բաղկացած է 10 ցուցանիշից, իսկ 2-րդը՝ 5:

1-ին գործոնում պարունակվում են իշխանության թևերի տարանջատման համաթիվը, իշխանության տարանջատումն ըստ սոցիալ-տնտեսական խմբերի համաթիվը, իշխանության տարանջատումն ըստ սոցիալ-տնտեսական դիրքի համաթիվը, դատական իշխանության զսպումը գործադիր իշխանությանը համաթիվը, օրենսդիր իշխանության զսպումը գործադիր իշխանությանը համաթիվը, արդար ընտրությունների համաթիվը, ազատ և անկողմնակալ մեդիայի համաթիվը, քաղիասարակության մասնակցության համաթիվը, լիբերալ դեմոկրատիայի համաթիվը, արտահայտման ազատության համաթիվը:

2-րդ գործոնում պարունակվում են կառավարության թափանցիկության համաթիվը, կառավարության հաշվետվողականության համաթիվը, դատական իշխանության հաշվետվողականության համաթիվը, քաղաքական գործիչների հանդեպ հանրային վստահության համաթիվը, իշխանության աուդիտորական և հաշվետվողականության կանոնակարգերի համաթիվը:

1-ին գործոնում բաղադրիչների կոմուլիացիան կարելի է անվանել զսպումների և հակակշիռների համակարգ լայն իմաստով, քանի որ ընդգրկված ցուցանիշները ներկայացնում են իշխանության թևերի տարանջատումը, իշխանության յուրաքանչյուր թևի վերահսկողությունը մյուսների նկատմամբ: Այստեղ հարկ է նշել, որ գործոնում ընդգրկվել են ոչ միայն գործադիր, օրենսդիր

և դատական իշխանությունները բնութագրող ցուցանիշներ, այլև լրատվությունը և քաղաքացիական հասարակությունը նկարագրող ցուցիչներ: Լրատվությունը սովորաբար անվանվում է 4-րդ իշխանություն, քանզի վերջինս, ունենալով հանրային ազդեցության բավական ուժեղ լծակներ, որոշակիորեն վերահսկում է իշխանության դատական 3 թևերի արդյունավետությունը: Ի լրումն վերոգրյալի, ստացված գործոնը, պարունակելով քաղաքացիական հասարակությանը բնորոշող ցուցանիշներ, ներկայացնում է իշխանության 5-րդ թևը, որն, ունենալով իշխանության արտադրության լծակը, ընտրությունների միջոցով փոխում է իշխանությունը և այսպիսով հանդիսանում իշխանության դատական 3 թևերի վերահսկիչ երկարաժամկետ մեխանիզմի տնօրինող օղակ:

2-րդ գործոնը որոշակի կոմույատիվ համաթիվ է, որտեղ ինտեգրված են կառավարման համակարգի թափանցիկությունը, հաշվետվողականությունը, առկա համակարգի ստուգիչ մեխանիզմների առկայությունը և հանրային վստահությունն իշխանության հանդեպ: Այս գործոնն, ի տարբերություն 1-ի, որն ավելի շատ նկարագրում է կառավարման համակարգային արդյունավետությունը, ներկայացնում է կառավարման թափանցիկությունն ու հանրային վստահությունը վերջինիս հանդեպ: Այս գործոնը կարող է մոտարկել կառավարման գործառնական արդյունավետությանը:

Ստորև ներկայացված աղյուսակից պարզ է դառնում, որ ստացված գործոնները նշանակալի են՝

Աղյուսակ 2

KMO and Bartlett's Test 2015

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.896
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1946.831
	df	105
	Sig.	0.000

Վերլուծությունը կատարվել է նաև 2011-2014 թթ.-ի համար, որոնց արդյունքները նույնպես նշանակալի են՝

Աղյուսակ 3

KMO and Bartlett's Test 2014

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.895
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1916.444
	df	105
	Sig.	0.000

KMO and Bartlett's Test 2013

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.905
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1877.772
	df	105
	Sig.	0.000

KMO and Bartlett's Test 2012

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.929
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	2219.601
	df	105
	Sig.	0.000

KMO and Bartlett's Test 2011

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.928
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	2097.924
	Df	105
	Sig.	0.000

2011-2014 թթ.-ի համար ստացված արդյունքները որակական առումով նույնական են 2015 թ.-ի գործոններին՝

Rotated Component Matrix ^a			Rotated Component Matrix ^a			Rotated Component Matrix ^a			Rotated Component Matrix ^a		
2014	Component		2013	Component		2012	Component		2011	Component	
	1	2		1	2		1	2		1	2
Freedom of expression index	.932		Freedom of expression index	.938		Freedom of expression index	.954		Freedom of expression index	.944	
Liberal democracy index	.919		Liberal democracy index	.915		Media bias	.924		Media bias	.914	
Civil society participation index	.876		Civil society participation index	.885		Liberal democracy index	.911		Liberal democracy index	.904	
Legislative constraints on the executive index	.868		Clean elections index	.875		Civil society participation index	.893		Civil society participation index	.897	
Clean elections index	.860		Legislative constraints on the executive index	.865		Clean elections index	.880		Clean elections index	.868	
Media bias	.842		Media bias	.848		Legislative constraints on the executive index	.880		Legislative constraints on the executive index	.865	
Judicial constraints on the executive index	.828		Judicial constraints on the executive index	.846		Judicial constraints on the executive index	.846		Judicial constraints on the executive index	.830	
Power distributed by social group	.765		Power distributed by social group	.778		Power distributed by social group	.826		Power distributed by social group	.819	
Power distributed by socioeconomic position	.711		Power distributed by socioeconomic position	.744		Power distributed by socioeconomic position	.813		Power distributed by socioeconomic position	.769	
Division of power index	.644		Division of power index	.628		Division of power index	.682		Division of power index	.705	
Transparency of government policymaking		.905	Accountability of government		.902	Accountability of government		.898	Accountability of government		.886
Accountability of government		.890	Transparency of government policymaking		.885	Transparency of government policymaking		.876	Transparency of government policymaking		.875
Strength of auditing and reporting standards		.868	Strength of auditing and reporting standards		.872	Public trust in politicians		.873	Public trust in politicians		.871
Public trust in politicians		.837	Public trust in politicians		.842	Strength of auditing and reporting standards		.856	Strength of auditing and reporting standards		.867
Judicial accountability		.601	Judicial accountability		.606	Judicial accountability		.677	Judicial accountability		.647
Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.			Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.			Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.			Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.		
a. Rotation converged in 3 iterations.			a. Rotation converged in 3 iterations.			a. Rotation converged in 3 iterations.			a. Rotation converged in 3 iterations.		

Եզրակացություն: Այսպիսով, կառավարման համակարգը բնութագրող ժողովրդավարական, իրավական, սոցիալ-տնտեսական ցուցանիշների գործոնային վերլուծության արդյունքում ստացվեց 2 գործոն, որոնցից 1-ինն անվանվեց զսպումների և հակակշիռների համակարգ լայն իմաստով, որը կարող է հանդիսանալ կառավարման համակարգային արդյունավետությունը մոտարկող գործոն, իսկ 2-րդը՝ կառավարման գործառնական արդյունավետությունը նկարագրող գործոն: Ստացված արդյունքների հիման վրա կազմված գնահատականները թույլ կտան հետագա ռեգրեսիոն մոդելներում կրճատել չափողականությունը, խուսափել մուլտիկոլինեարության խնդրից և դիտարկել կառավարման համակարգային և գործառնական արդյունավետությունը բնութագրող ցուցիչներ:

Գրականություն

1. **Саргсян Г.** Некоторые подходы к разработке инструментария и методов реализации конституционной диагностики // Альманах: Конституционное правосудие в новом тысячелетии. – Ереван, 2016.- С. 78-93.
2. <http://armstatbank.am/pxweb/hy/ArmStatBank/?rxid=002cc9e9-1bc8-4ae6-aaa3-40c0e377450a>
3. **Cattell, R. B.** Factor analysis. - New York Harper, 1952.
4. **Fruchter, B.** Introduction to Factor Analysis. - Van Nostrand, 1954.
5. **Meglen R.R.** Examining Large Databases: A Chemometric Approach Using Principal Component Analysis // Journal of Chemometrics.- 1991.- 5 (3). – P. 163–179.
6. **Child, D.** The Essentials of Factor Analysis. - 3rd edition. Bloomsbury Academic Press, 2006.
7. **Ruscio J., Roche B.** Determining the number of factors to retain in an exploratory factor analysis using comparison data of known factorial structure // Psychological Assessment.-2012.-24. - P. 282–292.

10.07.2017.

Г.О. Аветисян

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАНЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

Проводится факторный анализ параметров, характеризующих эффективность управления с использованием панельных данных. Анализ позволит выявить взаимосвязь вышеуказанных параметров, применить полученные факторы в качестве объясняющих параметров в контексте регрессионного анализа.

Ключевые слова: эффективность управления, факторный анализ, панельные данные.

G.O. Avetisyan

FACTOR ANALYSIS OF THE COMPONENTS OF GOVERNANCE SYSTEM WITH THE USE OF PANEL DATA

Factor analysis of the parameters characterizing the efficiency of governance is considered with the use of panel data. The analysis will reveal the interconnection of the above-mentioned parameters; apply the obtained factors as explanatory parameters in the context of regression analysis.

Keywords: governance efficiency, factor analysis, panel data..

Ավետիսյան Գեորգի Օնիկի - ԵՊՀ, Տնտեսագիտության և Կառավարման ֆակուլտետ, ասպիրանտ

ՀՏԴ 621.314.21

ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱ ԵՎ ՍԱՐՔԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

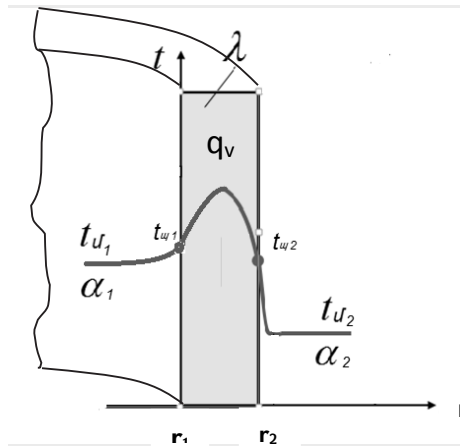
Ս.Գ. Ներսեսյան, Հ.Պ. Ղարիբյան

ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ԴԱՇՏԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ՈՒԺԱՅԻՆ ՅՈՒՂԱՅԻՆ ՏՐԱՆՍՖՈՐՄԱՏՈՐԻ ՓԱԹՈՒՅԹՆԵՐՈՒՄ ԵՐՐՈՐԴ ՍԵՌԻ ԵԶՐԱՅԻՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ԴԵՊՔՈՒՄ

Ուսումնասիրվել է ուժային յուղային տրանսֆորմատորի գլանական փաթույթում ներքին ջերմադրյունների առկայությամբ ջերմաստիճանային դաշտը: Որոշվել է փաթույթում ամենատաք կետի տեղը և նրա ջերմաստիճանի մեծությունը տրված միջավայրերի ջերմաստիճանների և ջերմատվության գործակիցների դեպքում:

Առանցքային բառեր. ջերմաստիճան, ջերմադրյուն, փաթույթ, ջերմատվության գործակից:

Արդյունաբերության տարբեր բնագավառներում գործ ենք ունենում ուժային տրանսֆորմատորների հետ: Տրանսֆորմատորի աշխատանքի ժամանակ անջատվում է մեծ քանակությամբ ջերմություն, որի շնորհիվ տաքանում են ինչպես մագնիսահաղորդալարը, այնպես էլ փաթույթները: Եթե փաթույթներում ջերմաստիճանը գերազանցում է թույլատրելի մեծությունը, ապա նրանում գտնվող մեկուսիչ նյութերը կարող են քայքայվել և տրանսֆորմատորը խափանվել: Ուստի տրանսֆորմատորի ճիշտ բեռնավորման համար անհրաժեշտ է իրականացնել ջերմաստիճանային դաշտի հաշվարկման բարձր ճշտություն՝ որոշելով ամենատաք կետի տեղը և նրա ջերմաստիճանի մեծությունը: Խնդիրը լուծելու համար ընդունում ենք, որ տրանսֆորմատորի փաթույթներն ℓ բարձրությամբ սնամեջ գլանական մարմիններ են, որոնք ունեն r_1 ներքին և r_2 արտաքին շառավիղներ: Հաշվի առնելով, որ տրանսֆորմատորի փաթույթներում, ներքին ջերմադրյունների շնորհիվ, միավոր ծավալում անջատվում է q_v քանակությամբ ջերմություն, և փաթույթները հովանում են տրանսֆորմատորային յուղով, խնդիրը ներկայացվում է որպես գլանական պատում ներքին ջերմադրյուններով ջերմահաղորդականության գործընթաց: Ուսումնասիրման համար ընդունում ենք երրորդ սեռի եզրային պայմաններ, քանի որ հայտնի են փաթույթի երկու մակերևույթները ողողող միջավայրերի ջերմաստիճանները $t_{\omega 1}$, $t_{\omega 2}$, և պատի մակերևույթի α_1 , α_2 ջերմատվության գործակիցները (նկ.):



Նկ. Ջերմաստիճանի բաշխումը տրանսֆորմատորի փաթույթում երրորդ սեռի եզրային պայմանների դեպքում

Խնդիրը լուծելու համար օգտվում ենք ջերմահաղորդականության դիֆերենցիալ հավասարումից, որը կարելի է ներկայացնել ինչպես [1].

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial t}{\partial r} \right) + \frac{q_v}{\lambda} = 0, \quad (1)$$

որի ընդհանուր լուծումը կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով.

$$t = -\frac{q_v r^2}{4\lambda} + c_1 \ln r + c_2, \quad (2)$$

որտեղ λ -ն փաթույթի ջերմահաղորդականության գործակիցն է, q_v -ը W/m^2 , t -ն՝ ընթացիկ ջերմաստիճանը $^\circ C$, r -ը՝ փաթույթի ընթացիկ շառավիղը, m :

C_1, C_2 -ը ինտեգրման հաստատուններն են, որոնք կարելի է որոշել հետևյալ եզրային պայմաններից.

$$a) \quad r=r_1, \quad -\lambda \frac{dt}{dr} = \alpha_1 (t_{d1} - t_{w1}),$$

$$b) \quad r=r_2, \quad t=t_{w2}:$$

Օգտվելով (ա) և (բ) եզրային պայմաններից, ստանում ենք՝

$$C_1 = \frac{q_v r_1^2}{2\lambda} - Bi_1 \cdot (t_{d1} - t_{w1}),$$

$$C_2 = t_{w2} + \frac{q_v r_2^2}{4\lambda} - \left[\frac{q_v r_1^2}{2\lambda} - Bi_1 (t_{d1} - t_{w1}) \right] \ln \frac{r}{r_2},$$

որտեղ $Bi_1 = \frac{\alpha_1 \delta}{\lambda}$ - Բիոյի չափանիշն է, t_{w1}, t_{w2} -ը փաթույթի մակերևույթների ջերմաստիճաններն են, $^\circ C$:

C_1, C_2 ինտեգրման հաստատունների արժեքները տեղադրելով (2) հավասարման մեջ՝ ստանում ենք.

$$t = t_{w2} + \frac{q_v}{4\lambda} (r_2^2 - r^2) + \left[\frac{q_v r_1^2}{2\lambda} - Bi_1 (t_{d1} - t_{w1}) \right] \ln \frac{r}{r_2}: \quad (3)$$

t_{w1}, t_{w2} փաթույթի մակերևույթների ջերմաստիճանները որոշվում են՝ ելնելով Նյուտոն – Ռիսմանի քանաձևից.

$$Q_1 = \alpha_1 (t_{d1} - t_{w1}) \cdot 2\pi r_1 \ell, \quad (4)$$

$$Q_2 = \alpha_2 (t_{w2} - t_{d2}) \cdot 2\pi r_2 \ell,$$

որտեղ Q_1 և Q_2 -ը փաթույթի մակերևույթներից անջատվող ջերմային հոսքի քանակներն են, W :

Հաշվի առնելով Q_v փաթույթում առաջացած ջերմության քանակը՝

$$Q_v = q_v \cdot (r_2^2 - r_1^2) \pi \ell,$$

կազմում ենք փաթույթի համար ջերմային հոսքերի հաշվեկշիռը՝

$$Q_1 + Q_v = Q_2$$

և որոշում t_{w1}, t_{w2} փաթույթի մակերևույթների ջերմաստիճանների մեծությունները.

$$t_{w2} = t_{d2} + \frac{Bi_1}{Bi_2 \cdot Z} \left[(t_{d1} - t_{d2}) - \frac{q_v A}{2\lambda} + \frac{q_v}{2\lambda} \cdot \frac{r_2^2 - r_1^2}{Bi_2} \right], \quad (5)$$

$$t_{w1} = t_{d1} - \frac{1}{Z} \left[(t_{d1} - t_{d2}) + \frac{q_v A}{2\lambda} \right], \quad (6)$$

որտեղ

$$A = (r_2^2 - r_1^2) \left(\frac{1}{Bi_2} + \frac{1}{2} \right) + r_1^2 \ln \frac{r_1}{r_2},$$

$$Z = 1 + \frac{Bi_1}{Bi_2} - Bi_1 \ln \frac{r_1}{r_2}; \quad Bi_2 = \frac{\alpha_2 r_2}{\lambda}$$

Այսպիսով, ջերմաստիճանի բաշխման (3) հավասարումը փաթույթի գլանական պատի համար կներկայացվի հետևյալ տեսքով՝

$$t = t_{d2} + \frac{Bi_1}{Z} \left[\frac{1}{Bi_2} - \ln \frac{r}{r_2} \right] \left[(t_{d1} - t_{d2}) - \frac{q_{vA}}{2\lambda} \right] + q_v \left[\frac{r_2^2 - r_1^2}{Bi_2} + \frac{r_2^2 - r_1^2}{2} \right] + \frac{q_v r_1^2}{2\lambda} \ln \frac{r}{r_2} \quad (7)$$

Եթե ընդունենք $q_v=0$, այսինքն՝ ներքին ջերմադրությունները բացակայում են, ապա հավասարումը կունենա ավելի պարզ տեսք.

$$t = t_{d2} + \frac{Bi_1}{Z} \left(\frac{1}{Bi_2} - \ln \frac{r}{r_2} \right) (t_{d1} - t_{d2}) \quad (8)$$

Ամենատաք կետի r_0 շառավիղը որոշելու համար (7) հավասարումը ածանցում ենք և հավասարեցնում 0-ի:

Այդ դեպքում՝

$$r_0 = \sqrt{\frac{Bi_1 \cdot A}{2Z} - \frac{Bi_1}{q_v} \cdot \frac{\lambda}{Z} (t_{d1} - t_{d2}) - \frac{r_1^2}{2}} \quad (9)$$

Ստացված r_0 -ի արժեքը տեղադրելով (7) հավասարման մեջ՝ ստանում ենք ամենատաք կետի ջերմաստիճանի մեծությունը որոշող արտահայտություն, որի լուծումից ստացված արժեքները համապատասխանում են [3] գրականության մեջ բերված մեծություններին:

Գրականություն

1. **Հովհաննիսյան Լ.Ս.** Ջերմազանգվածափոխանակության տեսություն. - Եր.: Ճարտարագետ, 2011. - 415 էջ:
2. **Юдаев Б.Н.** Теплопередача. - М.: Высшая школа, 1978. - 359 с.
3. **ГОСТ 14209 – 85.** Трансформаторы силовые масляные общего назначения, допустимые нагрузки. 2009. - 30 с.

12.06.2017.

С.Г. Нерсисян, А.П. Карибян

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ОБМОТКАХ МАСЛЯНОГО СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ТРЕТЬЕГО РОДА

Исследовано температурное поле в цилиндрической обмотке силового масляного трансформатора при наличии внутренних источников тепла. Определены месторасположение наиболее нагретой точки в обмотке и значение ее температуры при заданных температурах сред и коэффициентах теплоотдачи.

Ключевые слова: температура, источник тепла, обмотка, коэффициент теплоотдачи.

S.G. Nersesyan, H.P. Gharibyan

THE EXPLORATION OF OIL POWER TRANSFORMER WINDING TEMPERATURE FIELD IN THE THIRD FRONTIER TYPE

The power transformer winding temperature field in cylindrical internal temperature centers is discussed, as well as the turning point of the oil and the location of the hottest temperature in the presence of such media temperature and heat transfer coefficients are decided.

Keywords: temperature, heat source, winding, heat transfer coefficient.

Ներսեսյան Սեդրակ Գեորգիի - տեխ. գիտ. թեկն., դոցենտ (ՀԱՊՀ)

Ղարիբյան Հայկանդուխտ Պապինի - տեխ. գիտ. թեկն., դոցենտ (ՀՀ ԱԻՆ ՃԿՊԱ)

G.V. Harutyunyan

ABOUT EQUIVALENT REPLACEMENT OF A FOUR - TERMINAL NETWORK BY A LADDER CIRCUIT

Symmetrical and asymmetrical four-terminals are investigated from the view point of their equivalent replacement by a homogeneous ladder circuit. The need for this appears when the numerical values of the interesting operating parameters (current, voltage) are obtained between the i and $(i + 1)$ -th ($i \in N$) clamps of the ladder circuit. To determine the elements of A - parameters when splitting a symmetrical four-terminal network, the theory of homogeneous long lines is used. To determine the elements matrix of A coefficients when splitting an asymmetrical four-terminal network an analytic solution is given.

Keywords: homogeneous long lines, symmetrical four-terminal network, asymmetrical four-terminal network, matrix of A coefficients, homogeneous ladder circuit.

Introduction. In laboratory studies of homogeneous long lines, the line is modeled by a ladder circuit [1, 2].

Generally, when investigating the graphical distribution of basic electrical quantities along a homogeneous ladder circuit, extreme points with fractional abscissa are often observed. This makes it difficult to determine the specific clamps of the ladder circuit, as well as the parameters of the new four-terminal network.

Statement of the problem. In this paper, a method for calculating the elements matrix of A -parameters of a symmetrical (asymmetrical) four-terminal network with its equivalent replacement by a homogeneous ladder circuit is proposed.

First consider the case of a cascade scheme of symmetrical four-terminals, which modeled homogeneous long lines. In [3] a new settlement model of a homogeneous long line was developed on the basis of relations that determine the mode of operation of the line at its various points. The line equations expressing the voltage and current at the input through the voltage and current at the output in the hyperbolic form have the following view [1, 2]

$$\begin{cases} \dot{U}_0 = \dot{U}_2 \cosh \gamma l + Z_0 \dot{I}_2 \sinh \gamma l, \\ \dot{I}_0 = \frac{1}{Z_0} \dot{U}_2 \sinh \gamma l + \dot{I}_2 \cosh \gamma l, \end{cases} \quad (1)$$

where, Z_0 - wave impedance of the line; γ - propagation coefficient of the line, l - length of the line.

It is known that homogeneous line can be replaced by a symmetrical four-terminal network with respect to the input and output terminals [1, 2] (Fig. 1a). The system of equations (1) is analogous to the equations of a symmetrical four-terminal network in hyperbolic form, whose matrix of A coefficients are as follows

$$A(l) = \begin{bmatrix} \cosh \gamma l & Z_0 \sinh \gamma l \\ \frac{1}{Z_0} \sinh \gamma l & \cosh \gamma l \end{bmatrix}, \quad (2)$$

where propagation coefficient of the whole line γl corresponds to the propagation constant g , and wave impedance Z_0 corresponds to the characteristic impedance Z_c of the four-terminal network [2].

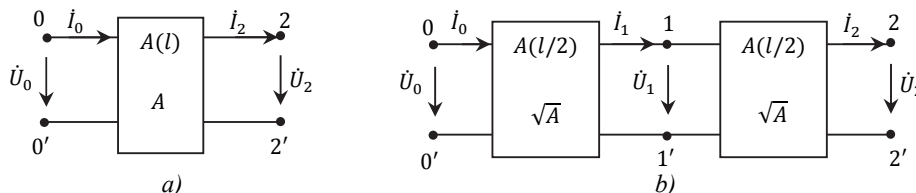


Fig.1. Equivalent scheme of dividing the four-terminal network into two new four-terminal network: a- Initial four-terminal network; b- The formation of two units, equivalent to the original four-terminal network

To study the operation of the line at a distance $l/2$ from its end, the system (1) is rewritten in the following form

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \dot{U}_2 ch\gamma l/2 + Z_0 \dot{I}_2 sh\gamma l/2, \\ \dot{I}_1 = \frac{1}{Z_0} \dot{U}_2 sh\gamma l/2 + \dot{I}_2 ch\gamma l/2. \end{cases} \quad (3)$$

In this case, the line can be replaced by a cascade connection of two four-terminal network (Fig. 1b), with respect to the A coefficients of which the following equality holds [1, 2]

$$A(l/2) \cdot A(l/2) = A(l). \quad (4)$$

In the expanded form, equation (4) is as follows

$$\begin{bmatrix} ch\gamma l/2 & Z_B sh\gamma l/2 \\ \frac{1}{Z_B} sh\gamma l/2 & ch\gamma l/2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} ch\gamma l/2 & Z_B sh\gamma l/2 \\ \frac{1}{Z_B} sh\gamma l/2 & ch\gamma l/2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ch\gamma l & Z_B sh\gamma l \\ \frac{1}{Z_B} sh\gamma l & ch\gamma l \end{bmatrix} \quad (5)$$

and is really an identity.

A homogeneous line divided into k equal sections of length l/k is equivalent to a ladder circuit of k identical symmetric four-terminal network. To determine the operation of the line at a distance l/k from its end, the system (1) is rewritten in the following form

$$\begin{cases} \dot{U}_k = \dot{U}_2 ch\gamma l/k + Z_0 \dot{I}_2 sh\gamma l/k, \\ \dot{I}_k = \frac{1}{Z_0} \dot{U}_2 sh\gamma l/k + \dot{I}_2 ch\gamma l/k. \end{cases} \quad (6)$$

It follows from (6) that the matrix A coefficients of the corresponding symmetrical four-terminal network will be as follows

$$A(l/k) = \begin{bmatrix} ch\gamma l/k & Z_0 sh\gamma l/k \\ \frac{1}{Z_0} sh\gamma l/k & ch\gamma l/k \end{bmatrix}. \quad (7)$$

The relation between the coefficients $A(l)$ and $A\left(\frac{l}{k}\right)$ is obtained as the following expression

$$\sqrt[k]{A(l)} = A(l/k). \quad (8)$$

Let us consider an equivalent circuit for replacing an asymmetric four-terminal network by a cascade connection of two identical units (Fig. 1 a, b). Let the four-terminal network shown in Fig. 1a is the initial four-terminal network with known primary parameters. Let us define the parameters of the new four-terminals (Fig. 1b). The four-terminal network in Fig. 1a has a matrix of A coefficients, and the desired four-terminal network (Fig. 1b) has the matrix of $\sqrt{A}$ coefficients:

$$A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}, \quad \sqrt{A} = \begin{bmatrix} x & y \\ u & v \end{bmatrix},$$

the condition is satisfied [1, 2]:

$$\det A = ad - bc = 1, \det A' = xv - yu = 1. \quad (9)$$

From the foregoing it follows that

$$\begin{bmatrix} x & y \\ u & v \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x & y \\ u & v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}, \text{ or } \begin{bmatrix} x^2 + yu & xy + yv \\ ux + uv & uy + v^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}.$$

From the last equality of two matrices will be obtained a system of four equations:

$$\begin{cases} x^2 + yu = a, \\ xy + yv = b, \\ ux + uv = c, \\ uy + v^2 = d, \end{cases} \quad (10)$$

which has four solutions:

$$u_1 = \sqrt{z_1}, \quad u_2 = -\sqrt{z_1}, \quad u_3 = \sqrt{z_2}, \quad u_4 = -\sqrt{z_2};$$

$$y_1 = u_1 k, \quad y_2 = -y_1, \quad y_3 = u_3 k, \quad y_4 = -y_3;$$

$$v_1 = \sqrt{d - ku_1^2}, \quad v_2 = -v_1, \quad v_3 = \sqrt{d - ku_3^2}, \quad v_4 = -v_3;$$

$$x_1 = \sqrt{v_1^2 + (a - d)}, \quad x_2 = -x_1, \quad x_3 = \sqrt{v_3^2 + (a - d)}, \quad x_4 = -x_3,$$

$$\text{where } z_{1,2} = \frac{a_2 \pm \sqrt{a_2^2 - 4a_1a_3}}{2a_1}, \quad a_1 = (a - d)^2 + 4bc, \quad a_2 = 2c^2(a - d) + 4c^2d, \quad a_3 = c^4.$$

The solution of system (10) is a set of four matrices:

$$A_1 = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ u_1 & v_1 \end{bmatrix}, \quad A_2 = \begin{bmatrix} -x_1 & -y_1 \\ -u_1 & -v_1 \end{bmatrix}, \quad A_3 = \begin{bmatrix} x_3 & y_3 \\ u_3 & v_3 \end{bmatrix}, \quad A_4 = \begin{bmatrix} -x_3 & -y_3 \\ -u_3 & -v_3 \end{bmatrix}.$$

For physical realization, it is necessary that condition (9) be satisfied. It's obvious that

$$\begin{cases} \det A_1 = \det A_2 = 1, \\ \det A_3 = \det A_4 = -1, \\ \det A_1 = \det A_2 = -1, \\ \det A_3 = \det A_4 = 1. \end{cases}$$

Only two of the results obtained satisfy the condition of a reversible (mutual) four-terminal network. These results are identical.

Conclusions. For symmetrical four-terminal networks form (2), coefficients matrices $\sqrt[k]{A(l)} = A(l/k)$ are obtained in the similarity of homogeneous long lines. An analogous formula was obtained for asymmetrical four-terminal networks and formulas for determining the elements of the matrix of $\sqrt{A}$ coefficients were derived.

References

1. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. – СПб.: Лань, 2009.- 592 с.
2. Жуховицкий Б.Я., Негневицкий И.Б. Теоретические основы электротехники. Т.2.-М.: Энергия, 1972.- 200 с.
3. Аюнджян Г.Д., Сафарян В.С. Новая модель режима однородной линии // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. -2005.-Т.LVIII, N3.-С.494-497.

25.05.2017.

Գ.Վ. Հարությունյան

ՔԱՌԱՐԵՎԵՐԸ ՇՆԹԱՅԱԿԱՆ ՍԻՆՄԱՅՈՎ ՀԱՄԱՐԺԵՔ ՓՈԽԱՐԻՆԵԼՈՒ ՄԱՍԻՆ

Հետազոտվել են սիմետրիկ և ոչ սիմետրիկ քառաբևեռներ համասեռ շղթայական սխեմայով համարժեք փոխարինման տեսակետից: Փոխարինման անհրաժեշտությունը առաջանում է, երբ շղթայական սխեմայի ռեժիմային պարամետրերի (հոսանք, լարում) թվային արժեքները ստացվում են i -րդ և $(i+1)$ -րդ ($i \in N$) սեղմանների միջև: Սիմետրիկ քառաբևեռի տրոհման արդյունքում ստացված շղթայական սխեմայի քառաբևեռի A մատրիցի պարամետրերի որոշման համար, կիրառվում է բաշխված պարամետրերով էլեկտրական շղթայի տեսությունը: Ոչ սիմետրիկ քառաբևեռի տրոհման արդյունքում ստացված շղթայական սխեմայի քառաբևեռի A մատրիցի պարամետրերի որոշման համար բերվում է անալիտիկ լուծում:

Առանցքային բառեր. բաշխված պարամետրերով շղթաներ, սիմետրիկ քառաբևեռ, ոչ սիմետրիկ քառաբևեռ, A պարամետրերի մատրից, համասեռ շղթայական սխեմա:

Г.В. Арутюнян

ОБ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ЗАМЕНЕ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА ЦЕПНОЙ СХЕМОЙ

Исследованы симметричные и несимметричные четырехполюсники с точки зрения их эквивалентной замены однородной цепочечной схемой. Необходимость в этом появляется, когда численные значения интересующих режимных параметров (ток, напряжение) получаются между i -ым и $(i+1)$ -ым ($i \in N$) зажимами цепочки. Для определения элементов матрицы A параметров при дроблении симметричного четырехполюсника используется теория линии с распределенными параметрами. Для определения элементов матрицы A параметров при дроблении несимметричного четырехполюсника приводится аналитическое решение.

Ключевые слова: цепи с распределенными параметрами, симметричный четырехполюсник, несимметричный четырехполюсник, матрица A параметров, однородная цепная схема.

Harutyunyan Gohar Vachagan - National Polytechnic University of Armenia, Laboratory assistant of the Department of Electrical Engineering and Electric Drive of the Institute of Power Engineering and Electrical Engineering

Э.К. Аракелян, С.А. Минасян, К.А. Андрияшин

ПРИМЕНЕНИЕ МОТОРНОГО РЕЖИМА НА ПАРОВЫХ ТУРБИНАХ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Исследованы техническая возможность и экономическая целесообразность применения моторного режима паровой турбины ПГУ-450 как способа резервирования ее мощности. Показано, что при работе парогазовой установки (ПГУ) в конденсационном режиме перевод паровой турбины в моторный режим с полным остановом газовых турбин и котлов-утилизаторов с целью резервирования мощности ПГУ-450 на 9...11 час экономически целесообразнее, чем при останове паровой турбины. Применение моторного режима на паровой турбине при работе ПГУ в теплофикационном режиме позволяет снизить нижнюю границу регулировочного диапазона ПГУ-450 до 40...45% от номинальной мощности с одновременным увеличением генерации тепловой энергии. Применение такого режима работы ПГУ экономически оправдано в пределах 5...6 часов.

Ключевые слова: техническая возможность, экономическая целесообразность, паровая турбина, моторный режим, резервирование мощности, длительность пуска, сокращение, прибыль станции, затраты топлива и электроэнергии, график-задание пуска, расширение, регулировочный диапазон.

В настоящее время в энергосистемах различных стран, в том числе России и Армении, активно внедряются мощные парогазовые установки с котлами-утилизаторами, являющиеся одним из наиболее распространенных типов генерирующих установок на природном газе в мировой энергетике. Учитывая их высокую экономичность, особенно теплофикационного типа, в большинстве случаев они проектируются для эксплуатации преимущественно в базовом режиме с минимальным количеством пусков и изменений нагрузки.

Вместе с тем в процессе эксплуатации ПГУ, особенно при привлечении их к регулированию мощности энергосистемы, выявились проблемы, характерные для оборудования ПГУ на частичных нагрузках, в частности: ухудшение экологических характеристик; заметное снижение экономичности работы газовых турбин и ПГУ в целом при работе их ниже определенной мощности; снижение надежности работы газовой и паровой турбин и ряд других, что ограничивает регулировочный диапазон энергоблока. Так, нижняя граница регулировочного диапазона ПГУ-450 находится на уровне 59...62% от максимальной нагрузки, что значительно уступает аналогичному показателю конденсационных энергоблоков на газомазутном топливе. Использование же режима останова части оборудования – одной из газовых турбин и соответствующего котла-утилизатора с целью расширения регулировочного диапазона ПГУ-450, как показывает опыт эксплуатации, связано со снижением маневренности и надежности работы ПГУ.

Еще одна эксплуатационная проблема ПГУ заключается в том, что показатели маневренности газовых и паровой турбин сильно отличаются друг от друга. Так, после останова на ночь газовая турбина пускается за 10...15 мин, тогда как для пуска паровой турбины требуется 60...65 мин. Это приводит к тому, что при резервировании мощности ПГУ путем их останова в целом общая длительность последующего пуска определяется в основном временем пуска паровой турбины. Кроме того, вынужденный сброс выработанного котлом-утилизатором ПГУ пара в конденсатор из-за неготовности паровой турбины к приему пара приводит к значительным потерям тепла и топлива в процессе пуска [1].

Очевидно, что почти полное использование регулировочного диапазона традиционных тепловых электростанций (ТЭС) в ближайшей перспективе вынужденно приведет все в более широких масштабах к останову с последующим пуском на время провалов нагрузки ночью и в выходные дни высокоэкономичных блоков, в том числе и ПГУ.

Работа оборудования в условиях частых пусков и остановов приводит к его повышенному износу, вызывающему снижение экономичности и надежности. Это необходимо иметь в виду при решении вопроса о режиме работы энергоблоков в условиях переменного графика нагрузок. Особенно трудно предотвратить снижение надежности и экономичности турбоагрегатов при быстрых пусках, необходимых для регулирования нагрузки энергосистемы.

Существующая практика перевода энергоблоков в режим с минимальной нагрузкой в пределах регулировочного диапазона не всегда оправдана с точки зрения как экономичности, так и надежности.

Альтернативным способом вывода энергоблоков в резерв с полным снятием активной нагрузки является моторный режим (МР). Под МР турбоагрегата понимают режим его работы без подачи рабочего пара в головную часть турбины через ее паровпускные органы без отключения генератора от сети. При этом турбогенератор работает в качестве двигателя с синхронной частотой вращения, потребляя из сети активную мощность, необходимую для компенсации механических и вентиляционных потерь мощности в турбине, а также электрических и вентиляционных потерь в турбогенераторе; в турбину подаётся незначительное количество пара для охлаждения проточной части цилиндров, а в конденсаторе поддерживается номинальный вакуум, что обеспечивает поступление пара в конденсатор и его конденсацию [2].

На рис. 1 приведена упрощенная тепловая схема реализации моторного режима на паровой турбине Т-150-7.7 энергоблока ПГУ-450.

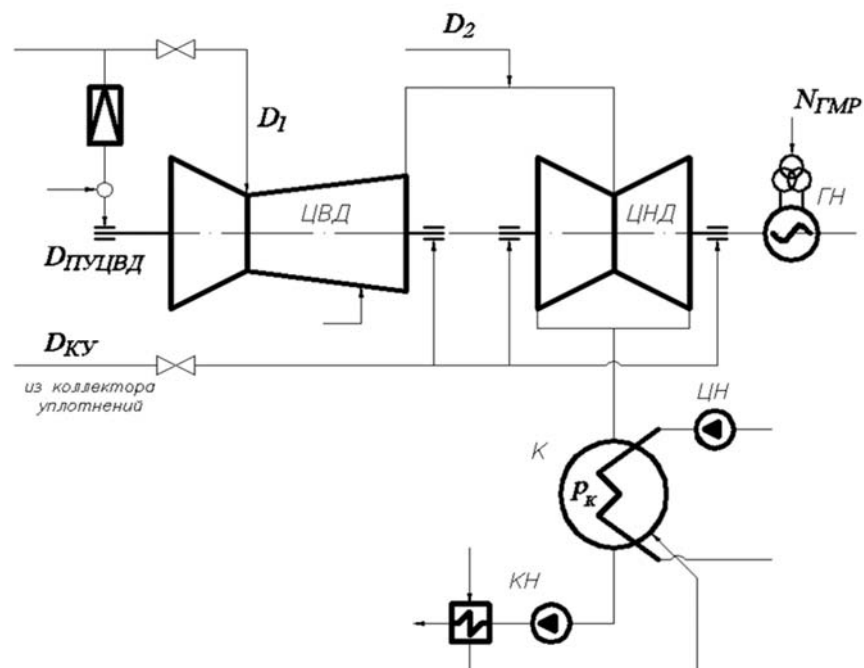


Рис. 1. Расчетная схема подачи пара на уплотнения и в проточную часть турбины Т-150-7 при переводе ее в моторный режим: ЦВД — цилиндр высокого давления; ЦНД — цилиндр низкого давления; ГН — генератор; ЦН — циркуляционный насос; КН — конденсационный насос; К — конденсатор

При работе ПГУ в конденсационном режиме МР может быть применен как способ резервирования мощности ПГУ при прохождении провалов графика электропотребления, при аварийных и недлительных остановках (на 8...10 час) газовых турбин.

Для обеспечения надежной работы турбины в МР необходимо организовать подачу пара на уплотнения и в проточную часть:

- 1) подача свежего пара на передние концевые уплотнения - $D_{ПУЦВД}$ (температура - 160...220 °С) и на впуск ЦВД - D_1 (давление - 0,1 МПа, температура - 450 °С, расход - 0,1...0,30 кг/с);
- 2) подача пара на задние концевые уплотнения ЦВД и на уплотнения ЦНД из коллектора пара уплотнений - $D_{КУ}$ (температура - 160...180 °С);
- 3) подача на впуск ЦНД охлаждающего пара от линии подачи пара на ПСГ-2 соседней турбины - D_2 (давление - 0,1 МПа, температура - 100 °С, расход - от 0,3 до 3,33 кг/с в зависимости от давления в конденсаторе);

4) при необходимости, для стабилизации температурного состояния последних ступеней ЦНД (при давлении в конденсаторе выше 0,011 МПа) включается штатная система впрыска конденсата в выхлопной патрубок ЦНД.

Как показали расчетные исследования температурного состояния ступеней турбины Т-150-7 в моторном режиме, результаты которых изложены в [2], предложенная схема подачи охлаждающего пара в турбину при ее работе в МР при давлении в конденсаторе 0,004...0,008 МПа обеспечивает отклонение температуры металла ступеней турбины не более чем на 30...35 °С по отношению к температуре номинального режима. При этом длительность стабилизации температурного состояния лопаток паровой турбины составляет 10...15 мин, после чего турбина может работать в таком режиме длительное время.

Одной из особенностей работы паровой турбины в МР является возможность управления ее температурным состоянием путем изменения расходов и параметров охлаждающих потоков пара, что позволяет перед ее пуском создать необходимое тепловое состояние паровпускных элементов паровой турбины в соответствии с требованиями пусковой инструкции к подаче пара из котлов-утилизаторов при пуске ПГУ из остановленного состояния. Это означает, что набор нагрузки на паровой турбине может идти параллельно нагружению газовых турбин, при этом газовые турбины могут пускаться параллельно. При низких параметрах и малых расходах пара высокого и низкого давлений его можно подать в паровую турбину с использованием возможностей схемы моторного режима, а по мере их повышения — по типовой схеме, что полностью исключает или максимально снижает пропуск пара в конденсатор через БРОУ. С учетом указанных особенностей составлен ориентировочный график-задание пуска ПГУ (рис. 2), из которого видно, что длительность пуска ПГУ составляет около 40 мин вместо 80...85 мин при пуске ПГУ после останова на 8...10 час с остановом паровой турбины [5].

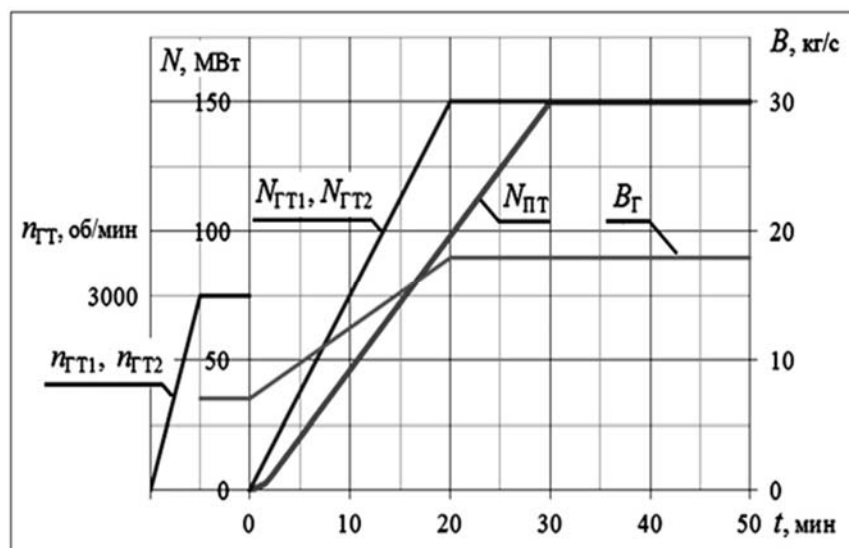


Рис. 2. Рекомендуемый график-задание пуска ПГУ в варианте перевода паровой турбины в МР; $n_{ГТ1}, n_{ГТ2}, n_{ПТ}$ — обороты 1-й и 2-й газовых турбин и паровой турбины; $N_{ГТ1}, N_{ГТ2}, N_{ПТ}$ — мощности 1-й и 2-й -газовых турбин и паровой турбины; $B_{ГТ}$ — расход натурального топлива (газа)

Для сравнения эффективности применения МР рассматривается прибыль станции в период резервирования и последующего пуска оборудования и нагружения ПГУ до номинальной нагрузки для вариантов полного останова оборудования ПГУ и перевода паровой турбины в МР.

В первом варианте прибыль станции обусловлена продажей электроэнергии, выработанной на этапе пуска ($S_{ЭОПР}$), и затратами: на топливо на этапах резервирования ($S_{ТР}$) и пуска ПГУ ($S_{ТП}$); затратой электроэнергии на собственные нужды при пуске ($S_{ЭСНП}$) т.е.

$$S_1 = S_{ЭОПР} - S_{ТР} - S_{ТП} - S_{ЭСНП}, \quad (1)$$

или

$$S_1 = c_{\mathcal{E}} \mathcal{E}_{\text{ОПР}} (1 - \alpha_{\text{СНОПР}}) - c_T (B_{\text{ЭОПР}} + \Delta B_{\text{ПРОПР}} \tau_{\text{ПР}}), \quad (2)$$

где $C_T, C_{\mathcal{E}}$ - соответственно стоимость топлива (руб/мт) и электроэнергии (руб/МВт·ч); $B_{\text{ЭОПР}}$ - расход топлива при пуске ПГУ (МВт·ч); $\mathcal{E}_{\text{ОПР}}$ - выработка электроэнергии в процессе пуска (МВт·ч); $\alpha_{\text{СНОПР}}$ - средняя доля механизмов собственных нужд; $\tau_{\text{ПР}}$ - длительность останова блока в резерв (час); $\Delta B_{\text{ПРОПР}}$ - приведенные затраты топлива ПГУ в режиме резервирования (мт·ч).

При останове ПГУ с переводом паровой турбины в МР прибыль станции будем рассчитывать за период

$$\tau_{\text{МР}} = \tau_{\text{ПР}} + \tau_{\text{ПОПР}}, \quad (3)$$

где $\tau_{\text{ПОПР}}$ — длительность пусковых операций ГТУ в первом варианте.

Прибыль станции во втором варианте складывается из следующих составляющих:

- продажа электроэнергии, выработанной ПГУ в процессе пуска и при работе на номинальной нагрузке за время, равное разности длительности пусковых операций в сравниваемых вариантах, т.е.

$$\Delta \tau_{\text{ОПР-МР}} = \tau_{\text{ПОПР}} - \tau_{\text{ПМР}}; \quad (4)$$

- затраты на топливо и электроэнергию на пуск ПГУ без паровой турбины;
- затраты на топливо при работе на номинальной нагрузке;
- затраты на осуществление моторного режима.

С учетом перечисленных составляющих прибыль станции в варианте с переводом паровой турбины в МР составит

$$S_2 = c_{\mathcal{E}} (\mathcal{E}_{\text{МР}} (1 - \alpha_{\text{СНМР}}) + N_{\text{НПГУ}} \Delta \tau_{\text{ПОПР-МР}}) - c_T \left(B_{\text{ПЭМР}} + b_{\text{НПГУ}} N_{\text{НПГУ}} \Delta \tau_{\text{ПОПР-МР}} + \Delta B_{\text{ПРМР}} \tau_{\text{ПР}} \right) - S_{\text{МР}} \tau_{\text{ПР}}, \quad (5)$$

где $B_{\text{ПЭМР}}, \mathcal{E}_{\text{МР}}$ - расход топлива и выработка электроэнергии при пуске ПГУ с МР; $N_{\text{НПГУ}}$ - номинальная мощность ПГУ (МВт); $\Delta B_{\text{ПРМР}}$ - приведенные часовые затраты топлива на остановленной в резерв ПГУ без паровой турбины; $b_{\text{НПГУ}}$ - средний удельный расход условного топлива на ПГУ при номинальной нагрузке; $S_{\text{МР}}$ - суммарные затраты на МР.

Из условия энергетической целесообразности применения МР $S_2 \leq S_1$ после несложных преобразований получим расчетное выражение для оценки длительности провала, до которой применение МР по отношению с остановом паровой турбины при резервировании ПГУ выгоднее:

$$\tau_{\text{ПР}} \leq \frac{C_{\mathcal{E}} [\mathcal{E}_{\text{МР}} (1 - \alpha_{\text{СНМР}}) + N_{\text{НПГУ}} \Delta \tau_{\text{ПОПР-МР}} - \mathcal{E}_{\text{ОПР}} (1 - \alpha_{\text{СНОПР}})] - C_T (B_{\text{ЭМР}} + b_{\text{Н}} N_{\text{НПГУ}} - B_{\text{ЭОПР}})}{C_{\mathcal{E}} (N_{\text{ГМР}} + N_{\text{СНМР}}) + C_T (\Delta B_{\text{ПРМР}} - \Delta B_{\text{ПРОПР}} + b_{\text{СР}} \Delta N_{\text{ПНТ}})}. \quad (6)$$

Расчеты показали, что при средней цене электроэнергии на рынке электроэнергии 1250 руб/МВт·ч, средней стоимости условного топлива 3222 руб/мт и при удельном расходе топлива ПГУ 450 на номинальной нагрузке 0,3 кгт/МВт·ч величина $\tau_{\text{ПР}}$ составляет соответственно 11,5 и 14,0 часа соответственно в летнем и зимнем режимах работы ПГУ.

По сравнению с конденсационным режимом работы ПГУ, в теплофикационном режиме при переводе паровой турбины в МР появляется дополнительное условие, связанное с необходимостью обеспечения заданного объема отпуска тепла тепловым потребителям.

Для обеспечения этого условия предлагается следующая технология работы ПГУ-450 при переводе паровой турбины в МР:

- разгрузка ПГУ в соответствии с эксплуатационной инструкцией до допустимой нагрузки газовых турбин, например, по экологическому ограничению (назовем эту нагрузку “базовой”);

- дальнейшее разгружение блока по электрической нагрузке - при постоянной мощности газовых турбин - за счет снижения электрической мощности паровой турбины и увеличения генерации тепла путем применения обводного парораспределения, вплоть до полного снятия электрической нагрузки с паровой турбины с переводом ПГУ в режим ГТУ-ТЭЦ, когда весь пар, поступающий с котлов-утилизаторов, сбрасывается в сетевые подогреватели, но вместо останова паровой турбины она переводится в моторный режим.

При работе паровой турбины ПГУ в МР в теплофикационном режиме технология перевода паровой турбины в МР, схема подачи пара на уплотнения и на охлаждение ее проточной части такие же, что и в конденсационном режиме, но имеются и некоторые отличия:

- так как газовые турбины и котлы-утилизаторы остаются в работе, пар на охлаждение проточной части паровой турбины отбирается из соответствующих паропроводов подачи пара (помимо паровой турбины) на сетевые подогреватели (рис.1), в том числе: на передние уплотнения ЦВД - от паропровода пара высокого давления через РОУ1; на паровпуск ЦВД - от паропровода высокого давления через байпасную линию ГПЗ; на ЦНД - или от линии подачи пара высокого давления на ПСГ-1 через РОУ 2, либо от линии подачи пара низкого давления на ПСГ 1, при этом, в случае необходимости, производится охлаждение пара в смесителе СМ4 конденсатом из конденсатора;

- общий расход пара, поступающего в конденсатор, такой же, что в конденсационном режиме, но при этом давление в конденсаторе может иметь более высокие значения. Это обусловлено тем, что температура основного конденсата, поступающего в газовый подогреватель конденсата (ГПК), при его расходе, равном сумме расходов конденсата из конденсатора и конденсата из охладителя конденсата нижнего сетевого подогревателя, должна быть не ниже 60 градусов.

На рис. 3 приведена упрощенная расчетная схема паровой турбины Т-150-7 и системы теплофикации ПГУ – 450 при работе ее в теплофикационном режиме с переводом паровой турбины в МР.

Перевод паровой турбины в МР при работе ПГУ в теплофикационном режиме на нижней границе регулировочного диапазона ГТУ (“базовый” режим – 280...290 *МВт*) позволяет снизить электрическую мощность ПГУ на величину, равную мощности паровой турбины в базовом режиме (90 *МВт*) плюс мощности, забираемой генератором из сети (1,5...2,5 *МВт* в зависимости от давления в конденсаторе). Одновременно с этим увеличивается выработка тепла в количестве, почти эквивалентном электрической мощности паровой турбины в “базовом” режиме. Принимается, что “лишнее” тепло может быть аккумулировано в баке-аккумуляторе с последующим его использованием в часы максимальной тепловой нагрузки.

Очевидно, что экономическая эффективность применения МР будет зависеть от:

- системного эффекта, связанного с возможностью расширения регулировочного диапазона по электрической нагрузке;

- станционного эффекта, связанного с дополнительной генерацией тепла и зависящего от способа ее реализации.

Для оценки экономической целесообразности перевода паровой турбины в МР сравним два варианта работы ПГУ при прохождении провала электрической нагрузки по величине прибыли станции за период прохождения провала и последующего пуска и нагружения ПГУ до номинальной нагрузки:

вариант 1: перевод ПГУ в режим ГТУ-ТЭЦ с остановом паровой турбины;

вариант 2: перевод ПГУ в режим ГТУ-ТЭЦ с переводом паровой турбины в МР.

Примем следующие условия для сравнения (применительно к ПГУ-450):

- газовые турбины и котлы-утилизаторы в обоих вариантах остаются в работе с нагрузками, соответствующими “базовой” нагрузке;

- принимается, что длительности процесса останова турбины и перевода ее в МР примерно одинаковы, не связаны с затратами топлива и электроэнергии и не влияют на результаты расчетов;

- генерированный в котлах-утилизаторах пар высокого и низкого давлений в обоих вариантах сбрасывается в ПСГ-1 и ПСГ-2, при этом тепловая схема подачи пара в ПСГ, параметры пара на ПСГ одинаковы;

- во втором варианте при работе паровой турбины в МР пар, необходимый на передние уплотнения, а также охлаждающий пар в ЦВД и ЦНД отбираются из линий подачи пара высокого и низкого давлений в соответствии с рис. 1, в связи с чем выработка тепла в этом варианте несколько меньше, чем в первом варианте;

- в обоих вариантах после пуска паровой турбины и нагружения ПГУ мощность газовых турбин составляет 150 МВт, мощность паровой турбины—108 МВт, тепловая нагрузка — 276 Гкал/ч.

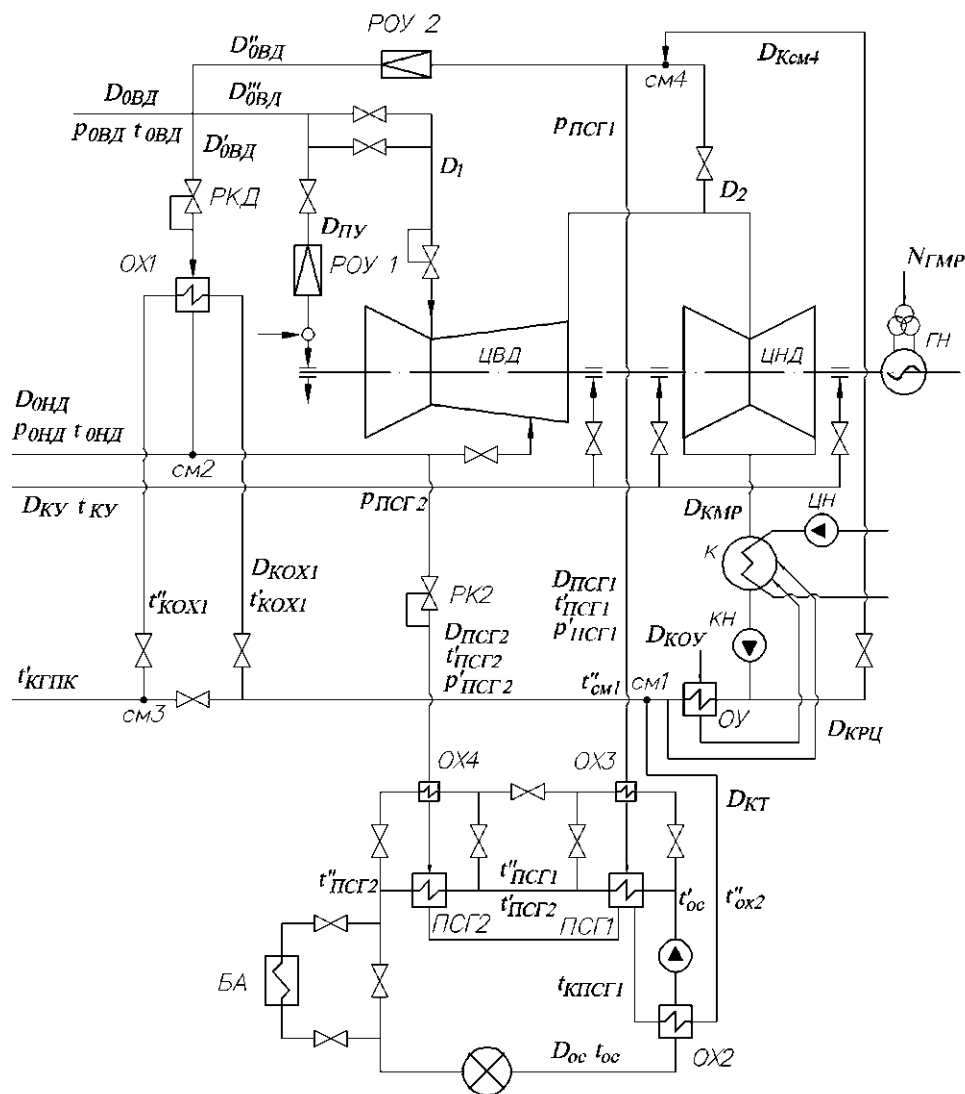


Рис. 3. Упрощенная тепловая схема паровой турбины Т-150-7 и системы теплофикации ПГУ- 450 при работе ее в теплофикационном режиме с переводом паровой турбины в МР

Особенность первого варианта заключается в том, что длительность пуска паровой турбины после останова на 6...10 час при работающих газовых турбинах и котлах-утилизаторах составляет не менее 30 мин. После набора оборотов, синхронизации и включения генератора в сеть нагружение паровой турбины до мощности 55...60 МВт производится в соответствии с пуском ПГУ при параллельном пуске газовых турбин, после чего газовые турбины и паровая турбины параллельно нагружаются до максимальной нагрузки при заданной тепловой нагрузке

паровой турбины. Длительность пусковых операций паровой турбины и нагружения ПГУ до номинальной мощности составляет 30,5 мин.

Особенностью пуска паровой турбины при выходе из МР является то, что тепловое состояние проточной части турбины таково, что допускается подача пара и высокого и низкого давлений, что ускоряет процесс нагружения паровой турбины и ПГУ в целом. Общая длительность выхода ПГУ на расчетную нагрузку по электроэнергии и тепла в этом варианте оценивается на уровне 15,5 мин.

Таким образом, при работе ПГУ-450 в теплофикационном режиме перевод ее в режим работы ПГУ-ТЭЦ с переводом паровой турбины в МР позволяет снизить нижнюю границу регулировочного диапазона с 290 до 200 МВт с одновременным увеличением выработки тепла.

Как показали расчеты, такой режим работы ПГУ экономически целесообразен в пределах 5...6 час.

Литература

1. **Arakelyan E.K., Andryushin A.V., Andryushin K.A.** Increased reliability, manoeuvrability and durability of steam turbines through the implementation of the generator driving mode // WIT Transactions on Ecology and The Environment. – Wit Press, 2016. -Vol. 205. - P. 95-105.
2. **Аракелян Э.К., Андрияшин К.А., Безделгин И.Ю.** Исследование температурного состояния проточной части паровой турбины Т-125/150 при работе ее в беспаровом и моторном режимах // Электрические станции. – 2015.- № 6. - С. 21-26.
3. **Аракелян Э.К., Старшинов В.А.** Повышение экономичности и маневренности оборудования тепловых электростанций. - М.: Изд-во МЭИ, 1993.
4. Применение моторного режима на тепловых электрических станциях / **А.А. Мадоян, Б.Л. Левченко, Э.К. Аракелян и др.** - М.: Энергия, 1980.
5. Разработка исходных данных для проектирования АСУ ТП энергоблока № 11 ПГУ-450 ТЭЦ-21 Мосэнерго. Описание режимов работы блока ПГУ-450. —М.: ОАО «ВТИ», 2007.

05.09.2017.

**ՄԵԾ ՀՉՈՐՈՒԹՅԱՆ ՇՈԳԵԳԱԶԱՅԻՆ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔՆԵՐԻ
ՇՈԳԵՏՈՒՐԲԻՆՆԵՐԻ ՎՐԱ ՇԱՐԺԻԶԱՅԻՆ ՌԵԺԻՄԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ**

Հետազոտվել է ՇԳՏ-450 շոգեպտուրբինի շարժիչային ռեժիմի կիրառման տեխնիկական հնարավորությունը և տնտեսական նպատակահարմարությունը՝ որպես տուրբինի հզորության պահուստավորման եղանակ: Ցույց է տրվել, որ կոնդենսացիոն ռեժիմում շոգեգազային տեղակայանքի (ՇԳՏ) աշխատանքի ժամանակ շոգեպտուրբինի՝ շարժիչային ռեժիմ փոխելը, գազատուրբինների եւ օգտահանիչ կաթսաների լրիվ շարժականգով՝ 9...11 ժամով ՇԳՏ-450-ի հզորության պահուստավորման նպատակով, տնտեսապես ավելի նպատակահարմար է, քան տուրբինի շարժականգի դեպքում: ՇԳՏ-ի՝ ջերմաֆիկացիոն ռեժիմում աշխատանքի ժամանակ ջերմատուրբինի վրա շարժիչային ռեժիմի կիրառումը հնարավորություն է տալիս ՇԳՏ-450-ի կարգավորման փրոյեկտի ներքին սահմանը իջեցնել անվանական հզորության մինչև 40-45%՝ միաժամանակ ավելացնելով ջերմային էներգիայի գեներացումը: ՇԳՏ-ի աշխատանքի այսպիսի ռեժիմի կիրառումը 5...6 ժամի սահմաններում տնտեսապես արդարացված է:

Առանցքային բառեր. տեխնիկական հնարավորություն, տնտեսական նպատակահարմարություն, շոգեպտուրբին, շարժիչային ռեժիմ հզորության պահուստավորում, գործածման տևողություն, կրճատում, կայանի շահույթը, վառելիքի և էլեկտրաէներգիայի ծախսեր, գործարկման գրաֆիկ- առաջադրանք, ընդլայնում, կարգավորող փրոյեկտ:

E.K. Arakelyan, S.A. Minasyan, K.A. Andryushin

**APPLICATION OF MOTOR MODE ON STEAM TURBINES OF HIGH POWER
COMBINED-CYCLE PLANTS**

Technical feasibility and economic reasonability of application of motor mode of steam turbine ПГУ-450 as a means of reservation of its power are studied. It is shown that while working combined-cycle plant ПГУ -450 in condensation mode, the transfer of steam turbines into motor mode with full break of gas turbines and recovery boilers with the purpose of reservation of ПГУ -450 power is 9...11 hours economically reasonable than while steam turbine break. Application of motor mode on steam turbine at ПГУ -450 work in heat-extraction mode allows to reduce the lower boundary of adjusting range of ПГУ-450 up to 40...45 % from nominal power with simultaneous increase of generation of heat energy. Application of such a work mode of ПГУ -450 is economically justified within the limits of 5...6 hours.

Keywords: technical feasibility, economic reasonability, steam turbine, motor mode, reservation of power, duration of triggering, reducing, station profit, expenditures of fuel and electricity, chart-task of triggering, expansion, adjusting range.

Аракелян Эдик Койрунович – д.т.н., профессор каф. АСУТП НИУ (МЭИ)

Минасян Сергей Ашотович – д.т.н., профессор (НПУА)

Андрушин Кирилл Александрович – аспирант каф. АСУТП НИУ (МЭИ)

THE DEPENDENCE OF LIGHT REFLECTANCE RATE FROM THE INCIDENCE ANGLE

The dependence of rate of reflected energy of solar rays from different reflective surfaces versus the incidence angle is analyzed. It is shown that for most interfaces between materials, the fraction of the solar light that is reflected increases with increasing the angle of incidence. It is recommended to take into consideration the dependence of reflected energy of solar rays from different reflective surfaces versus the incidence angle during the design of different solar energy systems.

Keywords: solar, energy, light, reflectivity, angle, incidence.

Introduction. Nowadays the development of different solar energy systems is a highly important task since the future energy problems can be solved with the use of solar energy. The solar energy systems allow to transform the solar energy into heat or electric energies. In these systems the solar rays are incident to the surfaces of different materials as the glasses, mirrors, semiconductors, etc. Consequently it is important to investigate the interaction of light with different materials used in solar energy systems.

As it is known different concentrators are used in solar energy systems which concentrate the solar rays by reflecting or refracting on the smaller areas where the receivers-transformers are placed. The mirror reflecting concentrating systems can be the point focus parabolic, line focus parabolic trough, concave or other types. The mirrors are used in all these devices and the system efficiencies are highly influenced by reflective properties of the mirrors. Consequently various investigations are conducted for determination of reflective properties of the mirrors.

In the other field of solar energy systems it is important to have different protective surfaces having minimum reflectivity and maximum absorbance. For these purposes different antireflection coatings are investigated and developed.

In all above mentioned cases mainly the spectral characteristics of light and surface interaction (reflectivity, absorption) are investigated [1, 2]. Comparatively rarely the dependence of light reflectance from the incidence angle is investigated. But the properties of all mirror reflective concentrators, antireflection coatings and different optical parts are strongly depending on light incidence angle. The importance of this task and the ways of the problem solution are evaluated in this paper.

The dependence of light reflectivity from the incident angle. It is known that the part of incidence light is reflected from the surface and the other part of light is refracted (Fig.1). Note that $\theta_i = \theta'_i$ and the refraction angle is defined from the Snell's law $n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_2$, where n_1 and n_2 are the index of refraction of material 1 and material 2.

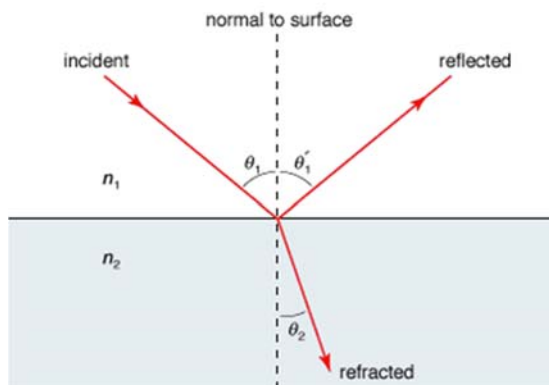


Fig.1. Interaction of light with a material

Type of reflection depends on surface of material (Fig.2). The specular reflection (Fig. 2-A) is generated by a smooth surface. Because the light ray's angle of incidence is equal to the angle of reflection ($\theta_i = \theta_r$), the specular materials frequently produce images on their surface (mirror). Diffuse reflection (Fig. 2-B) is generated by a rough surface.

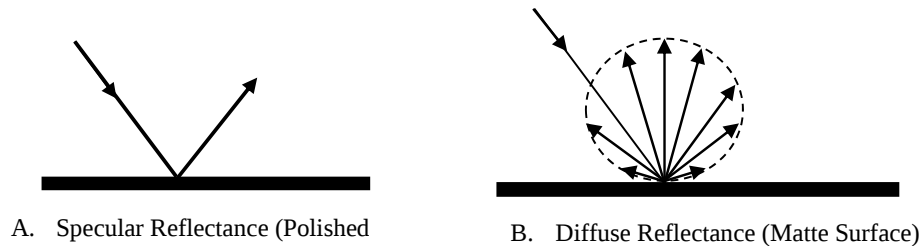


Fig.2. Types of reflection

In this case, because of the light ray's incidence angle gives rise to a multiplicity of reflection angles the images are not produced. Diffuse reflectance is how people see the world since the vast majority of objects in the world are diffuse reflectors. Further we shall consider only the specular reflection from smooth surfaces.

The reflected light energy from the smooth surfaces depends on incidence angle of light [3]. Fig. 3 shows a plot of the ratio of unpolarized light reflected over the total amount of incident light for different materials, as a function of the angle of incidence (which varies from 0 to 90°). Note that when the angle of incidence is equal to 90° exactly, all light is reflected. For water, only about 4% of the light is reflected when the angle of incidence is equal to zero (when the light direction and the surface normal are parallel, which we call normal incidence). Conductors (metals) and dielectrics (glass, water, plastic, etc.) have each their own set of Fresnel equations.

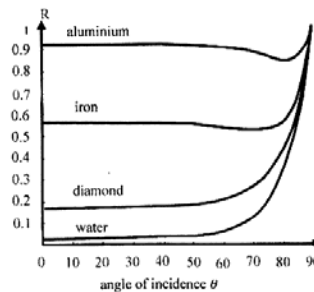


Fig.3. Plot of the Fresnel equation for different materials. R , the ratio of reflected light increases with the angle of incidence, θ_i

The reflected energy of sunlight depends on angle of incidence [4]. As it is shown in Fig.4, the reflected energy of sunlight from some common surfaces increases with increasing of incidence angle. As in the case of refraction, the reflection behavior of a medium is also related to its index of refraction ($n = C/V$, where C is the velocity of light in vacuum and V is the velocity of light in the medium). The lower the index of refraction for a medium is, the less light it reflects because the medium is allowing more of the incident beam to pass directly through. For example 'Steel' reflects more energy than 'Snow' and 'Snow' reflects more energy than 'solar glass with antireflection coating'.

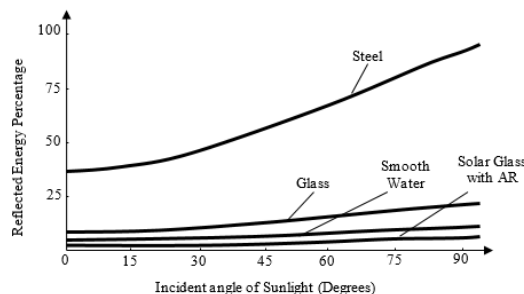


Fig. 4. Reflected energy of solar rays from common reflective surfaces versus the incidence angle

It can be seen that the reflected energy percentage of Solar Glass is far below that of all materials.

Thus the reflected energy of light depends on angle of incidence and it must be considered during the design of different solar energy systems. But it must be noted that at present the solar reflective films are not characterized by this parameter. For example, the reflectance of solar reflective “ReflecTech” film, which is widely used in concentrating solar systems, is not characterized by light incidence angle [5].

The dependence of reflected energy from the incidence angle must be considered also during the design of different solar energy concentrating, as well as non-concentrating flat systems.

Conclusions

1. For most interfaces between materials, the fraction of the solar light that is reflected increases with increasing angle of incidence.
2. The dependence of reflected energy of light on angle of incidence must be considered during the design of different solar energy systems: mirror reflecting concentrated photovoltaic and thermal; flat photovoltaic modules; solar thermal collectors, etc.
3. The dependence of reflected energy of light on angle of incidence must be presented as one of important parameters during the certification of different mirrors.

References

1. **Martin N., Chenlo F.** Characterization of mirrors for PV concentrators // Proceedings of the 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference, 4-8 September, 2006.-Dresden, Germany, 2006.-P. 2183-2184.
2. **Helgesson A.** Optical Characterization of Solar Collectors from Outdoor Measurements Incidence Angle Dependence of Asymmetric Collectors // Division of Energy and Building Design Department of Construction and Architecture Lund University, Lund Institute of Technology.-2004.-P.172.
3. www.scratchapixel.com
4. **Shields M.** PV Systems: Low Levels of Glare and Reflectance vs. Surrounding Environment // SUNPOWER.-2010.-P.9.
5. [http://www.reflectechsolar.com/pdfs/Brochure\(ReflecTech\).pdf](http://www.reflectechsolar.com/pdfs/Brochure(ReflecTech).pdf)

05.12.2016.

Ռ.Ռ. Վարդանյան

ԼՈՒՅՍԻ ԱՆԴՐԱԴԱՐՁՄԱՆ ԶԱՓԻ ԿԱՆՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱՆԿՄԱՆ ԱՆԿՅԱՆ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆԻՑ

Վերլուծվել է տարբեր մակերեսներից անդրադարձած արևի ճառագայթների էներգիայի չափի անկման անկյան մեծությունից կախվածությունը: Ցույց է տրվել, որ շատ նյութերի բաժանման մակերեսների համար անդրադարձված լույսի մասնաբաժինը մեծանում է անկման անկյան մեծացմանը զուգընթաց: Առաջարկվում է արևային էներգետիկ տարբեր սարքեր նախագծելիս հաշվի առնել արևային ճառագայթների անդրադարձված էներգիայի մեծության կախվածությունը անկման անկյունից:

Առանցքային բառեր. արևային, էներգիա, ճառագայթ, անկյուն, անկում:

Р.Р. Варданян

ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ОТРАЖЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА ОТ УГЛА ПАДЕНИЯ

Анализируется зависимость величины отраженной энергии солнечных лучей от угла падения при отражении от различных поверхностей. Показано, что для многих поверхностей раздела между материалами доля отраженных лучей увеличивается с ростом угла падения света. Предлагается при проектировании различных солнечных энергетических систем учитывать зависимость отраженной энергии солнечных лучей от угла падения.

Ключевые слова: солнечный, энергия, луч, отражение, угол, падение.

Vardanyan Ruben Rafael – Dr., Prof. at NPUA

ՀՏԴ 621.311.212 (072)

ԷԼԵՐԳԵՏԻԿԱԼ

Հ.Մ. Թադևոսյան, Պ.Ս. Մանուկյան, Ա.Պ. Մանուկյան, Մ.Լ. Խաչատրյան

ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՑԱՆՑԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱՊԵՍ ՇԱՀԱՎԵՏ ԼԱՐՄԱՆ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Կատարվել է էլեկտրական ցանցերի լարման ընտրության սկզբունքների մանրամասն ուսումնասիրություն: Ստացվել են ավելի պարզ բանաձևեր տարեկան բերված ծախսերը, կապիտալ ներդրումները և էլեկտրաէներգիայի կորուստները որոշելու համար, կախված լարման մեծությունից: Առաջարկվել է տնտեսապես շահավետ լարման ցուցանիշների որոշման ալգորիթմը:

Առանցքային բառեր. կապիտալ ներդրումներ, տնտեսապես շահավետ լարում, էներգիայի կորուստներ, նվազագույն ծախսեր, էներգիայի հաղորդման ինքնարժեք:

1. Գծային անվանական լարումները. Էներգետիկական համակարգերի սարքավորումները բնորոշվում են անվանական լարումներով, որոնց դեպքում դրանք աշխատում են նորմալ և տնտեսապես շահավետ ռեժիմներում: Անվանական լարման մեծությունը բերվում է գեներատորի, տրանսֆորմատորների, շարժիչների ցուցատախտակների վրա: Գծերի անվանական լարումները համընկնում են դրանց սկզբնական և վերջնական լարումների միջին արժեքի հետ:

Աղյուսակ 1-ում բերված են գեներատորների, տրանսֆորմատորների, էլեկտրաընդունիչների և ցանցերի գծային անվանական լարումները:

Աղյուսակ 1

Էլեկտրաընդունիչների և ցանցերի գծային անվանական լարումները

Ընդունիչների և ցանցերի անվանական լարումները	Գծային անվանական լարումները. կՎ		
	Գեներատոր	Տրանսֆորմատոր	
		Առաջնային փաթույթ	Երկրորդային փաթույթ
0.38	0.4	0.38	0.4
6	6.3	6 և 6.3	6.3 և 6.6
10	10.5	10 և 10.5	10.5 և 11
35	-	35	38.5
110	-	110	121
220	-	220	242
330	-	330	347
400	-	400	420
500	-	500	525

2. Լարման ընտրության սկզբունքները. Ցանցի անվանական լարման մեծությունը մեծ ազդեցություն է գործում նրա տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների վրա: Ավելի մեծ լարման դեպքում բարձրանում է գծի հաղորդման հատկությունը, փոքրանում է հաղորդալարի հատույթը, ցածրանում են հզորության, էլեկտրաէներգիայի և լարման կորուստները: Միաժամանակ լարման բարձրացումը պարզեցնում է ենթակայանների միացումների սխեմաները և հնարավորություն է ստեղծում ցանցերի հետագա զարգացման համար [1]: Մյուս կողմից՝ ավելի բարձր լարման ցանցերում մեծանում է էլեկտրական սարքերի արժեքը (տրանսֆորմատորներ, հենարաններ, կոմուտացիոն սարքեր):

Գրականության մեջ [1,2] բերվում են մոտավոր բանաձևեր լարման մեծության ընտրության համար: Այդ բանաձևերում հաշվի չի առնվում էլեկտրական սարքերի և էլեկտրաէներգիայի արժեքների փոփոխության դինամիկան: Այդպիսի հաշվարկների հիման վրա մշակված են նաև աղյուսակներ գծերով հաղորդվող հզորությունների համար՝ կախված լարման և գծի երկարության մեծություններից [1- 4]: Աշխատանքում բերված են AC տիպի օդային գծերի կառուցվածքային պարամետրերը: Բերված են նաև գծերով հաղորդվող հզորությունների մեծությունները՝ կախված լարման մեծությունից և գծի երկարությունից, ըստ հոսանքի ճշտված խտության [5]:

Վերը նշվածից հետևում է, որ լարման բարձրացման դեպքում նվազում են հաղորդման գծերի տարեկան շահագործման ծախսերը, որոնց մեջ կարևոր դեր ունի տարեկան էլեկտրաէներգիայի կորուստների արժեքը [5]:

Աշխատանքում բերված են պարզագույն բանաձևեր օդային և մալուխային գծերում էլեկտրաէներգիայի կորուստների հաշվարկի համար՝ կախված գծերի երկարություններից և լարումների մեծություններից [5]: Այս բանաձևերով ստացված արդյունքները բերված են աղյուսակ 2-ում:

Աղյուսակ 2-ի տվյալներից երևում է, որ գծերում էլեկտրաէներգիայի կորուստների նվազեցման համար հնարավոր է մեծացնել հաղորդալարի հատույթը կամ բարձրացնել հաղորդման լարումը:

Աղյուսակ 2

Մոտակա անվանական լարումների համեմատության պայմանները			
Համեմատվող լարումները, Սգ – Սբ, կՎ	Հոսանքի շահավետ խտությունը, Ա/մմ ² Մաքսիմում օգտագ. տևողությ., ժամ		
	J = 1.0	J = 0.9	J = 0.8
	1000-3000	3000-5000	5000-8760
10-35	2.6·S·L = ΔB	2.9·S·L = ΔB	3.3·S·L = ΔB
35-110	0.7 · S · L = ΔB	0.8 · S · L = ΔB	0.9 · S · L = ΔB
110-220	0.16 · S · L = ΔB	0.18 · S · L = ΔB	0.2 · S · L = ΔB
220-330	0.05 · S · L = ΔB	0.06 · S · L = ΔB	0.065 · S · L = ΔB
330-400	0.02 · S · L = ΔB	0.022 · S · L = ΔB	0.025 · S · L = ΔB
400-500	0.02 · S · L = ΔB	0.022 · S · L = ΔB	0.025 · S · L = ΔB

Նշված հնարավոր տարբերակները կմեծացնեն հաղորդման գծերի կապիտալ ներդրումները, որի հետևանքով կմեծանան տարեկան բերված ծախսերը:

Պարզ է դառնում, որ հաղորդման գծի համար պետք է ընտրել այնպիսի լարում, որի դեպքում տարեկան ծախսերը կլինեն նվազագույնը՝ հաշվի առնելով հոսանքի շահավետ խտությունը, կապիտալ ներդրումների մեծությունը գծի կառուցման համար և նրա տարեկան շահագործման ծախսերը:

3. Տարեկան բերված ծախսերի ֆունկցիան. Լարումից կախված ծախսերի ֆունկցիան ստանալու համար օգտվենք բերված ծախսերի ֆունկցիայից [5] կախված հաղորդալարի հատույթից ցանկացած լարման համար:

$$V = 2AFLa + Ba, \quad (1)$$

$$F = I / j = S / \sqrt{3} U J \cos \varphi, \quad (2)$$

որտեղ A-ն հաղորդալարի միավոր արժեքն է օդային և մալուխային գծերի համար ($\eta p / \text{մ.մմ}^2$), F-ը հաղորդալարի շահավետ հատույթն է (մմ^2), L-ը գծի երկարությունն է (մ), I-ին գծի հաշվարկային հոսանքն է (Ա), J-ն հոսանքի շահավետ խտությունն է (Ա/մմ^2), S-ը գծի հաշվարկային հզորությունն է (կՎԱ), $\cos \varphi$ հզորության գործակիցն է, B-ն սարքավորումների արժեքն է (տրանսֆորմատորներ, հենարաններ, մեկուսիչներ և շինմոնտաժային աշխատանքներ)՝ կախված լարման մեծությունից ($\eta p a \text{մ}$); α -ն հատուցումների և հատկացումների գումարային գործակիցն է ($\alpha = 0.17$):

Տեղադրենք (2) արտահայտությունը (1)-ում՝

$$V = 2ASLa / \sqrt{3} \cdot U \cdot J \cdot \cos \varphi + Ba : \quad (3)$$

Օդային AC-տիպի գծերի համար ($A_1 = 30 \eta p / \text{մ.մմ}^2$), ընդունենք $\cos \varphi = 0.95$ ՝

$$V_1 = 6.2 \cdot SL / U \cdot J_1 + B_1 a : \quad (4)$$

Մալուխային AAB և ACB գծերի համար ($A_2 = 60 \eta p / \text{մ.մմ}^2$)

$$V_2 = 12.4 \cdot SL / U \cdot J_2 + B_2 a : \quad (5)$$

Մալուխային ABB և AΠB Գ գծերի համար ($A_3 = 90 \eta p / \text{մ.մմ}^2$).

$$V_3 = 18.6 \cdot SL / U \cdot J_3 + B_3 a : \quad (6)$$

Հոսանքի շահավետ խտությունների J₁, J₂, J₃-ի արժեքները բերված են աղյուսակ 2-ում:

Ներկա շուկայական տնտեսության պայմաններում ծախսերի հաստատուն բաղադրիչների արժեքները (B₁, B₂, B₃) չեն կարող բերվել տեղեկատվություն: Դրանց որոշման համար պետք է կապվել սարքավորումների արտադրողների հետ համացանցի միջոցով:

4. Տնտեսապես շահավետ լարման որոշումը. Էլեկտրական ցանցերում, կախված գծերի երկարություններից և հաղորդվող հզորություններից, խնդրի լուծումը բերվում է երկու մոտակա ստանդարտային լարումներից մեկի ընտրությամբ: Այսինքն՝ համեմատվում են բերված ծախսերի մեծությունները երկու լարումների տարբերակների համար, և ընտրվում է ավելի փոքր ծախսեր ունեցող տարբերակը (լարումը):

Դիտարկենք օդային գծերի տարբերակներ ցածր U_g և բարձր U_p լարումների համար: Գտնենք այն պայմանը, որի դեպքում երկու տարբերականների ծախսերը կլինեն իրար հավասար:

$$6.2 SL/U_g \cdot J + B_g \alpha = 6.2 SL/U_p \cdot J + B_p \alpha, \quad (7)$$

$$[6.2 SL/J] \cdot [(1/U_g) - (1/U_p)] = (B_p - B_g) \alpha = \Delta B \alpha: \quad (8)$$

Դիտարկենք 10...500 կՎ օդային գծերի շահավետ անվանական լարումների մեծությունների ընտրության մի շարք հնարավոր տարբերակներ:

1. $U_g = 10$ կՎ, $U_p = 35$ կՎ: Տեղադրելով լարումների մեծությունները (8)-ում՝ կստանանք երկու պարբերականների ծախսերի հավասարության պայմանը՝

$$2.5 \cdot SL / J = \Delta B : \quad (9)$$

Այստեղից պարզ է դառնում, որ եթե

$$2.5 \cdot SL / J \geq \Delta B, \quad (10)$$

ապա ծախսերի տեսակետից հաղորդման գծի համար ավելի շահավետ է $U_p = 35$ կՎ լարումը, հակառակ դեպքում պետք է ընտրվի ավելի ցածր՝ $U_g = 10$ կՎ լարումը:

2. $U_g = 35$ կՎ: $U_p = 110$ կՎ: Տեղադրելով այս լարումները (8)-ում՝ կստանանք ծախսերի հավասարության պայմանը.

$$0.71 \cdot SL / J = \Delta B : \quad (11)$$

3. $U_g = 110$ կՎ, $U_p = 220$ կՎ, կստանանք

$$0.16 \cdot SL / J = \Delta B : \quad (12)$$

4. $U_g = 220$ կՎ, $U_p = 330$ կՎ, կստանանք

$$0.05 \cdot SL / J = \Delta B : \quad (13)$$

5. $U_g = 330$ կՎ, $U_p = 400$ կՎ, կստանանք

$$0.018 \cdot SL / J = \Delta B : \quad (14)$$

6. $U_g = 400$ կՎ, $U_p = 500$ կՎ, կստանանք

$$0.018 \cdot SL / J = \Delta B : \quad (15)$$

Պարզ է, որ ցանկացած երկու լարումների համար կարելի է որոշել ծախսերի հավասարության պայմանը օգտվելով վերը բերված 8 արտահայտությունից:

Աղյուսակ 3-ում բերված են երկու մոտակա անվանական լարումների համեմատության պայմանները, օդային հաղորդման գծերի համար՝ կախված հոսանքի շահավետ խտության մեծությունից [5] և մաքսիմում հզորության օգտագործման տևողությունից:

Աղյուսակում վերը նշված պայմանների երկու կողմերը բաժանված են $\alpha=17$ գործակցին, իսկ հաղորդման գծերի երկարությունները տեղադրված են կիլոմետրերով: Աղյուսակ 2-ում բերված արտահայտություններից երևում է, որ հոսանքի շահավետ խտության փոքրացման դեպքում (մաքսիմումի տևողության մեծացման դեպքում) նպատակահարմար է բարձր լարումների ընտրությունը գծերի հատույթների և էլեկտրաէներգիայի կորուստների փոքրացման պատճառով:

5. Գույքի ծախսերի որոշման ալգորիթմը: Նախնական տվյալները՝

- Գծով անցնող հաշվարկային հզորությունը _____ P , կՎտ

- Գծի երկարությունը _____ L , մ

- Հզորության գործակիցը _____ $\cos \varphi = 0.95$

- Մաքսիմումի օգտագործման տևողությունը _____ T_m , ժ

- Հատկացումների գումարային գործակիցը _____ $a = 0.17$

- Գծի միավորի արժեքը _____ A , ղր/մ.մմ²

- Էներգիայի կորուստների միավորի արժեքը _____ $C = 25$ ղր/կՎտ.ժ

Աղյուսակ 3-ում բերված է ցուցանիշների որոշման հաջորդականությունը (ալգորիթմը):

6. Հաշվարկի օրինակ. Նախնական տվյալներ

- Օդային գծի երկարությունները _____ $L = 60$ կմ

- Հաշվարկային ակտիվ հզորությունը _____ $P = 7000$ կՎտ

- Հզորության գործակիցը _____ $\cos \varphi = 0.95$

- Օդային գծի միավորի արժեքը _____ $A = 30$ ղր/մ.մմ²

- Էներգիայի կորուստների միավորի արժեքը _____ $C = 25$ ղր/կՎտ.ժ

- Հատկացումների գումարային գործակիցը _____ $a = 0.17$

- Մաքսիմումի հզորության տևողությունը _____ $T_m = 8000$ ժ

(ընդունենք հզորությունը անփոփոխ տարվա ընթացքում)

- Հոսանքի շահավետ խտությունը _____ $J = 0.8$ Ա/մմ²

Տնտեսապես շահավետ լարման ցուցանիշների որոշման ալգորիթմը

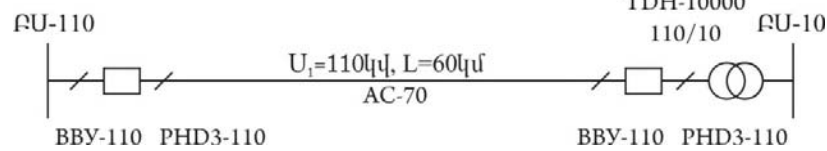
2/2	Տեխնիկատնտեսական ցուցանիշներ	Հաշվարկային բանաձևերը	Մեծությունների միավորները
1	Հաղորդվող էներգիան, կՎտ.ժ	$W = P \cdot T_{\text{ս}}$	Բ. կՎտ; ԿՎ-ժ
2	Լրիվ հզորությունը, կՎԱ	$S = P / \cos \varphi$	Բ. կՎտ, $\cos \varphi = 0.95$
3	Ռեակտիվ հզորություն, կՎԱռ	$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi$	Բ. կՎտ, $\operatorname{tg} \varphi = 0.33$
4	Անվանական լարումը կՎ, երկու սանդղատ լարումների համեմատությունը	$\beta \cdot S \cdot L / J \geq B \rightarrow U_2$ $\beta \cdot S \cdot L / J < B \rightarrow U_1$	$U_1 > U_2$, Լ-ւ, Տ-կՎԱ, Ե. [5] β (9), (11), (12), (13), (14), (15)
5	Գծի հոսանքը – Ա	$I = S / \sqrt{3} \cdot U$	Տ-կՎԱ, Ա-կՎ, Ի-Ա
6	Շահավետ հատույթը, մմ ²	$F = I / j$	Ի-Ա, Ե- [5]
7	Կապիտալ ներդրումները, դր	$K = \text{AFL} + B$	Ա-դր/մ.մմ ² , Լ-ւ, Բ- դրամ
8	Էներգիայի կորուստները, կՎտ.ժ	$\Delta W = \text{AFL} / C \Delta W_q = 0.007 \cdot \text{AFL}$	Ա-դր/մ.մմ ² , Բ-մմ ² , Լ-ւ
9	Էներգիայի կորուստները տոկոսներով	$\Delta W_q \% = 100 \Delta W / W$	ΔW - կՎտ.ժ W - կՎտ.ժ
10	Կորուստների արժեքը, դրամ	$C \Delta W_q = 0.175 \cdot \text{AFL}$	$C = 25$ դր/ կՎտ.ժ, Ա-դր/մ.մմ ² F -մմ ² , Լ-ւ
11	Տարեկան բերված ծախսերը, դրամ	$V = 2 \text{AFL} \alpha + B \alpha$	Բ- դրամ, $\alpha = 0.17$
12	Տարեկան շահագործման ծախսերը-դրամ	$E = 0.22 \cdot \text{AFL} + B \cdot \alpha_2$	Լ-ւ $\alpha_2 = 0.05$
13	Էներգիայի հաղորդման ինքնարժեքը, դր/կՎտ.ժ	$e = E / W$	Ե- դրամ W - կՎտ.ժ
14	Գծի ակտիվ դիմադրությունը, Օհմ	$R_q = L / \gamma \cdot F$	Լ-ւ, Բ-մմ ² , $\gamma = 32$ մ/Օհմ մմ ²
15	Գծի ռեակտիվ դիմադրությունը, Օհմ	$X_q = X_0 \cdot L$	Լ- կմ X_0 - Օհմ/կմ
16	Լարման կորուստները գծում, կՎ	$\Delta U_q = (P \cdot R_q + Q \cdot U_q) / U \cdot 103$	Բ- կՎտ, Չ-կվառ, Բ, Խ-Օհմ, Ա-կՎ
17	Լարման կորուստները տոկոսներով, %	$\Delta U_q \% = 100 \Delta U / U$	ΔU , Ա- կՎ
18	Տրանսֆորմատորի անվանական հզորությունը, կՎԱ	$S_{\text{տ}} = S / K_F$ U_1 / U_2 կՎ	$K_F \approx 0.6 + 0.8$ Մակնիշը
19	Տրանսֆորմատորի պարապ ընթացքի և կարճ միացման կորուստները, կՎտ	$\Delta P_{\text{պ}}; \Delta P_{\text{կ}}$	կՎտ
20	Տրանսֆորմատորի կարճ միացման լարումը կորուստներով	$U_{\text{կ}}$	$U_{\text{կ}} \%$
21	Բեռնվածության գործակցի իրական արժեքը	$K_F = S / S_{\text{տ}}$	Տ, $S_{\text{տ}}$ - կՎԱ
22	Էներգիայի կորուստները տրանսֆորմատորում, կՎտ.ժ	$\Delta W_{\text{տ}} = (\Delta P_{\text{պ}} 8760 + K_F 2 \Delta P_{\text{կ}} \cdot T_k)$	$\Delta P_{\text{պ}}, \Delta P_{\text{կ}}$ - կՎտ, T_k -ժ անփոփոխ բեռնվածություն տարվա ընթացքում
23	Էներգիայի կորուստները տրանսֆորմատորում տոկոսներով	$\Delta W_{\text{տ}} \% = 100 \Delta W_{\text{տ}} / W$	$\Delta W_{\text{տ}}$; W - կՎտ.ժ
24	Էներգիայի կորուստների արժեքը տրանսֆորմատորում դրամ	$C \cdot \Delta W_{\text{տ}}$	$C = 25$ դր/կՎտ.ժ
25	Գումարային կորուստները գծում և տրանսֆորմատորում, կՎտ.ժ	$\Delta W = \Delta W_q + \Delta W_{\text{տ}}$	
26	Գումարային կորուստները տոկոսներով	$\Delta W \% = \Delta W_q \% + \Delta W_{\text{տ}} \%$	
27	Գումարային կորուստների արժեքը, դրամ	$C \cdot \Delta W$	$C = 25$ դր/կՎտ.ժ
28	Լարման կորուստները տրանսֆորմատորում տոկոսներով	$\Delta U \% = 100 \cdot K_F (\Delta P_{\text{կ}} \cdot \cos \varphi / S_{\text{տ}} + U_{\text{կ}} \sin \varphi / 100)$ $\cos \varphi = 0.95$; $\sin \varphi = 0.31$	
29	Տրանսֆորմատորի ակտիվ դիմադրությունը, Օհմ	$R_{\text{տ}} = \Delta P_{\text{կ}} \cdot U^2 \cdot 10^3 / S_{\text{տ}}^2$	
30	Տրանսֆորմատորի ռեակտիվ դիմադրությունը, Օհմ	$X_{\text{տ}} = 10 \cdot U_{\text{կ}} \cdot U^2 / S_{\text{տ}}$	

Դիտարկվող հաղորդման գիծը կարող է միացվել շրջանային ենթակայանի 110 կամ 35 կՎ բաշխիչ սարքավորումներին (ԲՄ-110, ԲՄ-35):

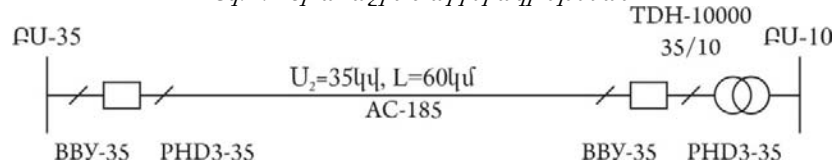
Դիտարկենք երկու տարբերակ.

1. Գծը միացվում է ԲՄ-110-ին: Գծի սկզբում և վերջում տեղադրվում են 110 կՎ լարման կոմուտացիոն բլոկներ՝ BBY – 110 և ՓԴՃ – 110 անջատիչներով և բաժանիչներով: Գծի վերջում տեղադրվում է ցածրացնող տրանսֆորմատոր 110/10 կՎ, TDH-10000 կՎԱ հզորությամբ (նկ. 1):

2. Գծը միացվում է ԲՄ-35-ին: Գծի սկզբում և վերջում տեղադրվում են 35 կՎ լարման կոմուտացիոն բլոկներ՝ BBY – 35 և ՓԴՃ – 35 անջատիչներով և բաժանիչներով: Գծի վերջում տեղադրված է ցածրացնող տրանսֆորմատոր 35/10 կՎ, TDH-10000 կՎԱ հզորությամբ (նկ. 2):



Նկ. 1. Գծի առաջին տարբերակի սխեման



Նկ. 2. Գծի երկրորդ տարբերակի սխեման

Նախքան ցուցանիշների հաշվարկին անցնելը որոշենք ծախսերի հաստատուն բաղադրիչները (B₁; B₂) երկու տարբերակի համար:

Առաջին տարբերակ

TDH-10000 կՎԱ, 110/10	60 · 10 ⁶ դրամ
Բլոկ =110 (BBY, ՓԴՃ)-2 հատ	14 · 10 ⁶ դրամ
Գծի հենարաններ և մեկուսիչներ	450 · 10 ⁶ դրամ
Ընդամենը	B ₁ = 524 · 10 ⁶ դրամ

Երկրորդ տարբերակ

TDH-10000 կՎԱ, 35/10	46 · 10 ⁶ դրամ
Բլոկ =35 (BBY, ՓԴՃ)-2 հատ	12 · 10 ⁶ դրամ
Գծի հենարաններ և մեկուսիչներ	435 · 10 ⁶ դրամ
Ընդամենը	B ₂ = 493 · 10 ⁶ դրամ

Հաստատուն բաղադրիչների տարբերությունը՝ $\Delta B = B_1 - B_2 = 524 \cdot 10^6 - 493 \cdot 10^6 = 31 \cdot 10^6$ դրամ:

Այժմ կատարենք տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների հաշվարկը ըստ աղյուսակ 3-ի հաջորդականությամբ:

1. Գծով հաղորդվող էլեկտրաէներգիան՝ $W = P \cdot t = 7000 \cdot 8000 = 56 \cdot 10^6$ կՎտ ժ:

2. Գծով անցնող լրիվ հզորությունը՝ $S = P / \cos \varphi = 7000 / 0.95 = 7368$ կՎԱ:

3. Գծով անցնող ռեակտիվ հզորությունը՝ $Q = P \cdot \tan \varphi = 7000 \cdot 0.33 = 2310$ կՎԱժ:

4. Անվանական լարման ընտրությունը՝ $2.5SL/J = 2.5 \cdot 7368 \cdot 60000 / 0.8 = 1842 \cdot 10^6$ դրամ:

Քանի որ $0.71 SL/J > \Delta B$, ապա ընտրվում է 110 կՎ բարձր լարումը (առաջին տարբերակը), և խնդիր լուծումը շարունակվում է միայն ընտրված տարբերակի համար:

5. Գծով անցնող հոսանքը՝ $I = S / \sqrt{3}U = 7368 / \sqrt{3} \cdot 110 = 38.7$ Ա:

6. Հաղորդման գծի շահավետ հատույթը՝ $F = I / J = 38.7 / 0.8 = 48.4$ մմ² – AC-70: Գծի համար ընտրվում է AC-70 հաղորդալարը, որը բավարարում է նաև պսակաձև երևույթի պայմանին 110 կՎ գծերի համար:

7. Հաղորդման գծի կապիտալ ներդրումները՝ $K = AFL + B = 30 \cdot 70 \cdot 60000 + 524 \cdot 10^6 = 650 \cdot 10^6$ դրամ:

8. Էներգիայի կորուստները հաղորդման գծում՝ $\Delta W_q = 0.007 \cdot A \cdot F \cdot L = 0.007 \cdot 30 \cdot 70 \cdot 60000 = 0.88 \cdot 10^6$ կՎտ.ժ:

9. Էներգիայի կորուստները տոկոսներով՝ $\Delta W_q\% = 100 \cdot \Delta W / W = 100 \cdot 0.88 / 56 = 1.6 \%$:

10. Էներգիայի կորուստների արժեքը գծում՝ $C \cdot \Delta W_q = 25 \cdot 0.88 \cdot 10^6 = 22 \cdot 10^6$ դրամ:

11. Տարեկան բերված ծախսերը՝ $V = 2AFLa + Ba = 2 \cdot 30 \cdot 70 \cdot 60000 \cdot 0.17 + 524 \cdot 0.17 \cdot 10^6 = 310 \cdot 10^6$ դրամ:

12. Տարեկան շահագործման ծախսերը՝ $E = 0.22 \cdot AFL + B \cdot \alpha_p = 0.22 \cdot 30 \cdot 70 \cdot 60000 + 524 \cdot 0.05 \cdot 10^6 = 54 \cdot 10^6$ դրամ:

13. Էներգիայի հաղորդման ինքնարժեքը՝ $e = E / W = 54 \cdot 10^6 / 56 \cdot 10^6 = 0.96$ դր/կՎտ.ժ:

14. Գծի ակտիվ դիմադրությունը՝ $R_q = L / \gamma \cdot F = 60000 / 32 \cdot 70 = 26.8$ Օհմ:

15. Գծի ռեակտիվ դիմադրությունը՝ $X_q = X_0 \cdot L = 0.425 \cdot 60 = 25.5 \text{ Ohm}$:
16. Լարման կորուստները գծում՝ $\Delta U_q = (PR_q + QX_q)/U \cdot 10^3 = (7000 \cdot 26.8 + 2310 \cdot 25.5)/110 \cdot 10^3 = 2.24 \text{ կՎ}$:
17. Լարման կորուստները գծում տոկոսներով՝ $\Delta U_q\% = 100 \cdot \Delta U / U = 100 \cdot 2.24/110 = 2.01\%$:
Այժմ որոշենք էներգիայի և լարման կորուստները TDH-10000, 110/10 կՎ տրանսֆորմատորում:
18. Էներգիայի կորուստները տրանսֆորմատորում՝ $\Delta W_{in} = (\Delta P_{\omega} 8760 + K_f^2 \Delta P_i T_k) = 0.37 \cdot 10^6 \text{ կՎտ.ժ}$,
 $K_f = S/S_{in} = 7368/10000 = 0.74, T_k = 7480 \text{ ժամ, } \Delta P_{\omega} = 14 \text{ կՎտ, } \Delta P_i = 60 \text{ կՎտ, } U_i = 10.5\% [3.4]$:
19. Էներգիայի կորուստները տրանսֆորմատորում տոկոսներով՝
 $\Delta W_{in}\% = 100 \cdot \Delta W / W = 100 \cdot 0.37 \cdot 10^6 / 56 \cdot 10^6 = 0.68\%$:
20. Ընդհանուր գումարային կորուստները գծում և տրանսֆորմատորում՝
 $\Delta W = \Delta W_q + \Delta W_{in} = 0.88 \cdot 10^6 + 0.37 \cdot 10^6 = 1.25 \cdot 10^6 \text{ կՎտ.ժ}$:
21. Ընդհանուր գումարային կորուստները տոկոսներով՝
 $\Delta W_{in}\% = 100 \cdot \Delta W / W = 100 \cdot 1.25 \cdot 10^6 / 56 \cdot 10^6 = 2.20\%$:
22. Լարման կորուստները տրանսֆորմատորում տոկոսներով՝
 $\Delta U_{in}\% = 100 K_f (\Delta P_i \cdot \cos\varphi / S_{in} + \Delta U_i \cdot \sin\varphi / 100) = 100 \cdot 0.74 (60 \cdot 0.95/10000 + 10.5 \cdot 0.32/100) = 2.96\%$:
23. Տրանսֆորմատորի ակտիվ դիմադրությունը՝ $R_m = \Delta P_i \cdot U^2 \cdot 10^3 / S_{in}^2 = 60 \cdot 110^2 \cdot 10^3 / 10000^2 = 7.26 \text{ Ohm}$:
24. Տրանսֆորմատորի ռեակտիվ դիմադրությունը՝ $X_m = 10 \cdot U_i \cdot U^2 / S_{in} = 10 \cdot 10.5 \cdot 110^2 / 10000 = 127 \text{ Ohm}$:
ԵԶՐԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆ
1. Նվազագույն տարեկան բերված ծախսերի հաշվարկի համար դուրս են բերված շատ ավելի պարզ բանաձևեր՝ կախված լարման մեծությունից:
 2. Տարեկան շահագործման ծախսերի և էլեկտրաէներգիայի հաղորդման ինքնարժեքի որոշման համար մշակվել են ավելի պարզ արտահայտություններ՝ կախված լարման մեծությունից:
 3. Հաղորդման գծերի տնտեսապես շահավետ անվանական լարումների ընտրության համար մշակվել է երկու մոտակա ստանդարտային անվանական լարումների համեմատության մեթոդիկան, որը հնարավորություն է տալիս տարեկան բերված ծախսերը բերել նվազագույնի:
 4. Բերված են հաղորդման գծի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների որոշման ալգորիթմը և հաշվարկային օրինակը:

Գրականություն

1. **Идельчик В.И.** Электрические системы и сети. - М.: Энергоатомиздат, 1989. -594 с.
2. Правила устройства электроустановок.-М.: Издательство Омега-Л", 2004. - 464 с.
3. **Васильев А.А.** Электрическая часть станций и подстанций. -М.: Энергоатомиздат, 1990. -576 с.
4. **Неклепаев Б.Н.** Электрическая часть станций и подстанций. -М.: Энергоатомиздат, 1996. -608 с.
5. **Թադևոսյան Հ.Մ.** Էլեկտրական ցանցերի տեխնիկատնտեսական հաշվարկներ. -Եր.: Ճարտարագետ, 2017. - 58 էջ:

27.04.2017.

Г.М. Тадевосян, П.С. Манукян, А.П. Манукян, М.Л. Хачатрян

ВЫБОР ЭКОНОМИЧЕСКИ ВЫГОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Проведено подробное исследование принципов выбора напряжения электрических сетей. Получены более простые формулы для определения годовых приведенных затрат, капитальных вложений и потерь электроэнергии в зависимости от напряжения. Предложен алгоритм расчета показателей экономически выгодного напряжения.

Ключевые слова: капитальные вложения, экономически выгодное напряжение, потери энергии, минимальные расходы, себестоимость передачи энергии.

H.M. Tadevosyan, P.S. Manukyan, A.P. Manukyan, M.L. Khachatryan

SELECTION OF ECONOMICALLY SOUND ELECTRICAL NETWORK VOLTAGE

A detailed study of maxims of the voltage selection of networks is carried out. More simple formulas have been obtained to determine the annualized costs, capital investments and energy losses as a function of voltage. An algorithm for calculating the most advantageous voltage is proposed.

Keywords: capital investments, economically sound voltage, energy losses, minimum costs, energy transfer prime cost.

Թադևոսյան Հոմերոս Մեսրոպի - ՀԱՊՀ էլեկտրաէներգետիկա ամբիոնի դոցենտ, տ.գ.թ.

Մանուկյան Պարզև Սուրենի - ՀԱՊՀ էլեկտրաէներգետիկա ամբիոնի դոցենտ, տ.գ.թ.

Մանուկյան Արամ Պարզևի - ՀԱՊՀ էլեկտրաէներգետիկա ամբիոնի ասպիրանտ

Խաչատրյան Միքայել Լևոնի - ՀԱՊՀ ՄԷՏ 607 խմբի մագիստրոս

ՀՏԴ 001.36:721.012.34

ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆ, ՔԱՂԱՔԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

Ա.Մ. Գրիգորյան, Հ.Զ. Սարգսյան

ՔԱՂԱՔԱՅԻՆ ԲՆԱԿԱՎԱՅՐԵՐԻ ՀԱՏԱԿԱԳԾՄԱՆ ԵՎ ԿԱՌՈՒՑԱՊԱՏՄԱՆ
ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏԱՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ, ԻՐԱՎԱԿԱՆ ՆՈՐՄԵՐԻ
ՏԵՂԱԿԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՄԱԴՐՈՒՄԸ

Քաղաքային բնակավայրերի կառուցապատումը ներկայացվել է տվյալ գոտու ճարտարապետական, գեղարվեստական յուրօրինակ կերպարի ձևավորման սկզբունքներով, իրավական նորմերի պահպանմամբ՝ գլխավոր հատակագծի հենքի վրա, որտեղ հանրային նշանակության շինությունների բովանդակային լուծումները, բովանդակությամբ համահունչ ձևակազմական, նյութական, իրատեսական լուծումներն արտահայտում են տարածության և միջավայրի կազմակերպման առավել նպատակահարմարությունը՝ համապատասխան տեղանքի առանձնահատկություններին:

Առանցքային բառեր. կառուցապատման հողեր, գլխավոր հատակագիծ, ճարտարապետական նորմեր, լանդշաֆտային միջավայր, հողերի գոտևորման սխեմա, հողերի գոտևորման և օգտագործման իրավական ռեժիմ:

Բնակավայրերի հեռանկարային զարգացումը կանխատեսվում է 15-ամյա հեռանկարի հենքով մարզերի տարածքային հատակագծման ուրվագծերի և նախագծերի հիման վրա՝ հաշվի առնելով տարածաշրջանի առանձնահատկությունները, բնական ռեսուրսները, ինժեներատեխնիկական, սոցիալական ենթակառուցվածքների տեղաբաշխման, զարգացման հնարավորությունները: Բնակավայրերի գլխավոր հատակագծերում հեռանկարային զարգացման տարածքներն ընտրելիս պետք է հաշվի առնել բնապահպանական սահմանափակումները՝ միաժամանակ ապահովելով՝ տարածքների օգտագործման անվտանգությունն ու արդյունավետության բարձրացումը, համայնքների, սեփականատերերի և այլ հոգսագործողների իրավունքների ու շահերի փոխադարձ համադրումն ու համաձայնեցումը:

Ընդհանուր առմամբ բնակավայրերի հողերը բնակավայրերի զարգացման, կենսագործունեության համար բարենպաստ միջավայրի ստեղծման, կառուցապատման, բարեկարգման համար նախատեսված հողերն են: Բնակավայրերի հողերը, ըստ գործառնական նշանակության, դասակարգվում են՝ բնակելի կառուցապատման, հասարակական կառուցապատման, խառը կառուցապատման, ընդհանուր օգտագործման հողերի և այլ հողերի՝ ըստ ՀՀ հողային օրենսգրքի Հոդված 10-ի 1,2,3,4,5,6,7,8 ենթակետերի [1]:

Քաղաքային բնակելի միջավայրի կառուցապատումն իրականացվում է տվյալ գոտու ճարտարապետական, գեղարվեստական յուրօրինակ կերպարի ձևավորման սկզբունքներով [2]: Այս խնդիրն առաջադրվում է գլխավոր հատակագծի մշակման գործընթացում, որտեղ հանրային նշանակության շինությունների բովանդակային լուծումները, բովանդակությամբ համահունչ ձևակազմական, նյութական, իրատեսական լուծումները ապահովում են բնակության առավելագույն հարմարությունները՝ տարածության, միջավայրի կազմակերպման ճարտարապետական գեղարվեստական բարձր արտահայտչականությամբ, բարենպաստ սանիտարահիգիենիկ պայմաններով: Առավել կարևոր է կոնկրետ լանդշաֆտային, բնապատկերային միջավայրի առանձնահատկություններին համահունչ քաղաքային ճարտարապետական գեղարվեստական միջավայրի կազմավորումը, որտեղ տեղանքի առանձնահատկությունների, բնակլիմայական պայմանների համալիր լուծումներով կատարվող յուրօրինակ քաղաքաշինական համալիր: Այսպիսի համալիրում հողերի գոտևորման և օգտագործման սխեմաները մշակվում են ըստ ՀՀ հողային օրենսգրքի հոդված 29-ի 1,2,3,4,5 ենթակետերի [1]: Հողերի գոտևորման և օգտագործման սխեման ներառում է հողամասերի բաշխումն ըստ նպատակային նշանակության, հողատեսքերի և գործառնական նշանակության, սահմանում է դրանց իրավական ռեժիմը, հիմնավորում է պետական և համայնքների հողերի արդյունավետ օգտագործման ուղղությունները համայնքի վարչական տարածքում:

Բնակավայրերում հողերի գոտևորման և օգտագործման սխեմաները պետք է պահանջներ պարունակեն կառուցապատման խտության, ճարտարագիտական, փոխադրամիջոցների ենթակառուց-

վածքների, կանաչ տնկարկների, հետիոտն ուղիների, սանիտարական շերտերի և քաղաքաշինության մեջ անշարժ գույքի հիմնական ցուցանիշների, բնակչության սպասարկման համար անհրաժեշտ կենցաղային և մշակութային օբյեկտների տեղաբաշխման, բնակավայրերում հողերի այլ օգտագործման վերաբերյալ:

Հողերի գոտևորման և օգտագործման սխեմաները շահագործվում են անկախ հողամասերի նկատմամբ սեփականության իրավունքի և այլ գույքային իրավունքներից:

Քաղաքային բնակավայրերում տեղանքի լանդշաֆտային, բնապատկերային առանձնահատկությունների՝ մասնավորապես ջրային, կանաչ գոտիների, ճարտարապետական գեղարվեստական կազմակերպումը հողերի օգտագործման և գոտևորման սխեմաներում գործառնական նշանակություն ունի.

- քաղաքային միջավայրում առանձնանում են հանգստի գոտիները,
- ստեղծվում են մարզական հարթակներ,
- բարելավվում են միջավայրի սանիտարահիգիենիկ պայմանները,
- քաղաքաշինական միջավայրը ամբողջացվում է բնական լանդշաֆտի ճարտարապետական գեղարվեստական միջոցներով [3]:

Քաղաքային շրջանի կանաչապատման ռազմավարությունն ընդգրկում է բակերի, բնակելի թաղամասերի կանաչապատումից մինչև հասարակական նշանակության տարածությունների՝ զբոսայգիների, պուրակների, հրապարակների կանաչապատման մասշտաբները, ինչն ապահովում է մարդու կեցության առավել հարմարավետ ու սանիտարահիգիենիկ պայմանները:

Բնակչության կենսամիջավայրի փոփոխություններին, միջազգային նորարարական մոտիվներին համապատասխան անհրաժեշտ է ապահովել քաղաքաշինական նորմերի իրավական դաշտ, ինչը ՀՀ քաղաքաշինությունը կինտեգրի գլոբալ միջավայրին:

Աղյուսակային արտահայտությամբ ներկայացնենք միջազգային նորարարական մոտիվներին համապատասխան քաղաքաշինական միջավայրի նորմավորման մոդելը, ինչը կնպաստի կենսամիջավայրի նպատակային կազմակերպմանը:

Աղյուսակ 1

Քաղաքաշինական միջավայրի նորմավորումը

Քաղաքաշինական միավորը	Հասարակական շինությունները	Քանակը, հատ	Սպասարկման շառավիղը, մմ
Բնակելի թաղամաս	Մանկական կենտրոն	1	200
	դպրոց	1	200
	մարկետ՝ մթերային,	1-2	200
	արդյունաբերական	1	200
	դեղատուն,	2	100
	բժշկական կենտրոն	1	300
	ակումբ,	1	300
Բնակելի միկրոշրջան	գրադարան	1	300
	Մանկական կենտրոն	3	300
	դպրոց,	3	300
	մարզական կենտրոն,	2	500
	մարկետ՝ մթերային,	3-4	250
	արդյունաբերական	2	500
	դեղատուն,	4	250
	պոլիկլինիկա,	2	500
	բժշկական կենտրոն	2	500
	ակումբ,	2	500
	կինոթատրոն,	2	500
	գրադարան	2	500

Քաղաքաշինական միջավայրի նորմավորումը շահագործելի է ցանկացած քաղաքաշինական միավորի համար:

Գրականություն

1. ՀՀ հողային օրենսգիրք. – 15.06.2001. – Հոդ, 457:
2. Տիգրանյան Է.Ա. Հասարակական շենքերի և կառուցվածքների ճարտարապետական նախագծման հիմունքները: - Երևան: Լույս, 1989. - 390 էջ:
3. Գրիգորյան Ա.Մ. Ծավալատարածական հորինվածքների մոդելավորման հիմունքները: - Երևան: Աստղիկ Գրատուն, 2015.-64 էջ:

10.04.2017.

А.М. Григорян, О.З. Саркисян

СОПОСТАВЛЕНИЕ ПРАВОВЫХ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРОДСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ И АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАСТРОЕК С МЕСТНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ

Изучены вопросы застройки городских населенных пунктов с учетом принципов формирования специфического архитектурного, художественного образа конкретной зоны на основе генерального плана, согласно которому решения содержания сооружений общественного назначения, находящиеся в гармонии с содержанием формообразующих, а также материальные и реальные решения выражают в наибольшей степени целесообразность организации пространства и среды в соответствии с местными особенностями.

Ключевые слова: территория для застройки, генеральный план, архитектурные нормы, ландшафтная среда, схема зонирования территорий, правовой режим зонирования и использования территорий.

A.M. Grigoryan, H.Z. Sargsyan

COMPARISON OF LEGAL STANDARDS OF DESIGNING URBAN SETTLEMENTS AND ARCHITECTURAL-CONSTRUCTION BUILDINGS WITH LOCAL PECULIARITIES

Issues on building urban settlements, considering the principles of forming a specific architectural and artistic appearance of a concrete zone based on the general plan according to which, the essential solutions of public buildings, and the shape-forming, material and realistic solutions corresponding to the content express the adequacy of organizing the area and environment in accordance with the local peculiarities.

Keywords: construction lands, general plan, architectural standards, landscape environment, scheme of land zoning, legal regime of zoning and using the lands.

Գրիգորյան Անահիտ Միսիսի - տ.գ.թ., ճարտարապետության դոցենտ, Մ. Մաշտոցի անվ. համալսարանի դասախոս

Սարգսյան Հովհաննես Զավենի - ի.գ.թ., Մ. Մաշտոցի անվ. համալսարանի դասախոս

Ա.Հ. Աբոյան, Ս.Գ. Աղբալյան

ԴԻԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱՆ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ԵՎ ՊԱՐԱՄԱԳՆԻՍՆԵՐԻ ՄԱԳՆԻՍԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՄԻ ՔԱՆԻ ՀԱՐՑԵՐ

Ուսումնասիրվել են դիլեկտրիկների բևեռացման և պարամագնիսների մագնիսացման գործընթացները, որի արդյունքում ցույց է տրված, որ դիլեկտրիկների և պարամագնիսների վարքը էլեկտրական և մագնիսական դաշտերում կարելի է նկարագրել համանման բանաձևերով:

Առանցքային բառեր. *դիլեկտրիկների բևեռացում, պարամագնիսների մագնիսացում, դիպոլային և մագնիսական մոմենտներ, էլեկտրական դիպոլ, բևեռացման և մագնիսացման վեկտորներ, դիլեկտրական և մագնիսական ընկալունակություններ, Կյուրիի ջերմաստիճան:*

Գիտատեխնիկական առաջադիմության ներկա փուլում կարևոր նշանակություն ունի բնական գիտությունների օրենքների գործնական կիրառությունը: Հետևապես ճարտարագիտական մասնագիտությունների համար բնագիտական և ընդհանուր ճարտարագիտական առարկաների համակարգային ուսումնասիրությունը խիստ անհրաժեշտ է: Այդ համակարգում իրենց ծանրակշիռ տեղն ունեն ֆիզիկական, մաթեմատիկական, կիրառական մեխանիկական, նյութագիտությունը, էլեկտրատեխնիկական և այլ առարկաներ: Այստեղից էլ այն մեծ ուշադրությունը, որն այսօր դարձվում է բուհերում վերը նշված դասընթացների դասավանդմանը:

Ճարտարագիտական պատրաստվածությունն ապահովող այդ առարկաների դասավանդման գլխավոր նպատակն ուսանողներին խորը գիտելիքներով զինելն է: Հատկապես ֆիզիկայի, կիրառական մեխանիկայի և նյութագիտության դասընթացների ուսումնասիրումը մեծ հնարավորություններ է ընձեռում ընդլայնելու ապագա մասնագետների՝ հատկապես նյութագետների, մետալուրգների, մեքենաշինարարների, էլեկտրատեխնիկների մտահորիզոնը, նրանց մոտ ձևավորելու ստեղծագործական մոտեցման ունակություններ:

Վերջին տարիներին մշակված նոր նյութերի մեխանիկական, էլեկտրական և մագնիսական հատկությունների հետազոտությունները և ստացած արդյունքների կիրառումները մեծապես նպաստել են նյութագիտության և պինդ մարմնի ֆիզիկայի զարգացմանը: Արդյունաբերության մեջ այս նյութերի ներդրման նպատակով ճարտարագետը որոշակի պատկերացում պետք է ունենա պինդ մարմինների, դիլեկտրիկների և կիսահաղորդիչների՝ վերջին չորս տասնամյակում բացահայտված մեխանիկական, էլեկտրական և մագնիսական հատկությունների մասին: Ինչպես են այդ հատկությունները որոշվում, ինչով են դրանք տարբերվում միմյանցից, ինչ ընդհանուր նմանություն ունեն դրանք և այլն:

Աշխատանքի նպատակն է ցույց տալ բևեռային դիլեկտրիկներին և պարամագնիսներին բնութագրող ֆիզիկական մեծությունների նմանությունները և դրանց օգտագործումը ֆիզիկական մեծությունների նմանությունը բացահայտելու նպատակով, որի համար նպահատակահարմար է քննարկել բևեռային դիլեկտրիկների վարքն արտաքին էլեկտրական, իսկ պարամագնիսների վարքն արտաքին մագնիսական դաշտերում միաժամանակ:

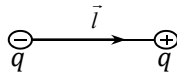
Ինչպես հայտնի է [1], արտաքին էլեկտրական դաշտում բևեռային դիլեկտրիկների բևեռացման, այնպես էլ արտաքին մագնիսական դաշտում պարամագնիսների մագնիսացման ժամանակ պինդ մարմնի ատոմներն արտաքին դաշտերի ազդեցության տակ կողմնորոշվում են որոշակի ուղղությամբ, իսկ ջերմային շարժումները, հակառակը, խախտում են այդ կողմնորոշումը: Քանի որ այս երկու երևույթներն էլ կախված են մի կողմից՝ ատոմների ու արտաքին դաշտերի փոխազդեցությունից, իսկ մյուս կողմից՝ նյութի ջերմաստիճանից, ուստի երկու երևույթներին էլ կարելի է մոտենալ նույն տեսանկյունից:

Չնայած պարամագնիսների դասական տեսությունը զարգացել է 1905 թվականից, իսկ դիլեկտրիկների բևեռացման տեսությունը՝ ավելի շուտ, այնուամենայնիվ, նոր նյութերի ուսումնասիրման ժամանակ այդ տեսությունները դեռևս մատչելի չեն, քանի որ մագնիսական և դիլեկտրական ընկալունակությունների համար վերջնական արտահայտություններ ստանալու նպատակով անհրաժեշտ է

կատարել բարդ մաթեմատիկական հաշվարկներ: Այդ իսկ պատճառով առաջարկվում է համատեղ ուսումնասիրել դիէլեկտրիկների բնեռացման և պարամագնիսների մագնիսացման տեսությունը ոչ շատ ուժեղ դաշտերի և ոչ ցածր ջերմաստիճանների դեպքում: Այն հնարավորություն կտա ստանալ այս տեսությունների շատ կարևոր դեպքերը և նմանությունները: Քննարկելով և պարզելով խնդրի լուծման մասնավոր դեպքերը՝ կստանանք այն ամենը, ինչն ընդգրկված է լուծման ընդհանուր բարդ բանաձևերում:

Հայտնի է [2], որ նյութերը էլեկտրական և մագնիսական դաշտերում տեղավորելիս ինչպես այդ դաշտերը, այնպես էլ նյութերի ատոմային կառուցվածքները էական փոփոխությունների են ենթարկվում: Նյութերի և էլեկտրական ու մագնիսական դաշտերի փոխազդեցության ժամանակ դաշտերն ազդում են ատոմների միջուկների և դրանց շուրջը պտտվող էլեկտրոնների վրա՝ փոխելով դրանց դիրքը, շարժման ընթացքը և այլն:

Նյութի հետ էլեկտրական դաշտի փոխազդեցությունը հասկանալու համար նյութի ատոմները դիտվում են որպես էլեկտրական դիպոլներ: Էլեկտրական դիպոլ կոչվում է մեծությամբ հավասար երկու այնպիսի $+q$ և $-q$ տարանուն կետային լիցքերի համակարգը, որոնց միջև եղած l հեռավորությունը զգալիորեն ավելի փոքր է, քան մինչև այն կետերը եղած հեռավորությունը, որոնցում որոշվում է համակարգի դաշտը (նկ. 1): Էլեկտրական դիպոլը բնութագրվում է $\vec{p} = q\vec{l}$ դիպոլային մոմենտով, որտեղ $-q$ լիցքից դեպի $+q$ -ն ուղղված $\vec{l}$ վեկտորը կոչվում է դիպոլի բազուկ և մեծությամբ հավասար է լիցքերի միջև եղած հեռավորությանը:



Նկ. 1. Էլեկտրական դիպոլի սխեման

Արտաքին էլեկտրական դաշտի բացակայության դեպքում դիէլեկտրիկի մոլեկուլների դրական և բացասական լիցքերի ծանրության կենտրոնները կարող են համընկնել բացասական լիցքերի ծանրության կենտրոնների հետ կամ չհամընկնել: Ելնելով էլեկտրական դիպոլի պատկերացումից՝ կարելի է ասել, որ այն դիէլեկտրիկների ատոմներն ու մոլեկուլները, որոնց դրական և բացասական լիցքերի ծանրության կենտրոնները չեն համընկնում իրար հետ, էլեկտրական դիպոլներ են և արտաքին էլեկտրական դաշտի բացակայության դեպքում ունեն $\vec{p}_i = q_i\vec{l}_i$ դիպոլային մոմենտներ: Այդպիսի ատոմներից բաղկացած դիէլեկտրիկները կոչվում են **բնեռային դիէլեկտրիկներ**:

Մագնետիկի և մագնիսական դաշտի փոխազդեցությունը բնութագրելու համար միջուկի շուրջը էլեկտրոնի պտույտը դիտվում է որպես ուղեծրային հոսանք: Եթե էլեկտրոնը միջուկի շուրջը պտտվում է r շառավիղ ունեցող ուղեծրով V արագությամբ, ապա մեկ պտույտը կկատարի $t = \frac{2\pi r}{V}$ ժամանակում, և ուղեծրով միավոր ժամանակում կանցնի

$$I = \frac{e}{t} = \frac{eV}{2\pi r}$$

հոսանք: Էլեկտրոնի ուղեծրով սահմանափակված շրջանակը կունենա $p_m = IS = \frac{eVr}{2}$ ուղեծրային մագնիսական մոմենտ:

Քանի որ էլեկտրոններն ունեն նաև սեփական մագնիսական մոմենտներ, ուստի ատոմի գումարային մագնիսական մոմենտը հավասար է էլեկտրոնների ուղեծրային և սեփական մագնիսական մոմենտների երկրաչափական գումարին: Եթե ատոմների արդյունարար մագնիսական մոմենտները արտաքին մագնիսական դաշտի բացակայության դեպքում հավասար չեն զրոյի, ապա այդպիսի ատոմներից կազմված նյութը պարամագնիս է:

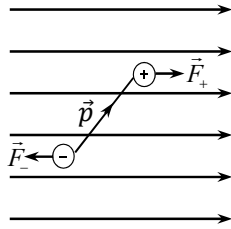
Արտաքին էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի բացակայության դեպքում բնեռային դիէլեկտրիկների ատոմների դիպոլային մոմենտները նյութի մեջ բաշխված են քառսային ձևով այնպես, որ ցանկացած ծավալով նյութի արդյունարար դիպոլային և մագնիսական մոմենտը հավասար է զրոյի, այսինքն՝

$$\vec{P}_V = \sum \vec{p}_i = 0 \quad \text{և} \quad \vec{M}_V = \sum \vec{\mu}_i = 0:$$

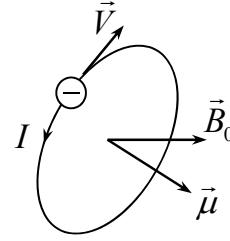
Եթե դիէլեկտրիկը տեղավորենք $\vec{E}_0$ լարվածությամբ արտաքին համասեռ էլեկտրական, իսկ պարամագնիսը՝ $\vec{B}_0$ ինդուկցիայով արտաքին համասեռ մագնիսական դաշտերում, ապա տեղի

կունենա դաշտի և նյութի փոխազդեցություն: Համասեռ էլեկտրական դաշտում դիպոլի յուրաքանչյուր լիցքի վրա կազդեն մեծությամբ իրար հավասար և ուղղությամբ հակառակ ուժեր (նկ. 2):

Այդ գույգ ուժերի ազդեցության տակ դիպոլը կձգտի շրջվել և կողմնորոշվել դաշտի ուղղությամբ, իսկ համասեռ մագնիսական դաշտը կազդի ատոմի յուրաքանչյուր էլեկտրոնի շրջանային ուղեծրի վրա և նրան կկողմնորոշի որոշակի ուղղությամբ: Հոսանքակիր շրջանակը (էլեկտրոնային ուղեծիրը) կձգտի կողմնորոշվել այնպես, որ նրա մագնիսական մոմենտը ուղղված լինի դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի ուղղությամբ (նկ. 3):



Նկ. 2. Դիպոլն արտաքին էլեկտրական դաշտում



Նկ. 3. Հոսանքակիր շրջանակը (էլեկտրոնային ուղեծիրը) արտաքին մագնիսական դաշտում

Ուղեծրային հոսանքի մագնիսական դաշտը հաճախ դիտարկում են որպես ինչ-որ պայմանական “մագնիսական դիպոլի” մագնիսական դաշտ:

Չնայած ջերմային շարժումները կիսանգարեն արտաքին էլեկտրական և մագնիսական դաշտերում էլեկտրական և մագնիսական դիպոլների կողմնորոշմանը, այնուամենայնիվ, ոչ շատ թույլ դաշտերի և ոչ շատ բարձր ջերմաստիճանների դեպքում, միջին հաշվով, դաշտի ուղղությամբ ավելի շատ դիպոլներ կկողմնորոշվեն, քան հակառակ ուղղությամբ: Եվ ցանկացած V ծավալով դիէլեկտրիկը ձեռք կբերի

$$\vec{P}_V = \sum \vec{p}_i \neq 0, \quad (1)$$

դիպոլային մոմենտ, իսկ պարամագնիսը՝

$$\vec{M}_V = \sum \vec{\mu}_i \neq 0 \quad (2)$$

մագնիսական մոմենտ:

Այսպիսով, արտաքին էլեկտրական դաշտում դիէլեկտրիկը բևեռանում է, իսկ պարամագնիսը՝ մագնիսանում:

Որպես դիէլեկտրիկի բևեռացման և պարամագնիսի մագնիսացման աստիճանը բնութագրող մեծություններ ծառայում են

$$\vec{P} = \frac{\vec{P}_V}{V} = \frac{\sum \vec{p}_i}{V} \quad \text{և} \quad \vec{M} = \frac{\vec{M}_V}{V} = \frac{\sum \vec{\mu}_i}{V} \quad (3)$$

մեծությունները, որոնք համապատասխանաբար կոչվում են **դիէլեկտրիկի բևեռացման և մագնետիկների մագնիսացման վեկտորներ** [2]: $\vec{P}$ և $\vec{M}$ վեկտորները դիէլեկտրիկի և մագնետիկի միավոր ծավալի էլեկտրական և մագնիսական դիպոլային մոմենտներն են: Դիէլեկտրիկների մեծամասնության համար բևեռացման վեկտորը համեմատական է տվյալ կետում դաշտի լարվածությանը

$$\vec{P} = \chi_{el} \vec{E}, \quad (4)$$

իսկ մագնետիկների մագնիսացման վեկտորը տվյալ կետում՝ մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորին՝

$$\vec{M} = \chi_{mag} \vec{B}, \quad (5)$$

որտեղ χ_{el} և χ_{mag} – ն համապատասխանաբար կոչվում են նյութի դիէլեկտրական և մագնիսական ընկալունակություններ: Նշենք, որ եթե բոլոր դիէլեկտրիկների համար, $\chi_{el} > 0$, մագնիսական ընկալունակությունը դիամագնիսների համար՝ $\chi_{mag} < 0$, պարամագնիսների համար՝ $\chi_{mag} > 0$, և նրա արժեքներն ընկած են $10^{-3} \dots 10^{-5}$ սահմաններում:

Այսպիսով, էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի կողմից նյութերի հետ փոխազդեցության ժամանակ տեղի է ունենում համանման երևույթ: Դիէլեկտրիկներում էլեկտրական դիպոլները կողմնորոշվում են, դիէլեկտրիկը բևեռանում է և բևեռացման լիցքերի ստեղծած դաշտի լարվածությունը միշտ հակառակ է ուղղված արտաքին դաշտի լարվածությանը: Այդ պատճառով էլ դիէլեկտրիկում արդյունաբար դաշտի լարվածությունը միշտ փոքր է արտաքին դաշտի լարվածությունից՝

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{1+\chi_{\epsilon}} = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon} \quad (6)$$

$\epsilon = 1 + \chi_{\epsilon}$ չափայնություն չունեցող մեծությունը ցույց է տալիս դիէլեկտրիկի կողմից դաշտի թուլացման աստիճանը և կոչվում է դիէլեկտրական թափանցելիություն: Նույնանման մեծություն մտցվում է նաև մագնետիկի մագնիսական հատկությունը բնութագրելու համար:

Արտաքին մագնիսական դաշտում մագնիսական մոմենտների կողմնորոշման հետևանքով նյութի մեջ մագնիսական դաշտը փոխվում է: Արդյունաբար դաշտը արտաքին դաշտի և նրա կողմից աստիճանական մագնիսական մոմենտների կողմնորոշման հետևանքով ստեղծած ներքին դաշտի գումարն է:

Արդյունաբար դաշտի ինդուկցիան նյութի մեջ կարող է մեծ կամ փոքր լինել արտաքին դաշտի ինդուկցիայից: Բոլոր դեպքերում նյութի մեջ ինդուկցիայի վեկտորը կախված է արտաքին դաշտի $\vec{B}_0$ ինդուկցիայի վեկտորից հետևյալ կերպ.

$$\vec{B} = \mu \vec{B}_0 \quad (7)$$

Չափայնություն չունեցող μ մեծությունը, որը բնութագրում է նյութի մագնիսական հատկությունները, ցույց է տալիս, թե մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլը տվյալ համասեռ միջավայրում քանի անգամ է մեծ (կամ փոքր) վակուումում ունեցած արժեքից և կոչվում է նյութի մագնիսական թափանցելիություն: Նյութերի մեծ մասի համար մագնիսական թափանցելիությունը քիչ է տարբերվում 1-ից: Արտաքին մագնիսական դաշտ մտցնելիս դրանք շատ թույլ են մագնիսանում: Օրինակ, օդի համար $\mu = 1,00000038$, պլատինի համար՝ $\mu = 1,00025$, ալյումինի համար՝ $\mu = 1,000023$, ցինկի համար՝ $\mu = 0,999991$, ոսկու համար՝ $\mu = 0,999961$:

Դիամագնիսների մագնիսական թափանցելիությունը փոքր է մեկից ($\mu < 1$) և արտաքին մագնիսական դաշտում այս նյութերը մագնիսանում են այնպես, որ դրանց ստեղծած մագնիսական դաշտը հակառակ է ուղղվում արտաքին դաշտին և թուլացնում է այն: Դիամագնիսներ են՝ ազոտը, արծաթը, պղինձը, ոսկին և մի շարք այլ նյութեր: Պարամագնիսների մագնիսական թափանցելիությունը մեծ է մեկից ($\mu > 1$) և մագնիսացման հետևանքով այս նյութերի ստեղծած դաշտն ունի արտաքին դաշտի ուղղությունը և ուժեղացնում է այն: Պարամագնիսներ են թթվածինը, կալցիումը, քրոմը, մոլիբդենը և այլն:

Ի տարբերություն դիամագնիսների և պարամագնիսների, ֆերոմագնիսներն օժտված են 1-ից շատ մեծ մագնիսական թափանցելիությամբ: Այդպիսի նյութերն արտաքին մագնիսական դաշտում տեղադրելիս մագնիսանում են և ստեղծում դաշտեր, որոնք հարյուր և հազարավոր անգամ կարող են գերազանցել արտաքին դաշտը: Դրանցից են՝ երկաթը, նիկելը, կոբալտը և մի շարք այլ պարզ նյութեր ու համաձուլվածքներ: Այդ նյութերի մագնիսական թափանցելիությունը փոխվում է $10^2 \dots 10^6$ սահմաններում: Օրինակ, պողպատի համար $\mu = 800$, իսկ երկաթի և նիկելի հատուկ համաձուլվածքի՝ սուպերմալոյի (80% Ni, 15% Fe, 5% Mo) համար $\mu = 10^6$: Արտաքին դաշտը վերացնելիս, ի տարբերություն դիամագնիսների և պարամագնիսների, ֆերոմագնիսները պահպանում են մագնիսացվածությունը, այսինքն՝ շարունակում են ստեղծել իրենց սեփական մագնիսական դաշտը: Յուրաքանչյուր ֆերոմագնիսի համար գոյություն ունի որոշակի ջերմաստիճան, որից բարձր այն կորցնում է իր մագնիսական հատկությունները: Այդ ջերմաստիճանը կոչվում է **Կյուրիի ջերմաստիճան** կամ **Կյուրիի կետ**: Կյուրիի ջերմաստիճանը երկաթի համար 768°C է, նիկելի համար՝ 360°C , իսկ կոբալտի համար՝ 1150°C :

Բևեռային դիէլեկտրիկների և պարամագնիսների բևեռացումը: Էլեկտրական և մագնիսական դաշտերում, էլեկտրական ու մագնիսական դիպոլների վարքից ելնելով, կարելի է նույն ձևով բացատրել դիէլեկտրիկների ու պարամագնիսների կողմնորոշման երևույթը, նույն ձևով ստանալ Դեբայի և Կյուրիի բանաձևերը՝ դիէլեկտրական և մագնիսական ընկալունակությունների համար: Պոտենցիալային դաշտում ջերմային քառասային շարժման վիճակում գտնվող ատոմական էլեկտրական և մագնի-

սական դիպոլները ենթարկվում են Բոլցմանի բաշխմանը, ըստ որի W_i պոտենցիալ էներգիա ունեցող դիպոլների թիվը համեմատական է $e^{-\frac{W_i}{kT}}$ մեծությանը:

Արտաքին $\vec{E}$ լարվածության էլեկտրական դաշտում ատոմական $\vec{p}_i$ դիպոլը կունենա $W_i = -p_i E \cos\theta$ պոտենցիալ էներգիա, որտեղ θ –ն դիպոլի առանցքի և $\vec{E}$ –ի միջև կազմված անկյունն է:

Ըստ Բոլցմանի [2], դասական ֆիզիկայում թույլատրվում է $\vec{E}$ դաշտում դիպոլի կողմնորոշման երկու հնարավոր դեպք՝ դաշտի ուղղությամբ և դաշտի հակառակ ուղղությամբ: Դաշտի ուղղությամբ ($\cos\theta = 1$) դիպոլի՝ կողմնորոշվելու հավանականությունը $Ce^{\frac{p_i E \cos\theta}{kT}}$ է, իսկ հակառակ ուղղությամբ ($\cos\theta = -1$) կողմնորոշվելու հավանականությունը՝ $e^{-\frac{p_i E \cos\theta}{kT}}$, հետևաբար՝

$$Ce^{\frac{p_i E \cos\theta}{kT}} + Ce^{-\frac{p_i E \cos\theta}{kT}} = 1,$$

որտեղ C -ն համեմատականության գործակից է:

Բարձր ջերմաստիճանների և թույլ դաշտերի դեպքում, երբ $\frac{p_i E}{kT} \ll 1$, օգտվելով

$$e^{\pm x} = 1 \pm x, (|x| \ll 1) \text{ բանաձևից, կստանանք } C = \frac{1}{2}:$$

Ընդհանրապես դիէլեկտրիկում ջերմային քառասյին շարժման հետևանքով դիպոլները բաշխվում են բոլոր ուղղություններով հավասարապես, սակայն մոլեկուլային կինետիկ տեսության շատ խնդիրներ լուծելու համար ընդունում են, որ դրանք բաշխված են միայն երեք փոխադրահայաց ուղղություններով [3, 4]: Այս ենթադրությունը պարզեցնում է խնդիրը, բայց չի ազդում նրա լուծման վերջնական արդյունքի վրա: Հետևաբար, եթե դիէլեկտրիկի միավոր ծավալում կան n_0 դիպոլներ, առանցքներից յուրաքանչյուրով ուղղված կլինեն $\frac{n_0}{3}$ դիպոլներ: Եթե այդպիսի դիէլեկտրիկը տեղավորենք էլեկտրական դաշտում, որի լարվածության վեկտորն ուղղված է այդ երեք առանցքներից որևէ մեկով, ապա դաշտի ուղղությամբ կկողմնորոշվեն՝

$$N_1 = \frac{n_0}{6} e^{\frac{p_i E}{kT}}, \text{ իսկ դաշտին հակառակ՝ } N_2 = \frac{n_0}{6} e^{-\frac{p_i E}{kT}} \text{ դիպոլներ:}$$

Դաշտի ուղղությամբ կկողմնորոշվեն

$$\Delta N = N_1 - N_2 = \frac{n_0}{6} \left(e^{\frac{p_i E}{kT}} - e^{-\frac{p_i E}{kT}} \right)$$

ավելի դիպոլներ, և քանի որ յուրաքանչյուր դիպոլ ունի $\vec{p}_i$ դիպոլային մոմենտ, ապա միավոր ծավալում դիէլեկտրիկը ձեռք կբերի $\vec{P} = \frac{n_0}{6} \left(e^{\frac{p_i E}{kT}} - e^{-\frac{p_i E}{kT}} \right) \vec{p}_i$ դիպոլային մոմենտ, այսինքն՝ կբևեռանա:

Թույլ դաշտերում կամ բարձր ջերմաստիճաններում՝ $\left(\frac{p_i E}{kT} \ll 1 \right)$ կունենանք՝

$$\vec{P} = \frac{n_0 p_i^2}{3kT} \vec{E}: \quad (8)$$

Համեմատելով (4) և (8) բանաձևերը՝ դիէլեկտրական ընկալունակության համար կստանանք Կյուրիի օրենքը.

$$\chi_{\epsilon l} = \frac{n_0 p_i^2}{3kT}: \quad (9)$$

Համանման կերպով գտնենք պարամագնիսների համար մագնիսական ընկալունակությունը: Եթե նյութի մեջ միավոր ծավալում կան n_0 պարամագնիսական մոմենտներ, ապա $\vec{B}$ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտի հետ i – րդ ատոմի $\vec{\mu}_i$ մագնիսական մոմենտի փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիան կլինի՝ $W_i = -\mu_i B \cos\theta$:

Նորից մագնիսական մոմենտները դաշտում կունենան երկու հնարավոր ուղղություն և այդ ուղղություններով կբաշխվեն ըստ Բոլցմանի: Այդ պատճառով էլ $\vec{\mu}_i$ մոմենտը դաշտի ուղղությամբ կողմնորոշվելու հավանականությունը կլինի $\frac{1}{2} e^{\frac{\mu_i B}{kT}}$, իսկ հակառակ ուղղությամբ կողմնորոշվելու հավանականությունը՝ $\frac{1}{2} e^{-\frac{\mu_i B}{kT}}$:

Եթե նորից օգտվենք մոլեկուլային կինետիկ տեսությունից, ապա կարող ենք ասել, որ պարամագնիսը մագնիսական դաշտում տեղադրելիս նրա միավոր ծավալում եղած n_0 մագնիսական մոմենտներից դաշտի ուղղությամբ կկողմնորոշվեն՝

$$N_1 = \frac{n_0}{6} e^{\frac{\mu_i B}{kT}},$$

իսկ հակառակ ուղղությամբ՝

$$N_2 = \frac{n_0}{6} e^{-\frac{\mu_i B}{kT}}$$

մագնիսական մոմենտներ, որի պատճառով միավոր ծավալում պարամագնիսները ձեռք կբերեն

$$\vec{M} = \frac{n_0}{6} \left(e^{\frac{\mu_i B}{kT}} - e^{-\frac{\mu_i B}{kT}} \right) \vec{\mu}_i$$

մագնիսական մոմենտ:

Նույն մոտավորության դեպքում (երբ $\frac{\mu_i B}{kT} \ll 1$), կստանանք՝

$$\vec{M} = \frac{n_0 \mu_i^2}{3kT} \vec{B}, \quad (10)$$

որից բխում է, որ $\chi_{\text{մագ}} = \frac{n_0 \mu_i^2}{3kT}$, և համընկնում է Կյուրիի օրենքի հետ:

Էլեկտրական և մագնիսական մեծությունների միջև եղած համապատասխանությունը բերված է աղյուսակում:

Աղյուսակ

Էլեկտրական մեծություններ	Մագնիսական մեծություններ
Էլեկտրական դաշտ	Մագնիսական դաշտ
Ատոմի դիպոլային մոմենտ՝ $\vec{p}_i = q\vec{l}$	Ատոմի մագնիսական մոմենտ՝ $\mu_i = IS$
Բևեռացման վեկտոր՝ $\vec{P} = \frac{\sum \vec{p}_i}{V} = \chi_{\text{էլ}} \vec{E}$	Մագնիսացման վեկտոր՝ $\vec{M} = \frac{\sum \vec{\mu}_i}{V} = \chi_{\text{մագ}} \vec{B}$
Էլեկտրական դիպոլի և էլեկտրական դաշտի փոխազդեցության էներգիան՝ $W_i = -p_i E \cos\theta$	Մագնիսական դիպոլի և մագնիսական դաշտի փոխազդեցության էներգիան՝ $W_i = -\mu_i B \cos\theta$
Էլեկտրական դիպոլների բաշխումը ըստ էներգիայի՝ $\frac{1}{2} e^{-\frac{p_i E}{kT}}$	Մագնիսական դիպոլների բաշխումը ըստ էներգիայի՝ $\frac{1}{2} e^{-\frac{\mu_i B}{kT}}$
Դիէլեկտրական ընկալունակություն՝ $\chi_{\text{էլ}} = \frac{n_0 p_i^2}{3kT}$	Մագնիսական ընկալունակություն՝ $\chi_{\text{մագ}} = \frac{n_0 \mu_i^2}{3kT}$
Դիէլեկտրական թափանցելիություն՝ ϵ	Մագնիսական թափանցելիություն՝ μ

Եզրակացություն. Դիէլեկտրիկների բևեռացումը և պարամագնիսների մագնիսացումը համեմատելիս հանգում ենք հետևյալ եզրակացությանը: Դիէլեկտրիկների և պարամագնիսների վարքը էլեկտրական և մագնիսական դաշտում կարելի է նկարագրել նույն ձևով, որը մի կողմից էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի, իսկ մյուս կողմից՝ նյութերի էլեկտրական և մագնիսական հատկությունների համանման ֆիզիկական մեծություններով բնութագրելու հետևանք է:

Գրականություն

1. Աղբալյան Ս.Գ., Աբոյան Ա.Հ., Պետրոսյան Հ.Ա. Մետաղների ֆիզիկա և դրանց ֆիզիկական հատկությունները: - Երևան: Ճարտարագետ, 2008. - 318 էջ:
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Электричество и магнетизм. - М.: Астрель, 2001. – 336 с.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Молекулярная физика и термодинамика. - М.: Астрель, 2004. - 208с.
4. Աբոյան Ա.Հ. Ընդհանուր ֆիզիկայի դասընթաց: - Երևան: Ճարտարագետ, 2010. - 309 էջ:

08.04.2017.

А.О. Абоян, С.Г. Агбальян

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЦЕССА ПОЛЯРИЗАЦИИ ДИЭЛЕКТРИКОВ И НАМАГНИЧИВАНИЯ ПАРАМАГНЕТИКОВ

Исследованы процессы поляризации диэлектриков и намагничивания парамагнетиков, в результате которых приходим к выводу, что поведение диэлектриков и парамагнетиков в электрическом и магнитном полях можно описать аналогичными формулами.

Ключевые слова: поляризация диэлектриков, намагничивание парамагнетиков, дипольный и магнитный моменты, электрический диполь, векторы поляризации и намагничивания, диэлектрическая и магнитная восприимчивость, температура Кюри.

A.H. Aboyan, S.G. Aghbalyan

SOME ISSUES OF THE POLARIZATION PROCESS OF DIELECTRICS AND MAGNETIZATION OF PARAMAGNETICS

The polarization processes of dielectrics and magnetization of paramagnetics are investigated, as a result of which it has been concluded that the behaviour of dielectrics and paramagnetics in the electric and magnetic fields can be described by analogous formulae.

Keywords: polarization of dielectrics, magnetization of paramagnetics, dipole and magnetic moments, electric dipole, polarization and magnetization vectors, dielectric and magnetic susceptibility, Curie temperature.

Աբոյան Արսեն Հովհաննեսի - ֆիզ. մաթ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր (ՀԱՊՀ)

Աղբալյան Սուրեն Գևորգի - տեխն.գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր (ՀԱՊՀ)

Э.П. Ащиянц, А.Л. Авакян, М.Р. Асатрян

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ
ГИДРОТАРАНА МАРКИ "БУНАКН-100"

Приводятся экспериментальные данные, полученные при наладке и испытании работы гидротарана в гидравлической лаборатории Института водных проблем и гидротехники им. академика И.В. Егизарова. Определены расходы воды, пропускаемой через гидротаран и нагнетаемой в приемный резервуар, при различных значениях веса ударного клапана гидротарана и объемов воздуха в водовоздушном колпаке, а также численное значение коэффициента сопротивления гидротарана.

Ключевые слова: гидротаран, ударный клапан, водовоздушный колпак, расход жидкости.

Гидравлический таран является водоподъемным устройством, работа которого осуществляется только за счет энергии движущейся колонны жидкости в напорном трубопроводе. Простота конструкции и автоматичность работы позволяют при определенных условиях наиболее выгодно использовать это устройство для подачи воды на более высокие отметки местности.

Разработке теории расчета и конструирования гидротаранов посвящены многие исследования [1-4], которые, однако, нуждаются в усовершенствовании с целью удовлетворения требованиям проектирования этих устройств.

Основным недостатком гидротаранов является их низкая производительность, поэтому при разработке новых конструкций гидротаранов большое внимание уделяется вопросам повышения их производительности.

В настоящей работе приводятся экспериментальные данные, полученные при наладке и испытании работы гидротарана марки "Бунакн-100" в лабораторных условиях, использование которых может оказаться полезным при разработке рекомендаций по проектированию гидротаранов.

Схема лабораторной установки приведена на рисунке.

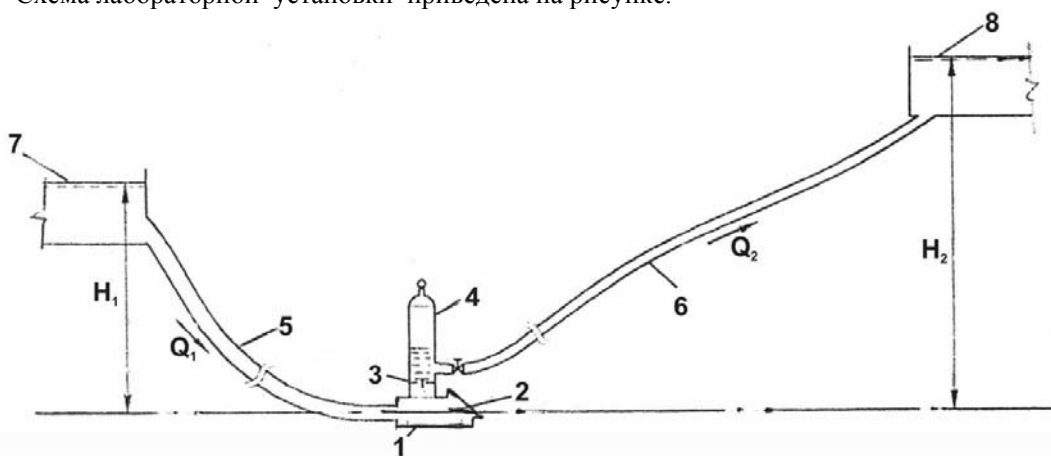


Рис. Схема лабораторной установки

Гидротаран включает рабочую коробку 1 с расположенными в ней ударным 2 и нагнетательным 3 клапанами, а также водовоздушный колпак 4. Гидротаранная установка включает питательный 5 и нагнетательный 6 трубопроводы. Вода поступает в питательный трубопровод из резервуара 7 и по трубопроводу 6 подается в приемный резервуар 8.

Работа гидротарана осуществляется следующим образом. Из резервуара 7 вода поступает в питательный трубопровод 5 и далее через него в рабочую коробку 1 гидротарана. В случае, когда в гидротаране ударный клапан 2 закрыт, вода, заполнив рабочую коробку, поступает через отверстие нагнетательного клапана 3 в водовоздушный колпак 4, сжимая находящийся в нем

воздух, и далее в нагнетательный трубопровод 6, заполняя его до уровня, соответствующего напору H_1 (рис.).

При принудительном открытии ударного клапана 2 вода из гидротарана через отверстие ударного клапана будет удаляться в атмосферу, а в питательном трубопроводе 5 в процессе такого истечения скорость течения воды будет возрастать до определенной величины, при которой произойдет закрытие ударного клапана 2. В результате давление воды в рабочей коробке гидротарана 1 резко возрастает (возникает гидравлический удар).

Такое повышение давления способствует открытию нагнетательного клапана 3, в результате чего в водовоздушный колпак поступает некоторый объем воды, повышая давление воздуха в нем и частично заполняя водой нагнетательный трубопровод 6. Спустя некоторый промежуток времени скорость течения жидкости в питательном трубопроводе уменьшается до нуля, давление в рабочей коробке понижается, что способствует закрытию нагнетательного клапана 3 и автоматическому открытию ударного клапана 2: начинается новый цикл, протекающий так же, как и прежний. В результате вода определенными порциями поступает в водовоздушный колпак и нагнетательный трубопровод, повышая давление воздуха в колпаке до некоторой динамической величины $H_g > H_2$, где H_2 - нагнетаемый напор.

При работе гидротарана основной объем воды, поступающей в гидротаран, удаляется из него в атмосферу, и лишь его малая часть через водовоздушный колпак нагнетается в приемный резервуар 8.

Отличие гидротарана марки "Бунакн" от существующих [3] заключается в том, что его плоский поворотный ударный клапан 2 прямоугольной формы в закрытом состоянии располагается по углом 45° к горизонту. Такая установка ударного клапана 1 в рабочей коробке 1 (рис.) позволяет повысить надежность автоматической работы гидротарана.

В табл. 1 приведены численные значения основных геометрических параметров гидротаранной установки.

Таблица 1

Численные значения основных геометрических параметров гидротарана "Бунакн -100"

Наименование	Питательный напор, $H_1, м$	Длина питательного трубопровода, $L_1, м$	Диаметр питательного трубопровода, $D_1, м$	Нагнетательный напор, $H_2, м$	Длина нагнетательного трубопровода, $L_2, м$	Диаметр нагнетательного трубопровода, $d, м$	Площадь отверстия ударного клапана, $A_3, м^2$	Площадь отверстия нагнетательного клапана, $A_4, м^2$
Численные значения	2,85	11	0,12	6,8	18,4	0,05	0,0117	0,0041

При принудительном удержании ударного клапана 2 гидротарана в полностью открытом положении расход жидкости, проходящей через отверстие ударного клапана в атмосферу, достигал максимальной величины $Q_{\max} = 0,0225 \text{ м}^3/\text{с}$. Соответствующая скорость течения жидкости в питательном трубопроводе: $V_{\max} = 2,0 \text{ м/с}$. Используя эти экспериментальные данные, определено численное значение коэффициента гидравлического сопротивления гидротарана - $\xi_{ГТ}$. При этом использована известная в гидравлике [2] формула, определяющая скорость течения жидкости в напорном трубопроводе:

$$V = \sqrt{2gH_1 / (1 + \sum \xi)}, \quad (1)$$

где g - ускорение силы тяжести; H_1 - питательный напор; $\sum \xi$ - сумма коэффициентов гидравлических сопротивлений в питательном трубопроводе и гидротаране.

Для лабораторной установки при монтаже гидротарана:

$$\sum \xi = \xi_{ax} + \lambda_1 \frac{L_1}{D_1} + \xi_{go^0} + \xi_3 + \xi_{ГТ}, \quad (2)$$

где $\xi_{вх}$ - коэффициент сопротивления при входе жидкости из питающего резервуара 7 в питательный трубопровод 5, равный $\xi_{вх} = 0,5$; λ_1 - коэффициент сопротивления по длине питательного трубопровода. При $D_1 = 0,12 \text{ м}$: $\lambda_1 = 0,03$, $L_1 = 11,5 \text{ м}$, $\lambda_1 L_1 / D_1 = 2,875$; ξ_{90° - коэффициент сопротивления при резком повороте трубы на 90° , равный $\xi_{90^\circ} = 1$; ξ_3 - коэффициент сопротивления полностью открытого гидрозатвора, отключающий гидротаран от питательного трубопровода: $\xi_3 = 0,6$.

Таким образом, $\sum \xi = 0,5 + 2,875 + 1 + 0,6 + \xi_{гт} = 4,975 + \xi_{гт}$.

Подставляя полученные численные значения гидравлических параметров в формулу (1), получим

$$2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 2,85}{1 + 4,975 + \xi_{гт}}} \quad (3)$$

Из равенства (3) определяются численные значения коэффициента гидравлического сопротивления гидротарана $\xi_{гт} = 8$.

Потребляемый гидротараном расход жидкости регулировался путем изменения веса ударного клапана. При этом объемным способом измерялись расходы жидкости Q_1 , удаляющейся через отверстие ударного клапана в атмосферу, и Q_2 , нагнетаемой в трубопровод 6 водовоздушным колпаком, при различных фиксированных значениях веса ударного клапана G .

Результаты измерений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Экспериментальные значения расходов Q_1 и Q_2 , а также динамического напора H_g при различных численных значениях веса ударного клапана G

№	$H_g,$ m	$G,$ H	Q_1	Q_2	η
			m^3/c		
1	7,2	17,66	0,0053	0,00135	0,5
2	7,6	25,5	0,00643	0,0019	0,61
3	7,3	33,9	0,0102	0,0014	0,31

Из таблицы видно, что наибольшая производительность гидротарана ($Q_2 = 0,0019 \text{ м}^3/\text{с}$) достигается при весе ударного клапана $G = 25,5 \text{ Н}$.

В табл. 2 параметр η представляет коэффициент полезного действия (КПД) гидротарана, который определяется по формуле [5]

$$\eta = \frac{Q_2 \cdot H_g}{(Q_1 + Q_2) H_1},$$

где $H_g = H_2 + h_w$, $H_2 = 6,8 \text{ м}$, а h_w - напор, затрачиваемый на преодоление гидравлических сопротивлений при движении воды в нагнетательном трубопроводе 6.

Из таблицы видно, что при $Q_2 = 0,0019 \text{ м}^3/\text{с}$ КПД гидротарана $\eta = 0,61$.

Экспериментальным путем определено влияние объема воздуха в водовоздушном колпаке на величины нагнетаемого расхода воды Q_2 при весе ударного клапана $G = 33,94 \text{ Н}$.

Результаты экспериментов приведены в табл. 3.

Как видно из таблицы, существенное увеличение расхода Q_2 наблюдалось при увеличении объема воздуха в колпаке до значения $W_b = 0,005 \text{ м}^3$. При дальнейшем увеличении объема воздуха до $0,012 \text{ м}^3$ значение расхода Q_2 было увеличено незначительно.

Изменение расхода воды Q_2 , нагнетаемой гидротараном, в зависимости
от объема воздуха $W_в$ в водовоздушном колпаке при статическом напоре $H_2 = 6,8$ м

$W_в, м^3$	0,0008	0,0017	0,0029	0,005	0,0075	0,01	0,012
$Q_2, м^3/с$	0,0007	0,0012	0,0014	0,00147	0,00154	0,00163	0,0017

Выводы

1. Гидротаран марки "Бунакн - 100" работоспособен.
2. Установка ударного клапана в рабочей коробке выполнена таким образом, что в закрытом положении клапана его тарель составляет угол 45^0 с горизонтом, что позволяет повысить надежность автоматической работы гидротарана.
3. Испытания показали, что максимальный расход воды, нагнетаемой гидротараном $Q_2 = 0,0019 м^3/с$, возникает при весе ударного клапана $G = 25,5 Н$ и объеме воздуха в водовоздушном колпаке $W_в = 0,013 м^3$.
4. Подача расходов воды гидротараном отличается высокими показателями производительности, что позволяет рекомендовать эту конструкцию для использования в системах коммунального водоснабжения и орошения.

Литература

1. Чистопольский С.Д. Гидравлические тараны. – М., Л.: ОНТИ, 1936.-151с.
2. Овсепян В.М. Гидравлический таран и таранные установки. - М.: Машиностроение, 1968.-124с.
3. Кобылянский А.Д. Гидравлические тараны большой производительности и высокого напора // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. - 1957. - №2.
4. Ащиянц Э.П. Гидравлический удар в нагнетательных водоводах. - Ереван: Лимуш, 2010.-210с.
5. Штернлихт Д.В. Гидравлика.- М.: Энергоатомиздат, 1984.- 640с.

06.07.2017.

Է.Պ. Աշիչյանց, Ա.Լ. Ավագյան, Մ.Ռ. Ասատրյան "ԲՈՒՆԱԿՆ -100" ՄԱԿՆԻՇԻ ՀԻԴՐՈԲԱԲԱՆԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Քերված են փորձարարական տվյալներ, որոնք ստացված են "Բունակն"-100 մակնիշի հիդրոբարանի աշխատանքի հետազոտման ընթացքում Ակադեմիկոս Ի.Վ.Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի լաբորատորիայում: Որոշված են հիդրոբարանով անցնող և դրանով մղվող ջրի ելքերը հարվածող կափույրի տարբեր կշիռների և ջրաօդային թասակում օդի ծավալների տարբեր քանակի առկայության դեպքում: Որոշված է նաև հիդրոբարանի հիդրավլիկական դիմադրությունների գործակիցը:

Առանցքային բառեր. հիդրոբարան, հարվածող կափույր, ջրաօդային թասակ, ջրի ելք:

E.P. Ashchiyants, A.L. Avagyan, M.R. Asatryan EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF WORK OF HYDRAULIC RAM "BUNAKN-100"

Experimental information production adjustment and test of work of hydraulic ram at hydraulic laboratory of the Institute of Water Problems and Hydraulic Engineering after Academician I.V.Yeghiazarov are done. Determination of passing from hydraulic ram and discharge in tube reservoir rate of flow liquid, by different values weight hammer valve covers a part of hydraulic ram and volumes air in water-to-aerial reservoir and also numerically valve coefficient resistance of hydraulic ram.

Keywords: hydraulic ram, hammer valve covers a part, water-to-aerial reservoir, rate of flow liquid.

Ащиянц Эдуард Петросович - д.т.н., с.н.с., Институт водных проблем и гидротехники им. академика И.В. Егизарова

Авакян Арташ Леонович - зав. лабораторией ЕГУАС

Асатрян Макич Рубенович – инженер-конструктор, директор ООО "Армат"

А.А. Алаян, Л.Р. Галстян

О ПРИЧИНАХ АНОМАЛЬНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ α -ЛАТУНЕЙ И ПЕРМАЛЛОЕВ

Рассмотрены диаграммы состояния систем Cu-Zn и Fe-Ni, являющиеся основой для выяснения структурообразования и соответствующих этим структурам физико-механических свойств. Показано влияние упорядочения на свойства α -латуни и пермаллоев и рассмотрены возможные способы термообработки для повышения технологических и эксплуатационных свойств.

Ключевые слова: латунь, пермаллой, диаграмма состояния, упорядочение, фаза, свойства.

Как известно, основой латуней являются сплавы системы Cu-Zn, а основой пермаллоев – соответственно Ni-Fe. И те, и другие имеют большое распространение в различных отраслях промышленности. Латуни и пермаллоиды являются деформационными сплавами. Именно поэтому большое значение имеют механические свойства этих сплавов и их изменения в зависимости от их химического состава и других факторов. Латуни находят широкое применение в технике ввиду их сравнительной дешевизны и высоких механических и физико-химических свойств. Они применяются в основном в виде холоднокатаных полуфабрикатов: листов, полос, лент, из которых изготавливают трубопроводы, сильфоны, шайбы, втулки, уплотнительные кольца, снарядные гильзы и др.

Обычный пермаллой содержит ~78,5% Ni, 0,6% Mn и 20,9% Fe, имеет малые потери на гистерезис $W_s \approx 200 \text{ эрг/см}^3$. Этот сплав получает высокие магнитные свойства после закалки с температуры 600°C, т.е. выше точки Кюри (580°C для данного сплава) со скоростью $>30^\circ\text{C/c}$.

На рис. 1 приведена диаграмма состояния системы Cu-Zn. Обычно она приводится без обозначения упорядоченной фазы Cu_3Zn в области твердого раствора на основе меди. Здесь диаграмма приведена согласно работе [1]. Как видно из диаграммы, фазе Cu_3Zn соответствует 75% Cu (ат.), т.е. 74,46% по массе. В то же время область существования фаз α_1 и α_2 , являющихся твердыми растворами на основе упорядоченной фазы Cu_3Zn , согласно диаграмме состояния, простирается примерно от 72...79% по массе.

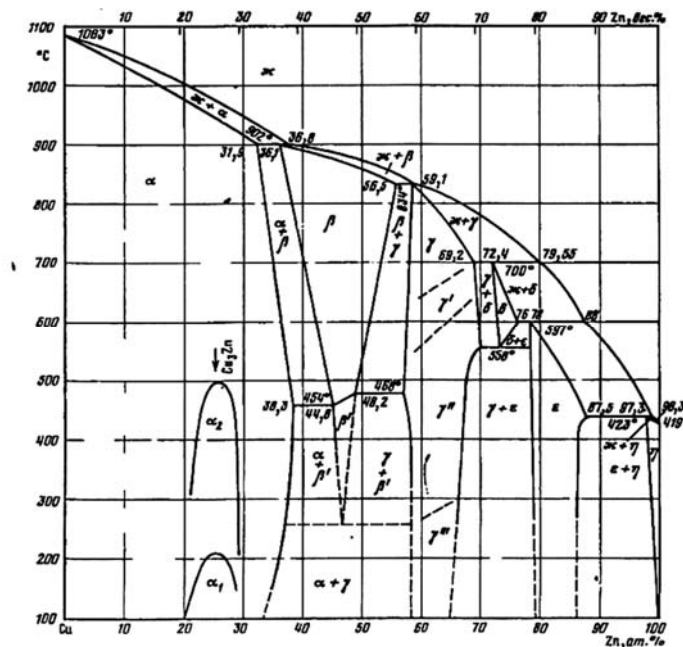


Рис. 1. Диаграмма состояния системы Cu-Zn

С целью установления наличия и влияния этой фазы на механические свойства латуней нами рассмотрены эти свойства для отоженных α -латуней, когда влияние этой фазы должно быть особенно заметно ввиду более полного осуществления диффузионных процессов при медленном охлаждении после гомогенизации. Механические свойства латуней в указанном состоянии, согласно данным [2], приведены в табл. 1.

Как видно из таблицы, латунь марки Л75, почти полностью соответствующая составу фазы Cu_3Zn , обладает максимальной пластичностью и наибольшими показателями деформационного упрочнения ($\sigma_b/\sigma_{0,2}$ и n), а также довольно низким значением условного предела текучести ($\sigma_{0,2}$) при комнатной температуре.

В то же время, как показывают данные таблицы, высокими показателями пластичности и деформационного упрочнения, но несколько уступающими сплаву Л75, обладают сплавы Л80 и Л68, а за этими составами имеет место падение предела прочности и пластичности, что, на наш взгляд, указывает на более широкую область существования фазы Cu_3Zn .

Пермаллои обладают высокой начальной μ_0 и максимальной μ_{max} магнитной проницаемостью и низкой коэрцитивной силой H_c , т.е. малыми потерями при перемагничивании в сравнительно слабых магнитных полях, что обеспечивает их применение в специальной технике (радиотехнике, телемеханике, телефонии и т.д.), так как в этих условиях потери на гистерезис в десятки и сотни раз меньше, чем в техническом железе и электротехнических сталях.

Таблица 1

Механические свойства латуней

Марка латуни	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	HRB	$\sigma_{0,003}$, МПа	σ_{-1} , МПа	E, МПа	δ , %	ψ , %	$\sigma_b/\sigma_{0,2}$	n
Л96	240	63	52...63	16	-	$114 \cdot 10^3$	52	82	3,81	0,329
Л90	260	130	55	70	85	$110 \cdot 10^3$	44	80	2,00	0,200
Л85	260	100	60	56	106	$110 \cdot 10^3$	43	80	2,60	0,250
Л80	310	120	60	68	105	$112 \cdot 10^3$	52	69,5	2,58	0,250
Л75	320...420	100...120	15...50	500...100	120	$105 \cdot 10^3$	58...66	-	3,36	0,302
Л72	320...290	120	16	-	90	-	61	76	2,54	0,240
Л70	330...360	130	15...50	-	158	$112 \cdot 10^3$	55	70	1,65	0,240
Л68	330	100	59	50	120	$105 \cdot 10^3$	56	70	3,30	0,297
Л66	320	-	50	70	120	$105 \cdot 10^3$	48	-	-	-
Л63	360	110	77	60...80	120	$100 \cdot 10^3$	49	66	3,27	0,296
Л59	390	150	-	80	120	$98 \cdot 10^3$	44	62	2,60	0,251

*В случае интервального показателя значения усредняются.

На рис. 2 приведена диаграмма, обобщенная по результатам исследования до середины 50-ых годов 20-го столетия [3].

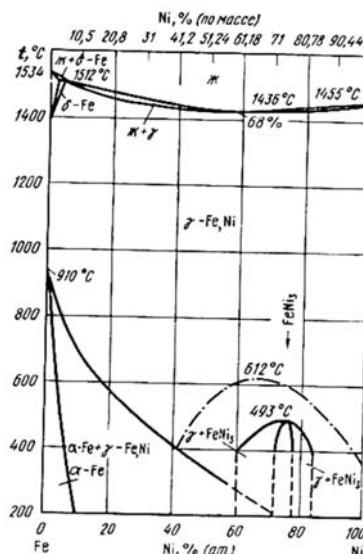


Рис. 2. Диаграмма состояния системы Fe-Ni (до середины 50-ых годов 20-го столетия)

Однако более позднее исследование этой диаграммы при температурах ниже 900°C показало существенную разницу по сравнению с диаграммой состояния Fe-Ni, представленной на рис. 2. Эта диаграмма приведена на рис. 3[3].

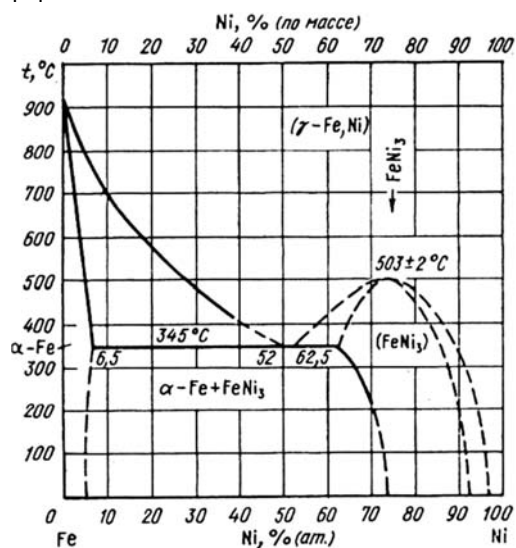
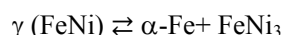


Рис. 3. Диаграмма состояния системы Fe-Ni

Как видно из диаграммы рис. 3, область существования упорядоченной фазы FeNi₃ значительно шире и достигает ~20% (ат.) при 300°C. Кроме того, имеет место эвтектическое превращение при 345°C:



с эвтектической точкой при 52% (ат.), предельной растворимостью 6,5% (ат.) α-Fe и 62,5% (ат.) в фазе FeNi₃. Снижение растворимости железа в FeNi₃ при понижении температуры может быть использовано (при желании) для упрочнения сплавов при дисперсионном твердении и наоборот - для повышения пластичности путем фиксации этой широкой области гомогенности после длительной выдержки быстрым охлаждением. Зависимость механических свойств железоникелевых сплавов от их химического состава рассмотрена в [4] и приведена на рис. 4.

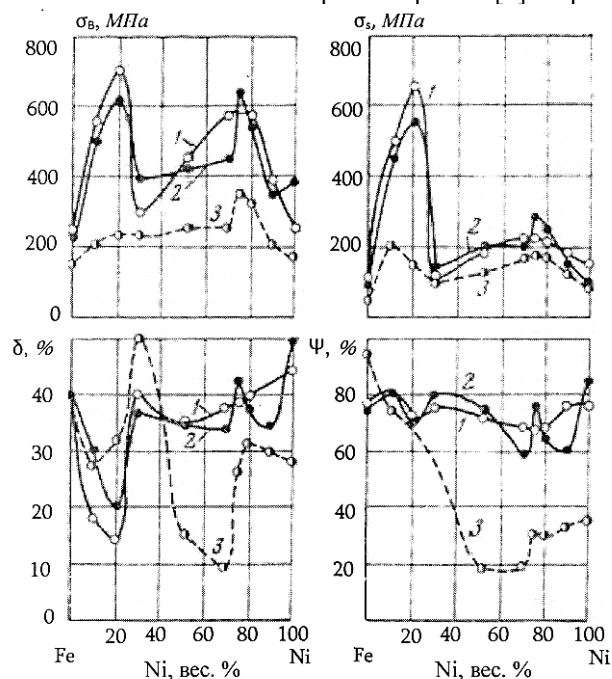


Рис. 4. Механические свойства железоникелевых сплавов: 1- после гомогенизации, $T_{\text{исп}}=400^\circ\text{C}$; 2- после длительного отжига (360 ч) при 450°C , $T_{\text{исп}}=400^\circ\text{C}$; 3- после отжига (360 ч), $T_{\text{исп}}=600^\circ\text{C}$

Образование сверхструктуры FeNi₃ в процессе длительной выдержки и последующего медленного охлаждения при отжиге существенно сказывается на характере изменения прочностных свойств и характеристик пластичности. При 400°C (после отжига при 450°C с выдержкой 360 ч) сплав стехиометрического состава обладает наибольшими показателями пластичности $\delta=40\%$, $\psi=70\%$, и имеет место снижение этих показателей слева и справа от стехиометрического состава соответственно слева $\delta=34\%$, $\psi=60\%$ и справа $\delta=37\%$, $\psi=64\%$. Деформационное упрочнение для стехиометрического сплава $\sigma_B/\sigma_{0,2}$ также максимально $\sigma_B/\sigma_{0,2}\approx 2,64$ при более низких значениях $\sigma_B/\sigma_{0,2}\approx 2,35$ слева и справа.

При 600°C для сплава состава FeNi₃: $\delta=26\%$, $\psi=32\%$ при $\sigma_B/\sigma_{0,2}\approx 1,94$. Таким образом, сплав стехиометрического состава в упорядоченном состоянии обладает максимальными показателями пластичности и высокой прочностью из-за высокого показателя деформационного упрочнения. Кроме того, сплавы, в которых имеется фаза FeNi₃ в значительных количествах, т.е. свыше 45% Ni (вблизи эвтектоида), и заэвтектоидные сплавы наследуют в значительной степени эти свойства.

Пермаллои применяют для сердечников малогабаритных трансформаторов, дросселей, реле и деталей магнитных цепей, работающих в сравнительно слабых магнитных полях. Эти сплавы изготавливаются в виде холоднокатаных листов и лент толщиной 0,015...2,5 мм. Естественно, что характеристики пластичности в технологическом процессе прокатки имеют большое значение.

Считаем необходимым добавить, что в железоникелевых сплавах начальной μ_0 и максимальной $\mu_{\max}$ магнитной проницаемостью обладает сплав состава 78,5% Ni, 0,6% Mn и 20,9% Fe, а нулевые коэффициенты магнитострикции и константа анизотропии - при 75% Ni и 82% Ni соответственно, т.е. в пределах существования фазы FeNi₃.

Авторы исследования [4] пришли также к выводу, что фаза FeNi₃ образуется не только после специальной термообработки, но и в обычном техническом процессе. Этот вывод подтверждается наличием высоких технологических свойств при холодной прокатке, которые, конечно, можно повысить специальной термообработкой. С целью повышения технологических свойств можно применить и термическую обработку. Исследования фазовых превращений в литом сплаве белого золота 585 пробы состава 58,5% Au+26,8% Cu+8,6% Ni+6,1% Zn показали, что упорядочение происходит в узком интервале температур $250\pm 10^\circ\text{C}$. Изучение кинетики процесса упорядочения при этой температуре показало, что для максимального упорядочения достаточно 2,5 час [5].

Учитывая, что процесс упорядочения первого рода является диффузионным, и сравнивая коэффициенты самодиффузии и диффузии, приведенные в табл. 2 [6], а также данные для железа и никеля с одной стороны и золота, меди и никеля - с другой, учитывая также идентичность решеток золота, меди и никеля с одной стороны и γ -железа (K12) - с другой, можно предположить, что для пермаллоев выдержка при температурах 340 и 400°C, из которых первая ниже эвтектоидного превращения (345°C), а вторая выше этого превращения, не будет превышать 5...3 час при соответствующих температурах термообработки.

Таблица 2

Константы диффузии, входящие в уравнения $D=D_0e^{-Q/RT}$

Хим. элемент	Предэкспон. множитель, $D_0, \text{см}^2/\text{с}$	Энергия активации, $Q, \text{кал/г.атом}$
Ni (самодиф.)	1,30	66800
γ -Fe (самодиф.)	0,60	68000
α -Fe (самодиф.)	5,80	59700
Cu (самодиф.)	0,20	47100
Au (самодиф.)	0,157	53000
Ni (тв. р. в γ -Fe)	0,34 (0,012 % Ni), 1,29 (79% Ni)	67500

Как видно из таблицы, предэкспоненциальный множитель и энергия активации весьма близки для твердого раствора и самодиффузии. После выдержки при указанных температурах сплавы следует охладить быстро (закалить) во избежание выделения избыточной фазы из твердого раствора на основе FeNi₃ и снижения пластичности.

Литература

1. Двойные и многокомпонентные системы на основе меди: Справочник / Под ред. М.Е. Дрица. - М.: Наука, 1979. - 248с.
2. Смирягин А.П., Белова А.В., Смирягина Н.А. Промышленные цветные металлы и сплавы. - М.: Металлургия, 1986. - 488 с.
3. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа: Справочник / Под ред. О.А. Банных, М.Е. Дрица. - М.: Металлургия, 1986. - 439с.
4. Тихонов А.С., Осипов В.Г., Булат С.И. Деформируемость металлов и бинарных сплавов.-М.: Наука, 1971. -131с.
5. Գալստյան Լ.Ռ. 58,5%Au+26,8%Cu+8,6%Ni+6,1%Zn բաղադրության ձուլված սպիտակ ոսկու կառուցվածքագոյացման հետազոտումը և ջերմային մշակման ռեժիմների ընտրումը // Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի Լրաբեր. - Երևան, 2015. - Հատ. 12, № 3. - էջ 520-525:
6. Уманский Я.С., Скаков Ю.А. Физика металлов. - М.: Атомиздат, 1978. – 352 с.

03.07.2017.

Ա.Ա. Ալայան, Լ.Ռ. Գալստյան

α-ԱՐՈՒՅՐՆԵՐԻ ԵՎ ՊԵՐՄԱԼՈՅՆԵՐԻ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ԱՆՈՄԱԼՈՒԹՅԱՆ ՊԱՏՃԱՌՆԵՐԸ

Դիտարկվել են համակարգի վիճակի դիագրամները, որոնք հիմք են հանդիսանում կառուցվածքագոյացման և համապատասխան ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների որոշման համար: Ցույց է տրված կարգավորման ազդեցությունը α-արույրների և պերմալոյների հատկությունների վրա և դիտարկված են տեխնոլոգիական ու շահագործման հատկությունների բարձրացման նպատակով ջերմամշակման հնարավոր եղանակները:

Առանցքային բառեր. արույր, պերմալոյ, վիճակի դիագրամ, կարգավորում, ֆազ, հատկություններ:

A.A. Alayan, L.R. Galstyan

ABOUT THE CAUSES OF ANOMALY OF MECHANICAL PROPERTIES' CHANGING OF α-BRASS AND PERMALLOYS

The phase diagrams of the Cu-Zn and Fe-Ni systems have been considered, which are the basis for determination of the structure formation and physicommechanical properties corresponding to these structures. The effect of ordering on the properties of α-brass and permalloys is shown and the possible methods of heat treatment for increasing technological and operational properties are considered.

Keywords: brass, permalloy, state diagram, ordering, phase, properties.

Ալայան Արտաշես Ագասևիչ - Կ.Տ.Ն., դոցենտ (НПУА)

Գալստյան Լիաննա Րաֆաէլովնա - Կ.Տ.Ն., ՕՕՕ "Այտեր"

А.В. Геворкян

КОЛЕБАНИЯ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ РОТОРА НА ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ В ЖЕСТКО УСТАНОВЛЕННОМ КОРПУСЕ

Практика эксплуатации электрических машин и результаты экспериментальных исследований показывают, что амплитудно-частотные характеристики роторов, вращающихся на подшипниках качения, коренным образом отличаются от характеристик роторов, вращающихся на подшипниках скольжения. Подшипники качения вводят в систему дополнительные гармоники вибрации, обусловленные нелинейной жесткостью подшипников, волнистостью и гранностью дорожек и тел качения, разноразмерностью шариков и т.д., которые являются источниками возмущения. Настоящая работа посвящена этим вопросам.

Ключевые слова: вращающийся ротор, нелинейная жесткость, волнистость, гранность, источник возмущения.

Введение. Практика эксплуатации, а также результаты экспериментальных исследований виброактивности электрических машин показывают, что амплитудно-частотные характеристики роторов, вращающихся на подшипниках качения, коренным образом отличаются от характеристик роторов на подшипниках скольжения.

Подшипники качения вводят в систему дополнительные спектры вибрации, частоты и амплитуды которых зависят от многих параметров подшипника, таких как нелинейная жесткость, волнистость дорожек качения, разноразмерность шаров, гранность и т.д., которые являются источниками кинематического возмущения [1-4].

Влияние указанных факторов на вибрационные характеристики электрических машин до настоящего времени пока еще не изучено.

В данной работе рассматриваются вопросы виброактивности высокоскоростных электрических машин с роторами на подшипниках качения с учетом их нелинейной жесткости и кинематического возмущения.

Постановка задачи. Пусть осесимметричный жесткий ротор, вращающийся на подшипниках качения с нелинейной жесткостью, установлен в жестком корпусе (рис.1).

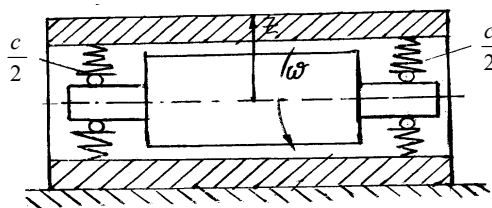


Рис.1. Жесткий ротор на нелинейных опорах

Неуравновешенность ротора характеризуется эксцентриситетом "е", а кинематическое возмущение выражается функцией [1-3]

$$s = \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^{\infty} c_{ki} \cdot a_{ki} \cdot \cos(\omega_{ki} t + \alpha_{ki} + \beta_{ki}), \quad (1)$$

где a_{ki} – коэффициент i -й гармоники волнистости ($k=1$ – для внутреннего, $k=2$ – для наружного кольца, $k=3$ – для шарика); c_{ki} – коэффициент, связывающий амплитуду a_{ki} i -й гармоники волнистости с вызываемым ею перемещением наружного кольца ($c_{ki}=1$ – для внутреннего кольца, $c_{ki}=-1$ – для наружного, $c_{ki}=2$ – для шарика при четном значении i и $c_{ki}=0$ – при нечетном); ω_{ki} – частота i -й гармоники волнистости; i – номер гармоники, показывающий, сколько волн данного углового шага λ_i укладывается на окружности дорожки качения детали в плоскости измерения $i = 2\pi/\lambda_i$; α_{ki} – сдвиг фазы; β_k – сдвиг фазы между сопрягаемыми поверхностями качения деталей подшипника.

В инерционной системе отсчета положение центра тяжести ротора определяется переменной координатой z (рис.1), которая должна удовлетворять уравнению

$$M\ddot{z} = Q + F(t) - P_y + P_{my}, \quad (2)$$

где M – масса ротора; z – суммарное перемещение от упругой деформации y и кинематического смещения $s - z = y + s$; Q – вес ротора; $F(t)$ – возмущающая сила от неуравновешенности ротора, $F(t) = F_A \cdot \sin \omega t$; F_A – амплитуда возмущающей силы, $F_A = M \cdot \omega^2 e$; ω – частота вращения ротора; P_{my} – сила одностороннего магнитного притяжения, $P_{my} = C_m y$; C_m – условная жесткость магнитного поля; P_y – восстанавливающая сила, обусловленная контактной жесткостью подшипника, $P_y = C \delta_1^{3/2} \cdot \cos(\beta - \psi) + C \delta_2^{3/2} \cdot \cos \psi$; C – коэффициент Герца; δ_1, δ_2 – упругие перемещения (за счет деформации подшипника) шарика в направлении их реакции.

Учитывая соотношения $\delta_1 = y \cdot \cos(\beta - \psi)$ и $\delta_2 = y \cos \psi$ (рис.2), P_y примет вид – $P_y = CB \cdot y^{3/2}$, где $\beta = \cos^{5/2}(\beta - \psi) + \cos^{5/2} \psi$.

Коэффициент B – периодическая функция времени, которая аппроксимируется выражением [1,3]

$$B = B_0 - B_1 \cos \omega t, \quad \omega = 2\pi\psi/\beta \cdot t,$$

где $B_0 = \cos^{5/2} \cdot B/2 + (1 + \cos^{5/2} \beta)/2$; $B_1 = \cos^{5/2} \beta/2 - (1 + \cos^{5/2} \beta)/2$.

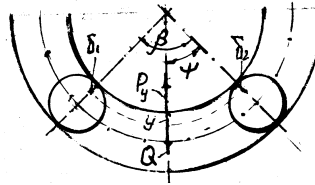


Рис.2. Схема перемещения внутреннего кольца подшипника под действием приложенных сил

С учетом этих выражений уравнение (2) примет вид

$$M\ddot{y} + C(B_0 - B_1 \cos \omega t)y^{3/2} - C_m y = Q + F_A \sin \omega t - M\ddot{s}. \quad (3)$$

Для линеаризации уравнения (3) введем новую координату $y = y_0 + \xi$, где y_0 – перемещение ротора от собственного веса за счет деформации подшипника и магнитного притяжения $CB_0 y_0^{3/2} - C_m \cdot y_0 = a$.

Разложив функцию $y^{3/2} = (y_0 + \xi)^{3/2}$ в ряд Тейлора и ограничиваясь для малых колебаний линейными членами $f(y) = y_0^{3/2} + \frac{3}{2} y_0^{1/2} \cdot \xi$, приведем уравнение (3) с учетом (4) к виду

$$\ddot{\xi} + (h^2 - q \cos \omega t)\xi = v \cdot \cos \omega t + F \sin \omega t - \ddot{s}, \quad (4)$$

где

$$h^2 = 3 \cdot C \cdot B_0 y_0^{1/2} / 2M - C_m / m; \quad q = 3C \cdot B_1 y_0^{1/2} / 2M, \\ v = CB_1 y_0^{3/2} / M; \quad F = \omega^2 \cdot e.$$

Дифференцируя дважды выражение (1) по времени и подставляя его в (4), получим

$$\ddot{\xi} + (h^2 - q \cos \omega t)\xi = v \cos \omega t + F \sin \omega t + \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^{\infty} c_{ki} \cdot a_{ki} \cdot \omega_{ki}^2 \cos(\omega_{ki} t + \alpha_{ki} + \beta_{ki}). \quad (5)$$

Полагая величину q малой по сравнению с h^2 и пользуясь методом малого параметра [4], периодическое решение уравнения (5) представим в виде ряда

$$\xi = \sum_{n=0}^{\infty} q^n \cdot \xi_n. \quad (6)$$

Подставив (6) в (5) и приравнявая коэффициенты при одинаковых степенях q , получим систему уравнений

$$\begin{cases} \ddot{\xi}_0 + h^2 \xi_0 = v \cdot \cos \omega t + F \cdot \sin \omega t + \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^{\infty} c_{ki} \cdot \omega_{ki}^2 \cdot \cos(\omega_{ki} t + \alpha_{ki} + \beta_{ki}), \\ \ddot{\xi}_1 + h^2 \cdot \xi_1 = \xi_0 \cdot \cos \omega t, \\ \ddot{\xi}_2 + h^2 \cdot \xi_2 = \xi_1 \cdot \cos \omega t, \\ \dots\dots\dots, \\ \ddot{\xi}_n + h^2 \cdot \xi_n = \xi_{n-1} \cdot \cos \omega t \quad (n=1, 2, 3, \dots). \end{cases} \quad (7)$$

Подставив решение системы (7) в (6) и опустив члены, не зависящие от времени, и члены, зависящие от времени, сохранив только члены низшей степени по малому параметру q , получим

$$\begin{aligned} \xi = & \sum_{n=1}^{\infty} q^{n-1} [D_{n-1} \cdot \cos \omega t + D'_{n-1} \sin \omega t] + \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^{\infty} c_{ki} \cdot a_{ki} \cdot \omega_{ki}^2 \cdot \cos \omega_{ki} \cdot t + \alpha_{ki} + \beta_k \Big/ (h^2 - \omega^2) + \\ & + \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^{\infty} A'_{ki} (n-1) \cdot \cos[(n-1)\omega t - (\omega_{ki} t + \alpha_{ki} + \beta_k)] + \\ & + \sum_{n=2}^{\infty} q^{n-1} \left[\sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^{\infty} A_{ki} (n-1) \cos[(n-1) \cdot \cos \omega t + \omega_{ki} t + \alpha_{ki} + \beta_k] \right], \end{aligned} \quad (8)$$

где $D_{n-1} = \gamma / 2^n \prod_{n=2}^n (h^2 - n^2 \omega^2)$; $D'_{n-1} = F / 2^{n-1} \prod_{n=2}^n \{ h^2 - [(n-1)\omega - \omega_{ki}]^2 \}$;

$$A_{ki} = c_{ki} \cdot a_{ki} \omega_{ki}^2 / 2^{n-1} \cdot \prod_{n=2}^n \{ h^2 - [(n-1)\omega + \omega_{ki}]^2 \} \quad A_{ki} = c_{ki} \cdot a_{ki} \cdot \omega_{ki}^2 / 2^{n-1} \cdot \prod_{n=2}^n \{ h^2 - [(n-1)\omega - \omega_{ki}]^2 \}.$$

Решение (8) характеризует спектр вибрации ротора. Из (8) видно, что с приближением $n \cdot \omega$, ω_{ki} и $[(n-1)\omega + \omega_{ki}]$ к h амплитуда соответствующей дискретной составляющей спектра возрастает. При $n \cdot \omega = h$, $\omega_{ki} = h$ и $[(n-1)\omega \pm \omega_{ki}] = h$ возникает параметрический резонанс. Исключение параметрического резонанса на кратных частотах и на гармониках кинематического возмущения является сложной задачей оптимизации параметра h и требует глубокого исследования. Однако можно утверждать, что во избежание параметрического резонанса должно выполняться условие $h \neq \omega_{ki}$, и отношения h/ω и $(h + \omega_{ki})/\omega$ не должны быть целыми числами.

Как видно из (8), амплитуды смещения высших гармоник незначительны по сравнению с амплитудами низших гармоник. Однако после дифференцирования дважды (8) видно, что даже очень малые амплитудные составляющие спектра волнистости могут возбуждать вибрацию со значительными ускорениями, если они относятся к достаточно высшим гармоникам. Поэтому оценку составляющих спектра волнистости, с точки зрения виброактивности ротора, следует производить в зависимости от произведений $a_{ki} \cdot i^2$, которые могут быть названы характеристиками виброактивности ротора от волнистости дорожек качения подшипников по ускорению. Следовательно, в технических условиях на высокоскоростные машины ($n > 3000 \text{ об/мин}$) должны быть сформулированы требования по ускорению, т.е. при заданной скорости вращения спектр вибрации должен быть ограничен во всем диапазоне частот. В этом случае амплитуда ускорения для всех частот спектра должна быть равной или ниже допустимого уровня. При известных значениях амплитуд гармоник волнистости условия отсутствия параметрического резонанса и снижения амплитуд виброускорений могут быть обеспечены только изменением параметра h , зависящего от жесткостных характеристик системы.

Если выбранный по коэффициенту динамической грузоподъемности подшипник не удовлетворяет условию отсутствия параметрического резонанса, то следует изменить либо тип подшипника, либо жесткостные характеристики системы ротор–корпус. В качестве примера рассмотрены колебания роторов генераторов С-40 и С-75М1 на подшипниках качения типа 306 и 308. Соответствующие параметры, результаты расчетов и измерения приведены в табл. 1-3. Из этих таблиц видно, что результаты расчетов и измерения удовлетворительно совпадают. Максимальная амплитуда смещения для обоих типов машин имеет место на частоте вращения, в то время как амплитуда максимальных ускорений имеет место на высших гармониках (выше 400 Гц). На частоте $10\ 500 \text{ Гц}$ со стороны переднего щита ротор генератора С-75М1 имеет ускорение 116 м/с^2 , в то время как максимально допустимое ускорение для подшипника №308 с массой ротора 57 кг , исходя из условий прочности подшипника, не должно превышать 100 м/с^2 . Это

говорит о неудовлетворительном состоянии данного подшипника. При проектировании высокоскоростных электрических машин выбор подшипников необходимо производить с учетом результатов гармонического анализа профиля волнистости дорожек качения. Из соответствующих типов подшипников следует выбрать такие спектры высших гармоник, которые являются сравнительно гладкими, т.е. имеют минимальные амплитуды по ускорению.

Таблица 1

Характеристики генераторов С–40 и С–75 М1

Тип генератора	Вес ротора, кг	Число оборотов, об/мин	Услов. жесткость магн. поля, Н/м	Эксцентриситет ротора, мкм	Тип подшипника	Номер подшипника	Параметр h^2 , Н/кг·м	Параметр q , Н/кг·м	Параметр v , Н/кг	Коэффициент Герца C , кг/м ^{3/2}
С-40	47	6000	8,7·10 ⁶	10	306	1	1,88·10 ⁹	2,3·10 ⁴	24,6·10 ⁻³	0,84·10 ⁹
						2	1,25·10 ⁹	2,3·10 ⁴	24,6·10 ⁻³	
С-75М1	57	8000	9,8·10 ⁶	7	308	1	1,67·10 ⁹	2,5·10 ⁴	2,6·10 ⁻⁴	0,84·10 ⁹
						2	1,3·10 ⁹	2,5·10 ⁴	2,6·10 ⁻⁴	

Примечание. Подшипник №1 – подшипник генератора со стороны приводов; подшипник №2 – со стороны заднего щита.

Таблица 2

Результаты расчета и измерений спектра вибраций генератора С–75 М1

Со стороны переднего щита					Со стороны заднего щита				
экспериментальные			расчетные		экспериментальные			расчетные	
частота гармоник, Гц	амплитуда смещения, мкм	амплитуда ускорения, м/с ²	амплитуда смещения, мкм	амплитуда ускорения, м/с ²	частота гармоник, Гц	амплитуда смещения, мкм	амплитуда ускорения, м/с ²	амплитуда смещения, мкм	амплитуда ускорения, м/с ²
100	6,1	2,44	7	2,85	53	2,205	0,225	0,23	0,256
268	0,15	0,432	0,2	0,574	100	7,2	2,88	7,6	3,01
810	0,3	7,8	0,21	5,48	212	0,22	0,396	0,15	0,263
1200	0,17	9,8	0,2	11,5	530	0,17	3,6	0,2	4,22
2500	0,09	22,5	0,07	18,3	850	0,081	2,33	0,07	2,03
2640	0,21	58,9	0,17	46,5	1270	0,16	10,6	0,2	1,2
3520	0,05	20,5	0,06	30,05	2420	0,03	7,01	0,05	11,8
4860	0,12	113,1	0,08	75,5	2650	0,04	11,13	0,06	16,7
5000	0,026	26	0,016	16	3760	0,012	6,70	0,03	16,8
6550	0,031	52,1	0,025	42	4600	0,012	10,0333	0,026	23,3
7000	0,011	21,6	0,018	35,3	6100	0,03	43,3	0,04	57,6
9600	0,031	114,3	0,025	92,1	7450	0,022	48,5	0,03	66,1
10500	0,026	116	0,021	93,4	10050	0,009	36,02	0,01	39,8

Таблица 3

Результаты расчета и измерений спектра вибраций генератора С–40

Со стороны переднего щита					Со стороны заднего щита				
экспериментальные			расчетные		экспериментальные			расчетные	
частота гармоник, Гц	амплитуда смещения, мкм	амплитуда ускорения, м/с ²	амплитуда смещения, мкм	амплитуда ускорения, м/с ²	частота гармоник, Гц	амплитуда смещения, мкм	амплитуда ускорения, м/с ²	амплитуда смещения, мкм	амплитуда ускорения, м/с ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	0,4	2,6	0,3	0,346	100	10,5	4,1	8,1	3,15
100	12	4,9	8	3,28	240	0,16	0,37	0,2	0,46
120	0,35	0,196	0,25	0,14	280	0,22	0,69	0,17	0,535
160	0,2	0,2	0,16	0,16	320	0,25	1,02	0,2	0,815

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
180	0,15	0,56	0,08	0,3	600	0,3	4,32	0,17	2,45
600	0,2	2,88	0,28	4,04	900	0,15	4,85	0,21	6,8
960	0,028	1,02	0,02	0,85	2500	0,03	7,5	0,021	5,25
1080	0,08	3,74	0,06	2,82	2880	0,06	19,8	0,65	21,5
1600	0,08	8,07	0,12	13,01	4000	0,03	19,2	0,018	11,6
3120	0,027	10,4	0,017	6,55	4860	0,028	26,5	0,021	19,5
3540	0,031	12,7	0,025	10,4	7930	0,04	86,7	0,031	67,3
3780	0,03	17,02	0,04	23,03	10500	0,002	89,1	0,003	104,2
4140	0,061	41,5	0,05	34,02	—	—	—	—	—
5000	0,061	61	0,048	48	—	—	—	—	—
7200	0,058	120	0,052	107,5	—	—	—	—	—

Выводы. Учет нелинейной жесткости и кинематического возмущения подшипников качения при расчете вибрации ротора электрических машин позволяет выявить возможность возникновения параметрических резонансов и соответствующим подбором необходимых параметров исключить резонансные зоны. Установлено, что ускорения, вызванные кинематическими возмущениями подшипников, могут иметь большие значения при высоких частотах, поэтому гармоники высоких номеров особенно опасны для вращающегося подшипника, даже если амплитуда смещения составляет сотые доли микрона.

Для обеспечения удовлетворительной прочности и долговечности подшипников, особенно в высокоскоростных электрических машинах, необходимо установить такие предельно допустимые значения амплитуд ускорения высших гармоник, которые не могут вызывать напряжения выше допустимых значений.

Литература

1. **Шекян Г.Г.** Динамика роторных машин. - Ереван: Изд. "Титутюн" НАН РА, 2004. - 330с.
2. **Позняк Э.Л.** Влияние сил сопротивления на устойчивость вращающихся валов // Проблема прочности в машиностроении. - М.: Изд. АН СССР, 1958. - Вып.1.- С.56-83.
3. **Шифтель Б.Т.** Оценка волнистости поверхностей качения методом спектрального анализа. // Станки и инструменты. – 1970. - №7. - С.21-35.
4. **Малкин И.Г.** Методы Ляпунова и Пуанкаре в теории нелинейных колебаний. - М.: Гостехиздат, 1985. – 427 с.

28.08.2017.

Ա.Վ. Գևորգյան

ԳԼՈՐՄԱՆ ԱՌԱՆՑՔԱԿԱԼՆԵՐՈՎ ԿՈՇՏ ԻՐԱՆՈՒՄ ՏԵՂԱԿԱՅՎԱԾ ՊՏՏՎՈՂ ՌՈՏՈՐԻ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԸ

Էլեկտրական մեքենաների շահագործման և փորձարկումների արդյունքների ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ գլորման առանցքակալներով և սահրի առանցքակալներով պտտվող ռոտորների ամպլիտուդահաճախական բնութագրերը տարբերվում են արմատապես: Գլորման առանցքակալները գրգռման աղբյուրներ հանդիսացող իրենց ոչ գծային կոշտությամբ, գլորման ակոսների և գնդիկների ալիքավորությամբ ու նիստավորվածությամբ, գնդիկների տարաչափությամբ և այլ գործոններով պայմանավորված, թրթռումների լրացուցիչ հարմոնիկներ են ներմուծում համակարգ:

Առանցքային բառեր. պտտվող ռոտոր, ոչ գծային կոշտություն, ալիքայնություն, կողայնություն, գրգռման աղբյուր:

A.V. Gevorgyan

VIBRATIONS OF A ROTATING ROTOR ON ROLLING BEARINGS INSTALLING IN CASE

The practice of operating electric machines and the results of the experimental studies show that the amplitude-frequency characteristics of rotors rotating on the rolling bearings fundamentally differ from the rotor characteristics rotating on the sliding bearings. The rolling bearings introduce additional harmonic vibrations into the system due to the nonlinear rigidity of bearings, waviness and frangibility of tracks and rolling bodies, different sizes of balls, etc., which are sources of perturbation. The present paper is dedicated to these questions.

Keywords: rotating rotor, nonlinear rigidity, waviness, frangibility, source of perturbation.

Геворгян Арамаис Викторович – внештатный науч. сотр. Института механики НАН РА

Լ.Ջ. Գալստյան

ԵՐԿԱԹԱՔՐՈՄԱՅԻՆ ՓՈՇԵՊՈՂՊԱՏՆԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆ,
ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ ԵՎ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Տեսական վերլուծությունների և փորձարարական հետազոտությունների հիման վրա ուսումնասիրվել են երկաթաքրոմային փոշեպողպատների ստացման տեխնոլոգիան, կառուցվածքը եվ հատկությունները: Հետազոտվել են երկաթաքրոմային փոշեհամաձուլվածքների ստացման մեթոդները, որոնք առանձնանում են բարձր խտությամբ և ամրությամբ: Որոշվել են մամլման, եռակալման և տաք արտամղման լավարկված ռեժիմները: Ուսումնասիրվել են Fe-Cr-C փոշեհամաձուլվածքի մեխանիկական հատկությունները, կատարվել են կառուցվածքային հետազոտություններ:

Առանցքային բառեր. կոմպոզիտային նյութ, արտամղում, երկաթաքրոմային մետաղափոշի, մամլում, եռակալում, փոշեհամաձուլվածք, մեխանիկական հատկություններ:

Ներածություն: Փոշեմետալուրգիական տեխնոլոգիաները հնարավորություն են տալիս ստանալու հետերոգեն կառուցվածքով բարձրամուր կոմպոզիտային նյութեր, այդ թվում՝ փոշեհամաձուլվածքներ:

Պինդ ֆազում եռակալված նյութերի հատկությունների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ այս կոմպոզիտային նյութերի կիրառման բնագավառները սահմանափակ են, որը այլ հավասար պայմաններում որոշվում է մետաղական մայրակի ամրությամբ և հարաբերական խտությամբ [1-3]: Հետևաբար՝ բարդ լարվածային պայմաններում աշխատող կոմպոզիտային նյութերի ֆիզիկամեխանիկական և շահագործողական հատկությունների բարձրացման համար անհրաժեշտ է մշակել տեխնոլոգիա բարձր ամրությամբ և անծակոտկեն շինվածքների ստացման համար:

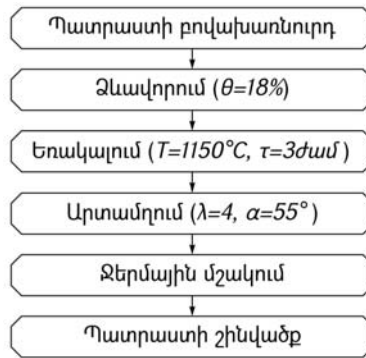
Բարձր ամրությամբ փոշեկոմպոզիտային նյութերի ստացման առավել տարածված մեթոդներից է պինդ ֆազային եռակալումը, որի դեպքում որոշիչը դիֆուզիոն գործընթացներն են [4]: Որպես ելանյութեր այստեղ ծառայում են մետաղական երկաթափոշին (ПЖ4М), Մենդելևի պարբերական համակարգի IV-VI խմբերի անցողիկ մետաղների կարբիդները (Mo_2C , Cr_3C_2 , TiC և այլն), ինչպես նաև գրաֆիտը:

Cr_3C_2 -Fe-C համակարգի նյութերի բարձր ամրությունը պայմանավորված է երկաթի փոշու ցեմենտացվող հատկությամբ: Բովախառնուրդի մամլում-եռակալում գործընթացը ($1130\ldots 1150^\circ\text{C}$) ուղեկցվում է արագ նստեցումով, որը Fe-Cr-C էվտեկտիկայի հիման վրա հեղուկ ֆազայի առաջացման հետևանք է: Ստացվում է, որ եռակալման գործընթացն ուղեկցվում է նաև հեղուկ մետաղական ֆազի առկայությամբ: Մածուցիկ հոսքը և վերաբյուրեղացումը, որը տեղի է ունենում հեղուկ ֆազի առաջացման ժամանակ, զգալիորեն բարձրացնում է կոմպոնենտների դիֆուզիայի արագությունը, հեշտացնում պինդ մասնիկների՝ իրար նկատմամբ տեղաշարժը, որի հետևանքով ծակոտիները արագ լցվում են:

Հեղուկ ֆազի առկայությամբ եռակալման տեխնոլոգիաների կիրառումով հնարավոր է դառնում մշակելու երկաթի հիմքով մի շարք անծակոտկեն կոմպոզիտային փոշեհամաձուլվածքների ստացման մեթոդներ և բաղադրություններ, որոնք ցուցաբերում են բարձրացված ամրություն և այլ մեխանիկական հատկություններ [5]:

Հետազոտման մեթոդները: Fe-Cr հիմքով եռակալված նյութերի մեխանիկական հատկությունների ուսումնասիրության համար պատրաստվել են փորձանմուշներ, որոնք ստացվել են հետևյալ տեխնոլոգիական սխեմայով (նկ. 1):

Նմուռի դրվածքը և հետազոտության արդյունքները: Աշխատանքի մեջ բերվում են երկաթաքրոմային փոշիների հատկությունները (քրոմի պարունակությունը 1%), որոնք ստացվել են ըստ [1] աշխատանքում նկարագրված տեխնոլոգիայի: Աղյուսակ 1-ում տրված է երկաթաքրոմային փոշու մաղային վերլուծության արդյունքները:



Նկ.1. Եռակալված և տաք արտամղված կոմպոզիտային նյութի ստացման տեխնոլոգիական սխեմա

Աղյուսակ 1

Երկաթաքրոմային մետաղափոշու ֆրակցիոն բաղադրություն

Ֆրակցիայի բաղադրությունը, %						
-0,160	-0,125	-0,100	-0,080	-0,063	-0,050	-0,040
+0,125	+0,100	+0,080	+0,063	+0,050	+0,040	
4	19	12	16	10	13	36

Երկաթաքրոմային հիմքով փոշեհամաձուլվածքների ստացման գործընթացում կարևորվում են լեգիրված մետաղափոշու (FeCr) ֆիզիկատեխնոլոգիական հատկությունները (աղյուսակ 2):

Մամլված և եռակալված նմուշների մեխանիկական հատկությունները հետազոտելու նպատակով սառը մամլմամբ պատրաստվել են 18% ծակոտկենությամբ փորձանմուշներ ($\varnothing 24,5 \times 50$ մմ), որոնք ենթարկվել են եռակալման $T=1150^{\circ}\text{C}$ պայմաններում 3 ժամ տևողությամբ:

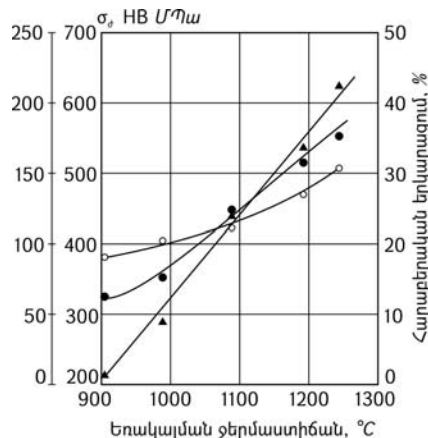
Աղյուսակ 2

Երկաթաքրոմային մետաղափոշու ֆիզիկատեխնոլոգիական հատկությունները

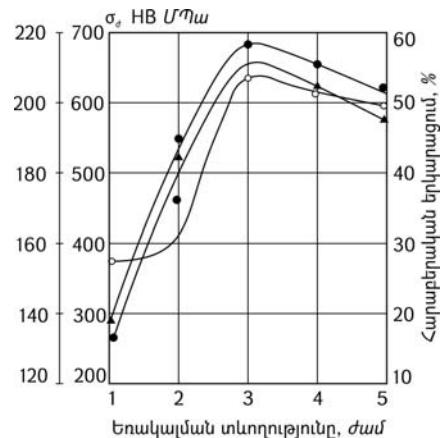
Լցման խտությունը, $q/\text{սմ}^3$	Հոսունություն, $q/լ$	Միկրոկարծրություն, $U\text{Պա}$	Տեսակարար մակերես, $\text{մ}^2/գ$	Կրման կշիռ, $q/\text{սմ}^3$	Մասնիկների ձևը
2,25	6,0	1950	0,35	2,67	սպունգանման

Եռակալումը կատարվում է Al_2O_3 -ի լցնով ջրածնային միջավայրում: Հետազոտությունների արդյունքները գրաֆիկի տեսքով ներկայացված են նկ. 2-ում: Ինչպես և սպասվում էր, եռակալման ջերմաստիճանը մեծացնելիս փորձարկվող նմուշների ամրությունը մեծանում է: Այսպես, $T=1150^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանի դեպքում (18% ծակոտկենություն) $\sigma = 179$ ՄՆ/մ² HB = 620 ՄՊա և $\delta = 3\%$:

Օպտիմալ պահման ժամանակը որոշելու համար նմուշները եռակալվել են 1150°C ջերմաստիճանում 1...5 ժամ տևողությամբ: Նկ. 3-ում բերված է σ_B , HB, δ կախվածությունը պահման տևողությունից: Առավելագույն ամրություն ստացվում է (212 ՄՆ/մ²) 3 ժամ պահման դեպքում:

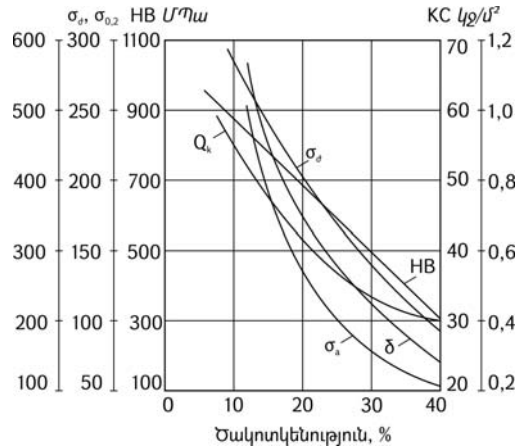


Նկ. 2. Fe-Cr մետաղափոշուց պատրաստված նմուշների եռակալման ջերմաստիճանից HB, σ_B և δ կախվածությունը. ծակոտկենությունը 18 %, 2 ժամ պահելու դեպքում



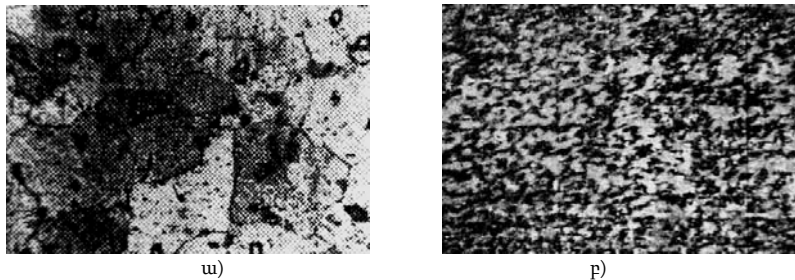
Նկ. 3. Fe-Cr մետաղափոշուց պատրաստված նմուշների եռակալման տևողությունից σ_B , HB և δ կախվածությունը. ծակոտկենությունը 18 %, 1150°C ջերմաստիճանում

Նաև հետազոտվել են տարբեր ծակոտկենության նմուշներ (10...40%), որոնք եռակալվել են 1150°C ջերմաստիճանում 3 ժամ պահելու դեպքում: Նկ. 4-ում պատկերված են փորձանմուշների σ_{δ} , σ_{π} , σ_c և δ փոփոխականների կորերը՝ կախված ծակոտկենությունից:



Նկ. 4. Fe-Cr մետաղափոշուց պատրաստված նմուշների KC, σ_{δ} , HB, δ կախվածությունը ծակոտկենությունից (3 ժամ պահելով 1150°C ջերմաստիճանում)

900...1150°C ջերմաստիճանային միջակայքում և 3 ժամ պահումով եռակալված նմուշների միկրոկառուցվածքի հետազոտությունները կատարվել են 18% ծակոտկենության նմուշների տաք արտամղումից և մխումից հետո (մնացորդային ծակոտկենությունը 1,8...2,0%) (նկ.5):



Նկ. 5. Երկաթաքրոմային փոշեհամաձուլվածքի միկրոկառուցվածքը.
ա) Fe-Cr, եռակալումը 1150°C 3 ժամ պահումով, բ) Fe-Cr-C, արտամղում 1050 °C, $\lambda=4$

Տաք արտամղումից հետո փորձանմուշները անմիջապես ենթարկվել են միսման NaCl-ի 10%-անոց ջրային լուծույթում: Արդյունքում ստացվել է մարտենսիտային կառուցվածք: Ստացված նյութի բարձր մեխանիկական հատկությունները պայմանավորված են մարտենսիտի անհավասարակշիռ կառուցվածքով, որում տեղաբաշխված են (FeCr) γ C₃ կարբիդների կարծր մասնիկները՝ շրջապատված քրոմի դիֆուզիոն գոտիներով: Կարբիդների միկրոկարծրությունը 18000...20000 ՄՊա, է իսկ մարտենսիտի և դիֆուզիոն գոտիները՝ 7500 ՄՊա:

Հետազոտությունների երկրորդ փուլում կատարվում է Fe-Cr-C փոշեհամաձուլվածքի ստացում տաք արտամղման ճանապարհով: Այս նպատակով FeCr փոշին հարստացվել է ГМЖ մակնիշի գրաֆիտի 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0% քանակով: Նմուշների եռակալումը կատարվում է կավահողի և 7...8% ածխածնով խառնուրդի ջրածնային միջավայրում, որպեսզի կանխվի ածխածնազրկումը: Եռակալման օպտիմալ ռեժիմը $T=1150^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանն է 3 ժամ պահելու դեպքում: Փորձարկումների արդյունքները ներկայացված են աղյուսակ 3-ում: Փորձանմուշների համեմատաբար մեծ նստեցվածքները վկայում են նմուշի լավ եռակալման մասին: Ինչպես երևում է աղյուսակ 3-ից, ամրության նվազագույն սահմանային ցուցանիշը ստացվում է ածխածնի 0,2% պարունակության դեպքում և կազմում է 360 ՄՆ/մ²: Մինչև 1% ածխածնի քանակը մեծացնելիս σ_{δ} մեծանում է մինչև 552 ՄՆ/մ²:

Ձևավորման ամենաարդյունավետ մեթոդը տաք արտամղումն է (էքստրուզիան), որը հնարավորություն է տալիս ստանալ անծակոտկեն կառուցվածք: Էքստրուզիան ուղեկցվում է նյութի միաժամանակյա ամրացմամբ (մամլում, եռակալում) ծակոտիների մասնակի կամ լրիվ փակմամբ: Բացի այդ, դեֆորմացման բարձր մակարդակը նպաստում է բարձր ամրության ստացմանը:

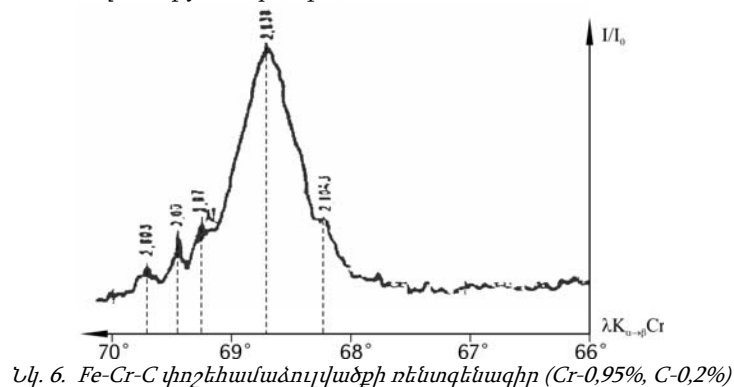
Fe-Cr-C եռակալված համաձուլվածքի (1150°C, 3 ժամ պահում) մեխանիկական հատկությունները

Ածխածնի բաղադրու- թյունը, %	Ծակոտկենու- թյուն, %		Ծավալա- լի նստե- ցում, %	Ամրության սահմանը ըստ ձգման σ_{∂} , ՄՆ/սմ ²	Ամրության սահմանը ըստ ծռման $\sigma_{\partial\partial}$, ՄՆ/սմ ²	Հարվածային մածուցիկություն γ_{∂} , ՄՆ/սմ ²	Հարաբերա- կան երկա- րացում, %	Կարծրու- թյուն, HB, ՄՊա
	տրված	փաս- տացի						
0,2	20	21,0	1,91	360,0	561	13,8	5,5	1100
0,4	20	20,2	2,15	412,5	599	12,0	4,4	1150
0,6	20	19,6	2,32	473,2	620	09,5	3,5	1320
0,8	20	20,1	2,64	515,0	635	09,0	2,7	1510
1,0	20	18,9	2,85	552,0	644	06,0	2,5	1700

Fe-Cr-C բովախառնուրդներից պատրաստված նմուշները ($\varnothing$ 24x25 մմ, ծակոտկենությունը 25%) ըստ եռակալման օպտիմալ ռեժիմների ենթարկվել են արտամղման: Արտամղման արագությունը կազմում էր 3 մմ/վ:

Արդյունքում ստացվում են գրեթե ոչ ծակոտկեն (մինչև 1,8...2,0%) $\varnothing$ 12 մմ տրամաչափի պատրաստուկներ, որոնց վրա կատարվել են մեխանիկական հատկությունների հետազոտություններ: Աղյուսակ 4-ում ի մի են բերված փորձարկված արտամղված նմուշների արդյունքները: Նմուշների բարձր մեխանիկական հատկությունները (HB = 2650 ՄՊա, σ_{∂} = 870 ՄՆ/սմ²) հաստատում են էքստրուդիայի կիրառման արդյունավետությունը:

Նաև K քրոմային ճառագայթամաք YPIC-50H սարքի վրա կատարվել են արտամղված նմուշների ռենտգենաչափական հետազոտություններ (նկ. 6):



Նկ. 6. Fe-Cr-C փոշեհամաձուլվածքի ռենտգենագիր (Cr-0,95%, C-0,2%)

Բոլոր նմուշները (0,2...1,0% քրոմի պարունակությամբ) տալիս են α -Fe բնութագրական կետեր, առկա են Cr_{23}C_6 և Fe_3C կարբիդային ֆազեր:

Ms-46 «Cameca» սարքով կատարված ռենտգենասպեկտրային միկրոզոնդային վերլուծության միջոցով հետազոտվել են քրոմի և ածխածնի տեղաբաշխումները: Տվյալ դաշտում որակական վերլուծությունը ցույց է տվել, որ ածխածինը ավելի հավասարաչափ է տեղաբաշխված, քան քրոմը: Քրոմը տեղայնացվում է տարբեր խտությամբ մանր բյուրեղներով:

Fe-Cr-C փոշեհամաձուլվածքի մեխանիկական հատկությունները

Ածխածնի պարու- նակությունը, %	Ծակոտկենու- թյունը θ , %	Չգման ամրության սահման, σ_{∂} ՄՆ/սմ ²	Կարծրություն HB, ՄՊա		Հարաբերական երկարացում δ , %
			Փաստացի	Ըստ գրականության տվյալների	
0,2	98,2	600	180	179(2)	11,3
0,4	98,0	720	215	207(2)	9,4
0,6	98,1	760	226	217(3)	8,2
0,8	98,1	800	240	229(4)	7,6
1,0	98,2	870	265	255(5)	6,8

Եզրակացություն: Ուսումնասիրվել են երկաթաքրոմային փոշու ֆիզիկամեխանիկական և տեխնոլոգիական հատկությունները, որոնք ստացվում են բարդ օբյեկտների ուղիղ վերականգնման միջոցով: Ըստ հատկությունների ստացված մետաղափոշին ամբողջությամբ համապատասխանում է գործող ստանդարտների պահանջներին: Որոշվել են եռակալման օպտիմալ ռեժիմները (3 ժամ

պահելով 1150°C ջերմաստիճանում) և ուսումնասիրվել են Fe-Cr-C փոշեհամաձուլվածքի մեխանիկական հատկությունները՝ 18% ծակոտկենությամբ: Մամլումից և եռակալումից հետո նմուշների ամրությունը (σ_a) հասնում է 552 ՄՆ/սմ², HB = 1700 ՄՊա: Fe-Cr-C կոմպոզիցիայից էքստրուզիայի ճանապարհով ստացվել է անծակոտկեն նյութ, որն ունի բարձր մեխանիկական հատկություններ (HB = 2650 ՄՊա, σ_a =870 ՄՆ/սմ²): Բերված արդյունքներից բխում է փոշեմետալուրգիայի մեթոդների հեռանկարային և նպատակահարմար լինելը՝ երկաթի հիմքով Fe-Cr-C բաղադրությամբ բարձրամուր շինվածքների պատրաստման համար:

Գրականություն

1. Исследование и разработка высокопрочных коррозионностойких сталей / Е.З. Винтайкин, В.Ю. Колонцов и др. // Изв. АН СССР. Металлы. - 1969. - № 4. - С. 169-172.
2. Петросян А.С. Порошковые железохромистые износостойкие материалы // Заготовительные производства в машиностроении. - М.: Машиностроение, 2006. - С. 38-41.
3. Геллер Ю.А., Рахспадт А.Г. Материаловедение.- М.: Металлургия, 1984.- 384 с.
4. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. - М.: Металлургия, 1971. - 528 с.
5. Համբարձումյան Է.Գ., Ղուկասյան Վ.Ս. Երկաթի հիմքով եռակալված կոմպոզիցիոն փոշեհամաձուլվածքների մեխանիկական և հակաշփական հատկությունները // ԵՃ և ՇՊՀ-ի գիտական աշխատությունների ժողովածու.- Երևան, 2009.-Հ.1 (34).-էջ 120-123:

24.05.2017.

Լ.Յ. Գալստյան

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗОХРОМИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ СТАЛЕЙ, ИХ СТРУКТУРА И СВОЙСТВА

На основе теоретических и экспериментальных исследований изучены технологические и физико-механические свойства железохромистых порошков. Исследованы методы получения порошковых железохромистых сплавов, которые отличаются высокой плотностью и прочностью. Определены оптимальные режимы их спекания, горячего прессования и экструзии. Приведены механические свойства сплавов и дан их микроструктурный анализ.

Ключевые слова: композиционный материал, экструзия, железохромистый порошок, спекание, экструзия, порошковый сплав, механические свойства.

L.Z. Galstyan

THE TECHNOLOGY, STRUCTURE AND PROPERTIES OF OBTAINING IRON-CHROMIUM POWDERS

Based on theoretical and experimental studies, the technology, structure and properties of iron-chromium powders were studied. It was decided on the optimal modes of sintering and studied the mechanical properties of Fe-Cr-C powder alloys. Methods of obtaining powder ferrochrome alloys having high density and wear resistance were discussed. Optimum conditions of sintering, hot pressing and extrusion were defined. Mechanical properties of alloys are presented and their microstructural analysis was given.

Keywords: composite material, extrusion, iron-chromium powder, pressing, extrusion. sintering, powder bar, mechanical properties.

Գալստյան Լուսինե Զոհրաբի - ասպիրանտ, ՀԱՊՀ

О.А. Оганесян

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РЕЗАНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ СТАЛИ МАРКИ 12Х18Х9Т

На величину износа фрезы оказывает влияние температура концентрата в тонких слоях инструмента. Целью настоящего исследования является установление связи с температурой фрезерования с такими параметрами, как V, S, t , а также γ, α . Для решения поставленной задачи выбрана 1/243 реплики от фактического эксперимента типа 3^8 . Решение технологической модели плана 3^8 позволяет установить зависимость θ от V, S, t, γ, α . Анализ механических характеристик при прерывистом резании показал, что монотонный характер изменения силы резания при строгании в основном зависит от условий резания. При фрезеровании жаропрочных материалов с увеличением параметров V, γ, r, d_{cp} происходит снижение величины R_z . Остальные параметры, наоборот, повышают значение R_z .

Ключевые слова: износ, фреза, тепло, модель, силы резания, формованные машины, термостойкий материал.

Введение. Теплота, которая образуется в результате работы резания в зонах стружкообразования и контакта стружки с режущим инструментом, а также инструмента с обрабатываемой поверхностью, оказывает большое влияние на качество и точность обработанной поверхности, а также на износ инструмента.

Величина износа фрезы зависит также от теплоты, которая концентрируется в тонких слоях соответствующих граней инструмента, повышая их температуру. В свою очередь, температура влияет на адгезионные, диффузионные и другие процессы, происходящие на контактных поверхностях инструмента, определяя, в конечном итоге, величину и скорость нарастания износа режущего инструмента.

Наименьшая интенсивность износа и, следовательно, максимальная размерная стойкость инструмента обеспечиваются при соблюдении так называемой оптимальной температуры резания. Как установлено в [1], оптимальной температуре соответствует оптимальная скорость резания, при которой обеспечиваются наиболее стабильные характеристики качества обработанной поверхности и наименьшая себестоимость обработки [2]. Поэтому исследование температуры резания в зависимости от внешних условий процесса резания имеет важное практическое значение.

Целью настоящего исследования является установление связи между температурой фрезерования и выбранными факторами: режимами резания V, S, t и геометрическими параметрами фрезы $\gamma, \alpha, \varphi, \lambda, r$.

Методы исследования. Для решения поставленной задачи нами выбрана 1/243 реплики от полного факторного эксперимента типа 3^8 , т.е. дробный факторный план типа 3^{8-5} . Применяя этот план, можно сократить число проводимых опытов - вместо 6561 опыта поставить всего 27, и даже, без больших допущений, вместо 27 опытов поставить 9. Введем следующие обозначения:

$$V \equiv F_1, S \equiv F_2, t \equiv F_3, \gamma \equiv F_4, \varphi \equiv F_5, \alpha \equiv F_6, \lambda \equiv F_7, r \equiv F_8.$$

Факторы F_1, F_5, F_6, F_7, F_8 можно представить генерирующими соотношениями согласно [3], учитывая, что выше F_7 принимаются только квадратичные эффекты. План рассматриваемой дробной реплики представлен в работе [3], а кодовые обозначения и уровни варьирования выбранных факторов - в табл. 1. Цифрами 0, 1, 2 указаны соответственно минимальное, среднее и максимальное значения факторов.

Таблица 1

Кодовое обозначение факторов и уровни их варьирования					
№	Факторы	Код	Уровни варьирования факторов		
			0	1	2
1	Скорость резания, V , м/мин	P_1	20	40	60
2	Подача, S_z , мм/зуб	P_2	0,12	0,2	0,28
3	Глубина резания, t , мм	P_3	0,5	1,25	2,0
4	Передний угол, γ , град.	P_4	5	10	15
5	Угол в плане, φ , град.	P_5	30	45	60
6	Задний угол, α , град.	P_6	6	9	12
7	Радиус, r , мм.	P_6	6	9	12
8	Угол наклона, λ , град.	P_6	6	9	12

В табл. 2 приведены план и результаты эксперимента типа 3⁸⁻⁶ для температуры нагрева θ , °C.

Таблица 2

План эксперимента типа 3										
№	F ₁ (V)	F ₂ (S _c)	F ₃ (t)	F ₄ (γ)	F ₅ (φ)	F ₆ (α)	F ₇ (r)	F ₈ (λ)	Температура нагрева θ °, C	Y=lnθ
1	20	0,12	0,50	5	30	6	0,1	5	270	5,6
2	40	0,12	1,25	10	45	12	0,3	15	550	6,31
3	60	0,12	2,00	15	60	9	0,5	10	680	6,52
4	20	0,20	1,25	10	60	9	0,1	15	500	6,21
5	40	0,20	2,00	15	30	6	0,5	10	520	6,25
6	60	0,20	0,50	5	45	12	0,3	5	580	6,36
7	20	0,28	0,50	5	60	9	0,1	5	400	5,99
8	40	0,28	1,25	10	30	6	0,5	15	600	6,4
9	60	0,28	2,00	15	45	12	0,3	10	820	6,71

Примечание. План несколько изменился из-за сокращения количества дробных экспериментов (вместо 27 опытов принимается 9).

Обсуждение результатов исследования. Математическая модель для факторного плана 3⁸, где, кроме линейных эффектов, есть и квадратичные, определяется согласно уравнению (1). Учитывая, что квадратичные взаимодействия не играют существенной роли в искомой зависимости $\theta = f(V, S, t, \gamma, \varphi, \alpha, r, \lambda)$, представим уравнение в упрощенном виде

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4 + B_5X_5 + B_6X_6 + B_7X_7 + B_8X_8 + \varepsilon_{ij}, \quad (1)$$

где ε_{ij} - ошибка допущения.

Так как при 3ⁿ полиномы X_i превращаются в F_i , уравнение (1) можно представить в виде

$$Y = \ln \theta = B_0 + B_1F_1 + B_2F_2 + B_3F_3 + B_4F_4 + B_5F_5 + B_6F_6 + B_7F_7 + B_8F_8 + \varepsilon_{ij}. \quad (2)$$

Согласно (2), модель можно искать в следующем виде:

$$\theta = C_\theta V^{z_1} S^{z_2} t^{z_3} \gamma^{z_4} \varphi^{z_5} \alpha^{z_6} r^{z_7} \lambda^{z_8}, \quad (3)$$

где C_θ - коэффициент, зависящий от условий эксперимента; $z_1, \dots, z_8$ - показатели степеней факторов.

Согласно уравнению (1) и с учетом только парных взаимодействий получаем следующие значения коэффициентов регрессии:

$$\begin{aligned} B_1 &= b_1 + b_{17}, & B_2 &= b_2 + b_{18}, & B_3 &= b_3 + b_{24}, & B_4 &= b_4 + b_{12}, & B_5 &= b_5 + b_{13}, \\ B_6 &= b_6 + b_{23}, & B_7 &= b_7 + b_{35}, & B_8 &= b_8 + b_{34}, & B_0 &= b_0 + b_{25}. \end{aligned} \quad (4)$$

По табл. 2 составляется матрица планирования и определяются указанные в (4) все коэффициенты регрессии. После подстановки коэффициентов регрессии в уравнение (1) и определения значений всех полиномов по (1) получим окончательную форму математической модели. Реализация факторного плана позволяет получить математическую модель, адекватно описывающую искомую нами зависимость:

$$\theta = \frac{25V^{0,64} S_z^{0,25} t^{0,2} \lambda^{0,25} \varphi^{0,26}}{\alpha^{0,08} r^{0,12} \gamma^{0,18}}. \quad (5)$$

Дисперсионный анализ $S_y = 18,75 \cdot 10^{-3}$, $S_{b_i} = 4,71 \cdot 10^{-3}$ показал, что полученная модель

адекватна при $\alpha_0 = 0,05$. Прежде чем анализировать зависимость (5), а также графики, представленные на рис.1 и 2, отметим, что выражение (5) для практического пользования в достаточной степени отражает количественную связь между температурой резания и выбранными условиями фрезерования, хотя и является статистической моделью. Полученная зависимость по характеру влияния того или иного фактора на величину V также не отличается от известных зависимостей, установленных при обычном однофакторном исследовании [3,4].

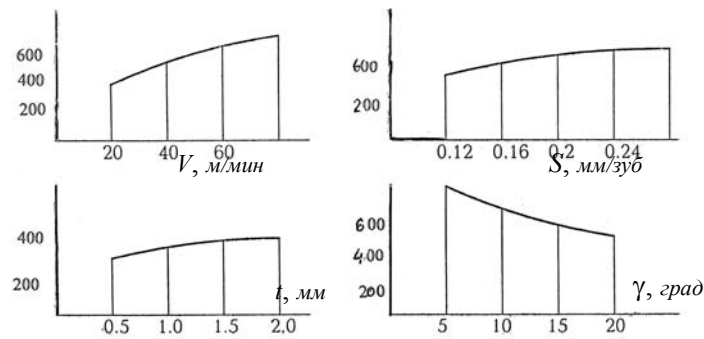


Рис. 1. Влияние V , S_z , t , γ на θ при фрезеровании

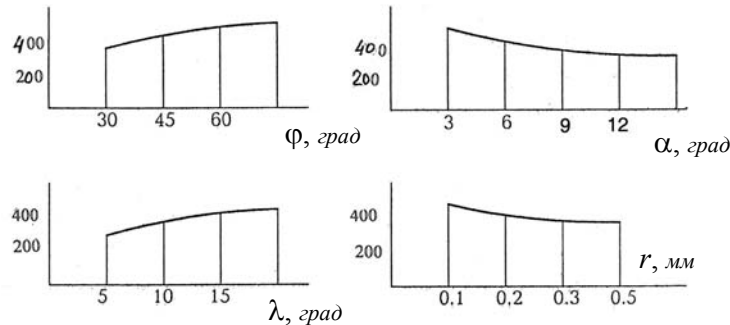


Рис. 2. Влияние ϕ , α , λ , r на θ при фрезеровании

Показатель скорости в (5) характеризует интенсивность прироста температуры с увеличением скорости резания. Этот показатель меньше единицы, т.е. прирост температуры отстает в связи с изменением теплоотвода в инструмент по мере увеличения скорости. Величина показателя подтверждается и графиком влияния V на θ (рис.1).

Увеличение подачи S_z приводит к увеличению выделяемой теплоты, поскольку в этом случае возрастает работа деформации, но уменьшается усадка стружки. В результате температура резания повышается с увеличением S_z , причем в меньшей степени. С увеличением глубины резания общее количество теплоты увеличивается, поскольку увеличивается работа фрезерования. С другой стороны, пропорционально увеличивается длина работающей режущей кромки и, соответственно, усиливается теплоотвод от нее. Наибольшее возрастание температуры резания наблюдается при увеличении t .

Передний угол γ оказывает различное влияние на температуру резания (рис. 2). Уменьшение угла γ приводит к увеличению работы резания и, как следствие, повышению тепловыделения. При увеличении угла улучшается теплоотвод в тело резца, что снижает температуру контакта. Из двух рассмотренных процессов, по-видимому, в исследовании преобладает второй. Чем больше угол α , тем меньше работа трения по задней поверхности резца, при этом количество теплоты и температура θ уменьшаются (рис. 2). Величина угла в плане ϕ также влияет на температуру резания. С уменьшением угла ϕ увеличивается длина режущей кромки, следовательно, и угол при вершине ε , что в значительной степени улучшает теплоотвод (рис. 2).

При увеличении положительного угла λ , в основном, возрастают радиальная сила и работа резания, что приводит к увеличению количества теплоты и температуры резания.

Чем больше радиус закругления r , тем больше работа резания и тепловыделение. Однако при этом улучшаются условия теплоотвода в тело резца и обрабатываемую деталь, которые оказываются преобладающими и приводят к снижению температуры резания при увеличении радиуса закругления, что следует из (3).

Закключение. Анализ технологических характеристик при прерывистом резании позволяет сделать следующие выводы:

- изучение силы резания при строгании показывает, что функции $P_{z,y,x} = f(V)$ имеют монотонный характер изменения. Установлено, что с увеличением твердости обрабатываемого материала силы P_z, P_y, P_x меняются по-разному, что объясняется уменьшением коэффициента резания K ;
- чем больше $V_{рез}$ и тверже материал, тем быстрее затухает колебательный процесс и меньше длина стружки l_1 ;
- с увеличением скорости строгания от 8 до 36 м/мин микротвердость поверхностного слоя, а также глубина упрочнения значительно снижаются, однако с увеличением пластичности металла степень упрочнения увеличивается. Установлено, что с увеличением S и t заметно возрастает глубина распространения упрочненного слоя;
- при изучении стойкости однозубой фрезы установлено, что параметры $V, S_z, t, \varphi, \varphi_1, d_\phi$ снижают стойкость инструмента. С их увеличением возможна поломка фрезы;
- при фрезеровании жаропрочных материалов с увеличением параметров $V, \gamma, \theta_n, r, d_\phi$ происходит снижение величины R_z . Остальные параметры, наоборот, повышают значение R_z ;
- при фрезеровании с увеличением значений $V, S_z, t, \lambda, \varphi$ температура резания резко повышается, а с увеличением α, r, φ , наоборот, снижается.

Литература

1. Уфлянд Я.С. Интегральные преобразования в задачах теории упругости. – Л.: Наука, 1968. - 401 с.
2. Попов Г.Я. Концентрация упругих напряжений возле штампов, разрезов, тонких включений и подключений. - М.: Наука, 1982. - 344 с.
3. Черепанов Г.П. Механика разрушения композиционных материалов. - М.: Наука, 1983. - 296 с.
4. Акопян В.Н. Об одной смешанной задаче для составной плоскости, ослабленной трещиной // Изв. НАН РА. Механика. – 1995. - Т.48, № 4. - С.57-65.

27.06.2017.

ՀԱ Հովհաննիսյան

ԿՏՐՄԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՖՐԵԶԵՐՄԱՆ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ՎՐԱ, ԿՈՌՈԶԻԱԿԱՅՈՒՆ 12X18H9T ՆՅՈՒԹԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

Ֆրեզի մաշման վրա խիստ ազդում է ջերմաստիճանի կոնցենտրացիան գործիքի բարակ շերտերում: Հերագորություն նպատակն է 1/243 ռեպլիկով կրճարել պլանավորման $n=3^8$ փորձերի քանակը՝ իջեցնելով այն մինչև $n=9$ -ի: Տեխնոլոգիական խնդիրների վերլուծությամբ արվել են հետևյալ հետևությունները՝ R_z -ի v, y, r, d_{min} պարամետրերի ազդեցությամբ, որոնք փոքրացնում են R_z -ի արժեքը, մնացած արժեքների դեպքում ավելանում է R_z -ի մեծությունը:

Առանցքային բառեր. մաշվածություն, կտրող մեքենա, ջերմություն, մոդել, կտրող ուժեր, ձևավորված մեքենաներ, ջերմակայուն նյութ:

H.A. Hovhannisyan

INFLUENCE OF CUTTING CONDITIONS ON TEMPERATURE FORMED IN MILLING OPERATION OF CORROSION-RESISTANT STEEL OF 12X1 8H9T GRADE

Heat concentrated in the thin layers influences on the wear of the milling cutter. The goal of the work is to establish relation between the temperature of milling and such factors as V, S, t , as well as γ, α . To solve the stated problem 1/243 replica from factorial experiment of 3^8 type was chosen. By solving of a mathematical model of 3^8 plan relationship of V, S, t, γ, α dependence on θ has been obtained. The analysis of technological characteristics in intermediate cutting brought to the following conclusions:

1. Monotonous nature of variation of the force of cutting in shaping operation basically depends on cutting conditions.
2. In milling operation of heat-resistant materials increase of v, y, r, d_{min} leads to decrease of R_z . The rest of other parameters, on the contrary, raise values of R_z .

Keywords: wear, milling cutter, heat, model, forces of cut, shaping machines, heat-resistant material.

Оганесян Оганес Аветисович – преподаватель (НПУА)

УДК 664.143.85(088.8)

ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВОЙ И
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.М. Аветисян, Г.А. Оганесян

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНДИРОВАННЫХ
ФРУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Приведены результаты исследований по разработке техники и технологии производства кондированных фруктов с использованием концентрированных инулинсодержащих водных экстрактов клубней топинамбура взамен сахаропаточного сиропа. Использована технологическая цепочка производства кондированных фруктов, состоящая из следующих операций: очистка плодов от кожицы, консервирование, удаление консерванта, стабилизация и кондирование. Разработана технологическая схема производства кондированных фруктов функционального назначения.

Ключевые слова: кондированные фрукты, структура ткани плодов, консерванты, экстракт топинамбура, пропитка.

Основные операции производства кондированных фруктов - очистка плодов от кожицы, консервирование, удаление консерванта, стабилизация и кондирование [1]. Для снятия кожицы был выбран химический способ. Это объясняется необходимостью получения гладкой поверхности плодов (придает готовым изделиям хороший товарный вид после глазирования), а также применения кратковременной тепловой обработки для инактивации ферментов (плоды не темнеют, сохраняется структура их ткани, количество отходов - минимальное) [2].

Представлена зависимость продолжительности обработки, прочности плодовой ткани и количества отходов от концентрации раствора гидроксида натрия при мокрой химической очистке абрикосов сортов Сатени, Анбан, Еревани, Воски, Дима в технической стадии зрелости.

С увеличением концентрации раствора гидроксида натрия период обработки уменьшается от 125 до 30 с, а количество отходов снижается от 14,0 до 12,2%. При температуре кипения раствора в течение 30 с плоды сохраняют наибольшую структурную прочность, которая удовлетворяет технологическим требованиям последующей их обработки, количество отходов - минимальное (см. табл.).

Таблица

Зависимость прочности ткани плодов и количества отходов от продолжительности химической обработки

Продолжительность химической обработки, с	Прочность ткани плодов на прокол, кПа		Количество отходов, %
	свежих	после обработки	
125	1260,0	780,0	14,0
110	1200,0	820,0	13,8
85	1200,0	930,0	13,3
58	1200,0	1000,0	12,0
45	1200,0	1010,0	13,3
35	1200,0	1030,0	12,5
30	1200,0	1050,0	12,2

Обработка плодов для укрепления структуры, сохранения объема и формы - один из главных этапов приготовления кондированных фруктов, а также сочетания обработки с длительным хранением для использования полуфабриката в межсезонный период.

Консерванты - водные растворы поваренной соли, сорбиновой и муравьиной кислот, сорбата калия, бисульфита натрия, а также смеси этих веществ разрешены органами Минздрава. Наилучшие результаты консервирования получены при использовании бисульфита натрия, хлористого натрия и их композиций.

При длительном хранении (3 месяца и более) в растворе бисульфита натрия плоды приобретают светло-желтый цвет, сохраняются их форма и объем.

Установлено, что смесь растворов бисульфита натрия и хлористого натрия способствует сохранению плотности в период хранения и последующего кондирования. При этом на 75...80 сутки она стабилизируется на высоком уровне, необходимом для кондирования.

При рекомендуемом варианте композиции консервантов прочность на прокол плодов составляет 1360...1460 *кПа*. Консервирование абрикосов, сливы, черешни, персиков предложенным составом консерванта показало возможность сохранить их более 4 лет и выработать высококачественные кондированные изделия.

Перед кондированием при промывании полуфабрикатов экстракцией удаляются поваренная соль и нежелательные ингредиенты, содержащиеся в плодах, в том числе окисленные ферменты, присутствие которых при кондировании приводит к потемнению продукции. Самый активный массообмен при этом происходит циркуляцией промывной воды (расход 5 л/мин) при соотношении с плодами соответственно 10:1 непосредственно в установке для кондирования (рис. 1). Это позволяет экономить производственные площади и уменьшить число погружочно-разгрузочных операций.

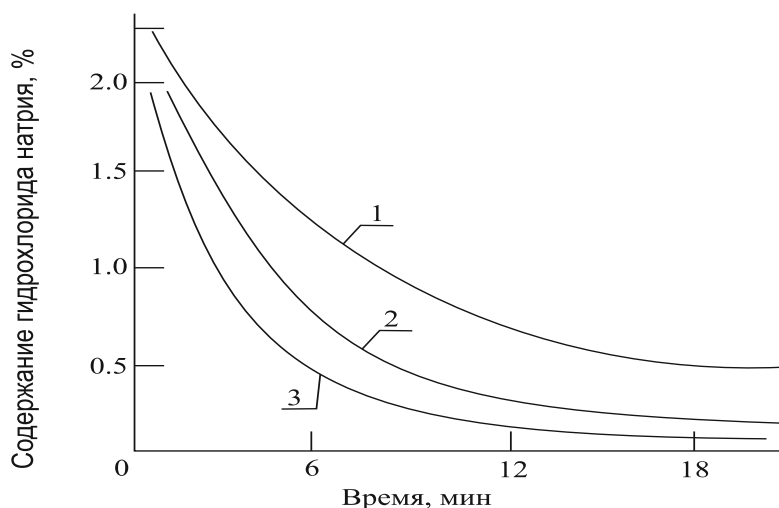


Рис. 1. Динамика удаления поваренной соли из абрикосов: 1 - при выдерживании в воде; 2 - при промывании проточной водой; 3 - при промывании циркулирующей водой в установке для кондирования

Для кондирования фруктов был применен концентрированный инулинсодержащий водный экстракт (КИЭ) клубней топинамбура с содержанием сухих веществ 20...22%, позволяющий производить пищевой продукт функционального назначения (без сахарозы).

Основные технологические параметры изготовления кондированных фруктов - это температура и давление при пропитывании.

Установлены параметры первого этапа кондирования - стабилизации. В результате обработки прирост содержания сухих веществ плодов равен 15...16%, оптимальное соотношение количества пропитанных сухих веществ и удаленной из плодов воды - 1,38...1,44, масса 100 кг плодов увеличивается на 6,8...7,6 кг.

Параметры и способы второго этапа кондирования, обеспечивающие наилучшее качество готовой продукции, определяются при увеличении массы 100 кг фруктов на 12,7...13,2 кг при соотношении сухих веществ плодов и содержании в КИЭ воды 1,26, прочность ткани 1180...1240 *кПа*. При этом плоды не деформированы, не сморщены, форма сохраняется. Продолжительность процесса кондирования - около 52...56 ч.

На основании результатов опыта составлена динамическая модель кондирования, предоставляющая возможность выразить эволюцию системы во времени и программировать процесс. При выбранных оптимальных параметрах динамика последнего по экспериментальным и расчетным данным показана на рис. 2. Среднеквадратичное отклонение - 0,98.

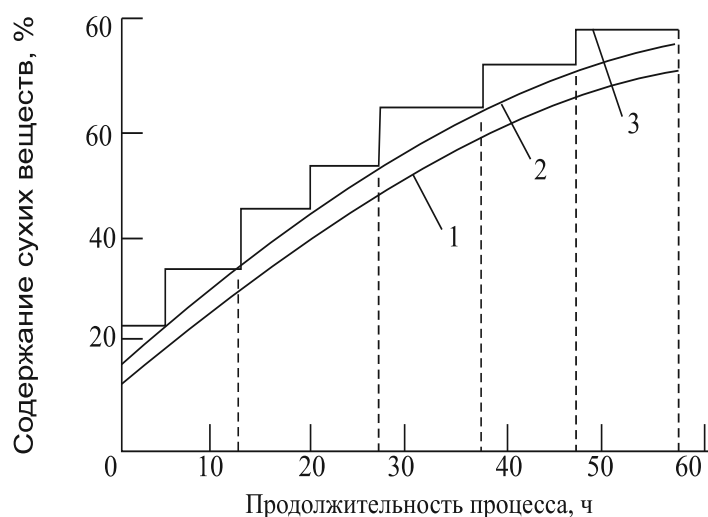


Рис.2. Динамика кондирования абрикосов сортов Ереван, Воски, Дима: 1 - изменение содержания сухих веществ плодов по данным эксперимента; 2 - изменение содержания сухих веществ плодов, рассчитанное по математической модели; 3 - изменение концентрации КИЭ

Сенсорным методом установлены показатели качества продукции: содержание сухих веществ – 71...72%, прочность плодовой ткани – 1200...1400 кПа, прирост массы на 100 кг фруктов – 15,0...15,5 кг, соотношение сухих веществ и удаленной воды – 1,30 ...1,35.

Способ кондирования осуществляют следующим образом (рис. 3). В емкость кондирования 1 загружают плоды, подлежащие кондированию. В двутельном котле 8 сначала подогревают КИЭ, подают его в емкость кондирования для проведения процесса стабилизации, а затем его вакуумом отсасывают в емкость насыщения 2 путем переключения трехходовых вентилей 10, 12, 13, 14 по направлению из двутельного котла 8 к емкости насыщения 2. Затем включают насос 5 и переключением трехходовых вентилей 10, 13, 14 в емкость кондирования снизу подают КИЭ до полного заполнения, что обозначается переливанием его в емкость насыщения 2.

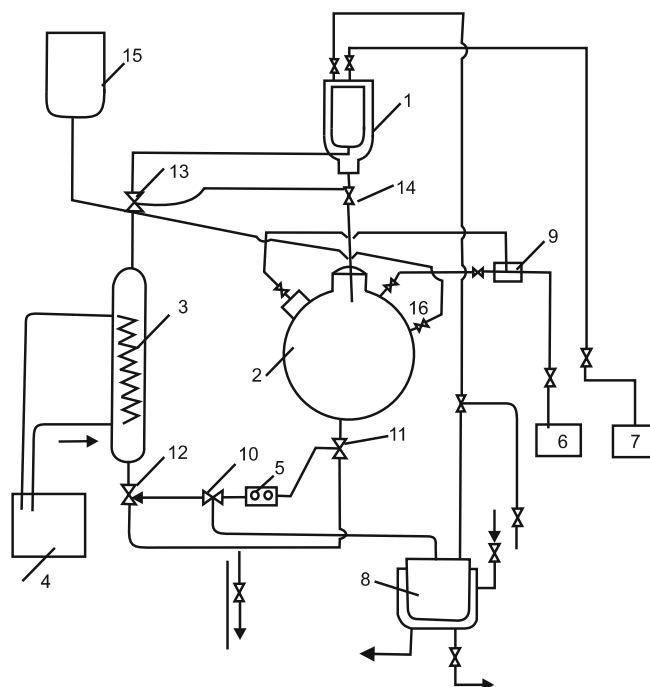


Рис. 3. Технологическая схема производства кондированных фруктов функционального назначения

Не останавливая циркуляцию, переключают трехходовые вентили 12 и 13 на циркуляцию КИЭ по контуру I - емкость насыщения 2, насос 5, скоростной подогреватель 3. При этом в емкость насыщения 2 подают вакуум, и при циркуляции протекает процесс насыщения КИЭ параллельно конденсированию плодов при стационарных условиях в емкости конденсирования 1. При конденсировании под избыточным давлением включают компрессор.

По истечении определенного времени переключают трехходовые вентили 12 и 13, изменяя контур циркуляции по направлению - емкость насыщения 2, насос 5, скоростной подогреватель 3, емкость конденсирования 1 (контур II), что позволяет подавать насыщенный КИЭ в емкость 2 снизу и заменить отработанный и разбавленный КИЭ.

После замены отработанного КИЭ в емкости конденсирования опять переключают трехходовые вентили 12 и 13 на циркуляцию по контуру I. Насыщение КИЭ в определенном размере осуществляют циркуляцией его по контуру I и подпиткой из емкости 15, регулируя подпитку вентилем 16.

После осуществления этапа стабилизации отработанный КИЭ заменяется концентрированным, при этом разность концентраций КИЭ и плодового сока составляет 9%, продолжительность нахождения плодов под вакуумом - 15 мин. Затем плоды конденсируются при атмосферном давлении до наступления равновесия. Подобные процессы продолжаются, только при этом меняется разность концентраций КИЭ и плодового сока. Процесс конденсирования продолжается 58 ч, масса конденсированных фруктов увеличивается в 1,4 раза, прочность плодовой ткани составляет 1050 кПа. Конденсированные фрукты представляются сочными, несморщенными, недеформированными.

Литература

1. А.с. СССР 1138966 А23G 3/00. Способ конденсирования фруктов / В.Г. Габзималян и др. – 1983.
2. Кондирование фруктов / В.Г. Габзималян и др. // Техника и технология пищевой промышленности. – М., 1989. - N 3. – С. 53-54.

20.06.2017.

Վ.Մ. Ավետիսյան, Գ.Ա. Հովհաննիսյան ՖՈՒՆԿՑԻՈՆԱԼ ՆՇԱՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՀՐՈՒՇԱԿԱՎՈՐՎԱԾ ՄՐԳԵՐԻ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱՆ ԵՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆ

Քերված են հրուշակավորված մրգերի արտադրության տեխնիկայի և տեխնոլոգիայի մշակման նպատակով կատարված գիտական հետազոտությունների արդյունքները, որտեղ շաքարամայային օշարակի փոխարեն օգտագործվել է գետնախնձորի պալարների խտացված ինուլին պարունակող ջրային լուծազատվածք: Օգտագործված է հրուշակավորված մրգերի արտադրության տեխնոլոգիական շղթա, որը ներառում է մրգերի կեղևազատում, պահածոյացում, կոնսերվանտի հետացում, կայունացում և հրուշակավորում: Մշակված է ֆունկցիոնալ նշանակության հրուշակավորված մրգերի արտադրության տեխնոլոգիական սխեմա:

Առանցքային բառեր. *հրուշակավորված մրգեր, մրգերի հյուսվածքի կառուցվածք, կոնսերվանտներ, գետնախնձորի լուծազատվածք, հալեցում:*

V.M. Avetisyan, G.A. Hovhannisyan FUNCTION OF SUGARED FRUITS' PRODUCTION TECHNIQUES AND TECHNOLOGY

The results of researches are presented for sugared fruits' production techniques and technology, where the liquid extract of artichokes tubers' concentrated inulin is used instead of sugar syrup. Complex of technological equipment of sugared fruits' production is used, which includes the fruits' peeling, canning, and removal of preservation, stabilization and sugaring. Functional significance of technological scheme is developed for sugared fruits' technological production.

Keywords: *sugared fruits, fruits tissue structure, preservatives, artichokes' liquid extract, soaking.*

Аветисян Варсеник Марликовна – канд. техн. наук, ассистент кафедры ТПРП НАУА, действ. член ИАА
Оганесян Гаяне Атабековна – канд. биолог. наук, доцент кафедры ТПРП НАУА

ՀՏԴ 663.223

ՄՆՆԴԻ ԵՎ ԹԵԹԵՎ
ԱՐԴՅՈՒՆԱԲԵՐՈՒԹՅԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱ

Կ.Ն. Կազումյան, Վ.Վ. Մկրտչյան

**ՎԱՐԴԱԳՈՒՅՆ ԽԱՂՈՒՆ ԳԻՆՈՒ ԳԻՆԵՆՅՈՒԹԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆ ԸՍՏ
ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ԹԹՈՒՆԵՐԻ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ**

Բերված են խաղողի հասունացման և քաղցուի սպիրտային խմորման ժամանակ օրգանական թթուների ձևավորման և փոխակերպման գործընթացի ուսումնասիրության արդյունքները: Ներկայացվել են Հայաստանի Հանրապետության Վայոց Ձոր տարածաշրջանի ծովի մակերևույթից 1450 մ բարձրության վրա գտնվող խաղողի այգիներում աճեցվող Արենի խաղողի տեսակից պատրաստված խաղուն գինու գինենյութի լաբորատոր հետազոտության արդյունքները ըստ օրգանական թթուների պարունակության: Գատարվել է խաղուն գինու գինենյութի վերլուծական և զգայորոշման ստուգում: Հետազոտվող գինենյութը համապատասխանել է վարդագույն խաղուն գինու արտադրության համար օգտագործվող գինենյութերի ընդունված պահանջներին:

Առանցքային բառեր. խաղուն գինի, քաղցու, գինենյութ, օրգանական թթու, խմորում:

Ներածություն: Խաղուն գինու համի և փնջի ներդաշնակությունը կախված է նրանում առկա օրգանական թթուների քանակությունից և կազմությունից: Քաղցուի մեջ եղած օրգանական թթուների կոնցենտրացիան պայմանավորված է խաղողի հասունացման ժամանակ օրգանական թթուների ձևավորմամբ և փոխակերպմամբ՝ կախված խաղողի տեսակից, հողակլիմայական և խաղողի աճեցման ագրոտեխնիկական պայմաններից:

Քաղցուն, սպիրտային խմորման գործընթացի արդյունքում ենթարկվում է խորը քիմիական փոխակերպումների, որոնք տեղի են ունենում խմորասնկերի գործունեության շնորհիվ: Այս փոխակերպումները առաջնահերթ վերաբերում են շաքարներին, սակայն ֆերմենտների ազդեցության տակ, խմորասնկերի նյութափոխանակման ընթացքում, քաղցուի մնացած բաղադրիչները, այդ թվում նաև օրգանական թթուները ենթարկվում են կենսաքիմիական փոխակերպումների, ինչի արդյունքում գինենյութի մեջ առաջանում են մոտ 50 տեսակ օրգանական թթուներ:

Խմորասնկային ֆերմենտների ազդեցությամբ պայմանավորված՝ կենսաքիմիական գործընթացներն ունեն առաջնային նշանակություն խաղուն գինու գինենյութի ձևավորման հարցում [1,2]:

Խաղողի հասունացման ժամանակ օրգանական թթուների ձևավորումն ու փոխակերպումը: Խաղողի պտուղները պարունակում են մեծ քանակությամբ գինեթթու և խնձորաթթու, ավելի քիչ կիտրոնաթթու, սաթաթթու, թրթնջկաթթու և գլիկոլաթթու:

Հասունացման սկզբնական շրջանից հետո մինչև ամբողջական ֆիզիոլոգիական հասունացում խաղողի թթվաստեղծիչ կարողություններն անկում են ապրում: Դա բացատրվում է թթվաստեղծումից շաքարակուտակման անցումով:

Հյուսիսային խաղողագործական շրջանների խաղողն ավելի շատ խնձորաթթու է պարունակում քան հարավային շրջաններինը: Սա բացատրվում է նրանով, որ բարձր ջերմաստիճանում խնձորաթթուն ավելի արագ է օքսիդանում, քան գինեթթուն, ինչի արդյունքում հարավային շրջանների խաղողի մեջ ավելի քիչ քանակությամբ խնձորաթթու է հայտնաբերվում:

Խաղողի կանաչ պտուղներում խնձորաթթվի քանակությունը ավելի բարձր է, քան գինեթթվինը: Խաղողի հասունացման գործընթացում խնձորաթթվի քանակությունը անմիջապես նվազում է, և հասուն խաղողի մեջ գինեթթուն միշտ գերակշռում է խնձորաթթվին:

Խնձորաթթվի և գինեթթվի փոփոխությունները խաղողի հասունացման ժամանակ կախված են տերևների տարիքից: Որքան երիտասարդ է տերևը, այնքան բարձր է թթվությունը և պակաս շաքարայնությունը, հետևաբար տարիների հետ թթվությունը նվազում է, իսկ շաքարայնությունը՝ աճում:

Իրականացվել է խնձորաթթվի և գինեթթվի քանակությունների փոփոխության հետազոտություն Մուրվեդր տեսակի խաղողում: Հետազոտություններն իրականացվել են օգոստոսի 23-ից սեպտեմբերի 18-ը ընկած ժամանակահատվածում: Տիտրվող թթվությունը 13,6 $g/100g$ -ից նվազել է մինչև 6,3 $g/100g$: Փոփոխվում է միայն ազատ գինեթթուն, իսկ կապվածը գրեթե չի ենթարկվում փոփոխության: Նկատելիորեն նվազել է խնձորաթթվի քանակությունը 7,1 $g/100g$ -ից մինչև 3,3 $g/100g$ [2]:

Կատարվել է Ալիգոտե, Ռիսլինգ և Կաբերնե խաղողի տեսակների մեջ գինեթթվի և խնձորաթթվի քանակությունների հետազոտություն: Հարկ է նշել, որ հուլիսի 25-ից սեպտեմբերի 19-ը տիտրվող թթվությունը 40,5 $g/100g$ -ից նվազել է մինչև 8,2 $g/100g$: Հասունացած խաղողում հատկապես ինտենսիվորեն նվազում է խնձորաթթվի քանակությունը 20,1 $g/100g$ -ից մինչև 3,1 $g/100g$: pH-ը տատանվում է 2,8...3,3 սահմաններում:

Պինո Սպիտակ, Պինո Սև և Շարդոնե խաղողի տեսակների մեջ ուսումնասիրվել են թթվության, pH-ի և գինեթթվի փոփոխությունները. հուլիսի 7-ից սեպտեմբերի 1-ը ընկած ժամանակահատվածում տիտրվող թթվությունը 25,6 $g/100g$ -ից նվազել է մինչև 8,8 $g/100g$: Այս ընթացում գինեթթվի քանակությունը սովյալ խաղողի տեսակներում 11,35 $g/100g$ -ից նվազել է մինչև 0,75 $g/100g$:

Իրականացվել է Զինուրի, Գորուլի Մցվանե, Ալիգոտե և Ցիցկա խաղողի տեսակների հետազոտություն, որոնցից ստացվում է հիանալի խաղուն գինու գինեկոթ: Խաղողի հասունացման ժամանակ տիտրվող թթվությունը հուլիսի 20-ից մինչև հոկտեմբերի 5-ը 34,8 $g/100g$ -ից նվազել է մինչև 6,55 $g/100g$:

Զինուրի տեսակի խաղողի 1 կգ պտուղներում գինեթթվի պարունակությունը հասնում է 13,9 g , իսկ խնձորաթթվինը՝ 15,58 g : Կիտրոնաթթվի, սաթաթթվի, թրթնջկաթթվի և պիրոխաղողային թթվի պարունակությունը չհասունացած խաղողի մեջ չնչին է [2]:

Գինեթթվի պարունակությունը սպիտակ խաղողի տեսակներում հասունացման ժամանակ քիչ է փոփոխվում, սակայն կարմիր խաղողի տեսակներում փոփոխությունն ակնհայտ է:

Խաղողի հասունացման գործընթացում գինեթթուն և խնձորաթթուն նկատելիորեն նվազում են, ընդ որում խնձորաթթուն՝ ավելի շատ: Ակնհայտ է, որ խաղողի հասունացման ժամանակ խնձորաթթուն ավելի ինտենսիվորեն է օքսիդանում, քան գինեթթուն: Շատ քիչ նվազում է սաթաթթվի, թրթնջկաթթվի և պիրոխաղողային թթվի քանակությունը, իսկ կիտրոնաթթվի քանակությունը հասունացման ամբողջ ընթացքում ավելանում է:

Խաղողի տեխնիկական հասունացման ժամանակ կիտրոնաթթվի պարունակությունը հասնում է առավելագույնի՝ 1 կգ խաղողի համար 0,3...0,4 g , իսկ մնացած բոլոր թթուներինը՝ նվազում: Օրինակ՝ խնձորաթթվինը նվազում է մինչև 3,2 g , գինեթթվինը՝ մինչև 6,3 g , սաթաթթվինը՝ մինչև 0,1 g , թրթնջկաթթվինը՝ մինչև 0,1 g և պիրոխաղողային թթվինը՝ 0,01 g :

Խաղողի ֆիզիոլոգիական հասունացման ժամանակ նկատվում է գինեթթվի, խնձորաթթվի, սաթաթթվի և թրթնջկաթթվի հետագա նվազում: Զինուրի տեսակի 1 կգ խաղողի գինեթթվի քանակությունը 13,9 g -ից նվազել է մինչև 4,2 g , իսկ խնձորաթթվինը՝ 15,5 g -ից մինչև 1,85 g : Սաթաթթվի, թրթնջկաթթվի և պիրոխաղողային թթվի քանակությունները շատ չնչին են նվազում [2,3]:

Օրգանական թթուները ձևավորվում են ոչ միայն ածխաջրերից, այլ նաև ֆոտոսինթեզի արդյունքում: Թրթնջկաթթուն վերափոխվում է խնձորաթթվի ավելի արագ, քան գինեթթվի: Ըստ հետազոտությունների գինեթթուն խաղողի մեջ օքսիդանում է դիօքսիֆումարայինից մինչև գլիօքսալային թթվի, իսկ գլիօքսիլաթթուն հետագայում մասնակցում է սինթետիկ գործընթացներին: Դիօքսիֆումարային թթուն դեկարբօքսիլացվում է և օքսիդանում մեզօքսալինաթթվի ալդեհիդից մեզօքսալինաթթվի, որն էլ իր հերթին դեկարբօքսիլացվելիս բերում է գլիօքսիլային թթվի ձևավորման: Ձևավորված գլիօքսիլային թթուն ացետիլ Կո-Ա-ի հետ կոնդենսացվելիս առաջանում է խնձորաթթու:

Խնձորաթթուն դեհիդրացվում է թրթնջկաթթվի, որը հետագայում վերականգնվում է մեզօքսիլինաթթվի:

Գինեթթուն կարող է վերածվել ածխաջրի, եթե այն օքսիդանում է դիօքսիֆումարային թթվի, իսկ հետո դեկարբօքսիլացվում գլիկոլային ալդեհիդի:

Դիօքսիֆումարային թթուն ունի է վերականգնողական հատկություններ, որոնց շնորհիվ արագանում է գինու հասունացումը: Հասուն խաղողի մեջ գինեթթվի պարունակությունը տատանվում է 0,2 $g/100g$ -ից մինչև 1 $g/100g$:

Պիրոխաղողային թթուն կարբօքսիլացվելիս առաջացնում է թրթնջկաքացախային թթու, որն էլ վերականգնվում է խնձորաթթվի: Խնձորաթթվի առաջացման համար գլխավոր նյութը

պիրոլիսաղողային թթուն է: Խնձորաթթուն խաղողի մեջ կուտակվում է մեծ քանակությամբ՝ 1 կգ խաղողում, հատկապես դրա չհասունացած պտուղներում մինչև 15 գ:

Կիտրոնաթթուն պարունակվում է խաղողի պտուղներում դրա հասունացման ողջ գործընթացի ժամանակ 1 կգ-ի հաշվարկով 0,2...0,4 գ: Տեխնիկական հասունության ժամանակ դրա քանակությունը ավելանում է, իսկ ֆիզիոլոգիական հասունացման ժամանակ կրկին նվազում: Հետևաբար կիտրոնաթթվի դինամիկայից կարելի է որոշել խաղողի տեխնիկական և ֆիզիոլոգիական հասունությունը և դրա հիման վրա խաղողի տեսակների կենսաբանական հատկանիշներին տալ ստույգ գնահատականներ:

Սաթաթթվի քանակությունը խաղողի մեջ շատ չնչին է՝ 1 կգ-ի հաշվարկով 0,07...0,2գ: Չհասունացած խաղողն ավելի մեծ քանակությամբ սաթաթթու է պարունակում, իսկ հասունանալու ընթացքում դրա քանակությունը աստիճանաբար նվազում է: Սաթաթթուն առաջանում է քացախաթթվից, և որպեսզի քացախաթթուն մտնի ռեակցիայի մեջ, անհրաժեշտ է, որ այն ակտիվանա: Ակտիվացման գործընթացը տեղի է ունենում կոենզիմ Ա-ի միջոցով: Այս կերպ ձևավորված ագետիլ Կո-Ա-ն կոնդենսացվում է սաթաթթվի [3]:

Քաղցուի սպիրտային խմորման ժամանակ օրգանական թթուների ձևավորումն ու փոխակերպումը: Սպիրտային խմորման ընթացքում քաղցուի մեջ եղած օրգանական թթուները ենթարկվում են կենսաբանական փոխակերպումների, ինչը մեծ դեր է խաղում գինիների զգայորոշման ձևավորման գործընթացներում: Այդ փոխակերպումների արդյունքում գինեկոյութի մեջ առաջանում են մի շարք օրգանական թթուներ, որոնցից առավել մեծ քանակությամբ պարունակվում են՝

Գինեթթու, որի պարունակությունը գինու մեջ կազմում է 1,1 գ/դմ³-ից մինչև 3,5 գ/դմ³: Գինեթթուն և նրա աղերը քաղցուի և գինու կարևոր բաղադրիչներից են և մասնակցում են գինու համի ձևավորմանը: Այն, գինեկոյութի մեջ ստեղծելով թթու միջավայր, արգելակում է մի շարք միկրոօրգանիզմների զարգացումը, որոնք իջեցնում են գինու որակը՝ միաժամանակ նպաստավոր պայմաններ ստեղծելով խմորասնկերի զարգացման համար:

Խնձորաթթու, որի պարունակությունը գինու մեջ կազմում է 0,05 գ/դմ³-ից մինչև 3,1 գ/դմ³: Գինեկոյութի մեջ խնձորաթթվի բարձր պարունակությունը գինուն հաղորդում է ոչ դուրեկան կոպտություն, որը մեղմանում է խնձորակաթնաթթվային խմորման արդյունքում կաթնաթթվի առաջացման շնորհիվ:

Կիտրոնաթթու, որի պարունակությունը գինու մեջ կազմում է 0,03 գ/դմ³-ից մինչև 1 գ/դմ³:

Սաթաթթու, որի պարունակությունը գինու մեջ կազմում է 0,5 գ/դմ³-ից մինչև 1,5 գ/դմ³: Սաթաթթվի հիմնական քանակությունն առաջանում է սպիրտային խմորման ընթացքում α-կետոգլյուտարաթթվի օքսիդային դեկարբօքսիլացման և գլյուտամինաթթվի օքսիդային դեգամինացման արդյունքում, ինչպես նաև գինեթթվից և խնձորաթթվից:

Կաթնաթթու, որի պարունակությունը գինու մեջ կազմում է 0,5 գ/դմ³-ից մինչև 5 գ/դմ³: Կաթնաթթուն գինու մեջ առաջանում է սպիրտային խմորման ժամանակ՝ որպես երկրորդային նյութ և խնձորակաթնաթթվային խմորման արդյունքում: Գինու մեջ կաթնաթթվի շատ բարձր պարունակությունը կարող է վկայել գինու հիվանդության մասին, ինչի դեպքում կաթնաթթվի պարունակությունը կարող է հասնել մինչև 12 գ/դմ³:

Քացախաթթու, որի պարունակությունը գինու մեջ կազմում է 0,3 գ/դմ³-ից մինչև 1 գ/դմ³: Քացախաթթվի, ինչպես նաև կաթնաթթվի ձևավորման սկզբնաղբյուր է համարվում միկրոօրգանիզմների կողմից հեքսոզների փոխակերպման արդյունքում ձևավորված պիրոլիսաղողաթթուն [2-4]:

Արենի տեսակի խաղողից ստացված վարդագույն խաղուն գինու գինեկոյութի հետազոտության արդյունքները ըստ օրգանական թթուների պարունակության: Որպես հետազոտվող նյութ օգտագործվել է Վայոց Ձոր տարածաշրջանի՝ ծովի մակերևույթից 1450մ բարձրության վրա գտնվող խաղողի այգիներում աճեցվող Արենի տեսակի խաղողից «Գետնաստուն» գինու գործարանում պատրաստված վարդագույն խաղուն գինու գինեկոյութը:

Ստացված վարդագույն խաղուն գինու գինեկոյութի խնձորակաթնաթթվային խմորման ավարտից հետո հանգստի շրջանում մեր կողմից իրականացվել է լաբորատոր հետազոտություն՝ ըստ օրգանական թթուների պարունակության, տիտրվող և ակտիվ թթվության (рН), որոնց արդյունքներն ամփոփված են աղյուսակում:

Վարդագույն խաղուն գինու գինենյութի լաբորատոր հետազոտության արդյունքները

pH	Տիարվող թթվություն ըստ գինեթվի, գ/դմ ³	Օրգանական թթուների պարունակությունը, գ/դմ ³					
		գինեթթու	լինձորաթթու	սաթաթթու	կիտրոնաթթու	կաթնաթթու	քացախաթթու
3,2	5,85	2,692	1,568	0,979	0,396	0,079	0,536

Աղյուսակում ամփոփված տվյալների համաձայն՝ վարդագույն խաղուն գինու գինենյութի ակտիվ թթվությունը (pH) կազմում է 3,2, իսկ տիտրվող թթվությունը՝ 5,85 գ/դմ³, ինչը համապատասխանում է վարդագույն խաղուն գինու արտադրության համար օգտագործվող գինենյութերի ընդունված պահանջներին [4,5]:

Այսպիսով, Վայոց Ձոր տարածաշրջանի՝ ծովի մակերևույթից 1450 մ բարձրության վրա գտնվող խաղողի այգիներում աճեցվող Արենի տեսակի խաղողից պատրաստված վարդագույն խաղուն գինու գինենյութում պարունակվող օրգանական թթուները ըստ կատարված լաբորատոր հետազոտության, բավարարում են վարդագույն խաղուն գինու արտադրության համար օգտագործվող գինենյութերին առաջադրվող պահանջները:

Գրականություն

1. UFR Sciences Exactes et Naturelles // Champagne and Sparkling Wines – Production and Effervescence. - Reims, France, 2016 Elsevier Ltd. - P. 526-533,
2. Родопуло А.К. Биохимия шампанского производства. - Изд. 2-е, перераб. и дополн. - М.: Пищевая промышленность, 1975. – 352с.
3. Авакянц С.П. Биохимические основы технологии шампанского. - М.: Пищевая промышленность, 1980. – 352 с.
4. Sensory and analytical study of rose sparkling wines manufactured by second fermentation in bottle // Journal of Agricultural and Food Chemistry. - 2004. - 52. – P. 6640-6645.
5. Zoecklein B.W., Fugelsang K.C., Gump B.H., Nury F.S. Wine analyses and production. - Maryland: Aspen Publishers, 2000. – 613 p.

01.09.2017.

К.Н. Казумян, В.В. Мкртчян

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИНМАТЕРИАЛА РОЗОВОГО ИГРИСТОГО ВИНА ПО СОДЕРЖАНИЮ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ

Приведены результаты исследования процессов образования и превращения органических кислот во время созревания винограда и спиртового брожения сусла. Представлены результаты лабораторного анализа по содержанию органических кислот виноматериалов игристого вина, полученных из виноградного сорта Арени, выращиваемого в виноградниках Вайоц Дзорской области Республики Армения, расположенных на высоте 1450 м над уровнем моря. В результате аналитических и органолептических исследований изучаемое розовое игристое вино соответствует всем требованиям, предъявляемым к виноматериалам для производства розового игристого вина.

Ключевые слова: игристое вино, сусло, виноматериалы, органические кислоты, ферментация.

K.N. Kazumyan, V.V. Mkrtchyan

RESEARCH OF WINE MATERIAL OF ROSE SPARKLING WINE ACCORDING TO THE CONTENT OF ORGANIC ACIDS

The results of analysis of the content of organic acids in the wine material of sparkling wine, made by Areni grape variety, which is grown in the Republic of Armenia in Vayots Dzor region's vineyards, which are located at an altitude of 1450 m above the sea level based on the analysis of formation and conversion of organic acids during grape ripening and alcohol fermentation periods are presented. Analytical and organoleptic tests have been performed, as a result of which the tested wine material corresponded to the accepted requirements for the wine materials used in the production of rose sparkling wines.

Keywords: sparkling wine, must, wine materials, organic acids, fermentation.

Կազումյան Կարեն Նորիկի – տ.գ.դ., ՀԱԱՀ-ի խաղողագործության և գինեգործության մասնաճյուղ
Մկրտչյան Վահե Վազգենի – ՀԱԱՀ-ի ասպիրանտ

УДК 685.31.03

ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВОЙ И
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.З. Аветисян

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УВЛАЖНЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ВЕРХА
ОБУВИ ПРИ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ФИКСАЦИИ ЕЕ ФОРМЫ

Разработаны математические модели, описывающие процесс увлажнения образцов заготовок верха обуви при влажно-тепловой фиксации их формы. Модели устанавливают связь между массой заготовок, продолжительностью увлажнения, физическими показателями паровоздушной смеси, геометрическими параметрами капилляров и их количеством.

Ключевые слова: увлажнение, заготовка верха обуви, моделирование, масса, капилляр, продолжительность, образцы, процесс, теплый влажный воздух.

В комплексе свойств, определяющих качество обуви, все большее значение отводится ее способности сохранять форму в процессе хранения, транспортирования и эксплуатации, т.е. формоустойчивости обуви. По показателю формоустойчивости оценивают качество использованных материалов, рациональность технологии изготовления обуви и эффективность выполненного комплекса влажно-тепловых воздействий [1].

Важным условием хорошей формоустойчивости обуви является ее продолжительная выдержка в деформированном состоянии после обтяжно-затяжных операций, что невыгодно как с технологической, так и экономической точек зрения. Продолжительность выдержки в деформированном состоянии можно значительно сократить путем влажно-тепловых воздействий, интенсифицирующих релаксационные процессы в материалах заготовки верха обуви. Цель влажно-тепловых воздействий заключается в фиксации формы обуви и снижении уровня внутренних напряжений в деформированных при затяжке деталях обуви.

При влажно-тепловой обработке затянута на колодке заготовка верха обуви поочередно обрабатывается теплым влажным (увлажнение), горячим сухим (сушка) и холодным сухим (охлаждение) воздухом в соответствующих зонах ротационных, карусельных, туннельных, элеваторных и камерных установок, применяемых в настоящее время [2, 3].

Для сокращения продолжительности влажно-тепловой фиксации формы обуви на кафедре “Текстильная инженерия” Гюмрийского филиала НПУА спроектирована и создана установка, в которой все три зоны обработки совмещены в одну [4].

Главным составляющим звеном в разработанной установке служит перфорированная колодка, на которую надевается увлажняющая текстильная оболочка, а на нее - заготовка верха обуви. В перфорированную колодку поочередно подается теплый влажный, горячий сухой и холодный сухой воздух для влажно-тепловой фиксации формы обуви внутренним способом. На перфорированной колодке предлагается также осуществить обтяжно-затяжное формование заготовки верха обуви перед влажно-тепловой фиксацией ее формы, что позволит сократить количество технологических операций изготовления обуви.

В данной работе разработаны математические модели первой стадии влажно-тепловой фиксации формы обуви – процесса обработки заготовки верха обуви теплым влажным воздухом. Математические модели базируются на теории капиллярного проникновения [5-8]. Для описания процесса поглощения влаги заготовкой верха обуви используется следующее дифференциальное уравнение:

$$dM/d\tau = n_2 - n_1/M, \quad (1)$$

где M – масса заготовки верха обуви, кг; τ – продолжительность обработки теплым влажным воздухом, с; n_1 и n_2 – константы, которые определяются по выражениям, предложенным А.П. Порхаевым [5, 8]:

$$n_1 = \pi^2 \cdot \sigma \cdot \rho^2 \cos \theta \cdot N \cdot r_{cp}^5 / 4\mu \kappa z^2 / c, \quad (2)$$

$$n_2 = \pi \cdot \rho^2 \cdot r_{cp}^4 \cdot N \cdot g \cdot \sin \alpha (1 + k \cdot ctg \alpha) / 8\mu \kappa z / c. \quad (3)$$

Здесь r_{cp} – средний радиус капилляров заготовки верха обуви, м; N – количество капилляров; α – средний угол наклона капилляров, град; θ – краевой угол смачивания, град; ρ – средняя

плотность паровоздушной смеси в капиллярах, зависящая от температуры увлажнения, $\text{кг}/\text{м}^3$; σ - коэффициент поверхностного натяжения паровоздушной смеси, зависящий от температуры увлажнения, $\text{Н}/\text{м}$; μ - коэффициент динамической вязкости паровоздушной смеси, зависящий от температуры увлажнения, $\text{Па} \cdot \text{с}$; g - ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$; K - пористость заготовки верха обуви.

Дифференциальное уравнение (1) решается при следующем начальном условии:

$$\tau = 0; M = M_n, \quad (4)$$

где M_n - начальная масса заготовки верха обуви перед процессом увлажнения.

Обозначим

$$z = n_2 \cdot M - n_1. \quad (5)$$

Тогда дифференциальное уравнение (1) приводится к виду

$$dz/n_2^2 + n_1/n_2^2 \cdot dz/z = d\tau. \quad (6)$$

Интегрируя выражение (6) и переходя к начальной переменной, получим [9]

$$(n_2 \cdot M - n_1)/n_2^2 + (n_1/n_2^2) \ln(n_2 \cdot M - n_1) = \tau + c. \quad (7)$$

Постоянную интегрирования c найдем из начального условия (4):

$$c = (n_2 \cdot M_n - n_1)/n_2^2 + (n_1/n_2^2) \ln(n_2 \cdot M_n - n_1). \quad (8)$$

Тогда для определения продолжительности различных стадий процесса увлажнения заготовки верха обуви получим следующую математическую модель:

$$\tau = (M - M_n)/n_2 - (n_1/n_2^2) \ln((n_2 \cdot M_n - n_1)/(n_2 \cdot M - n_1)), \quad (9)$$

где M - текущая масса заготовки верха обуви.

Если в выражении (9) заменить M на конечную массу заготовки верха обуви M_k , устанавливаемую после процесса увлажнения, то получим формулу для определения ее продолжительности:

$$\tau = (M_k - M_n)/n_2 - (n_1/n_2^2) \ln((n_2 \cdot M_n - n_1)/(n_2 \cdot M_k - n_1)). \quad (10)$$

Для установления зависимости массы заготовки верха обуви от продолжительности процесса в выражении (9) заменим логарифмическую функцию ее разложением в степенной ряд и ограничимся первым членом этого ряда [5, 8]:

$$\ln((n_2 \cdot M_n - n_1)/(n_2 \cdot M - n_1)) \approx 2[n_2 \cdot (M_n - M)/(n_2(M_n + M) - 2n_1)]. \quad (11)$$

В результате получим

$$\tau = (M - M_n)/n_2 - (2n_1)/n_2 [(M_n - M)/(n_2(M_n + M) - 2n_1)]. \quad (12)$$

После преобразований уравнение (12) сводится к квадратному уравнению следующего вида:

$$n_2 \cdot M^2 - n_2^2 \cdot \tau \cdot M - (n_2 \cdot M_n^2 + n_2^2 \cdot \tau \cdot M_n - 2n_1 \cdot n_2) = 0. \quad (13)$$

Решая уравнение (13) относительно текущей массы заготовки верха обуви M , имеем

$$M = (n_2^2 \cdot \tau \pm \sqrt{n_2^4 \cdot \tau^2 + 4 \cdot n_2(n_2 \cdot M_n^2 + n_2^2 \cdot M_n \cdot \tau - 2n_1 n_2)})/2 \cdot n_2. \quad (14)$$

Формула (14) позволяет найти текущие массы заготовок верха обуви в процессе их увлажнения при различных значениях времени τ , известных значениях констант n_1 и n_2 и начальных массах заготовок M_n .

В качестве примера рассмотрим расчет продолжительности обработки теплым влажным воздухом при температуре 95°C следующих четырех образцов заготовок верха женских туфель по полученной математической модели (9).

Образец 1 состоит из яловки хромового метода дубления без подкладки, образец 2 – из свиной кожи с облагороженной лицевой поверхностью и кожаной подкладки, образец 3 – из кожи шевро с лаковым покрытием и кожаной подкладки, образец 4 – из полукожника хромового метода дубления и кожаной подкладки.

Коэффициенты поверхностного натяжения σ , динамической вязкости μ , а также плотность паровоздушной смеси ρ , входящие в формулы (1) и (2), определяются при температуре 95°C согласно данным работы [10]:

$$\sigma = 598 \cdot 10^{-4} \text{Н}/\text{м}, \mu = 298,7 \cdot 10^{-6} \text{Па} \cdot \text{с}, \rho = 961,85 \text{кг}/\text{м}^3.$$

При расчете средний угол наклона капилляров принят равным $\alpha = 0^\circ$, ускорение свободного падения составляет $g = 9,81 \text{м}/\text{с}^2$. Результаты расчета процесса увлажнения образцов заготовки верха женских туфель представлены в таблице. В той же таблице приведены экспериментальные значения продолжительности увлажнения указанных выше образцов заготовок, полученных на созданной установке [4].

Таблица

Продолжительность процесса увлажнения женских туфель при влажно-тепловой фиксации ее форм

Номер образца заготовки верха обуви и исходные данные	Масса заготовки верха обуви, 10^{-3} кг	Продолжительность процесса увлажнения, с	
		расчет по математической модели	экспериментальные данные [4]
<u>Образец 1</u> $M_H = 98 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, $M_K = 100 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, $\cos\theta = 0,88$, $r_{cp} = 0,29 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, $N = 2,6 \cdot 10^{11}$, $n_1 = 2,143 \cdot 10^{-13} \text{ кг}^2/\text{с}$, $n_2 = 219,307 \cdot 10^{-7} \text{ кг}^2/\text{с}$	98,0	0	0
	98,3	13,7	30
	98,5	22,8	-
	99,0	45,6	-
	99,1	50,2	60
	99,5	68,4	-
	100,0	91,2	90
<u>Образец 2</u> $M_H = 110,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, $M_K = 112,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, $\cos\theta = 0,68$, $r_{cp} = 0,32 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, $N = 1,4 \cdot 10^{11}$, $n_1 = 1,458 \cdot 10^{-13} \text{ кг}^2/\text{с}$, $n_2 = 175,072 \cdot 10^{-7} \text{ кг}^2/\text{с}$	110,0	0	0
	110,4	22,8	30
	110,5	28,6	-
	111,0	57,1	60
	111,5	85,7	90
	112,0	114,2	-
	112,2	125,7	120
<u>Образец 3</u> $M_H = 90 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, $M_K = 91,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, $\cos\theta = 0,71$, $r_{cp} = 0,38 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, $N = 0,8 \cdot 10^{11}$, $n_1 = 2,055 \cdot 10^{-13} \text{ кг}^2/\text{с}$, $n_2 = 198,935 \cdot 10^{-7} \text{ кг}^2/\text{с}$	90,0	0	0
	90,3	15,1	30
	90,5	25,1	-
	91,0	50,3	-
	91,1	55,3	60
	91,5	75,4	-
	91,8	91,8	90
<u>Образец 3</u> $M_H = 95 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, $M_K = 96,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, $\cos\theta = 0,7$, $r_{cp} = 0,43 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, $N = 0,3 \cdot 10^{11}$, $n_1 = 1,409 \cdot 10^{-13} \text{ кг}^2/\text{с}$, $n_2 = 122,316 \cdot 10^{-7} \text{ кг}^2/\text{с}$	95,0	0	0
	95,2	16,4	30
	95,5	40,9	-
	95,8	65,4	60
	96,0	81,8	-
	96,1	89,9	90
	96,5	122,6	-
	96,6	130,8	120
	96,9	155,3	150

Сравнение расчетных и экспериментальных данных по продолжительности процесса увлажнения заготовок верха женских туфель, приведенных в таблице, указывает на хорошее согласование и адекватность разработанной математической модели реальному процессу увлажнения. Отклонение расчетных и экспериментальных данных, наблюдаемое в начале увлажнения (13,7 и 30 с; 22,8 и 30 с; 15,1 и 30 с; 16,4 и 30 с), объясняется большим влиянием начального условия на диффузионные процессы в заготовке на этой стадии.

Литература

1. **Фурашова С.Л., Загайгора К.А.** Гигротермические процессы и оборудование в технологии обуви. – Витебск: УО ВГТУ, 2012. – 90с.
2. **Таубин М.Г., Гоапник З.А.** Гигротермическое оборудование обувного производства. – М.: Легкая индустрия, 1978. – 158 с.
3. **Фукин В.А., Калита А.Н.** Технология изделий из кожи. 4.1. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 272 с.
4. **Аветисян А.З.** Способ совершенствования процесса формообразования обуви // Вестник ГИУА: Сборник научных статей. – 2013. – 4.2. – С. 580-584.
5. **Браславский А.Н., Браславский В.А.** Капиллярные процессы в обувных материалах. – М.: Легкая индустрия, 1979. – 168 с.
6. **Асатрян А.Дж., Минасян З.А., Минасян (Аветисян) А.З.** Теория расчета совместного процесса адсорбции и диффузии в санитарно-гигиеническом средстве // Студ. конф. ГИУА: Сб. статей. – 2003. – С. 135-138.
7. **Маилян Э.Э., Минасян З.А., Минасян (Аветисян) А.З.** Моделирование паропроницаемости обувных материалов // Вестник ГИУА. Сер. “Моделирование, оптимизация, управление”. – 2005. – Вып. 8, т.1. – С. 64-68.
8. **Кавказов Ю.Л.** Тепло – и массообмен в технологии кожи и обуви. – М.: Легкая индустрия, 1973. – 272 с.
9. **Люстерник Л.А., Червоненкис О.А., Янпольский А.Р.** Математический анализ (вычисление элементарных функций). – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры, 1963. – 248 с.
10. **Рабинович О.М.** Сборник задач по технической термодинамике. – М.: Машиностроение, 1973. – 344 с.

23.08.2017.

Ա.Զ. Ավետիսյան

ԿՈՇԻԿԻ ՎԵՐՆԱՄԱՍԻ ՆԱԽԱՊԱՏՐԱՍՏՎԱԾՔԻ ԽՈՆԱՎԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՅԻ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ ԴՐԱ ՁԵՎԻ ԽՈՆԱՎԱՋԵՐՄԱՅԻՆ ՍԵՎԵՌՄԱՆ ԴԵՊՈՒՄ

Մշակվել են կոշիկի վերնամասի նախապատրաստվածքների նմուշների խոնավացման գործընթացը նկարագրող մաթեմատիկական մոդելներ դրանց ձևի խոնավաջերմային սկեռման դեպքում: Մոդելները կապ են հաստատում նախապատրաստվածքների զանգվածի, խոնավացման տևողության, շոգեօդային խառնուրդի ցուցանիշների, մազանոթների երկրաչափական պարամետրերի և դրանց քանակի միջև:

Առանցքային բառեր. խոնավացում, կոշիկի վերնամասի նախապատրաստվածք, մոդելավորում, զանգված, մազանոթ, տևողություն, նմուշներ, գործընթաց, տաք, խոնավ օդ:

A.Z. Avetisyan

MODELING OF THE SHOE UPPER HUMIDIFICATION PROCESS DURING THE HEAT-WET FIXATION OF ITS FORM

Mathematical models are developed for describing the humidification process of shoe upper samples during the heat-wet fixation of their form. These models determine connection between the shoe upper mass, duration of the humidification process, physical indices of the steam-air mixture, geometrical parameters of capillaries and their quantity.

Keywords: humidification, shoe upper, modeling, mass, capillary, duration, samples, process, warm humid air.

Аветисян Анжела Зограбовна - соискатель НПУА

С.О. Симонян, А.В. Меликян

**К РЕШЕНИЮ ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МАТРИЧНЫХ
УРАВНЕНИЙ ТИПА СИЛЬВЕСТРА $A(t) \cdot X(t) \pm X(t) \cdot B(t) = C(t)$**

Метод нелинейной трансформации для решения числовых матричных уравнений типа Сильвестра распространяется на одноименные однопараметрические матричные уравнения, на основе которого предлагаются последовательный и параллельный численно-аналитические методы решения этих уравнений, базирующиеся на дифференциальных преобразованиях. Приведено условие однозначной разрешимости задачи при параллельном численно-аналитическом методе. Представлены результаты решения модельного примера применением разработанного параллельного численно-аналитического метода.

Ключевые слова: однопараметрические матричные уравнения типа Сильвестра, метод нелинейной трансформации, дифференциальные преобразования, последовательный и параллельный численно-аналитические методы, условие однозначной разрешимости задачи, модельный пример.

Введение. В работе [1] для решения однопараметрических матричных уравнений типа Сильвестра

$$A(t) \cdot X(t) + X(t) \cdot B(t) = C(t) \quad (1)$$

(где $A(t)$, $B(t)$ и $C(t)$ - заданные однопараметрические матрицы с размерами $n \times n$, $m \times m$ и $n \times m$ соответственно, а $X(t)$ - неизвестная функциональная матрица с размерами $n \times m$, подлежащая определению) были предложены прямой аналитический метод решения, основанный на аппарате кронекеровых произведений матриц, последовательный численно-аналитический метод решения, основанный на аналитическом методе и дифференциальных преобразованиях, и параллельный численно-аналитический метод решения, основанный на предыдущих методах. Здесь же представлены результаты решения одного модельного примера обоими численно-аналитическими методами, убедительно показывающие вычислительную эффективность предложенных методов.

В работе [2] для решения этих же уравнений были предложены декомпозиционные методы - прямой аналитический, а также последовательный и параллельный численно-аналитические методы, также основанные на аппаратах кронекеровых произведений матриц и дифференциальных преобразований. Рассмотрен модельный пример, иллюстрирующий вычислительную эффективность предложенных численно-аналитических методов.

В настоящей работе рассматривается однопараметрическое матричное уравнение типа Сильвестра

$$A(t) \cdot X(t) \pm X(t) \cdot B(t) = C(t), \quad (2)$$

$\begin{matrix} n \times n & n \times m & m \times m & m \times m & n \times m \end{matrix}$

для решения которого используется другой подход, исключающий использование аппарата кронекеровых произведений матриц, сильно увеличивающего размерность задачи с вытекающими отсюда отрицательными последствиями.

Итак, используя подход, предложенный в [3], по аналогии с числовыми матричными уравнениями для матричного уравнения (2) будем иметь представление

$$\begin{bmatrix} E_n \mp X(t) \\ 0 & E_m \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A(t) & C(t) \\ 0 & B(t) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_n - X(t) \\ 0 & E_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(t) & 0 \\ 0 & B(t) \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$\begin{matrix} (n+m) \times (n+m) & (n+m) \times (n+m) & (n+m) \times (n+m) & (n+m) \times (n+m) \end{matrix}$

где E_n и E_m - единичные матрицы порядка n и m соответственно.

Покажем, что нелинейное с виду представление (3) в действительности является видоизменённым эквивалентным аналогом линейного матричного уравнения (2).

Нетрудно убедиться, что раскрытие представления (3) приводит к следующей системе матричных уравнений:

$$\begin{cases} E_n \cdot A(t) \cdot E_n = A(t), & (4a) \\ -E_n \cdot A(t) \cdot X(t) + E_n \cdot C(t) \cdot E_m \mp X(t) \cdot B(t) \cdot E_m = 0, & (4b) \\ 0 = 0, & (4c) \\ E_m \cdot B(t) \cdot E_m = B(t), & (4d) \end{cases}$$

содержащей три тривиальных тождества (4а), (4в) и (4г), не носящих какой-либо полезной информации, а также матричное уравнение (4б), точно совпадающее с матричным уравнением типа Сильвестра (2).

Теперь предположим, что для матриц $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ и $X(t)$ с аналитическими элементами имеют место следующие дифференциальные преобразования [4]:

$$A(K) = \frac{H^K}{K!} \cdot \frac{d^K A(t)}{dt^K} \Big|_{t=t_v}, K = \overline{0, \infty} \quad A(t) = \chi_1(t, t_v, H, A(K), K = \overline{0, \infty}), \quad (5)$$

$$B(K) = \frac{H^K}{K!} \cdot \frac{d^K B(t)}{dt^K} \Big|_{t=t_v}, K = \overline{0, \infty} \quad B(t) = \chi_2(t, t_v, H, B(K), K = \overline{0, \infty}), \quad (6)$$

$$C(K) = \frac{H^K}{K!} \cdot \frac{d^K C(t)}{dt^K} \Big|_{t=t_v}, K = \overline{0, \infty} \quad C(t) = \chi_3(t, t_v, H, C(K), K = \overline{0, \infty}), \quad (7)$$

$$X(K) = \frac{H^K}{K!} \cdot \frac{d^K X(t)}{dt^K} \Big|_{t=t_v}, K = \overline{0, \infty} \quad X(t) = \chi_4(t, t_v, H, X(K), K = \overline{0, \infty}), \quad (8)$$

где $A(K)$, $B(K)$, $C(K)$ и $X(K)$ – матричные дискреты матриц $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ и $X(t)$ соответственно; $K = \overline{0, \infty}$ – целочисленный аргумент; H – масштабный коэффициент; t_v – центр аппроксимации; символ $\overline{\quad}$ – знак перехода из области оригиналов в область дифференциальных изображений и наоборот; χ_1 – χ_4 – некоторые аппроксимирующие функции, восстанавливающие оригиналы $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ и $X(t)$ соответственно.

1. Последовательный численно-аналитический метод решения. Теперь соотношение (3) из области оригиналов переведем в область дифференциальных изображений. Получим

$$\sum_{l=0}^K \begin{bmatrix} E_n \cdot \mathcal{B}(K-l) & \mp X(K-l) \\ 0 & E_m \cdot \mathcal{B}(K-l) \end{bmatrix} \cdot \sum_{p=0}^l \begin{bmatrix} A(l-p) & C(l-p) \\ 0 & B(l-p) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_n \cdot \mathcal{B}(p) & -X(p) \\ 0 & E_m \cdot \mathcal{B}(p) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(K) & 0 \\ 0 & B(K) \end{bmatrix}, \quad (9)$$

где $\mathcal{B}(K-l)$, $\mathcal{B}(p)$ – тейлоровские единицы [4]. Отсюда:

при $K=0$:

$$\begin{bmatrix} E_n & \mp X(0) \\ 0 & E_m \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A(0) & C(0) \\ 0 & B(0) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_n & -X(0) \\ 0 & E_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(0) & 0 \\ 0 & B(0) \end{bmatrix}, \quad (10)$$

откуда покомпонентное представление (10) имеет вид

$$\begin{cases} A(0) = A(0), & (11a) \end{cases}$$

$$\begin{cases} -A(0) \cdot X(0) + C(0) \mp X(0) \cdot B(0) = 0, & (11b) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 = 0, & (11c) \end{cases}$$

$$\begin{cases} B(0) = B(0), & (11d) \end{cases}$$

что и должно было быть в соответствии с правилами алгебры дифференциальных преобразований [4,5] (нулевые дискреты изображений равны значениям оригиналов в центре аппроксимации $t = t_v$). Очевидно, что тождественные соотношения (11а, в, г) никакой полезной информации не несут, а соотношение (11б) в действительности имеет вид

$$A(0) \cdot X(0) \pm X(0) \cdot B(0) = C(0), \quad (12)$$

что точно совпадает с дифференциальным изображением уравнения (2) при $K=0$;

при $K=1$:

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} 0 & \mp X(1) \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A(0) & C(0) \\ 0 & B(0) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_n & -X(0) \\ 0 & E_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E_n & \mp X(0) \\ 0 & E_m \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A(1) & C(1) \\ 0 & B(1) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_n & -X(0) \\ 0 & E_m \end{bmatrix} + \\ & + \begin{bmatrix} E_n & \mp X(0) \\ 0 & E_m \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A(0) & C(0) \\ 0 & B(0) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -X(1) \\ 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(1) & 0 \\ 0 & B(1) \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (13)$$

откуда

$$\begin{cases} A(1) = A(1), & (14a) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mp X(1) \cdot B(0) - A(1) \cdot X(0) + C(1) \mp X(0) \cdot B(1) - A(0) \cdot X(1) = 0, & (14б) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 = 0, & (14в) \end{cases}$$

$$\begin{cases} B(1) = B(1). & (14г) \end{cases}$$

Здесь также соотношения (14а, в, г) никакой полезной информации не несут, а соотношение (14б) в действительности имеет вид

$$A(0) \cdot X(1) \pm X(1) \cdot B(0) = C(1) - A(1) \cdot X(0) \mp X(0) \cdot B(1), \quad (15)$$

что точно совпадает с дифференциальным изображением уравнения (2) при $K=1$;

при $K=2$:

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} 0 & \mp X(2) \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A(0) & C(0) \\ 0 & B(0) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_n & -X(0) \\ 0 & E_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E_n & \mp X(0) \\ 0 & E_m \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A(2) & C(2) \\ 0 & B(2) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_n & -X(0) \\ 0 & E_m \end{bmatrix} + \\ & + \begin{bmatrix} E_n & \mp X(0) \\ 0 & E_m \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A(0) & C(0) \\ 0 & B(0) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -X(2) \\ 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \mp X(1) \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A(1) & C(1) \\ 0 & B(1) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_n & -X(0) \\ 0 & E_m \end{bmatrix} + \\ & + \begin{bmatrix} 0 & \mp X(1) \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A(0) & C(0) \\ 0 & B(0) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -X(1) \\ 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E_n & \mp X(0) \\ 0 & E_m \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A(1) & C(1) \\ 0 & B(1) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -X(1) \\ 0 & 0 \end{bmatrix} = \\ & = \begin{bmatrix} A(2) & 0 \\ 0 & B(2) \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (16)$$

откуда

$$\begin{cases} A(2) = A(2), & (17a) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mp X(2) \cdot B(0) - A(2) \cdot X(0) + C(2) - X(0) \cdot B(2) - A(0) \cdot X(2) \mp X(1) \cdot B(1) - A(1) \cdot X(1) = 0, & (17б) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 = 0, & (17в) \end{cases}$$

$$\begin{cases} B(2) = B(2). & (17г) \end{cases}$$

Соотношения (17 а, б, г) здесь также никакой полезной информации не несут, а соотношение (17б) в действительности имеет вид

$$A(0) \cdot X(2) \pm X(2) \cdot B(0) = C(2) - A(2) \cdot X(0) - X(0) \cdot B(2) - A(1) \cdot X(1) \mp X(1) \cdot B(1), \quad (18)$$

что точно совпадает с дифференциальным изображением уравнения (2) при $K=2$ и т.д.

⋮

при $K=K$:

Не вдаваясь в подробности, по индукции приходим к следующему покомпонентному представлению:

$$\begin{cases} A(K) = A(K), & (19a) \end{cases}$$

$$\begin{cases} A(0) \cdot X(K) \pm X(K) \cdot B(0) = C(K) - \sum_{l=1}^K [A(l) \cdot X(K-l) \pm X(K-l) \cdot B(l)], & (19б) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 = 0, & (19в) \end{cases}$$

$$\begin{cases} B(K) = B(K), & (19г) \end{cases}$$

где соотношения (19 а, в, г) также никакой полезной информации не несут, а соотношение (19б) точно совпадает с дифференциальным изображением уравнения (2) при $K=K$.

Таким образом, показано, что при трансформации уравнения (2) в представление (3) и переходе оригинала (46) в область дифференциальных изображений получается рекуррентная цепочка (116), (146), (176) и (196) линейных спектральных соотношений с инвариантными по отношению к матричным дискретам $X(0), X(1), X(2), \dots, X(K)$ левыми и рекуррентными правыми частями.

2. Параллельный численно-аналитический метод решения. Теперь, объединив матричные соотношения (12), (15), (18) и (196) в одно целое, получим следующую гиперматрично-гипервекторно-блочную систему:

$$\begin{bmatrix} A(0) & 0 & \dots & 0 \\ A(1) & A(0) & \dots & 0 \\ A(2) & A(1) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A(K) & A(K-1) & \dots & A(0) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X(0) \\ X(1) \\ X(2) \\ \vdots \\ X(K) \end{bmatrix} \pm \begin{bmatrix} X(0) & 0 & \dots & 0 \\ X(1) & X(0) & \dots & 0 \\ X(2) & X(1) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X(K) & X(K-1) & \dots & X(0) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} B(0) \\ B(1) \\ B(2) \\ \vdots \\ B(K) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C(0) \\ C(1) \\ C(2) \\ \vdots \\ C(K) \end{bmatrix},$$

$(K+1) \cdot nx(K+1) \cdot n$ $(K+1) \cdot nxm$ $(K+1) \cdot nx(K+1) \cdot m$ $(K+1) \cdot mxm$ $(K+1) \cdot nxm$

или в компактной записи:

$$A(\bullet) \cdot X(\cdot) \pm X(\bullet) \cdot B(\cdot) = C(\cdot). \quad (20)$$

Отсюда при условии регулярности (условия однозначной разрешимости задачи)

$$\text{rang} A(\bullet) = (K+1) \cdot n \quad (21)$$

на основе (20) можно организовать итерационную вычислительную схему

$$X(\cdot)_{(q+1)} = A(\bullet)^{-1} \cdot \left[C(\cdot) \mp X(\bullet)_{(q)} \cdot B(\cdot) \right] \quad (22)$$

(где q - номер итераций) или, в соответствии с [6] более гибкую итерационную вычислительную схему ньютоновского типа

$$X(\cdot)_{(q+1)} = \frac{1}{2} \cdot \left[X(\cdot)_{(q)} - A^{-1}(\bullet) \left[-C(\cdot) \pm X_{(q)}(\bullet) \cdot B(\cdot) \right] \right]. \quad (23)$$

И, наконец, имея матричные дискреты $X(0), X(1), \dots, X(K)$, в соответствии с (8) можно восстановить решение задачи $X(t)$.

3. Модельный пример. Рассмотрим однопараметрическое линейное матричное уравнение типа Сильвестра [1]

$$\begin{bmatrix} (1+jt) & 0 \\ t & (1-jt) \end{bmatrix} \cdot X(t) + X(t) \cdot \begin{bmatrix} (-1-jt) & -1 \\ -t & (-1+jt) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -t^2 & (-1-j+2jt^2) \\ (jt-t^2) & t^2 \end{bmatrix},$$

для которого при $t_v = 1, H = 1$ имеем

$$\begin{aligned} A(0) &= \begin{bmatrix} (1+j) & 0 \\ 1 & (1-j) \end{bmatrix}, A(1) = \begin{bmatrix} j & 0 \\ 1 & -j \end{bmatrix}, A(K) = [0], \forall K \geq 2; \\ B(0) &= \begin{bmatrix} (-1-j) & -1 \\ -1 & (-1+j) \end{bmatrix}, B(1) = \begin{bmatrix} -j & 0 \\ -1 & j \end{bmatrix}, B(K) = [0], \forall K \geq 2; \\ C(0) &= \begin{bmatrix} -1 & (-1+j) \\ (-1+j) & 1 \end{bmatrix}, C(1) = \begin{bmatrix} -2 & 4j \\ (-2+j) & 2 \end{bmatrix}, C(2) = \begin{bmatrix} -1 & 2j \\ -1 & 1 \end{bmatrix}, C(K) = [0], \forall K \geq 3. \end{aligned}$$

Следовательно, в соответствии с (22) получим следующую параллельную итерационную вычислительную схему:

$$\begin{bmatrix} X(0) \\ X(1) \\ X(2) \end{bmatrix}_{(q+1)} = \begin{bmatrix} (1+j) & 0 & 0 \\ 1 & (1-j) & 0 \\ j & 0 & (1+j) \\ 1 & -j & j \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1-j & 1 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -1 & (-1+j) \\ (-1+j) & 1 \\ -2 & 4j \\ (-2+j) & 2 \\ -1 & 2j \\ -1 & 1 \end{bmatrix} -$$

$$- \begin{bmatrix} X(0) & 0 & 0 \\ X(1) & X(0) & 0 \\ X(2) & X(1) & X(0) \end{bmatrix}_{(q)} \cdot \begin{bmatrix} (-1-j) & -1 \\ -1 & (-1+j) \\ -j & 0 \\ -1 & +j \\ 0 & \end{bmatrix},$$

реализация которой для многочисленных начальных приближений привела к одному и тому же результату - к следующим матричным дискретам (с точностью до $\varepsilon = 10^{-4}$):

$$X(0) = \begin{bmatrix} (1+j) & 1 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}, X(1) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, X(2) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Динамика параллельного нахождения матричных дискретов $X(0)$, $X(1)$, $X(2)$ решения задачи для таких двух начальных приближений представлена в табл. 1 и 2.

Таблица 1

q	$X(\cdot)$	Матричные дискреты
0	$X(0)$	$\begin{pmatrix} (-2+2j) & (1+j) \\ (-1-j) & (2+j) \end{pmatrix}$
	$X(1)$	$\begin{pmatrix} -2 & -1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$
	$X(2)$	$\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$
20	$X(0)$	$\begin{pmatrix} (1,0225+1,0381 \cdot j) & (1,0391-0,0205 \cdot j) \\ (-0,0186+0,0010 \cdot j) & (2+0,0186 \cdot j) \end{pmatrix}$
	$X(1)$	$\begin{pmatrix} (-1,4531-2,5684 \cdot j) & (-1,8008+1,0742 \cdot j) \\ (0,8594-0,7617 \cdot j) & (0,4043-0,9082 \cdot j) \end{pmatrix}$
	$X(2)$	$\begin{pmatrix} (16,4590+57,1785 \cdot j) & (63,3721-2,8311 \cdot j) \\ (2,9600+41,0596 \cdot j) & (38,6865+3,8125 \cdot j) \end{pmatrix}$
40	$X(0)$	$\begin{pmatrix} (1,0000+0,9999 \cdot j) & 0,9999 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$
	$X(1)$	$\begin{pmatrix} (0,0109+0,0203 \cdot j) & (1,0211-0,0093 \cdot j) \\ (-0,0085+0,0030 \cdot j) & (1,0023+0,0086 \cdot j) \end{pmatrix}$
	$X(2)$	$\begin{pmatrix} (-0,6886-1,7187 \cdot j) & (-1,8192+0,4802 \cdot j) \\ (0,4332+0,6792 \cdot j) & (-0,6064-0,4867 \cdot j) \end{pmatrix}$
60	$X(0)$	$\begin{pmatrix} (1+j) & 1 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$

Продолжение табл. 1

	$X(1)$	$0 \ 0,9999$ $0 \ 1$
	$X(2)$	$(0,0055+0,0125 \cdot j) \ (0,0130-0,0044 \cdot j)$ $(-0,0043+0,0034 \cdot j) \ (0,0030+0,0045 \cdot j)$
	$X(0)$	$(1+j) \ 1$ $0 \ 2$
80	$X(1)$	$0 \ 1$ $0 \ 1$
	$X(2)$	$0 \ -0,0001$ $0 \ 0$

Таблица 2

q	$X(\cdot)$	Матричные дискреты
0	$X(0)$	$-1 \ (1+j)$ $(-1+j) \ 1$
	$X(1)$	$0 \ 0$ $-1 \ 1$
	$X(2)$	$0 \ 0$ $0 \ 0$
20	$X(0)$	$(0,9824+1,0205 \cdot j) \ (1,0195+0,0186 \cdot j)$ $(0,0381+0,0205 \cdot j) \ (1,9814-0,0391 \cdot j)$
	$X(1)$	$(1,1230-1,3086 \cdot j) \ (-0,1416-1,3281 \cdot j)$ $(-2,0010+1,6797 \cdot j) \ (2,3281+2,2266 \cdot j)$
	$X(2)$	$(-27,2842+20,9854 \cdot j) \ (14,8525+33,4170 \cdot j)$ $(16,6973-40,6045 \cdot j) \ (-32,8701-26,1699 \cdot j)$
40	$X(0)$	$(1+j) \ 1$ $0,0001 \ (2+0,0001 \cdot j)$
	$X(1)$	$(-0,0004-0,0102 \cdot j) \ (1,0095+0,0102 \cdot j)$ $(0,0180-0,0117 \cdot j) \ (0,9898-0,0188 \cdot j)$
	$X(2)$	$(0,8225-0,7241 \cdot j) \ (0,6264-0,0202 \cdot j)$ $(-1,0978+1,0806 \cdot j) \ (0,9180+1,2238 \cdot j)$
60	$X(0)$	$(1+j) \ 1$ $0 \ 2$
	$X(1)$	$0 \ 1$ $-0,0001 \ (1+0,0001 \cdot j)$
	$X(2)$	$(-0,0061+0,0056 \cdot j) \ (0,0051+0,0066 \cdot j)$ $(0,0095-0,0074 \cdot j) \ (-0,0065-0,0101 \cdot j)$

80	$X(0)$	$(1+j) \begin{matrix} 1 \\ 0 \end{matrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \end{matrix}$
	$X(1)$	$\begin{matrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{matrix}$
	$X(2)$	$\begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}$

Таким образом, тейлоровским решением задачи будет

$$X(t) = \sum_{K=0}^{\infty} \left(\frac{t-t_v}{H} \right)^K \cdot X(K) = X(0) + X(1) \cdot (t-t_v) + \cancel{X(2)} \cdot (t-t_v)^2 =$$

$$= \begin{bmatrix} (1+j) & 1 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot (t-1) = \begin{bmatrix} (1+j) & t \\ 0 & (1+t) \end{bmatrix},$$

которое точно совпадает с решением, полученным в [1] применением последовательного и параллельного численно-аналитических методов, основанных на аппаратах кронекеровых произведений матриц и дифференциальных преобразований.

Литература

1. **Симонян С.О.** Методы решения однопараметрических матричных непрерывных уравнений типа Сильвестра $A(t) \cdot X(t) + X(t) \cdot B(t) = C(t)$ // Известия НАН РА и НПУА. Серия ТН. – 2015. - Т.LXVLLL, № 3. - С. 370-381.
2. **Симонян С.О.** Декомпозиционные методы решения однопараметрических матричных непрерывных уравнений типа Сильвестра $A(t) \cdot X(t) + X(t) \cdot B(t) = C(t)$ // Известия НАН РА и НПУА. Серия ТН.- 2015.- Т.LXVLLL, № 4.-С.497-510.
3. **Пухов Г.Е.** Дифференциальные преобразования функции и уравнений. - Киев: Наукова думка, 1984.-420с.
4. 101.https://en.wikipedia.org/wiki/Sylvester_equation
Gerrish F., Ward A.G.B. Sylvester's matrix equation and Roth's removal rule // The Mathematical Gazette.-1998.-82(495).- P. 423-430. doi: 10.2307/3619888.
5. **Симонян С.О., Меликян А.В.** Алгебра матричных вычислений в области дифференциальных преобразований// Вестник ИАА.-2017.- Том 14, № 2.-С.268-175.
6. **Симонян С.О.** Метод решения однопараметрических обобщённых квадратных матричных уравнений // Вестник НПУА: Информационные технологии, электроника, радиотехника.- 2016.- №2.-С.12-13.

05.09.2017.

Ս.Հ. Սիմոնյան, Ա.Վ. Մելիքյան

ՍԻԼՎԵՍՏՐԻ ՏԻՊԻ $A(t) \cdot X(t) \pm X(t) \cdot B(t) = C(t)$ ՄԻԱՊԱՐԱՄԵՏՐԱԿԱՆ
ՄԱՏՐԻՑԱՅԻՆ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Միլվեստրի տիպի թվային մատրիցային հավասարումների լուծման ոչ գծային տրանսֆորմացիան մեթոդը տարածվում է նույնանուն միապարամետրական մատրիցային հավասարումների վրա, որի հիման վրա առաջարկվում են այդ հավասարումների լուծման հաջորդական և զուգահեռ թվաանալիտիկ եղանակներ՝ հիմնված դիֆերենցիալ ձևափոխությունների վրա: Բերված է խնդրի միարժեքորեն լուծելիության պայմանը՝ զուգահեռ թվաանալիտիկ եղանակի դեպքում: Ներկայացված են մոդելային օրինակի լուծման արդյունքները՝ մշակված զուգահեռ թվաանալիտիկ եղանակի կիրառմամբ:

Առանցքային բառեր. Միլվեստրի տիպի միապարամետրական մատրիցային հավասարումներ, ոչ գծային տրանսֆորմացիան մեթոդ, դիֆերենցիալ ձևափոխություններ, հաջորդական և զուգահեռ թվաանալիտիկ եղանակներ, խնդրի միարժեքորեն լուծելիության պայման, մոդելային օրինակ:

S.H. Simonyan, A.V. Melikyan

ABOUT SOLVING SYLVESTER TYPE $A(t) \cdot X(t) \pm X(t) \cdot B(t) = C(t)$
ONE-PARAMETRIC MATRIX EQUATIONS

Non-linear transformation solving method for Sylvester type numeric matrix equations is applied at the same name one parametric matrix equations, based on which, serial and parallel numeric-analytical solving methods are proposed for these equations, based on differential transformations. Unique solvability condition for parallel numeric-analytical method is shown. Results of solving the model example are presented while applying the developed parallel numeric-analytical method.

Keywords: Sylvester type one-parametric matrix equations, non-linear transformational method, differential transformations, serial and parallel numeric-analytical methods, unique solvability condition of the problem, model example.

Симонян Саргис Оганнесович - д.т.н., профессор (НПУА)

Меликян Ануш Вазгеновна - к.т.н., доцент (НПУА)

ՀՏԴ 537.226:66.02

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ, ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ ԵՎ
ԳԻՏԱԿԱՆ ՍԱՐՔԱՇԽՆՈՒԹՅՈՒՆ

Վ.Վ. Բունիաթյան, Ա.Ա. Դավթյան, Լ.Կ. Բեգոյան

**ՖԵՌՈՒԷԼԵԿՏՐԻԿ -ՆԱՆՈԹԱՂԱՆԹԻ ԶԳԱՅՆՈՒԹՅՈՒՆԸ ԶՐԱԾՆԻ
ՊԵՐՕՔՍԻԴԻ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ**

Փորձնականորեն ուսումնասիրվել է ֆերոէլեկտրական թաղանթի զգայնությունը ջրածնի պերօքսիդի միջավայրում՝ $t=26...45^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանային միջակայքում: Հիմնավորվել է, որ թաղանթները ցուցաբերում են բավականաչափ մեծ զգայնություն, որը կարելի է օգտագործել շնչառական հիվանդությունների արագ և վաղ ախտորոշման համար:

Առանցքային բառեր. ֆերոէլեկտրական թաղանթ, թթվածնի վականսիա, ջրածնի պերօքսիդ, շնչառական հիվանդություններ:

1. Ներածություն. Զրածնի պերօքսիդը (H_2O_2) կարևոր քիմիական միացություն է, և դրա հայտնաբերման հուսալի մեթոդների զարգացումը մեծ նշանակություն ունի կենսաբժշկական, քիմիական, սննդի ու դեղագործության, գյուղատնտեսության, մթերքների մանրէաբանական վնասազերծման ու պահուստավորման, կոսմետիկ պատրաստուկների արդյունաբերության ոլորտներում:

Մինչ այժմ հետազոտվել և հրատարակվել են H_2O_2 -ի հայտնաբերման ու զգայնության տարբեր եղանակներ, ինչպիսիք են՝ սպեկտրասկոպիան [1], քիմիական լյումինեսցենցիան [2], ֆլյուորեսցենցիան [3] և այլն: Այնուամենայնիվ, դրանք շատ թերություններ ունեն:

Գոյություն ունի նաև H_2O_2 -ի հայտնաբերման էլեկտրաքիմիական մեթոդ [4], որն ավելի շահավետ է, քան մյուս եղանակները՝ շնորհիվ իր բարձր զգայնության, արագ արձագանքման, ցածր արժեքի, պարզ կառուցվածքի, միկրոկառուցվածքների հետ լավ համատեղելիության և չափսերի փոքրացման հնարավորությունների:

Հայտնի է, որ արտաշնչած օդը բաղկացած է շատ անկայուն բաղադրիչներից, ինչպիսիք են՝ ազոտի օքսիդը և ածխածնի երկօքսիդը, ինչպես նաև՝ կայուն բաղադրիչներից, օրինակ՝ իզոպրոպանը, ջրածնի պերօքսիդը, նիտրիտը, քլորիդը և պրոտեինները: Մյուս կողմից բազմաթիվ հետազոտություններով վաղուց հաստատվել է, որ առողջ մարդկանց մոտ արտաշնչվող օդի մեջ կայուն բաղադրիչների կոնցենտրացիաները բավականին ցածր են, սակայն դրանք զգալիորեն աճում են այն մարդկանց մոտ, ովքեր տառապում են որոշակի թոքային հիվանդություններով [5]:

Թոքերի բորբոքման ժամանակ մարդու արյան սպիտակ գնդիկներն արձակում են ֆերմենտներ, ջրածնի պերօքսիդ և այլ քիմիական տարրեր՝ օրգանիզմում առկա վնասակար մանրէները սպանելու համար:

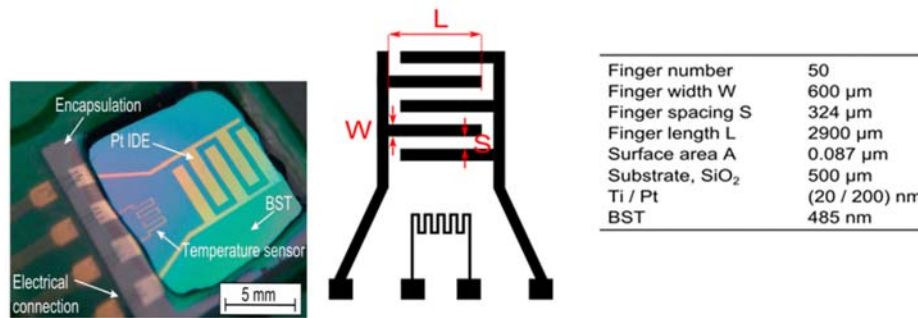
Արտաշնչվող օդում ջրածնի պերօքսիդի կոնցենտրացիայի աճը կարող է գլխավոր և հուսալի ցուցիչ համարվել այնպիսի թոքային հիվանդությունների մասին տեղեկատվության համար, ինչպիսիք են՝ ասթման, թոքաբորբը և քրոնիկ թոքային հիվանդությունները [5]: Այսպիսով, արտաշնչվող օդում H_2O_2 -ի կոնցենտրացիայի որոշումը ունի կարևորագույն դեր՝ թոքերի ախտորոշման և տարբեր տեսակի հիվանդությունների՝ նախնական շրջանում ոչ ինվազիվ եղանակով հայտնաբերման համար:

Շնորհիվ իրենց մի շարք առավելությունների բազմաֆունկցիոնալ հատկությունների դրսևորման, բարձր քիմիական և կատալիտիկ ակտիվության, ֆերոէլեկտրական զգայուն թաղանթներով տվիչները կենսաբժշկական բնագավառում օգտագործման տեսանկյունից նոր և խոստումնալից սարքեր են, որոնք կարող են հիմք հանդիսանալ «Լաբորատորիա չիպի վրա» տեխնոլոգիայի զարգացման համար [6], այսինքն՝ մեկ բյուրեղի վրա ստեղծվում են տարբեր նյութերի նկատմամբ զգայուն մեմբրաններ և, արդյունքում, ընդամենը մեկ հարթակի միջոցով կարելի է կատարել մի քանի նյութերի առկայության ստուգում և դրանց խտությունների հաշվարկ: Տարբեր հեղինակների կողմից այս բնագավառում կատարվել են բազմաթիվ հետազոտություններ, որոնց վերլուծությունները ցույց են տալիս, որ ֆերոէլեկտրական նյութերը, ունենալով մեծ էլեկտրական ամրություն, մեծ դիէլեկտրական թափանցելիություն, կախված ջերմաստիճանից, և շատ մեծ

կայունություն՝ արտաքին քիմիական ռեագենտների նկատմամբ, բավականին մեծ գրավչություն են ներկայացնում կենսաբժշկական տվիչներում օգտագործվելու տեսանկյունից [7]:

Սույն աշխատանքում առաջին անգամ հետազոտվել է ֆեռոէլեկտրական ($\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$) նանոթաղանթների զգայնությունը ջրածնի պերօքսիդի գոլորշու նկատմամբ՝ $t=36\ldots 42^\circ\text{C}$ ջերմաստիճաններում: Որպես գիտական նախապայման՝ ընդունվել է այն հանգամանքը, որ ֆեռոէլեկտրական նանոթաղանթներն արդեն ցուցաբերել են բավականաչափ բարձր զգայնություն հեղուկ միջավայրի pH-ի [8-10], ածխածնի մոնօքսիդի (CO) և ածխաջրածինների [11], ջրածնի [12], էթանոլի [13], ացետոնի գոլորշու [14], խոնավության [15], ամոնիումի [16], էլեկտրոլիտների հաղորդականության սենսորների [17,18], ջրածնի պերօքսիդի գոլորշու [19] և այլ նյութերի նկատմամբ:

2. Փորձարարական մաս. Իրականացվել է նմուշի ունակային բնութագրերի հետազոտում՝ H_2O_2 -ի տարբեր կոնցենտրացիաների դեպքում: Հետազոտություններն իրականացվել են միկրոշերտավոր էլեկտրոդներով նմուշների վրա, որի վերին՝ զգայուն շերտը իմպուլսային լազերային նստեցման եղանակով ձևավորված ֆեռոէլեկտրական $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ նանոթաղանթն է: Նկ.1-ում պատկերված է 10207-F3 փորձնական նմուշի տեսքը:



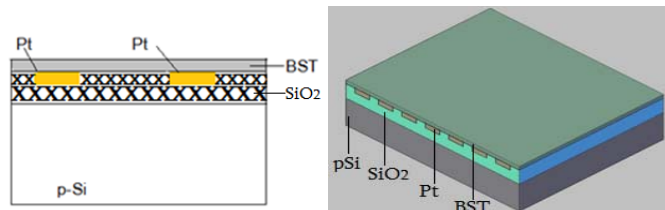
Նկ.1. 10207-F3 փորձնական նմուշի տեսքը և Pt-էլեկտրոդների դասավորությունը

Այն բաղկացած է սանրաձև Pt-էլեկտրոդներից, որոնք վերին մասով պատված են դիէլեկտրիկ $\text{Ba}_{0.25}\text{Sr}_{0.75}\text{TiO}_3$ նյութի 485 նմ հաստությամբ շերտով: Ֆեռոէլեկտրիկ թաղանթը, իր հերթին, նստեցված է 500 նմ հաստությամբ SiO_2 -ի վրա, իսկ որպես ընդհանուր հարթակ՝ հանդես է գալիս pSi-ը:

Նմուշի երկրաչափական չափսերը հետևյալն են.

- էլեկտրոդների մատների քանակը՝ 5,
- մատների լայնությունը՝ 600 մկմ,
- մատների միջև հեռավորությունը՝ 324 մկմ,
- մատների երկարությունը՝ 2900 մկմ,
- հարթակը՝ 500 նմ SiO_2 ,
- մետաղական հպակը՝ Ti/Pt:20 նմ/200 նմ,
- BST թաղանթը 485 նմ:

Նյութի ընտրությունը պայմանավորված է այն հանգամանքով, որ ՄԿԲՄ ամփոփի բազային լաբորատորիաներում մշակվել է թիրախների ստացման գործընթացը՝ ինքնատարածվող բարձրաջերմաստիճան սինթեզի եղանակով, որի արդյունքում իմպուլսային լազերային փոշեցրման մեթոդով ստացվել են ֆեռոէլեկտրական թաղանթները, իսկ մետաղական էլեկտրոդները ձևավորվել են պլատինից՝ դասական ջերմային գոլորշացմամբ: Պլատինն ընտրվել է, քանի որ այն գերազանց կատալիզատոր է ջրածնի պերօքսիդի օքսիդացման համար: Նկ.2-ում պատկերված է փորձանմուշի կտրվածքը:



Նկ.2. Pt-էլեկտրոդները SiO_2 -ի մեջ ձևավորված սենսորի կտրվածքը, շերտերի դիրքը և պատյանավորված սենսորը

Փորձերը կատարվել են Հայաստանի ազգային ճարտարագիտական լաբորատորիայում <<ANEL>> (Armenian national engineering laboratory-ANEL): Տվիչի ունակության չափման համար օգտագործվել է NI PXI-4072 չափիչ սարքավորումը (նկ.3), որը հաշվում է մինչև 0,05 μS ունակություն (լարման առավելագույն միջակայքը՝ -300 Վ-ից 300 Վ, զգայնությունը՝ 1 μV , հոսանքի մեծագույն միջակայքը՝ -1 Ա-ից 1 Ա, զգայնությունը՝ 1 μA): Ընդհանուր չափիչ համակարգը նախօրոք հաշվում է լարերի ու կոնտակտների միջև պարագիտային ունակությունները և արդյունքից հանում դրանք:

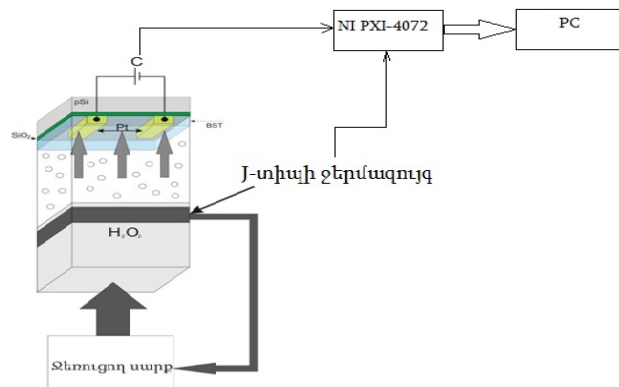


Նկ.3. NI PXI-4072 (ունակության չափիչ սարք)

Ջերմաստիճանի չափման համար օգտագործվել է NI78-4353 չափիչ սարքը, որին միացված է J-տիպի ջերմագույգ: Այն աշխատում է 0...760°C ջերմաստիճանային միջակայքում, ճշգրտությունը $\pm 2,2^\circ\text{C}$ է կամ 0,75%, իսկ թույլատրելի սխալի սահմանը՝ $\pm 1,1^\circ\text{C}$ կամ 0,4%: J-տիպի ջերմագույգը լավ հարմարված է օքսիդացված միջավայրերին:

Այս ուղղությամբ իրականացված նախորդ աշխատանքների ժամանակ[20] օգտագործվել էր 30%-անոց H_2O_2 , և չափումները կատարվել էին $t=120\dots 180^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանային միջակայքում: Պարզվել էր, որ այդ կոնցենտրացիաների ու ջերմաստիճանային միջակայքում տվիչի զգայնությունը փոխվում է ոչ ցանկալի գծայնությամբ, հավանաբար, տվիչում ընթացող ոչ հակադարձելի քիմիական և էլեկտրակառուցվածքային փոփոխությունների հետևանքով, ինչն էլ նվազեցնում էր տվիչի զգայնությունը:

Ներկայիս փորձերը կատարվել են H_2O_2 -ի հետևյալ կոնցենտրացիաների համար՝ 0% (թորած ջուր), 0,5%, 1% և 1,5%: Բոլոր խտությունների դեպքում գոլորշացման համար կիրառվել է նույն ջերմաստիճանային սահմանը ($26\dots 45^\circ\text{C}$): Չափումների արդյունքները պահպանվել են և աղյուսակային, և գրաֆիկական տեսքով: Փորձնական ստենդի պարզեցված տեսքը ներկայացված է նկ.4-ում:



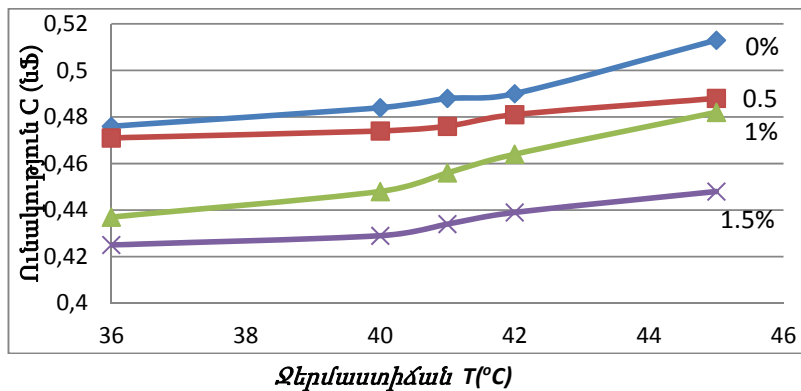
Նկ.4. Փորձնական ստենդի պարզեցված տեսքը

Փորձում տվյալները գրանցվել են 5 տարբեր ջերմաստիճանային արժեքների դեպքում: $T=36^\circ\text{C}$ -ը համապատասխանում է առողջ մարդու սովորական ջերմաստիճանին: $T=40^\circ\text{C}$, $T=41^\circ\text{C}$ և $T=42^\circ\text{C}$ միջանկյալ ջերմաստիճաններ են, որոնք կարող են գրանցվել հիվանդների մոտ: Մեզ հետաքրքրում է մինչև 45°C ջերմաստիճանային միջակայքը, քանի որ դրանից ավելի մեծ ջերմաստիճանի դեպքն արդեն անիմաստ է: Աղյուսակից երևում է, որ ջերմաստիճանի մեծացմանը զուգընթաց տվիչի ունակությունը մեծանում է, այսինքն՝ այն H_2O_2 -ի նկատմամբ ցուցաբերում է զգայնություն:

Նմուշի ունակության փոփոխությունը H_2O_2 -ի տարբեր կոնցենտրացիաների համար՝
տարբեր ջերմաստիճաններում

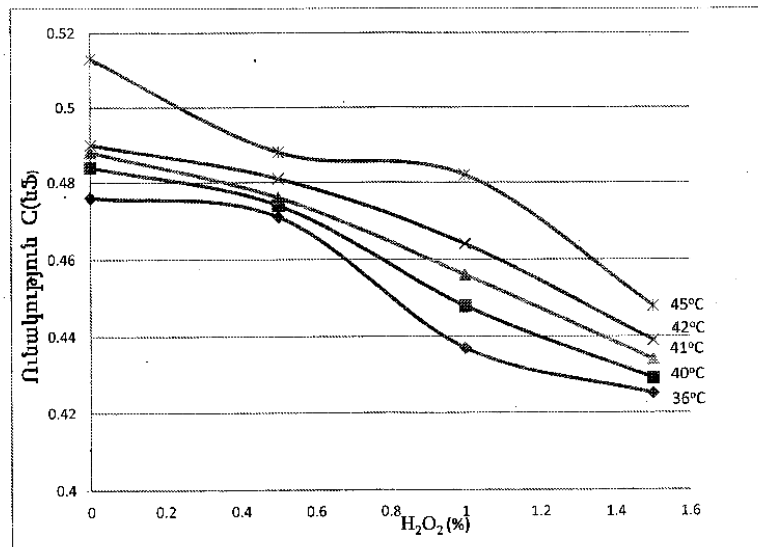
H_2O_2 % \ $T^{\circ}C$	36°C, նՖ	40°C, նՖ	41°C, նՖ	42°C, նՖ	45°C, նՖ
0 (H_2O)	0,476	0,484	0,488	0,490	0,513
0,5	0,471	0,474	0,476	0,481	0,488
1	0,437	0,448	0,456	0,464	0,482
1,5	0,425	0,429	0,434	0,439	0,448

Նկ.5-ում պատկերված է փորձանմուշի ունակության կախվածությունը ջերմաստիճանից՝ H_2O_2 -ի տարբեր կոնցենտրացիաների դեպքում:



Նկ.5. Տվյալի ունակության կախվածությունը ջերմաստիճանից՝ H_2O_2 -ի տարբեր կոնցենտրացիաների դեպքում

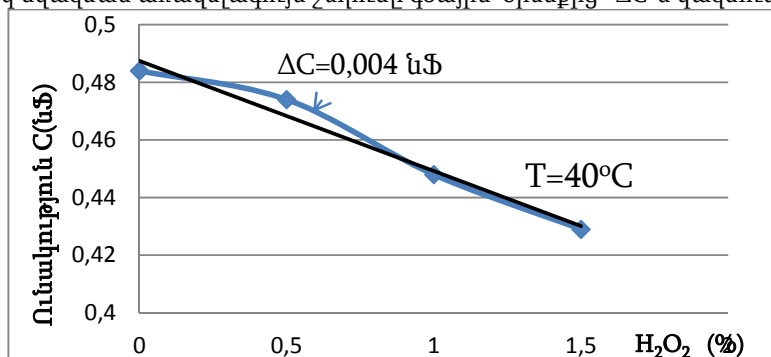
Ինչպես երևում է գրաֆիկից, ջերմաստիճանի մեծացմանը զուգընթաց տվյալի ունակությունը մեծանում է: Նկ.-ում պատկերված է փորձանմուշի ունակության կախվածությունը H_2O_2 -ի կոնցենտրացիայից՝ տարբեր ջերմաստիճանների դեպքում:



Նկ.6. Տվյալի ունակության կախվածությունը H_2O_2 -ի կոնցենտրացիայից՝ տարբեր ջերմաստիճանների դեպքում

Ինչպես երևում է գրաֆիկից, կոնցենտրացիայի մեծացմանը զուգընթաց տվյալի ունակությունը փոքրանում է:

Նկ.7-ում պատկերված է տվիչի ունակության կախվածությունը H_2O_2 -ի կոնցենտրացիայից՝ $T=40^\circ C$ ջերմաստիճանի դեպքում: Ինչպես երևում է, տվիչի ունակությունը նվազում է գծայինին շատ մոտ օրենքով, իսկ նվազման առավելագույն շեղումը գծային օրենքից՝ ΔC -ն կազմում է 0,004 նՖ:



Նկ.7. Տվիչի ունակության կախվածությունը H_2O_2 -ի կոնցենտրացիայից՝ $T=40^\circ C$ ջերմաստիճանի դեպքում

H_2O_2 -ը տաքացնելիս առաջանում են ջրային գոլորշիներ և ատոմար թթվածին: Ինչպես հայտնի է, ատոմար թթվածինը բարձր ջերմաստիճաններում ունի ուժեղ օքսիդիչ հատկություն: Գոլորշում պարունակվող O ՝ ատոմները մոտենալով BST (բարիում-ստրոնցիում տիտանատ)-ի թաղանթին՝ առգրավում են թթվածնի ատոմներին և միանալով դրանց՝ չեզոքանում: Արդյունքում BST-ի գոտում առաջանում են նոր վականսիաներ, որի հետևանքով փոփոխվում է BST-ի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը:

Քանի որ $H_2O_2=H^++OH^-+O$ ՝ հետևաբար ինչքան աճում է H_2O_2 -ի կոնցենտրացիան, այնքան ավելի է մեծանում ատոմար թթվածնի կոնցենտրացիան գոլորշու մեջ, այսինքն՝ կոնցենտրացիան աճելիս կմեծանա ստեղծված նոր վականսիաների քանակը և կփոքրանա BST-ի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը [21]: Ինչպես հայտնի է՝

$$C \sim \frac{\varepsilon(0)\varepsilon(f)S}{\Delta d},$$

որտեղ $\varepsilon(0)$ -ն վակուումի դիէլեկտրական հաստատունն է, $\varepsilon(f)$ -ը՝ BST-ի դիէլեկտրական թափանցելիությունը, S -ը՝ կոնտակտների մակերեսը և Δd -ն՝ կոնտակտների միջև հեռավորությունը: Ակնհայտ երևում է, որ C ունակության արժեքն ուղիղ համեմատական է միջավայրի դիէլեկտրիկ թափանցելիության արժեքին, որը տվյալ դեպքում փոխվում է՝ կախված H_2O_2 -ի կոնցենտրացիայից:

Եզրակացություն. Իրականացվել է $Ba_{0.25}Sr_{0.75}TiO_3$ նանոթաղանթի ունակային բնութագրերի հետազոտում՝ H_2O_2 -ի տարբեր կոնցենտրացիաների դեպքում: Փորձնական հետազոտություններով հաստատվել է, որ ֆեռոթաղանթը ջրածնի պերօքսիդի միջավայրում ցուցաբերում է բավականաչափ մեծ զգայնություն: Ընդ որում, քննարկված ջերմաստիճանային միջակայքում այդ կախվածությունը գրեթե գծային է, որը ցանկացած տվիչի համար, կիրառման տեսակետից, զգայնությունից բացի, ցանկալի հատկանիշներից մեկն է, այսինքն՝ արդարացվեցին նախօրոք կատարված կանխատեսումները, որ ֆեռոթաղանթները կարելի է օգտագործել՝ որպես H_2O_2 -ի նկատմամբ զգայուն մեմբրան:

Իսկ ինչպես նշվեց նախաբանում, կոնցենտրացիա-ջերմաստիճան կախվածության տվյալները կարևորագույն ինֆորմացիա են պարունակում մի շարք թոքային հիվանդությունների՝ նախնական շրջանում հայտնաբերման համար: Հետագա աշխատանքներում կներկայացնենք նաև այս նմուշի կոնտակտների միջև առկա հոսանքի փոփոխությունը՝ կախված նրան կիրառված լարումից, ինչպես նաև՝ H_2O_2 -ի կոնցենտրացիայից:

Գրականություն

1. Rapid determination of hydrogen peroxide in the wood pulp bleaching streams by a dual-wavelength spectroscopic method / **X. S. Shai, Q. X. Hou, Q. Luo, et al** // Anal. Chim. Acta.- 2004.-V.507.-P.281-284.
2. A chemiluminescence sensor for the determination of hydrogen peroxide / **A. Tahirovic, A. Copra, E. Omanovic-Miklicanin, et al** // Talanta.-2007.-V.72.-P.1378-1385.
3. Fluorometric determination of hydrogen peroxide in milk by using a Fenton reaction system / **M.E. Abbas, W. Luo, L. Zhu, et al** // Food Chem.- 2010.-V.120.-P.327-331.
4. Detection of hydrogen peroxide at mesoporous platinum microelectrodes / **S.A.G. Evans, J.M. Elliot, L.M. Andrews, et al** // Anal. Chem.-2002.-V.74.-P.1322-1326.
5. Analytical Biochemistry / **M. Zhou, Z. Diwu, N. Panchuk-Vdoshina, et al.** - 1997.-V.253.-P.162-168.

6. Բունիաթյան Վ., Սուրբյան Լ., Դաշտոյան Հ. Լուսահասցեավորվող կենսաբժշկական տվիչների փորձնական հետազոտություններ // ՀԱՊՀ Լրաբեր, Գիտական և մեթոդական հոդվածների ժողովածու. - 2015. - Հ.1. - Էջ.187-191.
7. Ceramic-based microelectrode arrays. Recording surface characteristics and topographical analysis / P.M. Talauliker, D.A. Price, J.J. Burmeister, et al // J. Neurosci. Methods.-2011.-V.198.-P.222-229.
8. pH-sensitive properties of barium strontium titanate (BST) thin films prepared by pulsed laser deposition technique / V.V. Buniatyan, M.H. Abouzar, N.W. Martirosyan, et al // Physica Status Solidi A.-2010.-V.207.-P.824-830.
9. A new perovskite phase $\text{Li}_{2x}\text{Ca}_{0.5-x}\text{TaO}_3$: Li^+ ion conductivity and use as pH sensor / Q.N. Phan, C.B. Bohnke, J. Emery, et al // Solid State Ionics.-2005.-V.176.-P.495-504.
10. Capacitive field-effect pH sensor based on an electrolyte-ferroelectricinsulator-semiconductor structure / V. Buniatyan, N. Martirosyan, M. Abouzar, et al // Proceedings of the SENSOR+TEST Int. Conf., OPTO-, IRS². -Nuremberg, Germany, 25-28 May, 2009.-P.317-322.
11. Microstructure and hydrogen gas sensitivity of amorphous $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{TiO}_3$ thin film sensors / W. Zhu, O.K. Tan, Q. Yan, et al // Sensors and Actuators B: Chemical 65.-2000.-N1-3.-P. 366-370.
12. Sahner K., Moos R. Modeling of hydrocarbon sensors based on p-type semiconducting perovskites // Physical Chemistry Chemical Physics 9.-2007.-P.635-642.
13. A high performance ethanol sensor based on field-effect transistor using a LaFeO_3 nano-crystalline thin-film as a gate electrode / S. Zhao, J.K.O. Sin, B. Xu, et al // Sens. Actuators B 44.-2000.-P.83-88.
14. Acetone gas sensing properties of $\text{SmFe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$ perovskite oxides / X. Liu, J. Hu, B. Cheng, et al // Sens. Actuators B 134.-2008.-P.483-487.
15. Agarwal S., Sharma G.L. Humidity sensing properties $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{TiO}_3$ thin films grown by hydrothermal-electrochemical method // Sensors and Actuators B: Chemical 85.-2002.-P.205-211.
16. Novel ammonia-sensing phenomena in sol-gel derived $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ thin films / S.C. Roy, G.L. Sharma, M.C. Bhatnagar, et al // Sensors and Actuators B: Chemical 110.-2005.- N2.-P.299-302.
17. Capacitively coupled electrolyte-conductivity sensor based on high-k material of barium strontium titanate / C. Huck, A. Poghosian, M. Schoening, et al // Sensors and Actuators B: Chemical 31.-2014.-P.102-109.
18. Multi-parameter sensing using high- k oxide of barium strontium titanate / C. Huck, A. Poghosian, M. Bäcker, et al // Phys. Status Solidi A212.-2015.-N6.-P.1254-1250.
19. Измерения параметров BST/Pt/SiO_2 мембраны светоадресованных датчиков при воздействии пара пероксида водорода / Л.А. Сукоян, В.В. Бунятян, Г.А. Овникян и др. //Вестник Инженерной академии Армении.-2013.- Вып.10, N4.-С.727-731.
20. Сукоян Л.А., Бегоян В.К., Бунятян В.В. Чувствительность ферроэлектрических нанопленок к пару пероксида водорода // Вестник ГИУА (ПОЛИТЕХНИК). Серия "Информационные технологии, Электроника, Радиотехника".- 2013.-Вып. 16, N2.-С.76-81.
21. Oxygen vacancy affect on ferroelectric characteristics (Part 2) / V.V. Buniatyan, N.W. Martirosyan, V.K. Begoyan, et al // Proceedings of Engineering of Academy of Armenia.-2011.-V.8, N3.-P.542-549.

12.04.2017.

В.В. Бунятян, А.А. Давтян, Л.К. Бегоян ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ФЕРРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАНОПЛЕНКИ В СРЕДЕ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА

Экспериментально изучена чувствительность ферроэлектрической нанопленки в среде пероксида водорода в диапазоне температур $t=26...45^\circ\text{C}$. Обосновано, что ферроэлектрические пленки проявляют достаточную чувствительность, что может быть использовано для быстрой и ранней диагностики заболеваний дыхательных путей.

Ключевые слова: ферроэлектрическая нанопленка, вакансии кислорода, пероксид водорода, заболевания дыхательных путей.

V.V. Buniatyan, A.A. Davtyan, L.K. Begoyan THE SENSITIVITY OF FERROELECTRIC NANO-FILMS IN THE ENVIRONMENT OF HYDROGEN PEROXIDE

Experimentally the sensitivity of ferroelectric nanomembrane in the environment of hydrogen peroxide in $t=26...45^\circ\text{C}$ temperature range is explored. It is confirmed that ferroelectric membranes provide sufficient sensitivity, which can be used for rapid and early diagnosis of respiratory diseases.

Keywords: ferroelectric thin film, oxygen vacancy, hydrogen peroxide, respiratory diseases.

Բունիաթյան Վահե Վազգենի – տ.գ.դ., պրոֆեսոր (ՀԱՊՀ)

Դավթյան Անի Արևշատի – ասպիրանտ (ՀԱՊՀ)

Բեգոյան Լևոն Կառլենի – տ. գ. թ., դոցենտ (ՀԱՊՀ)

ՀՏԴ 378.146:007

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ, ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ
ԵՎ ԳԻՏԱԿԱՆ ՍԱՐՔԱՇԽՆՈՒԹՅՈՒՆ

Մ.Ե. Հարությունյան, Վ.Կ. Ավետիսյան

ԳԻՏԵԼԻՔՆԵՐԻ ՍՏՈՒԳՄԱՆ ԹԵՍԵՐԻ ՈՐԱԿԻ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳ

Գիտելիքների ստուգումը կրթական գործընթացի կարևոր և անբաժանելի բաղադրիչներից է: Կրթության որակի բարձրացման տեսանկյունից կարևոր նշանակություն ունի գիտելիքների ստուգման և գնահատման օբյեկտիվ, արդյունավետ մեթոդների և միջոցների կիրառությունը: Ամբողջ աշխարհում, այդ թվում նաև Հայաստանում լայն կիրառություն ունի ստուգման և գնահատման թեստային մեթոդը, որի արդյունավետությունը մեծապես կախված է թեստի առաջադրանքների բովանդակությունից և որակից: Այս տեսանկյունից կարևոր նշանակություն ունի թեստի որակական փորձաքննությունը: Աշխատանքում նկարագրված է թեստերի որակի գնահատման համար մշակված ծրագրային համակարգը, որը հիմնված է թեստերի վերլուծության ինչպես միջազգային հայտնի տեսությունների, այնպես էլ հեղինակների կողմից առաջարկված նոր մոտեցումների վրա:

Առանցքային բառեր. CTT տեսություն, IRT տեսություն, թեստի որակական բնութագրեր, թեստի հուսալիություն, թեստային առաջադրանքի բարդություն, IRT *a*, *b*, *c* պարամետրեր, թեստի ինֆորմացիոն ֆունկցիա, IRT ծրագրեր, *java psychometrics API*:

Ներածություն. Համաշխարհային փորձը վկայում է գիտելիքների ստուգման համար կիրառվող քննական թեստերի արդյունավետության մասին: Թեստերը օգտագործվում են (ինքնա)ուսուցման և (ինքնա)ստուգման համար, թույլ են տալիս ստանալ գիտելիքների մակարդակի բավականին օբյեկտիվ գնահատական, բացահայտել ուսուցման բացթողումները: Ուսումնական հաստատություններում մանկավարժական թեստերն օգտագործվում են ընդունելության քննությունների, գիտելիքների ընթացիկ ստուգման համար: Հեռաուսուցման ժամանակ լայնորեն կիրառվում են թեստավորման համակարգչային տեխնոլոգիաները:

Համակարգչային թեստավորման ձևով քննությունը թույլ է տալիս ստուգել գիտելիքներն առարկայի նյութի մեծ մասով, ապահովում է գնահատականի օբյեկտիվությունը, ազատում է դասավանդողին գրավոր աշխատանքների աշխատատար ստուգումներից:

Վերջին տարիներին Հայաստանի Հանրապետությունում նույնպես լայն կիրառություն են գտնում թեստավորման տեխնոլոգիաները: Դպրոցական ավարտական և բուհերի ընդունելության միասնական քննությունները կազմակերպվում են թեստավորման եղանակով: Համակարգչային թեստավորման եղանակով քննություններ են կազմակերպվում բուհերում, ինչպես նաև հետբուհական կրթության ոլորտում, օրինակ՝ ինֆորմատիկայի ստուգաթիվ, անգլերենի «TOEFL» քննությունը:

Ներկայումս շատ դեպքերում կիրառվում են թեստեր, որոնք չեն ենթարկվում վերլուծության, որակի գնահատման և փորձաքննության, բնութագրվում են հուսալիության և վավերության ցածր, որոշ դեպքերում՝ անբավարար ցուցանիշներով, որի արդյունքում էլ չի ապահովվում գիտելիքների ստուգման օբյեկտիվությունը, արդյունքների համապատասխանությունը:

Թեստի մշակումը բավականին բարդ, աշխատատար և իտերացիոն գործընթաց է: Հստորված առաջադրված նպատակների, թեստերի մշակման ընթացակարգը կարող է ունենալ առանձնահատկություններ, սակայն թեստերի մշակման փուլերը նույնն են տարբեր առարկայական տիրույթների համար [1]:

Թեստի որակի գնահատումը թեստի մշակման գործընթացի կարևոր փուլերից է և իր հերթին բաղկացած է երկու մասից.

- թեստի բովանդակության որակի գնահատում փորձագետների կողմից,
- թեստի որակի գնահատում վիճակագրական եղանակով, որը կազմակերպվում է փորձնական թեստավորման միջոցով ստացված արդյունքների վերլուծության հիման վրա:

Վիճակագրական եղանակով թեստի որակը գնահատելու համար գոյություն ունեն տեսություններ, որոնցից առավել լայն կիրառություն են գտել թեստերի դասական տեսությունը (Classical Test Theory-CTT) [2, 3] և թեստերի ժամանակակից մաթեմատիկական տեսությունը (Item Resonse Theory-IRT)[4, 5]: Հարկ է նշել, որ վիճակագրական ապարատը բավականին բարդ է տարբեր

բնագավառների մանկավարժների համար, իսկ հաշվարկները աշխատատար են նեղ մասնագետի համար: Այդ խնդիրը լուծելու համար մշակվում են համակարգեր, ծրագրային փաթեթներ, որոնց միջոցով իրականացվում է փորձնական թեստավորման արդյունքների վերլուծություն և թեստի որակական բնութագրերի գնահատում:

Ներկայումս կան թեստերի որակական վերլուծության բազմաթիվ ծրագրային փաթեթներ և համակարգեր, որոնցից յուրաքանչյուրն ունի իրեն բնորոշ հատկանիշներ, հնարավորություններ, առավելություններ, թերություններ և նախապատվություն՝ կախված կիրառական նշանակությունից, ոլորտից և բնույթից [6]: Հիմնական թերություններից կարելի է առանձնացնել այն, որ նմանատիպ համակարգերը չունեն օգտվողին կողմնորոշված պարզ ինտերֆեյս, երբեմն աշխատելու համար պահանջվում են տեխնիկական խորը գիտելիքներ, հրամանային տողով աշխատելու հմտություններ: IRT –ով վերլուծություն անցկացնող ծրագրերը բազմագործառնության են և կիրառվում են տարբեր բնագավառներում չափումներ գնահատելու համար, իսկ միայն թեստավորման վերաբերյալ վերլուծություն անցկացնելու համար անհրաժեշտ է ծրագրից գտնել, առնաձնացնել և խմբավորել միայն թեստավորման մոդուլները, որն այդքան էլ դյուրին գործ չէ: Թերություն կարելի է համարել նաև այն, որ թեստավորման արդյունքների վերլուծությունը հիմնականում ստացվում է բազմաթիվ աղյուսակների տեսքով, որոնք պահպանվում են TXT ձևաչափով: Գրաֆիկներն էլ իրենց հերթին ստացվում են առանձին ֆայլերի տեսքով՝ JPG կամ PNG ձևաչափով, այսինքն մեկ միասնական ֆայլի տեսքով հաշվետվություն ստանալու համար անհրաժեշտ է լինում տարբեր ֆայլերից կատարել խմբագրումներ և ստանալ նոր հաշվետվություն, ինչը հարմար և կիրառելի չէ մանկավարժի համար: Գոյություն ունեցող ծրագրերը հիմնականում օտարալեզու են և վճարովի:

Այդ իրավիճակում խնդիր դրվեց մշակել թեստերի որակի գնահատման հայերեն լեզվով ծրագրային համակարգ, որն ապահովեր բազմակողմանի վերլուծություն՝ հաշվի առնելով այլ համակարգերի թույլ կողմերը:

Թեստի որակական բնութագրեր. Թեստերի դասական տեսության շրջանակներում վերլուծվում են թեստի այնպիսի որակական բնութագրեր, ինչպիսիք են՝ թեստի հուսալիությունը, վավերությունը, բարդությունը, տարբերակիչ ունակությունը և այլն [7]:

Թեստի հուսալիությամբ որոշվում են թեստավորման արդյունքների վերաբերյալ վերլուծությունը և ճշտությունը: Հուսալի թեստի պարագայում բազմաթիվ անգամ կրկնելով թեստավորումը՝ պետք է ստացվեն միևնույն անհատական միավորները: Իսկ փոքր հուսալիության թեստերի դեպքում ամեն անգամ արդյունքները կփոփոխվեն:

Առաջադրանքների միջև կոռելյացիան բնութագրում է թեստի առաջադրանքների միջև փոխկապակցվածությունը, թե որքանով են բովանդակային առումով առաջադրանքներն իրար հետ փոխկապակցված: Առաջադրանքների միջև կոռելյացիան չպետք է լինի շատ բարձր, հակառակ դեպքում՝ առաջադրանքներն սկսում են իրար կրկնել [8]: Եթե երկու առաջադրանքների միջև կոռելյացիան մոտ է 1-ին, ապա դրանցից մեկն ավելորդ է:

Թեստի կարևոր որակական բնութագրերից է նաև վավերությունը, այսինքն թեստային արդյունքների պիտանիությունը նախատեսված նպատակով կատարվող թեստի համար: Ընդհանուր դեպքում որպես վավերության գործակից ընդունվում է թեստավորման արդյունքների և հայտանիշի հարաբերության արժեքը [9]:

Թեստի բարդությունը թեստի այն բնութագրիչն է, որն արտացոլում է թեստը լուծելու վիճակագրական ցուցանիշը: Թեստի բարդությունը բնութագրվում է թեստի բարդության ինդեքսով և որոշվում է թեստին տրված ճիշտ պատասխանների քանակի և փորձարկվողների քանակի հարաբերությամբ [2]: Բարդության ինդեքսի հիման վրա թեստից հանվում են չափազանց բարդ և չափազանց դյուրին առաջադրանքները:

Թեստի տարբերակիչ ունակությունը բնութագրում է թեստի՝ ուժեղ և թույլ փորձարկվողներին տարբերակելու ունակությունը: Թեստային առաջադրանքի տարբերիչ ունակությունը հաշվելու համար այդ առաջադրանքի կատարումը հանձնարարվում է փորձարկվողների՝ ըստ ունակության երկու հակադիր («բարձր» – «ցածր») խմբերի:

Բացի թեստերի դասական տեսությունից, ներկայումս մեծ զարգացում ունի թեստավորման IRT տեսությունը (մաթեմատիկական տեսություն), որն ուղղված է փորձարկվողի և առաջադրանքների պարամետրերի լատենտային որակների գնահատմանը: Այս տեսության մեջ լայնորեն կիրառություն են գտել մաթեմատիկական մոդելները [4, 10]: IRT մեկ պարամետրով մոդելն առաջարկվել է Գ.Ռաշի [11] կողմից: IRT-ի մեկ պարամետրով մոդելի կատարելագործված տարբերակներն են Բիրնբաումի

երկու և երեք պարամետրերով մոդելները [12]:

Հստ Գ. Ռաշի փորձարկվողի պատրաստվածության մակարդակը և թեստային առաջադրանքի բարդության մակարդակը գտնվում են միևնույն սանդղակում և չափվում են նույն միավորներով: Փորձարկվողի թեստը հաջողությամբ հանձնելու ֆունկցիայի արգումենտը այդ երկու մակարդակների տարբերությունն է: Եթե տարբերությունը մեծ է և բացասական, ապա տվյալ ուղի թեստային առաջադրանքը բարդ է տվյալ ուղի փորձարկվողի համար: Եթե տարբերությունը մեծ է և դրական, ապա տվյալ ուղի թեստային առաջադրանքը շատ հեշտ է տվյալ ուղի փորձարկվողի համար: Ռաշի մոդելում փորձարկվողի հաջողության հասնելու ֆունկցիան ունի մեկ պարամետր՝ նշված տարբերությունը, որի պատճառով էլ այն երբեմն կոչվում է IRT մեկ պարամետրով միաձուլ մոդել:

IRT տեսությամբ հնարավոր է վերլուծել ինչպես միաձուլ (0 կամ 1), այնպես էլ բազմաձուլ (մի քանի միավորներով սահմանվող) գնահատումով թեստերի արդյունքներ:

Մշակված համակարգի նկարագրությունը. Հեղինակների կողմից թեստերի որակի ստուգման, գնահատման գործընթացի կազմակերպման նպատակով մշակվել է «Թեստերի որակի վերլուծություն» ծրագրային համակարգը [13, 14], որն ունի հետևյալ առանձնահատկությունները.

- իրականացնում է թեստերի որակի բազմակողմանի վերլուծություն՝ հիմնված CTT, IRT և ինֆորմացիայի տեսությամբ մշակված մեթոդի վրա,

- ունի օգտվողին կողմնորոշված պարզ web ինտերֆեյս,

- թեստավորման արդյունքները մուտքագրվում են օգտվողի համար շատ մատչելի CSV ձևաչափի ֆայլերի տեսքով,

- համակարգը գեներացնում է թեստի որակի վերլուծության ամբողջական rtf ձևաչափի հաշվետվության ֆայլ,

- ստացվող հաշվետվության ֆայլը բովանդակում է ինչպես հաշվարկվող ցուցանիշների աղյուսակները, գրաֆիկները, այնպես էլ նկարագրություններ դրանց վերաբերյալ,

- հաշվետվության ֆայլի մեջ գունային ձևով տարբերակվում են անբավարար ցուցանիշներով թեստային առաջադրանքները,

- օգտվողի ինտերֆեյսում հասանելի են թեստերի որակական բնութագրերի վերաբերյալ նկարագրություններ, թեստավորման արդյունքների ցուցադրական օրինակներ,

- համակարգը հասանելի է հայերեն և անգլերեն լեզուներով,

- գործարկվում է սերվերի վրա, ինչն էլ հնարավորություն է տալիս լոկալ ցանցի կամ համացանցի միջոցով դիմել համակարգին web զննարկիչի միջավայրում առանց լրացուցիչ ծրագրային միջոցների կիրառման,

- գործարկվում է տարբեր օպերացիոն համակարգերի միջավայրերում՝ Windows, MacOS, Linux:

«Թեստերի որակի վերլուծություն» համակարգը հնարավորություն է տալիս իրականացնել թեստերի որակի վերլուծություն և գնահատում թեստերի երկու՝ CTT և IRT տեսությունների և Շենոնի ինֆորմացիայի տեսության հիման վրա [15]: Համակարգը սատարում է հետևյալ IRT մոդելները.

- 1 պարամետրով միաձուլմոդել (Ռաշի մոդել - 1PLM),

- 2 պարամետրով միաձուլ մոդել (2PLM),

- 3 պարամետրով միաձուլ մոդել (3PLM),

- մասնակի միավորներով բազմաձուլ մոդել (PCM),

- ընդհանրացված մասնակի միավորներով բազմաձուլ մոդել (GPCM):

CTT տեսության շրջանակներում ապահովվում է հետևյալ մեծությունների հաշվարկը.

- թեստի հուսալիության մի շարք գործակիցներ,

- թեստի միավորների ստանդարտ շեղումը,

- թեստային առաջադրանքների բարդությունը, տարբերակիչ ունակությունը, միավորների ստանդարտ շեղումը,

- թեստային առաջադրանքների միջև կոռելյացիան,

- թեստային առաջադրանքի և անհատական միավորի միջև կոռելյացիան:

IRT տեսության շրջանակներում հաշվարկվում են հետևյալ բնութագրերը և ֆունկցիաները՝

- թեստային առաջադրանքների IRT «a պարամետրը», IRT «b պարամետրը», IRT «c պարամետրը»,

- թեստային առաջադրանքների պատասխանների ֆունկցիան, ինֆորմացիոն ֆունկցիան,

- թեստի պատասխանների ֆունկցիան, ինֆորմացիոն ֆունկցիան,

- թեստի չափումների ստանդարտ սխալի ֆունկցիան:

Մշակված նոր մոտեցման հիման վրա [15] ստացվում են հետևյալ ցուցանիշների արժեքները՝

- թեստային առաջադրանքների էնտրոպիան,
- թեստային առաջադրանքների միջև պայմանական էնտրոպիան,
- թեստային առաջադրանքների միջև միջին փոխադարձ ինֆորմացիան:

Բացի վերոնշյալ բնութագրերի հաշվարկից, համակարգի միջոցով իրականացվում է մի շարք վիճակագրական տվյալների ստացում՝

- թեստավորման արդյունքների առավելագույն, միջին և նվազագույն միավորները,
- թեստավորման արդյունքների միավորների հաճախությունները,
- թեստավորման արդյունքների տարբերակների միավորների հաճախությունները:

Գեներացվում են հետևյալ գրաֆիկները՝

- թեստային առաջադրանքի բնութագրական կորը, ինֆորմացիոն ֆունկցիայի գրաֆիկը,
- թեստի բնութագրական կորը, ինֆորմացիոն ֆունկցիայի գրաֆիկը,
- թեստի չափումների ստանդարտ սխալի ֆունկցիայի գրաֆիկը:

Համակարգի կառուցվածքի և գործառնության ընդհանրացված սխեման բերված է նկար 1-ում:

Համակարգը բաղկացած է երեք հիմնական մոդուլից.

- օգտվողի ինտերֆեյս,
- թեստի որակի վերլուծության և գնահատման մոդուլ,
- արդյունքների մշակման և հաշվետվության ձևավորման մոդուլ:

Օգտվողի web ինտերֆեյսը նախատեսված է օգտվողի հետ փոխգործակցության ապահովման համար, մասնավորապես, այս մոդուլի միջոցով մուտքագրվում են վերլուծության ենթարկվող թեստավորման արդյունքների ֆայլերը:

Թեստի որակի վերլուծության և գնահատման մոդուլի միջոցով օգտվողի web ինտերֆեյսից ստացված տվյալների հիման վրա իրականացվում է թեստերի որակական ցուցանիշների հաշվարկ և գնահատում, համապատասխան աղյուսակների ստեղծում և գրանցում տվյալների բազայում:

Ստեղծված տվյալների բազայի հիման վրա **վերլուծության արդյունքների հաշվետվության ձևավորման մոդուլի** միջոցով գեներացվում են հաշվետվության ֆայլերը, որոնք ներբեռնելու տարբերակով հասանելի են դառնում օգտվողի ինտերֆեյսում:

Վերլուծության համար անհրաժեշտ թեստավորման արդյունքները, որոնք հանդիսանում են մուտքային ինֆորմացիա, մուտքագրվում են txt կամ csv ձևաչափի ֆայլերի տեսքով: Թեստի որակական վերլուծության և գնահատման արդյունքները՝ որպես ելքային ինֆորմացիա, ստացվում են մեկ ամբողջական հաշվետվության՝ rtf ձևաչափի խմբագրվող ֆայլի տեսքով: Բացի այդ, առանձին csv ձևաչափով ֆայլի տեսքով ստացվում են հաշվարկման արդյունքների աղյուսակները և գրաֆիկների նկարները:

Համակարգի օգտվողի **ինտերֆեյսը** web ինտերֆեյս է, որը գործարկվում է web զննարկիչի միջավայրում: Օգտվողի ինտերֆեյսն ապահովում է հետևյալ հիմնական հնարավորությունները.

- օգտվողը կարող է վերբեռնել (մուտքագրել) վերլուծվող թեստի փորձարկման արդյունքները՝ txt կամ csv ձևաչափի ֆայլերի տեսքով,
- վերբեռնել թեստի պատասխանների բանալիների ֆայլը՝ txt կամ csv ձևաչափով,
- ընտրել վերլուծության համար անհրաժեշտ համապատասխան մոդելները,
- վերլուծությունից հետո ներբեռնել թեստի որակի վերլուծության և գնահատման արդյունքները՝ մեկ արխիվային ֆայլի տեսքով,
- ծանոթանալ թեստերի որակական բնութագրերի հակիրճ նկարագրությանը,
- ներբեռնել փորձարկման համար անհրաժեշտ թեստերի արդյունքների և պատասխանների ցուցադրական օրինակներ,
- ծանոթանալ համակարգի մասին օգտվողի ուղեցույցին:

Նշված հնարավորությունների ապահովման համար օգտվողի ինտերֆեյսում մշակվել են հետևյալ բաժինները.

- թեստի վերլուծություն,
- որակական բնութագրեր,
- օրինակներ,
- օգնություն,
- լեզվի ընտրություն:

Համակարգը գործարկելիս **«Թեստի վերլուծություն»** բաժինը արտապատկերվում է գլխավոր էջում: Այս բաժնում ներկայացված են թեստի վերլուծության համար նախատեսված ֆայլերի

մուտքագրման համար անհրաժեշտ օգտվողի ինտերֆեյսի կառավարման տարրերը և դաշտերը: Վերլուծության կազմակերպման համար անհրաժեշտ է մուտքագրել երկու ֆայլ.

- թեստի *փորձարկումների արդյունքների ֆայլ*, որտեղ աղյուսակի տեսքով ներկայացված է փորձնական ճանապարհով ստացված թեստավորման արդյունքների մատրիցը, այսինքն՝ առաջադրանքներից յուրաքանչյուրին տրված փորձարկվողների պատասխանների աղյուսակը:

- թեստի *առաջադրանքների բանալիների ֆայլ*, որտեղ աղյուսակի տեսքով ներկայացվում են առաջադրանքները, դրանց տեսակը, գնահատման ձևը, հնարավոր տարբերակների քանակը և ճիշտ պատասխանը:

Այս երկու ֆայլերը մուտքագրվում են txt կամ CSV ձևաչափով: Առանձնացվում են երեք տիպի գնահատումով առաջադրանքներ.

- *միաձյուղ բինար գնահատումով առաջադրանքներ*,
- *միաձյուղ տարբերակի ընտրությամբ գնահատումով առաջադրանքներ*,
- *բազմաձյուղ ազատ միավորների գնահատումով առաջադրանքներ*:

Վերոնշյալ տիպերից կախված՝ տարբեր է թեստավորման արդյունքների մատրիցի և առաջադրանքների բանալիների ֆայլի բովանդակությունը:

Միաձյուղ բինար գնահատումով առաջադրանքների դեպքում թեստավորման արդյունքները ներկայացվում են բինար տեսքով՝ 1-տվյալ առաջադրանքին փորձարկվողի տված ճիշտ պատասխանի դեպքում և 0-համապատասխանաբար սխալ պատասխանի դեպքում:

Միաձյուղ տարբերակի ընտրությամբ գնահատումով առաջադրանքների դեպքում թեստավորման արդյունքների մատրիցի դաշտում նշվում է փորձարկվողի կողմից տվյալ առաջադրանքին տրված տարբերակը (A,B,C,D կամ 1,2,3,4 և այլն):

Բազմաձյուղ ազատ միավորների գնահատումով առաջադրանքների դեպքում գնահատականը ներկայացվում է որևէ թվային միջակայքով: Այս տիպի գնահատումը կարող է կիրառվել մի քանի հնարավոր ճիշտ պատասխաններով առաջադրանքների դեպքում, երբ, կախված տարբերակների քանակից, տրվում են տարբեր միավորներ: Կիրառելի են նաև ազատ պատասխանների հնարավորությամբ առաջադրանքները, օրինակ, շարադրություն կամ կարճ տեքստային պատասխան: Թեստավորման արդյունքների մատրիցի միավորների դաշտում նշվում է առաջադրանքից տրված փորձարկվողի ստացած միավորը:

Թեստի ֆայլերը մուտքագրելուց հետո օգտվողի ինտերֆեյսի «Թեստի վերնագիր» դաշտում լրացվում է թեստի անվանումը, որը երևալու է համակարգի միջոցով գեներացվող հաշվետվության ֆայլի մեջ: «Թեստի գնահատման տեսակը» դաշտից օգտվողը ընտրում է հնարավոր գնահատման տեսակը, իսկ «IRT մոդելներ» դաշտից՝ IRT վերլուծության համար նախատեսված համապատասխան մոդելը կամ մոդելները:

«Որակական բնութագրեր» բաժնում բերված են թեստերի CTT, IRT տեսությունների շրջանակներում գնահատվող որակական բնութագրերի կարճ նկարագրությունները: Մշակված նկարագրությունը հասանելի է նաև pdf ձևաչափով՝ նախատեսված ներբեռնելու համար: Բերված նկարագրությունները կարող են ծառայել այն օգտվողներին, որոնք ցանկանում են տեղեկություն ստանալ թեստերի որակի բնութագրերի, դրանց նշանակության մասին:

«Օրինակներ» բաժնից կարելի է ներբեռնել տարբեր տեսակի գնահատմամբ թեստերի փորձարկումների և պատասխանների բանալիների ֆայլերի օրինակներ: Այս օրինակները հնարավորություն են տալիս օգտվողին ծանոթանալ մուտքագրման ֆայլերի կառուցվածքին և մուտքագրելով այդ օրինակներից՝ ստանալ տվյալ թեստի որակական վերլուծության և գնահատման հաշվետվությունը:

«Օգնություն» բաժինը նախատեսված է համակարգի օգտագործման նպատակով օգտվողին տեղեկություն տրամադրելու համար: Այստեղ բերված է թեստերի փորձարկումների արդյունքների և պատասխանների բանալիների ֆայլերի կառուցվածքի վերաբերյալ մանրամասն նկարագրություն: Համակարգի օգտվողի ինտերֆեյսի լեզուների պատկերասկարների միջոցով օգտվողը կարող է փոխել համակարգի լեզուն: Ներկայումս համակարգը հասանելի է հայերեն և անգլերեն լեզուներով:

Թեստի որակի վերլուծության և գնահատման մոդուլն առանձնացված է օգտվողի ինտերֆեյսից և գործարկվում է «Վերլուծել» կոճակի սեղմումով: Այս մոդուլը՝ որպես մուտքային ինֆորմացիա, ընդունում է օգտվողի ինտերֆեյսից օգտվողի կողմից վերբեռնված թեստի համապատասխան ֆայլերը, ինչպես նաև ընտրված որոշակի պարամետրերի արժեքները: Որպես ելքային արդյունք՝ այստեղից

կատարված հաշվարկների, վերլուծությունների արդյունքները տրամադրվում են արդյունքների մշակման և հաշվետվության ձևավորման մոդուլին:

Արդյունքների մշակման և հաշվետվության ձևավորման մոդուլի միջոցով ձևավորվում են վերջնական հաշվետվության ֆայլերը, որոնք օգտվողը ներբեռնում է ինտերֆեյսից տրամադրվող հղման միջոցով: Մոդուլի միջոցով հաշվետվության ձևավորումը կատարվում է հետևյալ փուլերով.

- ստացված մուտքային պարամետրերի հիման վրա համապատասխան աղյուսակներից կատարվում է տվյալների ընթերցում,

- ընթերցված տվյալների հիման վրա CSV ձևաչափով գեներացվում են անհրաժեշտ աղյուսակների ֆայլերը և պահպանվում հաշվետվության առանձին ֆայլային տիրույթում,

- որպես առանձին ֆայլեր գեներացվում են համապատասխան գրաֆիկները և պահպանվում նույն հաշվետվության ֆայլային տիրույթում,

- ըստ աղյուսակների կառուցվածքի, ստեղծվում է rtf ձևաչափի հաշվետվության ֆայլը,

- մշակվում է ֆայլի բովանդակությունը, որտեղ ներառվում են տարբեր աղյուսակներ, գեներացված գրաֆիկներ, նկարագրություններ, ընդ որում, այս փուլում ըստ ընթերցված տվյալների գունային տարբերակով առանձնացվում են անբավարար ցուցանիշները:

- ձևավորվում է հաշվետվությունների արխիվային ֆայլ-փաթեթը, որն իր մեջ ներառում է հաշվետվության rtf ֆայլը, գեներացված գրաֆիկները, աղյուսակների CSV ձևաչափով ֆայլերը,

- որպես էլքային արդյունք այս ամբողջ փաթեթը ուղարկվում է օգտվողի web ինտերֆեյս՝ ներբեռնման հղման հնարավորությամբ:

Հաշվետվության ֆայլի rtf ձևաչափն ունի մի շարք առավելություններ, որոնցից կարելի է նշել մի քանիսը.

- հեշտ կիրառելի է, կարելի այն բացել տարբեր տեքստային խմբագրիչներով,

- առանց որևէ լրացուցիչ փոփոխությունների կարելի է հեշտությամբ տպել,

- հեշտությամբ կարելի է խմբագրել ֆայլի պարունակությունը: Հաշվետվությունների rtf ֆայլը բաղկացած է հետևյալ բաժիններից.

- ներածություն,

- ընդհանրացված վիճակագրություն,

- CTT ցուցանիշներ,

- IRT ցուցանիշներ,

- ինֆորմացիայի տեսության ցուցանիշներ,

- գրաֆիկներ:

Համակարգի ծրագրային ապահովումը կլիենտ-սերվերային ճարտարապետությամբ համակարգ է, ինչը թույլ է տալիս համակարգը բաժանել առանձին մոդուլների: Նման ճարտարապետության դեպքում համակարգի բաղադրիչները ներկայացվում են տարբեր պլատֆորմներով, և տարբեր բաղադրիչներ նույն միասնական խնդրի լուծման նպատակով կարող են փոխգործակցել մեկը մյուսի հետ ցանցի միջոցով:

Մշակված նոր մոտեցումները, ինչպես նաև ծրագրային համակարգը անցել են փորձաքննություն թե՛ փորձարկումների միջոցով [16], թե՛ մասնագիտական որակավորման իմաստով [14]:

Եզրակացություն

Մշակված պարզ և մատչելի web ինտերֆեյսով համակարգն օգտվողներին հնարավորություն է տալիս կազմակերպել մշակված թեստերի որակի վերլուծություն և գնահատում առանց տիրապետելու թեստերի վիճակագրական տեսության բարդ ապարատին և առանց տեղադրելու լրացուցիչ ծրագրային միջոցներ:

Համակարգի միջոցով գեներացվում է թեստերի որակի վերլուծության և գնահատման հաշվետվություն, որը խմբագրվող rtf (rich text format) ձևաչափի ֆայլ է և բովանդակում է ինչպես հաշվարկվող և գնահատվող ցուցանիշները, աղյուսակները, գրաֆիկները, այնպես էլ նկարագրություններ և ցուցումներ դրանց վերաբերյալ:

Համակարգը կարող է կիրառվել թեստերի մշակմամբ զբաղվող տարբեր մասնագիտությունների մանկավարժների և թեստավորման անցկացմամբ զբաղվող կազմակերպությունների (ուսումնական հաստատություններ, թեստավորման կենտրոններ և այլն) կողմից՝ թեստավորման արդյունքների վերլուծության և թեստերի որակի գնահատման նպատակով:

Գրականություն

1. **Аванесов В.С.** Композиция тестовых заданий: Учебная книга для преподавателей вузов, учителей школ, аспирантов и студентов педвузов. - 2 изд., испр. и доп. -М., 1998. - 217 с.
2. **Майоров А.Н.** Теория и практика создания тестов для системы образования. - М.: Интеллект-центр, 2001. - 296 с.
3. **Crocker L., Algina J.** Introduction to Classical and Modern Test Theory.- NewYork, Wadsworth Pub Co, 2006. - 527 p.
4. **Нейман Ю.М., Хлебников В.А.** Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов. - М., 2000. - 168с.
5. **DeMars C.** Item Response Theory. - New York: Oxford University Press, 2010. - 144 p.
6. **Avetisyan V.** Survey of software for the test quality analysis // International Journal "Information Content and Processing". - Bulgaria, 2015. - Vol. 2, N. 1. - P. 82-92.
7. **Чельшкова М.Б.** Теория и практика конструирования педагогических тестов: Учебное пособие. - М.: Логос, 2002. - 432 с.
8. **Аванесов В.С.** Методологические и теоретические основы тестового и педагогического контроля: Автореф. дис. ... докт. пед. наук. - СПб. гос. ун-т, 1994. - 32 с.
9. **Ким В.С.** Тестирование учебных достижений: Монография. - Уссурийск: Издательство УГПИ, 2007. - 214 с.
10. **Linden W.J., Hambleton R.K.** Handbook of modern item response theory. - New York, Springer-Verlag, 1997. - 512 p.
11. **Rasch G.** Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests, Expanded edition. - Chicago, The University of Chicago Press, 1980.
12. **Birnbaum A.** Some Latent Trait Models and Their Use in Inferring an Examinee's Ability / In F.M. Lord and M.R.Novick // Statistical Theories of Mental Test Scores, Reading (Mass.). - Addison-Wesly, 1968. - P. 397-479.
13. **Haroutunian M., Avetisyan V.** Development of the test quality evaluation system // Proceedings of the International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT 2015). - Yerevan, 2015. - P. 372-375.
14. **Ավետիսյան Վ.** Գիտելիքների ստուգման թեստերի որակի գնահատման մեթոդի և ծրագրային համակարգի մշակում. տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսություն. - Երևան, 2016. - 113 էջ:
15. **Haroutunian M., Avetisyan V.** New approach for test quality evaluation based on Shannon Information measures // Mathematical Problems of Computer Science. - 2015. - Vol. 44. - P. 7-21.
16. **Haroutunian M., Avetisyan V.** Analysis of the Experiments for Test Quality Evaluation New Approach // Mathematical Problems of Computer Science. - 2016. - Vol. 45. - P. 35-43.

09.10.2017.

М.Е. Арутюнян, В.К. Аветисян

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕСТОВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ

Проверка знаний является неотъемлемой и важной частью образовательного процесса. С точки зрения повышения качества образования, важное значение имеет применение эффективных и объективных методов и средств для проверки и оценки знаний. Во всем мире, в том числе в Армении, широко используется тестовый метод для проверки и оценки знаний, и оценка эффективности в значительной степени зависит от содержания и качества тестовых заданий. В этой ситуации важное значение имеет качественная экспертиза теста. В работе описана система программного обеспечения, предназначенная для оценки качества тестов на основе международных известных теорий и новых подходов к анализу тестов, рекомендованных авторами.

Ключевые слова: классическая теория тестов - CTT, математическая теория тестов - IRT, надежность теста, сложность тестового задания (параметры a , b , c IRT, информационная функция теста, программы IRT, Java psychometrics API.

M.Ye. Haroutunian, V.K. Avetisyan

THE KNOWLEDGE TESTS' QUALITY EVALUATION SOFTWARE SYSTEM

Evaluation of knowledge is an integral and important part of the educational process. In terms of improving the quality of education is crucial application of the objective and effective methods and means of evaluation and assessment. Around the world, as well as in Armenia widely used testing technologies and effectiveness of evaluating greatly depends on the content and quality of tests. The developed software system designed to assess the quality of tests, based on the international famous test theories and new approaches recommended by authors is described in article.

Keywords: IRT, CTT, test's quality criteria, test reliability, test item difficulty, IRT a , b , c parameters, test information function, Item response function, IRT programs, Java psychometrics API.

Հարությունյան Մարիամ Եվգենիի - ֆիզմաթ. գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր, ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտի Ինֆորմացիայի տեսության և իմաստաբանական մոդելների բաժնի վարիչ

Ավետիսյան Վարազդատ Կորյունի - տեխն. գիտությունների թեկնածու, ՀԱՊՀ դասախոս

G.Ye. Ayvazyan, K.G. Ayvazyan, M.V. Katkov, M.S. Lebedev

BLACK SILICON SURFACE PASSIVATION WITH ATOMIC LAYER DEPOSITED THIN FILMS

Surface recombination losses significantly reduce the efficiency of black silicon solar cells. Surface passivation using suitable dielectric films can minimize these losses. Possibility of black silicon passivation with atomic layer deposited thin films was analyzed. Simulations were used to compare the optical properties of HfO_2 and Al_2O_3 films.

Keywords: black silicon, solar cell, passivation, atomic layer deposition, film, HfO_2 , Al_2O_3 .

Black silicon (b-Si) or silicon grass is a needle-shaped surface structure where needles are made of single-crystal Si and have a height of $0.3 \dots 10 \mu\text{m}$ and diameter of $0.05 \dots 1.0 \mu\text{m}$ [1]. Black silicon is a type of porous Si whose surface morphology provides a graded refractive index between the Si surface of the device and air that results in a low reflectivity and a correspondingly high absorption of visible light (Fig. 1, b).

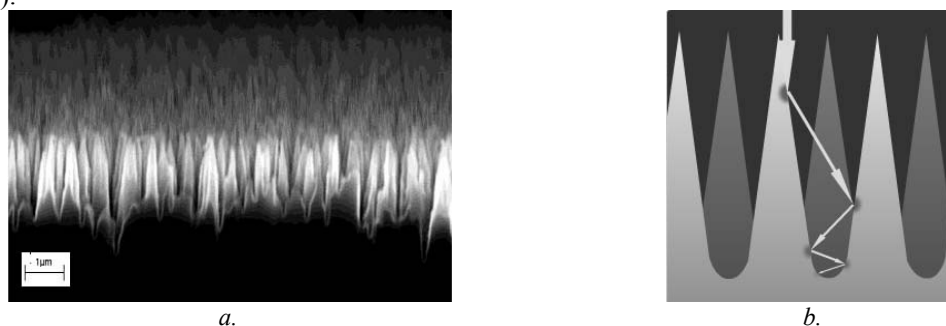


Fig.1. Cross-sectional SEM image (a) and schematic depicting (b) of b-Si

The unusual optical characteristics, combined with the semiconducting properties of silicon make b-Si interesting for solar cells applications as antireflection surfaces [1-3]. Although an especially low surface reflection ratio has been achieved by nanostructured b-Si, the final energy-conversion efficiency of solar cells is not satisfied at present.

The main problems are as follows. The b-Si solar cells suffer from increased surface recombination rates due to the larger surface area resulting in poor spectral response especially at short wavelengths. This effect is often more detrimental for the final device operation than the gain from the reduced reflectance. In addition, during the solar cell processing thermal treatments as diffusion, annealing and oxidation, the depth of the nanostructured b-Si layer is reduced and the optical characteristics are retrogressed. Finally, b-Si suffers from aging phenomena; the huge internal surface of the needles tends to be progressively oxidized or contaminated by impurities when in contact with air. The low stability of structural and optical properties over time is crucial for solar cells.

The above problems soon lead to a decreasing interest in b-Si for solar cell applications. The only way to overcome these drawbacks is to reduce the introduced surface damage during the fabrication process as well as to effective passivation and stabilization of the nanostructured b-Si surface.

For surface passivation and stabilization of b-Si high-quality thermal SiO_2 , sol-gel ZnO , PECVD SiN_x and Al_2O_3 have been used with varying results [4-6]. Among these materials, thermal SiO_2 is one of the obvious candidates to realize the above purpose due to low density of interface states and dangling bonds. However, conventional thermal oxidation has to be carried out at high temperature. The high

temperature will destroy the structure of the b-Si and accordingly degrade the performance of solar cells. In addition, the thermal oxidation introduces a mechanical stress between the Si and SiO₂ because of the large mismatch in lattice constants and thermal expansion coefficients.

In recent years different atomic layer deposited (ALD) thin films have gained more and more interest as potential planar Si surface passivation materials [7]. The general advantage of the ALD method is that it can be used for large area deposition and processed at a low temperature. In addition, this method is easy in its composition control, it has a low cost and it provides uniformity of the film's thickness. With ALD good film quality, accurate thickness control and conformality are reached. A variety of ALD materials (e.g., ZrO₂, Ta₂O₅, HfO₂, Al₂O₃, TiO₂, ZnO) have demonstrated good surface passivation quality both for front and rear surface of Si solar cells. Additionally, ALD Ta₂O₅, HfO₂, Al₂O₃ films on planar Si surfaces are characterized by many other advantages, e.g., very good thermal, chemical, and mechanical stability and high transparency. They are also known as hard oxides with high wear and scratch resistance to mechanical damage.

ALD has superior conformality as compared to other thin film deposition methods enabling the deposition of uniform films also on nanostructured surfaces. Hence, from this perspective ALD thin film materials have the potential of providing good passivation on b-Si surfaces. In addition to optimizing the thin film for the best possible b-Si surface passivation they can be also optimized to reduce front surface reflectance. This is done by choosing a material with a suitable refractive index and by adjusting the film thickness. Combining ALD film with b-Si reflectance can be reduced near zero with a certain wavelength and angle of incidence.

Because of the conformality and pin-hole free nature, ALD is a natural choice for the coating of nanostructured b-Si surfaces.

Nowadays some works have demonstrated that excellent passivation of b-Si nanostructures can be reached using ALD Al₂O₃ films [7-9]. However, the negative fixed charge present in Al₂O₃ films should provide good field effect passivation for low to highly-doped p-type Si surfaces due to inversion layer formation. Besides, the passivation stability of b-Si covered by ALD Al₂O₃ films has not been analyzed yet. These aspects are crucial if b-Si etching wants to be introduced as a realistic alternative in the solar cell fabrication process.

Other ALD thin film materials (for example HfO₂) have not been practically tested for passivation of b-Si. However, Al₂O₃ for example, does not provide proper antireflection due to its low refractive index whereas HfO₂ shows more promise on that regard. HfO₂ has a high refractive index of ~2 and hence it could be used simultaneously for surface passivation and antireflection in b-Si solar cells. Besides, HfO₂ could provide an alternative for n- and n⁺-surface passivation, since it has been shown to exhibit positive fixed charge [10]. If integration of ALD HfO₂ films is possible, it can lead to greatly reduced processing times, both in research and at an industrial level, which are required for market penetration to be possible.

Thus, it should be assumed that the usage of the ALD HfO₂ films can be one of the methods to passivation and stabilization of the nanostructured b-Si surface simultaneously.

In order to assess the effectiveness of ALD HfO₂ films for passivation of b-Si from an optical point of view, simulations were carried out. Simulations were used to compare the optical properties of ALD HfO₂ films with standard oxide, such as ALD Al₂O₃.

Fig. 2 shows the schematic diagram of the simulated structure. The structure consists of a Si wafer on which identical cones are periodically repeated along x- and y- axis. The cones are uniform covered by thin film. The Si wafer was assumed as infinitely thick, and the reflections from the polished rear side were not considered.

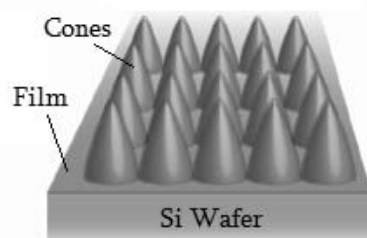


Fig. 2. Schematic diagram of the simulated structure

As a main numerical tool, the Finite-Difference Time Domain (FDTD) method was used [11]. This method implements direct numerical solution of Maxwell's equations, so it is valid for all moth-eye structures and wavelength ratios, including long and short wavelength limits. All calculations were performed using the electromagnetic simulation commercial package of Lumerical Solutions, Inc (<https://www.lumerical.com/>).

The AM1.5 solar spectrum was used for the simulations, with wavelengths varying from 400 nm to 1100 nm. The thickness of the Si wafer and passivation film was respectively 200 μm and 30 nm, height, base diameter and in-plane periodicity of the cones were respectively 650, 100 and 150 nm. This structure is illuminated in a direction normal to the wafer. The optical properties of the ALD films used in the simulation are given in Table.

Table
The optical properties of the ALD films

Film	Average refractive index			Band gap, eV
	at 400 nm	at 650 nm	at 1200 nm	
HfO ₂	2.18	2.10	2.08	5.6
Al ₂ O ₃	1.66	1.65	1.63	8.8

Fig. 3 shows the reflectance of bi-Si with passivation of HfO₂ and Al₂O₃ films. As seen from Fig. 3, reflectivity values are extremely low over a wide spectral range. This is a typical behavior for b-Si due to the gradually varying refractive index from air to the wafer. By coating the b-Si structures with a conformal passivation of ALD film, the surface recombination velocity was effectively reduced. There is some difference in reflectance between HfO₂ and Al₂O₃, especially in the ultraviolet range. This is due to the differences in refractive index between the materials. As a result, HfO₂ deposited by ALD is a viable passivation material for b-Si solar cells, from an optical point of view. The refractive index does not disrupt its antireflective functionality, thereby reducing losses in comparison with the Al₂O₃.

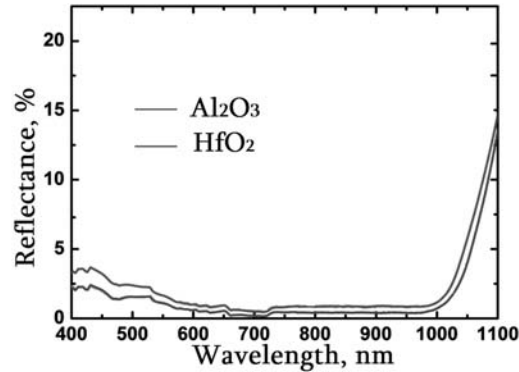


Fig.3. Reflectance spectra of the bi-Si with HfO₂ and Al₂O₃ passivation films

Thus, HfO₂ is a very versatile material, capable in theory of providing surface passivation for b-Si solar cells. Its implementation in MOSFET technology as gate oxide is a demonstration of its applicability [12]. The somewhat different requirements of the photovoltaic industry will require further optimization of the material's deposition and post-processing conditions, towards increased solar cell efficiencies. Once optimal passivation is achieved for a desired application, implementation of ALD HfO₂ in a working b-Si solar cell is a necessary step, in order to evaluate the real performance parameters achievable by replacement of standard passivation films (for example Al₂O₃). HfO₂ integration into spatial ALD solutions requires careful selection of precursors, and fine tuning of processing conditions, such that excellent passivation is achieved, while ensuring safe and efficient depositions. Reduction of costs is another important factor to take into account for industrial implementation.

This work was supported by the Russian Science Foundation (Grant No. 15-13-20021).

References

1. Otto M., Algasinger M., Branz H., Gesemann B. Black Silicon Photovoltaics // Advanced Optical Materials. – 2015. – V. 3 (2). – P. 147-164.
2. Айвазян К.Г., Айвазян Г.Е., Лахоян Л.М., Оганисян А.С. Оптические характеристики черного кремния // Вестник Инженерной академии Армении. – 2015. – Т. 12, № 3. – С. 555-557.
3. Svetoslav K., Martins B., Stutzmann S. Black Nonreflecting Silicon Surfaces for Solar Cells // Appl. Phys. Lett. – 2012. – V. 100. – P.19-25.
4. Ayvazyan G.Ye., Ayvazyan K.G., Lakhoyan L.M., Kovalenko D.L. Surface Passivation of Black Silicon Solar Cells // Proceedings of Engineering Academy of Armenia. – 2016. – V. 13, N 4. – P. 607-609.
5. Zengchao Zhao, Bingye Zhang, Ping Li, Wan Guo. Effective Passivation of Large Area Black Silicon Solar Cells by SiO₂/SiNx:H Stacks // Intern. J. of Photoenergy. – 2014. – V. 2014, ID 683654.
6. Liu W.F., Bian J.M., Zhao Z.C. Low Temperature Surface Passivation of Black Silicon Solar Cells by High-Pressure O₂ Thermal Oxidation // ECS Solid State Letters. – 2013. – V. 2 (4). – P. Q17-Q20.
7. Marichy C., Bechelany M., Pinna N. Atomic Layer Deposition of Nanostructured Materials for Energy and Environmental Applications // Adv. Mater. – 2012. – 24. – P. 1017–1032.
8. Calle E., Ortega P., Gastrow G., Martín I. Long-term Stability of Al₂O₃ Passivated Black Silicon // Energy Procedia. – 2016. – 92. – P. 341-346.
9. Von Gastrow G., Alcubilla R., Ortega P., Yli-koski M.. Analysis of the Atomic Layer Deposited Al₂O₃ Field-effect Passivation in Black Silicon // Solar Energy Materials & Solar Cells. – 2015. – 142. – P. 29-33.
10. Lebedev M.S. Thin-film Compositions on Base of Hafnium Dioxide and Aluminum oxide: Synthesis and Characterization // Key Eng. Mater. – 2012. – V. 508. – P. 7-10
11. Han K., Chih-Hung Chang. Numerical Modeling of Sub-Wavelength Anti-Reflective Structures for Solar Module Applications // Nanomaterials. – 2014. – V. 4. – P. 87-128.
12. MOCVD and Physicochemical Characterization of (HfO₂)_x(Al₂O₃)_{1-x} Thin Films / T.P. Smirnova, M.S. Lebedev, N.B. Morozova, P.P. Semyannikov, et al // Chem. Vap. Deposition. – 2010. – V. 16. – P. 185-190.

01.05.2017.

Գ.Ե. Այվազյան, Կ.Գ. Այվազյան, Մ.Վ. Կատկով, Մ.Ս. Լեբեդև ՍԵՎ ՍԻԼԻՑԻՈՒՄԻՑ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԻ ՊԱՍԻՎԱՑՈՒՄԸ ԱՏՈՄԱՇԵՐՏԱՅԻՆ ՆԱՏԵՑՄԱՄԲ ԲԱՐԱԿ ԹԱՂԱՆԹՆԵՐՈՎ

Մակերևութային վերամիավորման կորուստները զգալիորեն փոքրացնում են սև սիլիցիումից արևային էլեմենտների արդյունավետությունը: Այդ կորուստները կարելի է նվազեցնել՝ մակերևույթը պասիվացնելով որոշակի մեկուսիչ թաղանթներով: Վերլուծվել է սև սիլիցիումի պասիվացման հնարավորությունը ատոմաշերտային նստեցմամբ բարակ թաղանթներով: Մոդելավորմամբ համեմատվել են HfO₂ և Al₂O₃ թաղանթների օպտիկական հատկությունները:

Առանցքային բառեր. սև սիլիցիում, արևային էլեմենտ, պասիվացում, ատոմաշերտային նստեցում, թաղանթ, HfO₂, Al₂O₃:

Г.Е. Айвазян, К.Г. Айвазян, М.В. Катков, М.С. Лебедев ПАССИВАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЧЕРНОГО КРЕМНИЯ ТОНКИМИ ПЛЕНКАМИ АТОМНО-СЛОЕВОГО ОСАЖДЕНИЯ

Потери, обусловленные поверхностной рекомбинацией, значительно снижают эффективность солнечных элементов на основе черного кремния. Пассивация поверхности с использованием определенных диэлектрических пленок может минимизировать эти потери. Проанализирована возможность пассивации черного кремния тонкими пленками атомно-слоевого осаждения. Путем моделирования сравнены оптические свойства пленок HfO₂ и Al₂O₃.

Ключевые слова: черный кремний, солнечный элемент, пассивация, атомно-слоевое осаждение, пленка, HfO₂, Al₂O₃.

Ayvazyan Gagik Yerdjanik – Ph. D. (NPUA)

Ayvazyan Karen Gagik – Ph. D. (Synopsys Armenia)

Katkov Mikhail Valer – Ph. D. (Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry, Novosibirsk, Russia)

Lebedev Mikhail Sergey – Ph. D. (Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry, Novosibirsk, Russia)

Հ.Մ. Գևորգյան

ՊՂՆԱՄՈԼԻԲԴԵՆԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՔԱՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՁԵՎԱՎՈՐՄԱՆ
ՆՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ՄՈԴԵԼ

Դիտարկվում է պղնձամոլիբդենային հանքանյութի ֆլոտացման տեխնոլոգիական գործընթացի օպտիմալ հավանականային կառավարման խնդրի լուծման համար անհրաժեշտ հանքաքարի բնութագրերի ձևավորման նմանակային մոդելը: Վիճակագրական տվյալների հիման վրա նույնականացվել են հանքաքարի բնութագրերի հավանականությունների բաշխման օրենքները: Դրանց օգտագործմամբ մշակվել է նմանակային մոդել, որի օգնությամբ չվերասերված բազմաչափ նորմալ բաշխման մեթոդով ձևավորում են հանքաքարի բնութագրերի հնարավոր իրացումները: Մշակված մոդելի համարժեքությունը գնահատվել է Ստյուդենտի և Ֆիշերի վիճակագրական չափանիշների միջոցով:

Առանցքային բառեր. *հանքանյութ, ֆլոտացում, օպտիմալ կառավարում, նմանակային մոդել, նորմալ բաշխում:*

Ներածություն: Պղնձամոլիբդենային հանքանյութերի ֆլոտացման տեխնոլոգիական գործընթացների անկատարության, ավտոմատացված կառավարման, ինչպես նաև հանքաքարի միջինացման արդիական համակարգերի բացակայության պատճառով մոլիբդենի և պղնձի զգալի մասը (18...22%) մնում են պոչանքների մեջ: Ինչպես ցույց է տալիս պղնձամոլիբդենային հանքանյութերի վերամշակման գործնական փորձը [1-7], այդ բաղադրամասերի կորստի մոտ 6%-ը հետևանք է սկզբնական հանքաքարի և խլուսի բնութագրերի անկայունության, որի հետևանքով զգալիորեն (շուրջ 10...15%-ով) նվազում է հանքանյութերի ֆլոտացման գործընթացի կառավարման ճշգրտությունը և արդյունավետությունը [1, 7]:

Խնդրի դրվածքը: Ավանդական մոտեցման կիրառման դեպքում [1, 3, 4] ֆլոտացման գործընթացի օպտիմալ կառավարումը հանգում է մաթեմատիկական ծրագրավորման դետերմինացված խնդրին՝ ըստ $u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ ֆլոտացման կառավարող տեխնոլոգիական պարամետրերի $y = f(u, x)$ նպատակային ֆունկցիայի (արդյունավետության չափանիշի) էքստրեմումի որոնմանը, սկզբնական հանքաքարի և ֆլոտացման ենթարկվող խլուսի $x = (x_1, x_2, \dots, x_l)$ պարամետրերի տրված արժեքների դեպքում՝ հաշվի առնելով պարամետրերի ներքին և վերին արժեքների վրա դրված սահմանափակումները: Սակայն ինչպես սկզբնական հանքաքարի, այնպես էլ խլուսի բնութագրերը պատահական մեծություններ են: Ուստի հանքանյութերի ֆլոտացման գործընթացի օպտիմալ կառավարման խնդիրն անհրաժեշտ է դիտարկել որպես հավանականային ծրագրավորման խնդիր, քանի որ u վեկտորի յուրաքանչյուր արժեքի դեպքում $\tilde{y} = f(u, \tilde{x})$ նպատակային պատահական ֆունկցիայի արժեքները կախված են $\tilde{x}$ պատահական վեկտորի իրացումներից:

Այսպիսով, հանքանյութերի ֆլոտացման գործընթացի օպտիմալ կառավարման խնդիրը ձևակերպվում է որպես հավանականային ծրագրավորման խնդիր, որը հանգում է նպատակային ֆունկցիայի մաթեմատիկական սպասման էքստրեմումի որոնմանը.

$$M[f(u, \tilde{x})] \rightarrow \text{ext}$$

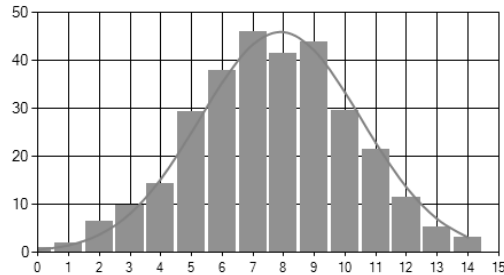
$u \in U$ սահմանափակումների դեպքում:

Խնդրի լուծման մեթոդի ընտրությունը և նմանակային մոդելի կառուցումը: Հաշվի առնելով դրված խնդրի բարդությունը՝ նպատակահարմար է այն լուծել քումիյութերային մոդելավորման մեթոդով, որի կիրառումը ենթադրում է սկզբնական հանքաքարի բնութագրերի ձևավորման նմանակային մոդելի առկայություն: Սույն աշխատանքը նվիրված է հիշյալ մոդելի մշակմանը:

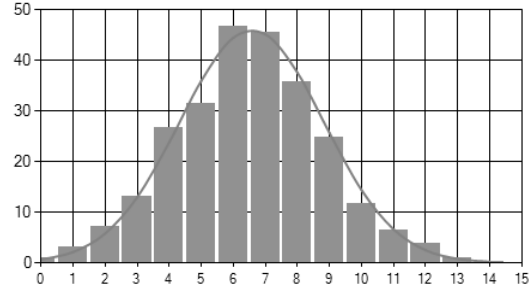
Համաձայն Զանգեզուրի պղնձամոլիբդենային կոմբինատում անցկացված փորձագիտական հարցման արդյունքների՝ սկզբնական հանքաքարի կարևորագույն բնութագրերը հետևյալն են. հանքաքարում մոլիբդենի ընդհանուր (x_1), մոլիբդենի սուլֆիդի (x_2), ընդհանուր պղնձի (x_3) և պղնձի օքսիդի (x_4) միջին հերթափոխային պարունակությունները (%-ով): Նշված բնութագրերի բաշխման

օրենքները նույնականացվել են ՋՊՄԿ-ի տեխնիկական վերահսկողության կողմից կատարված նմուշարկման տվյալների հիման վրա: Նկ. 1-4-ում բերված են այդ տվյալների հիման վրա կառուցված սկզբնական հանքաքարի բնութագրերի հիստագրերը, որոնցից ելնելով՝ առաջադրվել են հիպոթեզներ դրանց հավանականությունների բաշխման խտության ֆունկցիաների վերաբերյալ, որոնց գրաֆիկները պատկերված են հիշյալ նկարներում:

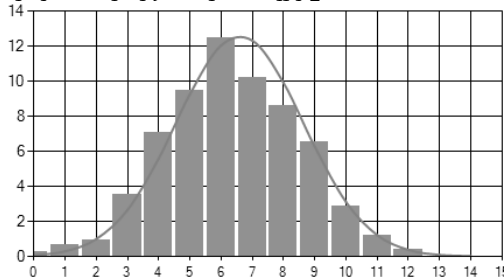
Վերոնշյալ բնութագրերի հավանականությունների բաշխման օրենքների նորմալության վերաբերյալ առաջադրված գիտավարկածները, որոնց ստուգումն իրականացվել է Պիրսոնի χ^2 չափանիշի [8] օգնությամբ, ընդունվել են $\alpha = 0,05$ նշանակալիության մակարդակի դեպքում:



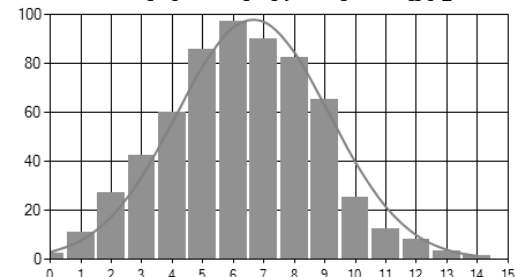
Նկ. 1. Հանքաքարում մոլիբդենի ընդհանուր պարունակության հիստագրը



Նկ. 2. Հանքաքարում մոլիբդենի սուլֆիդի պարունակության հիստագրը



Նկ. 3. Հանքաքարում պղնձի ընդհանուր պարունակության հիստագրը



Նկ. 4. Հանքաքարում պղնձի օքսիդի պարունակության հիստագրը

Ստորև բերված են սկզբնական հանքաքարի բնութագրերի հավանականությունների բաշխման խտության ֆունկցիաների անալիտիկ արտահայտությունները.

1. մոլիբդենի ընդհանուր միջին հերթափոխային պարունակությունը (x_1),

$$f(x_1) = \exp\left(-\frac{(x_1 - \mu_1)^2}{2\sigma_1^2}\right) / \sigma_1 \sqrt{2\pi} = \exp\left(-\frac{(x_1 - 0,0325)^2}{2 \cdot 7,5 \cdot 10^{-5}}\right) / 0,00866\sqrt{2\pi},$$

2. մոլիբդենի սուլֆիդի միջին հերթափոխային պարունակությունը (x_2),

$$f(x_2) = \exp\left(-\frac{(x_2 - \mu_2)^2}{2\sigma_2^2}\right) / \sigma_2 \sqrt{2\pi} = \exp\left(-\frac{(x_2 - 0,0315)^2}{2 \cdot 7,5 \cdot 10^{-5}}\right) / 0,00866\sqrt{2\pi},$$

3. պղնձի ընդհանուր միջին հերթափոխային պարունակությունը (x_3),

$$f(x_3) = \exp\left(-\frac{(x_3 - \mu_3)^2}{2\sigma_3^2}\right) / \sigma_3 \sqrt{2\pi} = \exp\left(-\frac{(x_3 - 0,233)^2}{2 \cdot 10^{-2}}\right) / 0,0316\sqrt{2\pi},$$

4. պղնձի օքսիդի միջին հերթափոխային պարունակությունը (x_4)

$$f(x_4) = \exp\left(-\frac{(x_4 - \mu_4)^2}{2\sigma_4^2}\right) / \sigma_4 \sqrt{2\pi} = \exp\left(-\frac{(x_4 - 0,0234)^2}{2 \cdot 1,65 \cdot 10^{-5}}\right) / 0,0041\sqrt{2\pi}:$$

Հանքաքարի բնութագրերի միջև $R = \|r_{ij}\|, (i, j = \overline{1,4})$ կոռելյացիայի մատրիցն ունի հետևյալ տեսքը.

	x_1	x_2	x_3	x_4
x_1	1	0,9999	-0,4427	0,1310
x_2	0,9999	1	-0,4424	0,1326
x_3	-0,4427	-0,4424	1	0,3592
x_4	0,1310	0,1326	0,3592	1

Վերոնշյալ կոռելյացիայի մատրիցով և պարամետրերով բնութագրվող նորմալ բաշխված $\tilde{x} = (\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \tilde{x}_3, \tilde{x}_4)$ պատահական վեկտորի հնարավոր իրացումների ձևավորումն իրականացվում է չվերասերված բազմաչափ նորմալ բաշխման մեթոդով [9], նկ. 5-ում պատկերված մոդելավորող ալգորիթով:

Այն հիմնվում է մուտքային փոփոխականների միջև C կովարիացիոն մատրիցի օգտագործման վրա, որի տարրերը հաշվարկվում են հետևյալ բանաձևով.

$$c_{ij} = r_{ij} \sigma_i \sigma_j, \quad (1)$$

որտեղ σ_i -ն և σ_j -ն $\tilde{x}_i, \tilde{x}_j$ ($i, j = \overline{1, m}$) մուտքային փոփոխականների միջին քառակուսային շեղումներն են, իսկ r_{ij} -ն՝ այդ փոփոխականների միջև կոռելյացիայի գործակիցը:

Ինչպես հայտնի է [9] վերոնշյալ բնութագրերով $\tilde{x}$ պատահական վեկտորը կարելի է ստանալ նորմալ բաշխված չափակարգված $\tilde{z} = (\tilde{z}_1, \tilde{z}_2, \dots, \tilde{z}_m)$ վեկտորի հատուկ գծային ձևափոխության միջոցով, որի բաղադրիչները $\mu_i = 0, \sigma_i = 1$ ($i = \overline{1, m}$) պարամետրերով նորմալ բաշխված պատահական մեծություններ են.

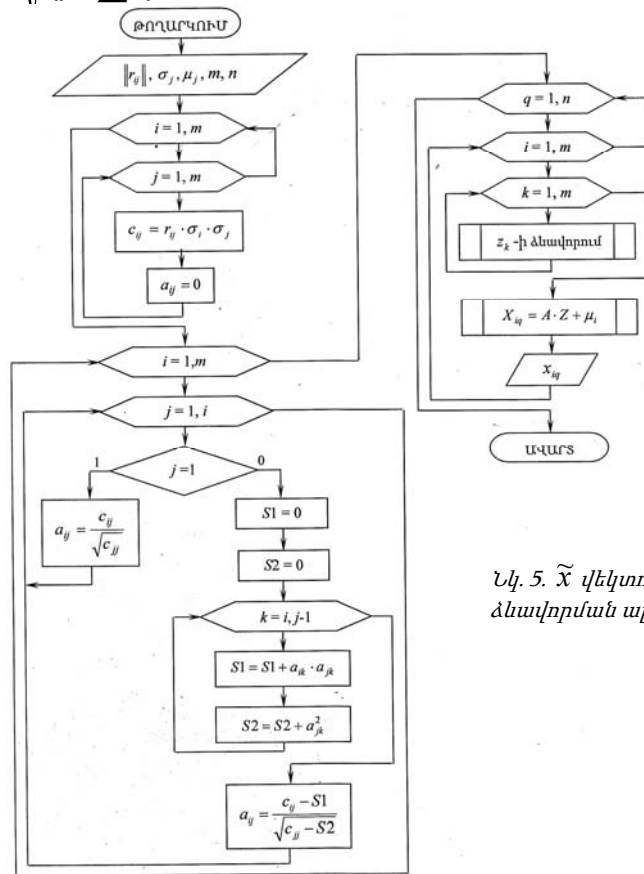
$$\tilde{x} = A \cdot \tilde{z} + \mu. \quad (2)$$

A մատրիցի a_{ij} տարրերը որոշվում են հետևյալ անդրադարձ առնչությամբ.

$$a_{11} = \sqrt{c_{11}}, \quad a_{22} = \sqrt{c_{22} - \frac{c_{21}^2}{c_{11}}}, \quad a_{21} = \frac{c_{12}}{a_{11}} = \frac{c_{12}}{\sqrt{c_{11}}},$$

որն ընդհանուր դեպքում ունի հետևյալ տեսքը՝

$$a_{ij} = \frac{c_{ij} - \sum_{k=1}^{j-1} a_{ik} \cdot a_{jk}}{\sqrt{c_{jj} - \sum_{k=1}^{j-1} a_{jk}^2}}, \quad \left(\sum_{k=1}^0 a_{ik} \cdot a_{jk} = 0 \right), \quad 1 \leq j \leq i \leq m: \quad (3)$$



Նկ. 5. $\tilde{x}$ վեկտորի հնարավոր իրացումների ձևավորման ալգորիթի բլոկ-սխեման

Չվերասերված բազմաչափ նորմալ բաշխման մեթոդով պատահական վեկտորի հնարավոր իրացումների ձևավորման ալգորիթի բոլոր-սխեման բերված է նկ. 5-ում: Կառուցված նմանակային մոդելի համարժեքությունը գնահատվել է պոնդամոլիբդենային հանքաքարի բնութագրերի հավանականությունների բաշխման խտության նույնականացված ֆունկցիաների պարամետրերի և կոռելյացիայի գործակիցների տրված ու մոդելավորման արդյունքում ստացված համապատասխան մեծությունների արժեքների հավասարության վերաբերյալ զիտավարկածների ստուգման միջոցով՝ կիրառելով Ստյուդենտի և Ֆիշերի վիճակագրական չափանիշները:

Եզրակացություն: ԶՊՄԿ-ում անցկացված փորձագիտական հարցման արդյունքների հիման վրա ընտրվել են սկզբնական պոնդամոլիբդենային հանքաքարի հետևյալ կարևորագույն բնութագրերը. հանքաքարում մոլիբդենի ընդհանուր, մոլիբդենի սուլֆիդի, ընդհանուր պոնդի և պոնդի օքսիդի միջին հերթափոխային պարունակությունները: ԶՊՄԿ-ի տեխնիկական վերահսկողության կողմից կատարված նմուշարկման տվյալների հիման վրա բացահայտվել և մաթեմատիկորեն նկարագրվել են սկզբնական հանքաքարի բնութագրերի հավանականությունների բաշխման խտության ֆունկցիաները, հաշվարկվել են դրանց պարամետրերի ու կոռելյացիայի գործակիցների վիճակագրական գնահատականները: Հիշյալ բաշխման օրենքների նորմալության վերաբերյալ առաջադրված հիպոթեզները Պիրսոնի չափանիշի կիրառությամբ ընդունվել են $\alpha = 0,05$ նշանակալիության մակարդակի դեպքում:

Չվերասերված բազմաչափ նորմալ բաշխման մեթոդի կիրառությամբ մշակվել է պոնդամոլիբդենային սկզբնական հանքաքարի բնութագրերի ձևավորման նմանակային մոդելը, որի համարժեքությունը գնահատվել է Ստյուդենտի և Ֆիշերի վիճակագրական չափանիշների միջոցով:

Գրականություն

1. Морозов В.В., Юшина Т.И., Столяров В.Ф., Дэлгэрбат Л. Совершенствование систем автоматического регулирования флотационного процесса с применением методов компьютерного моделирования // Горный информационно-аналитический бюллетень. - М.: МГТУ, 2007. - С. 306-313.
 2. Морозов В.В. Применение компьютерных моделей для оптимизации систем автоматического регулирования флотационного процесса // ГИАБ. - 2006. - С. 332-338.
 3. Разработка и применение АСУ процессами обогащения полезных ископаемых / В.В. Морозов, В.П. Топчаев, К.Я. Улитенко и др. - М.: Изд. дом «Руда и Металлы», 2013. - 512 с.
 4. King R.P. Modeling and Simulation of Mineral Processing Systems. - 2nd Edition. - Boston: Butterworth-Heinemann, 2015. - 416 p.
 5. Баласания С.Ш. Стратифицированное моделирование сложных технологических систем. - Саарбрукен, Германия: LAP Lambert Academic Publishing, 2016. - 385 с.
 6. Баласания С.Ш., Симонян С.О., Геворгян Э.М. Компьютерная модель для стохастического управления технологическим процессом флотации руды с учетом надежности измельчительного оборудования // Известия Томского политехнического университета. - Томск, 2013. - Т. 323, № 5. - С. 50-57.
 7. Стяжкина Е., Антропова И., Хантургаева Г. Пути повышения показателей коллективной медно-молибденовой флотации // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2010. - № 3. - С. 62-65.
 8. Кузнецова О.С. Теория вероятности и математическая статистика. Краткий курс. - М.: Изд-во Окей-книга, 2013. - 191 с.
 9. Ермаков С.М. Метод Монте-Карло в вычислительной математике. Вводный курс. - СПб.: Невский диалект, 2009. - 192 с.
- 21.06.2017.

Э.М. Геворгян

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЙ РУДЫ

Рассматривается имитационная модель формирования характеристик медно-молибденовой руды, необходимая для решения задачи оптимального стохастического управления технологическим процессом обогащения медно-молибденовой руды. На основании статистических данных идентифицированы законы распределения вероятностей характеристик исходной руды. С их использованием разработана имитационная модель, с помощью которой формируются возможные реализации характеристик исходной руды. Адекватность разработанной модели оценена с помощью статистических критериев Стьюдента и Фишера.

Ключевые слова: руда, флотация, стохастическое управление, имитационная модель, нормальное распределение.

H.M. Gevorgyan

SIMULATION MODEL FOR FORMING CHARACTERISTICS OF COPPER-MOLYBDENUM ORE

Simulation model for formation of the characteristics of copper-molybdenum ore is considered, necessary for the solution of the optimal stochastic control of technological process of enrichment of copper-molybdenum ore. On the basis of statistical data the laws of probability distribution of characteristics of the original ore were identified. With their use the simulation model was developed, with the help of which the possible realizations of the characteristics of the original ore are formed. Adequacy of the developed model was estimated using the Student's and Fisher's statistical tests.

Keywords: ore, flotation, stochastic control, simulation model, normal distribution.

Գևորգյան Հերմինե Միշայի - տեխն. գիտ. թեկնածու, ասիստենտ (ՀԱՊՀ-ի Կապանի մասնաճյուղ)

УДК 621.396. 67:621.371

ИНФОРМАТИКА, ЭЛЕКТРОНИКА И
НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Э.С. Тагворян

ВЛИЯНИЕ ЗЕМЛИ НА ПАРАМЕТРЫ АНТЕНН В
ОТКРЫТЫХ ПОЛИГОНАХ

Характеристики измеряемых антенн зависят от условий распространения электромагнитных волн, в частности, от влияния подстилающей земной поверхности между передающей и приемной антеннами. Проведен расчет множителя ослабления электромагнитной волны относительно свободного пространства с учетом отраженной волны от эквивалентной поверхности со средним уклоном местности антенного полигона.

Ключевые слова: эквивалентная поверхность, отраженная волна, антенный полигон, средний уклон, множитель ослабления.

При антенных измерениях в открытых полигонах требуется учет влияния отражающей поверхности между передающей и приемной антеннами. С этой целью проведено исследование этого участка земной поверхности. С помощью топографической карты начертим профиль отражающей поверхности и аппроксимируем ее кусочно-гладкими плоскостями. Учитываем только те плоскости, которые полностью или частично содержат первую (существенно отражающую) зону Френеля. В нашем случае на исследуемом полигоне ГЭПИ-1 число таких плоскостей одиннадцать [1].

Предполагаем, что приемная (передающая) антенна и существенно отражающая поверхность, то есть поверхность, которая полностью или частично содержит первую зону Френеля, находятся во взаимной фраунгоферовой зоне.

Если принять распределение падающего поля в пределах существенно отражающих участков равномерным, то влияние земной поверхности на этом участке можно свести к влиянию эквивалентной плоскости с некоторым средним уклоном существенно отражающих поверхностей (рис.) [2].

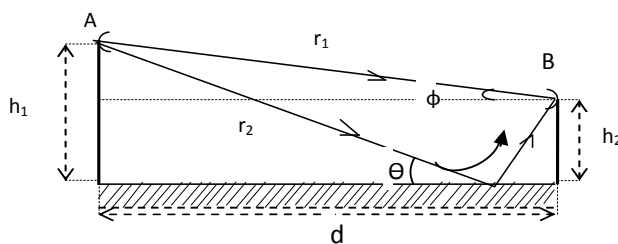


Рис.. Эквивалентная плоскость отражения:
 r_1 - прямой луч, r_2 - отраженный луч

Множитель ослабления относительно поля в свободном пространстве можно представить следующим образом:

$$V = \left| \frac{E_{\text{расс}}}{E} \right| = \left| \frac{E + E\alpha e^{j\Delta\phi}}{E} \right| = |1 + \alpha e^{j\Delta\phi}|, \quad (1)$$

где α - коэффициент отражения Френеля от поверхности, который зависит от угла скольжения луча θ , магнитной и диэлектрической проницаемостей почвы; $\Delta\phi$ - фазовый сдвиг между прямыми и отраженными лучами.

В свою очередь,

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta r, \quad (2)$$

где $\Delta r = r_2 - r_1$ - разность хода лучей; λ - длина волны.

На основании построений на рисунке можно записать

$$r_1 = \sqrt{(h_1 - h_2)^2 + d^2} \quad \text{и} \quad r_2 = \sqrt{(h_1 + h_2)^2 + d^2} . \quad (3)$$

В случае исследуемого полигона ГЭПИ-1, когда $d = 270$ м, высота от эквивалентной поверхности передающей и приемной антенн - соответственно $h_1 = 48$ м $h_2 = 42$ м, множитель ослабления в диапазоне 8.2 ... 12 ГГц - порядка -5,8 дБ.

При подсчете входной мощности приемной антенны усиление подставляют со знаком "+", а затухание - со знаком "-".

Литература

1. Тагворян Э.С., Газазян Э.Д. Об определении уровня отражений от земли на антенном полигоне // В кн.: Ультракоткие радиоволны и эл.магнитная совместимость: Тезисы докладов Межведомственного совещания по распространению радиоволн и эл.магнитной совместимости. – Улан-Удэ, 1983. – С.139-141.
2. Черный Ф.Б. Распространение радиоволн. – М.: Советское радио, 1962. –480с.

23.05.2017.

Է.Ս. Թագվորյան

ԳԵՏՆԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱՆՏԵՆԱՆԵՐԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՎՐԱ ԲԱՑ ՓՈՐՁԱԴԱՇՏԵՐՈՒՄ

Չափվող անտենաների բնութագրերը կախված են էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածման պայմաններից, մասնավորապես՝ հաղորդող և ընդունող անտենաների միջև ընկած գետնի մակերևույթի ազդեցությունից: Կատարվել է էլեկտրամագնիսական ալիքների թուլացման գործակցի հաշվարկ ազատ տարածության համեմատությամբ՝ հաշվի առնելով անտենային փորձադաշտերում միջին թեքություն ունեցող էկվիվալենտ մակերևույթից անդրադարձած ալիքը:

Առանցքային բառեր. էկվիվալենտ մակերևույթ, անդրադարձած ալիք, անտենային փորձադաշտ, միջին թեքություն, թուլացման գործակցից:

E.S. Tagvoryan

EFFECT OF THE EARTH ON THE ANTENNAS' PARAMETERS IN OPEN POLYGONS

The characteristics of the measured antennas depend on the propagation conditions of electromagnetic waves, in particular, on the influence of the underlying earth's surface between the transmitting and receiving antennas. The calculation of the electromagnetic wave attenuation factor relative to the free space is carried out taking into account the reflected wave from an equivalent surface with the average slope of the terrain of the antenna range.

Keywords: equivalent surface, reflected wave, antenna polygon, average slope, attenuation factor.

Тагворян Элиза Степановна – к.т.н., ЗАО “Национальный институт метрологии”

ՀՏԴ 621. 317

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ, ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ ԵՎ
ԳԻՏԱԿԱՆ ՍԱՐՔԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ա.Հ. Գրիգորյան

ԿԻՔԵՌԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՈԼՈՐՏՈՒՄ ՆԵՐԴՐՈՒՄՆԵՐԻ ՄՈՂԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ
ՌԵԱԼ ՕՊՑԻՈՆՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՄԻՋՈՑՈՎ

Խոր անորոշության պայմաններում ներդրումային որոշումների կայացումը՝ որպես բարդ գործընթաց, էլ ավելի է բարդանում կիբեռնիջավայրին բնորոշ ստոխաստիկության պայմաններում: Ուստի կիբեռնապառնալիքների դինամիկական բնույթի և կիբեռանվտանգության ոլորտում ներդրումային նախագծերում առկա տարբեր տեսակի ռիսկերի դիտարկման համար անհրաժեշտ է մշակել ռոբաստ մոդելներ: Ներկայացված է Գորդոն-Լոբերի և Տացումի-Գոտոյի ներդրումային մոդելների ընդլայնմամբ ռեալ օպցիոնների վրա հիմնված մոդել՝ խոր անորոշության պայմաններում կիբեռանվտանգության ոլորտում դինամիկական ներդրումային որոշումների կայացման համար:

Առանցքային բառեր. կիբեռանվտանգություն, ներդրում, խոր անորոշություն, մոդելավորում, ռեալ օպցիոն, շոկեբրոունյան շարժում, ստոխաստիկ դինամիկական ծրագրավորում:

Ներածություն: Տեղեկատվական-հաղորդակցական տեխնոլոգիաների սրընթաց աճը մի շարք առավելությունների հետ մեկտեղ ի հայտ է բերում նաև նոր կիբեռնապառնալիքներ: Կիբեռնապառնալիքները կարող են առաջանալ մի շարք պատճառներից, որոնք պատահական սկզբունքով կամ դիտավորյալ կարող են առաջացնել կիբեռանվտանգության խախտումներ և վնասել կազմակերպության տեղեկատվական համակարգերը: Կազմակերպության տեղեկատվական համակարգերի դեմ ուղղված կիբեռնապառնալիքները տարբերվում են ոչ միայն իրենց ձևով, այլ նաև վնասակարության աստիճանով: Ուստի հաշվի առնելով կիբեռնապառնալիքների բարդ և ստոխաստիկ բնույթը՝ կազմակերպության տեղեկատվական համակարգերի վրա դրանց բացասական ազդեցությունը փոքրացնելու և ռիսկերի նվազարկման համար էականորեն կարևոր է տվյալ ոլորտում ներդրումային ճիշտ ռազմավարությունների մշակումն ու իրագործումը:

Օպտիմալ ներդրումների առանձնահատկությունները: Կիբեռանվտանգության ոլորտում կազմակերպության ներդրումային որոշումներն ունեն երեք հիմնական հատկանիշ: Առաջին՝ հնարավոր սպառնալիքներից բխող միջավայրը անորոշ է: Երկրորդ՝ կիբեռանվտանգության ոլորտում կատարած ներդրումներն ամբողջությամբ անվերադարձելի են: Երրորդ՝ ներդրում կատարելու որոշման պատեհաժամությունը էականորեն կարևոր է:

Դիտարկենք այն դեպքը, երբ կազմակերպությունը հակված է կիրառել կիբեռանվտանգության ոլորտում ներդրում կատարելու օպցիոն: Նշենք, որ տվյալ դեպքում դիտարկվում է անընդհատ ժամանակով տիրույթ ($t \geq 0$): T -ն նախագծի ավարտի ժամկետն է, իսկ յուրաքանչյուր t -ի համար հասանելի տեղեկույթը ներկայացվում է $(\Omega, \mathcal{F}_t, (\mathcal{F}_t)_{t \geq 0}, P)$ աճող ֆիլտրացված հավանականային բազմությամբ: Տվյալ դեպքում կազմակերպության (որոշում կայացնողը) դիրքորոշումը ռիսկի նկատմամբ չեզոք է, իսկ ծախսերն ու եկամուտները դիսկոնտավորվում են ($\rho > 0$) գործակցով:

Վերը նշվածի հաշվառմամբ ընդլայնենք Գորդոն-Լոբերի [1, 2] և Տացումի-Գոտոյի [3] մոդելները՝ խոր անորոշության պայմաններում կիբեռանվտանգության ոլորտում օպտիմալ սկզբնաժամկետով ներդրումային դինամիկական որոշում կայացնելու համար: Նախ ընդունենք, որ ξ_t սպառնալիքը դրսևորվում է շոկե-բրոունյան շարժման նմանությամբ.

$$d\xi_t = (\mu + m\sigma)\xi_t dt + s\sigma\xi_t d\omega_t : \quad (1)$$

Նշենք, որ (1) հավասարումը ($m = 0$) և ($s = 1$) պայմանների դեպքում [4, 5]-ում դիտարկված երկրաչափական բրոունյան շարժման հատուկ դեպքն է:

Այժմ ենթադրենք, որ կազմակերպությունը (որոշում կայացնողը) խոր անորոշության պայմաններում կիբեռանվտանգության ոլորտում ներդրում կատարելու համար կիրառում է z ներդրվող գումարով իրական օպցիոն: Ենթադրենք նաև, որ խոր անորոշությունն ազդում է օպցիոնի իրականացման արդյունքում ստացված եկամուտի վրա՝ $(\pi_s)_{s \geq t} = (v - S(z - v))\lambda\xi_t$, և որ վիճակի

փոփոխականը դրսևորվում է շոկե-բրոունյան շարժման նմանությամբ: Այս դեպքում ներդրման W_t արժեքը t ժամանակում և նախագծի ավարտի T ժամանակով օպցիոնի իրականացման դեպքում հավասար կլինի E^P սպասվելիք արժեքին, որը պայմանավորված է հավանականային P չափման նկատմամբ դիսկոնտավորված եկամուտի հոսքերի նախապես սահմանված $\mathcal{F}_t$ ֆիլտրումով [6-8].

$$W(\pi_t, t) = E^P \left[\int_t^T e^{-\rho(s-t)} (v - S(z - v)) \lambda \xi_s ds / \mathcal{F}_t \right] = E^P \left[\int_t^T e^{-\rho(s-t)} \pi_s ds / \mathcal{F}_t \right] : \quad (2)$$

Այս համատեքստում կազմակերպությունը պետք է որոշի կիբեռանվտանգային նախագծում ներդրման օպցիոն իրականացնելու օպտիմալ պահը՝ t' , $t' \in [t, T]$, որի համար տվյալ դեպքում կիրառվում է ստոխաստիկ դինամիկական ծրագրավորումը [9]: Այս պայմաններում ենթադրենք, որ տեղեկատվական համակարգի v խոցելիությունն ու կիբեռանվտանգային խաթարումներից առաջացած դրամական կորուստները կախված չեն ժամանակից, իսկ կիբեռանվտանգության ապահովման համար ներդրումը t' ժամանակում կատարվում է միայն մեկ անգամ: Ստացվում է, որ $S(z, v)$ -ն նույնպես ժամանակից կախված չէ: Հետևաբար ξ_t -ն և π_t -ն նկարագրվում են (1) հավասարմամբ ներկայացված ստոխաստիկ դիֆերենցիալ հավասարումով.

$$d\pi_t = (\mu + m\sigma)\pi_t dt + \sigma\pi_t d\omega_t : \quad (3)$$

Այս դեպքում կիբեռանվտանգային նախագծի համար դեռևս չիրականացված ներդրման օպցիոնը t ժամանակում կարտահայտվի հետևյալ կերպ.

$$V_t = \max_{t' \in (t, T)} E^P \left[\int_{t'}^T e^{-\rho(s-t)} \pi_s ds - e^{-\rho(t'-t)} z / \mathcal{F}_t \right] : \quad (4)$$

Երբ ներդրումային նախագծի ավարտը ֆիքսված չէ (նախագիծն անվերջ է), ապա հաշվարկներն ավելի հեշտ են, և կարող ենք դիտարկել հետևյալ հաստատուն մոդելը [6].

$$W(\pi_t, t) = \int_t^T \pi_t \exp(-(\rho - \mu)(s - t)) ds = \frac{\pi_t}{\rho - \mu} (1 - e^{-(\rho - \mu)(T - t)}) : \quad (5)$$

Անվերջության վարկածի դեպքում կիբեռանվտանգության ոլորտում ներդրումային նախագծի արժեքը անվերջ եկամուտներից սպասվելիք ստանդարտ արժեքն է, որը կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ.

$$W(\pi_t) = \frac{\pi_t}{\rho - \mu} : \quad (6)$$

Խոր անորոշության բացակայության դեպքում, կիրառելով Իտոյի լեմմը (6) հավասարման համար, կստանանք հետևյալ հավասարումը.

$$dW_t = \mu W_t dt + \sigma W_t d\omega_t : \quad (7)$$

Հարկ է նշել, որ շոկե-բրոունյան խոր անորոշությունը մաքսիմին անորոշությունից տարբերվում է նրանով, որ շոկե-բրոունյան խոր անորոշության դեպքում μ -ի և σ -ի փոխարեն համապատասխանաբար կունենանք $\mu + m\sigma$ և $s\sigma$: Ուստի (7) հավասարումը կարող ենք վերգրել հետևյալ կերպ.

$$dW_t = (\mu + m\sigma)W_t dt + s\sigma W_t d\omega_t : \quad (8)$$

Վերը նշվածի հաշվառմամբ խոր անորոշության պայմաններում (6) հավասարումը կունենա հետևյալ տեսքը.

$$W(\pi_t) = \frac{\pi_t}{\rho - (\mu + m\sigma)} : \quad (9)$$

Անվերջության վարկածի համաձայն՝ կիբեռանվտանգության ոլորտում ներդրում կատարելու օպցիոնի V_t արժեքը կախված է միայն W_t -ից: Ուստի այն կարելի է ստանալ հետևյալ ստոխաստիկ դինամիկական ծրագրավորման խնդրի լուծման միջոցով [10].

$$V(W_t) = \max\{W_t - z, E^P[dV_t/\mathcal{F}_t] + V(W_t) - \rho V(W_t)dt\} : \quad (10)$$

Այժմ սահմանենք կիբեռանվտանգության ոլորտում օպտիմալ ներդրումների առանձնահատկությունները: Ըստ այդմ, նախ սահմանենք W^* միակ կրիտիկական արժեքը, որի դեպքում օպցիոնը իրականացվում է միայն ու միայն այն դեպքում, երբ $W_t \geq W^*$, հակառակ դեպքում՝ օպցիոնը շարունակվում է՝ սահմանելով անընդհատ ռեգիոն (continuation region), որտեղ $W_t < W^*$: (10) հավասարման աջ մասում առաջին արտահայտությունը՝ $(W_t - z)$ -ը, տվյալ պահին ներդրումային օպցիոնի իրականացման արժեքն է, իսկ երկրորդը՝ սպասման արժեքը: Նշենք նաև, որ (10)

հավասարման աջ մասի երկու արտահայտությունն էլ անընդհատ ռեգիոնում պետք է իրար հավասար լինեն [8]: Ուստի՝

$$E^P[dV_t|\mathcal{F}_t] = \rho V(W_t)dt: \quad (11)$$

Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ V -ն անընդհատ ռեգիոնում կրկնակի ածանցելի է, և $V' > 0$, $dV(W_t)$ -ի ընդլայնման համար Իտոյի լեմմի կիրառմամբ միավորելով (8) և (11) հավասարումները՝ յուրաքանչյուր dt -ի համար կստանանք.

$$dV_t = V'(W_t)((\mu + m\sigma)W_t dt + s\sigma W_t d\omega_t) + \frac{1}{2}(s\sigma)^2 W_t^2 V''(W_t)dt: \quad (12)$$

Նշված հավասարումից բխում է հետևյալ երկրորդ կարգի սովորական դիֆերենցիալ հավասարումը.

$$\frac{1}{2}(s\sigma)^2 W_t^2 V''(W_t) + (\mu + m\sigma)W_t V'(W_t) - \rho V(W_t) = 0: \quad (13)$$

Քանի որ W^* -ը օպցիոնի իրականացման կրիտիկական արժեքն է, ուստի վերը նշված հավասարման լուծման համար դիտարկենք հետևյալ ստանդարտ սահմանային պայմանները [8].

$$\begin{cases} V(W^*) = W^* - z, \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} V'(W^*) = 1, \end{cases} \quad (15)$$

$$\begin{cases} \mathcal{F}(0) = 0 : \end{cases} \quad (16)$$

Վերը նշվածի հաշվառմամբ $V(W_t)$ և W^* արժեքները անընդհատ ռեգիոնում կարելի է ստանալ հետևյալ կերպ.

$$\begin{cases} V(W_t) = \left(\frac{z}{a-1}\right)^{1-a} a^{-a} W_t^a, & W_t < W^*, \end{cases} \quad (17)$$

$$\begin{cases} W^* = \frac{a}{a-1}z, \end{cases} \quad (18)$$

իսկ օպցիոնի իրականացման ռեգիոնում՝

$$V(W_t) = W_t - z, \quad W_t \geq W^* : \quad (19)$$

Նշենք նաև, որ a -ն հաստատուն է, որի արժեքը կախված է μ, ρ, σ, c պարամետրերից:

$$a = \frac{-\left((\mu + m\sigma) - \frac{1}{2}(s\sigma)^2\right) + \sqrt{\left\{(\mu + m\sigma) - \frac{1}{2}(s\sigma)^2\right\}^2 + 2\rho(s\sigma)^2}}{(s\sigma)^2}, \quad (20)$$

որտեղ $m = 2c - 1$ և $s^2 = 4c(1 - c)$:

Եզրակացություն: Խոր անորոշության պայմաններում ներդրումային որոշումների կայացումը բարդ գործընթաց է, որն էլ ավելի է բարդանում կիբեռմիջավայրին բնորոշ ստոխաստիկության պայմաններում, ուստի խոր անորոշության պայմաններում դինամիկական ներդրումային որոշումների կայացման համար անհրաժեշտ է մշակել ռոբաստ մոդելներ: Այս համատեքստում, կիբեռմիջավայրում առկա խոր անորոշության պայմաններում ներդրումների մոդելավորումը ռեալ օպցիոնների միջոցով կարող է նպաստել կիբեռանվտանգության ոլորտում օպտիմալ ներդրումային որոշումների կայացմանը:

Գրականություն

1. **Gordon L.A., Loeb M.P.** The Economics of Information Security Investment // ACM Transactions on Information and System Security. – 2002. – Vol. 4, No 5. – P. 438–457.
2. **Gordon L.A., Loeb M.P., Lucyshyn W.** Information Security Expenditures and Real Options: A Wait-and-See Approach // Computer Security Journal. – 2003. – Vol. 2, No 19. – P. 1-7.
3. **Tatsumi K., Goto M.** Optimal Timing of Information Security Investment: A Real Options Approach // Economics of Information Security and Privacy, Springer. – 2010. – P. 211–228.
4. **Øksendal B.** Stochastic Differential Equations: An Introduction with Applications (Universitext). – 6th Ed. – Springer, 2010. – 379 p.
5. **Karatzas I., Shreve S.E.** Brownian Motion and Stochastic Calculus. – 2nd Ed. 6th Printing. – New York: Springer-Verlag, 1998. – 496 p.

6. **Dixit A.K. and Pindyck R.S.** Investment under Uncertainty. - Princeton: Princeton University Press, 1994. – 476 p.
7. **Trojanowska M., Kort P.M.** The Worst Case for Real Options // Journal of Optimization Theory and Applications, Springer. – 2010. - Vol. 146, No 3. – P. 709–734.
8. **Roubaud D., Lapied A., Kast R.** Real Options under Choquet-Brownian Ambiguity // HAL. halshs-00534027. - 2010.
9. **Беллман Р., Дрейфус С.** Прикладные задачи динамического программирования. - М.: Наука, 1964. - 457 с.
10. **Nishimura K.G., Ozaki H.** Irreversible Investment and Knightian Uncertainty // Journal of Economic Theory. – 2007. – Vol. 136, N. 1. – P. 668–694.

25.09.2017.

А.Г. Григорян

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИЙ В СФЕРЕ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ РЕАЛЬНЫХ ОПЦИОНОВ

Принятие инвестиционных решений в условиях глубокой неопределенности, являясь довольно сложным процессом, становится более сложным в стохастических условиях, которые характерны для киберсреды. Поэтому для исследования динамического характера киберугроз и различных видов рисков в инвестиционных проектах в сфере кибербезопасности необходимо разработать робастные модели. В статье на основе реальных опционов представлена расширенная инвестиционная модель Гордона-Лоэба и Тацуми-Гото, характеризующая принятие динамических инвестиционных решений в условиях глубокой неопределенности.

Ключевые слова: кибербезопасность, инвестиция, глубокая неопределенность, моделирование, реальный опцион, шоке-броуновское движение, стохастическое динамическое программирование.

A.H. Grigoryan

MODELING OF INVESTMENTS IN CYBERSECURITY THROUGH THE USE OF REAL OPTIONS

Investment decision-making under ambiguity is a complex process, which becomes more compound in terms of the stochastic nature of cyber environment. Therefore, development of robust models is needed to address dynamic nature of cyber threats and various types of risks existing in cybersecurity investment projects. The article presents a model for cybersecurity investment decision-making under ambiguity by the extension of the Gordon-Loeb and Tatsumi-Goto investment models based on real options.

Keywords: cybersecurity, investment, ambiguity, modeling, real option, Choquet-Brownian motion, stochastic dynamic programming.

Գրիգորյան Արման Հրանտի - ՀՀ ՊՆ Պաշտպանական ազգային հետազոտական համալսարանի Ազգային անվտանգության քաղաքականության և տեղեկատվական-հաղորդակցային տեխնոլոգիաների կենտրոնի պետ

ՀՏԴ 621.382

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ, ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ ԵՎ
ԳԻՏԱԿԱՆ ՍԱՐՔԱՇԽՆՈՒԹՅՈՒՆ

Դ.Վ. Աղաբեկյան

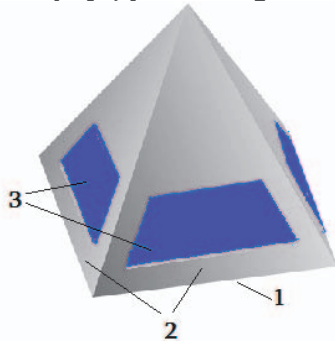
ԱՐԵՎԻՆ ԵՐԿԱՌԱՆՑՔ ՀԵՏԵՎՈՂ ԼՈՒՍԱԶԳԱՅՈՒՆ ՏՎԻՉ

Մշակվել է չորս արևային էլեմենտների հիման վրա պարզագույն կառուցվածքով արևին երկառանցք հետևող լուսազգայուն տվիչ: Դաշտային պայմաններում արևային կայանի վրա փորձարկումները ցույց են տվել, որ այն կարող է նպաստել կայանի աշխատանքային արդյունավետության մինչև 8 % մեծացմանը:

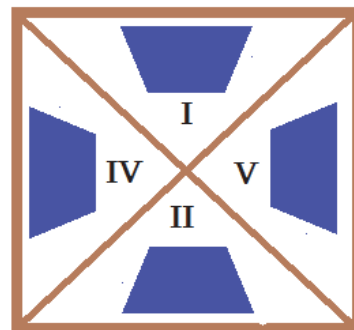
Առանցքային բառեր. լուսազգայուն տվիչ, արևային էլեմենտ, արևին երկառանցք հետևում:

Արևային կայանների հնարավոր առավելագույն լուսարնկալում, հետևաբար նաև՝ էներգետիկական հզորություն ապահովելու համար իրականացվում է դրանց միառանցք (ազիմուտային) կամ երկառանցք (ազիմուտային և զենիթային) արևին հետևում՝ օգտագործելով լուսազգայուն տվիչներ և պտտող սարքակազմ [1-3]: Մեր կողմից մշակվել էր արևային էլեմենտների (ԱԷ) հիման վրա պարզագույն կառուցվածքով արևին հետևող լուսազգայուն տվիչ, որը բաղկացած էր երկու թեք (դիմային) և մեկ հորիզոնական (թիկունքային) մետաղական միջնորմների վրա տեղակայված միանման ԱԷ-ներից: Դիմային ԱԷ-ները նախատեսված էին արևի դիրքի որոշման համար, իսկ թիկունքայինը՝ ցրված ճառագայթման ազդեցության բացառման և առավելության արևային կայանի գործարկման համար [4]: Միջնորմները ծառայում էին որպես ջերմացրիչ և հոսանքահաղորդիչ: Մշակված տվիչով իրականացվում էր կայանի միայն արևին ազիմուտային հետևում: Արևին նաև զենիթային հետևման համար անհրաժեշտ է կիրառել լրացուցիչ լուսազգայուն տվիչ, որը, բնականաբար, կհանգեցնի արևային կայանի ինքնարժեքի մեծացմանը:

Առաջարկվում է չորս ԱԷ-ների հիման վրա արևին երկառանցք հետևող լուսազգայուն տվիչ, որի կառուցվածքը պատկերված է նկարում: Այն քառանկյուն բուրգ է, որտեղ (1)-ը հիմքն է, (2)-ը՝ կողմնային նիստերը, (3)-ը՝ I, II, VI և V-ը՝ նիստերի վրա տեղակայված ԱԷ-ները (նկարում ցույց չի տրված հիմքին տեղակայված III ԱԷ-ը):



ա)



բ)

Նկ. Լուսազգայուն տվիչի կառուցվածքը. ա - ընդհանուր տեսքը, բ - պրոյեկցիան

Լուսազգայուն տվիչի աշխատանքի էությունը հետևյալն է. ԱԷ-ների էլեկտրաֆիզիկական պարամետրերը կախված են դրանց վրա ընկնող արևային ճառագայթման հոսքից, իսկ արևային կայանի պտտող սարքակազմին տրվում է ազդանշան միայն տվյալ պահին առավելագույն էլեկտրաֆիզիկական պարամետրեր ունեցող ԱԷ-ից: Կողմնային նիստերի վրա տեղակայված I և II ԱԷ-ների էլեկտրաֆիզիկական պարամետրերի արժեքների համեմատության արդյունքում ազիմուտային պտտող սարքակազմի միջոցով կայանը որոշակի աստիճանով կպտտվի աջ կամ ձախ մինչև այդ տարրերի էլեկտրաֆիզիկական պարամետրերի հավասար արժեքներ ստանալը [4]: Նույն սկզբունքով IV և V ԱԷ-ների էլեկտրաֆիզիկական պարամետրերի արժեքների համեմատության արդյունքում զենիթային պտտող սարքակազմի միջոցով կայանը որոշակի աստիճանով կպտտվի վերև կամ ներքև:

Արդյունքում կիրականացվի արևային կայանի միաժամանակ ազիմուտային և զենիթային արևին հետևում:

Հիմքին տեղակայված III ԱԷ-ից օրվա ընթացքում կայանի ազիմուտային պտտող սարքակազմին ազդանշան չի տրվում: Օրվա վերջում բոլոր ԱԷ-ները կունենան էլեկտրաֆիզիկական պարամետրերի գրեթե միևնույն արժեքներ, որի արդյունքում արևային կայանը զիշերվա ընթացքում կգտնվի անշարժ վիճակում՝ թեքված դեպի արևմուտք: Արևածագին III ԱԷ-ի էլեկտրաֆիզիկական պարամետրերի արժեքները կգերազանցեն մյուս ԱԷ-ների պարամետրերի արժեքներին և պտտող սարքակազմն անմիջապես արևային կայանին կպտտի է 180°-ով՝ արևմուտքից դեպի արևելք, և կհաստատվի արևային կայանի անընդհատ արևին ազիմուտային և զենիթային հետևման ռեժիմը:

Լուսազգայուն տվիչի աշխատանքն ըստ ԱԷ-ներից ստացվող բոլոր հնարավոր ազդանշանների կարող ենք ներկայացնել հետևյալ աղյուսակի տեսքով:

Աղյուսակ

Լուսազգայուն տվիչի աշխատանքը

I ԱԷ	0	0	1	0	1
II ԱԷ	0	0	0	1	1
IV ԱԷ	0	0	0	0	0
V ԱԷ	0	0	0	0	0
III ԱԷ	0	1	0	0	0
Օրվա ժամանակահատվածը	Գիշեր	Արևածագ	Ցերեկ	Ցերեկ	Ցերեկ
Ազիմուտային պտտող սարքակազմին տրվող հրամանը	Անշարժ	180°-ով	Ձախ	Աջ	Անշարժ
Զենիթային պտտող սարքակազմին տրվող հրամանը	Անշարժ	Անշարժ	Անշարժ	Անշարժ	Անշարժ
I ԱԷ	0	0	0	1	1
II ԱԷ	0	0	0	0	0
IV ԱԷ	0	1	1	0	1
V ԱԷ	1	0	1	1	0
III ԱԷ	0	0	0	0	0
Օրվա ժամանակահատվածը	Ցերեկ	Ցերեկ	Ցերեկ	Ցերեկ	Ցերեկ
Ազիմուտային պտտող սարքակազմին տրվող հրամանը	Անշարժ	Անշարժ	Անշարժ	Ձախ	Ձախ
Զենիթային պտտող սարքակազմին տրվող հրամանը	Վերև	Ներքև	Անշարժ	Վերև	Ներքև
I ԱԷ	0	0	1	1	1
II ԱԷ	1	1	1	1	1
IV ԱԷ	0	1	1	0	1
V ԱԷ	1	0	0	1	1
III ԱԷ	0	0	0	0	0
Օրվա ժամանակահատվածը	Ցերեկ	Ցերեկ	Ցերեկ	Ցերեկ	Ցերեկ
Ազիմուտային պտտող սարքակազմին տրվող հրամանը	Աջ	Աջ	Անշարժ	Անշարժ	Անշարժ
Զենիթային պտտող սարքակազմին տրվող հրամանը	Վերև	Ներքև	Ներքև	Վերև	Անշարժ

Լուսազգայուն տվիչի նախատիպը պատրաստվել է 0,25 Վտ (10 Վ X 25 մԱ) հզորությամբ 35 X 55 մմ² չափսերով բազմաբյուրեղային ԱԷ-ների հիման վրա: Օհմական հպակները թիկունքային մակերևույթի վրա էին: Որպես պտտող սարքակազմին ազդանշան ձևավորող էլեկտրաֆիզիկական պարամետր ընտրվել է ԱԷ-ի կարճ միացման հոսանքը, որը համարվում է ԱԷ-ի ամենազգայուն պարամետրն արևային ճառագայթման հոսքի նկատմամբ [1]:

Տվիչի փորձարկումները կատարվել են դաշտային պայմաններում “Բարվա” ինովացիոն կենտրոնում տեղակայված 5,0 կՎտ դրվածքային հզորությամբ արևային կայանի վրա, որը համալրված էր երկառանգք պտտող սարքակազմով [5]:

Արևին միառանգք և երկառանգք հետևող լուսազգայուն տվիչների համեմատական հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ առաջարկված լուսազգայուն տվիչը կարող է նպաստել կայանի աշխատանքային արդյունավետության՝ մինչև 8 % մեծացմանը:

Գրականություն

1. **Այվազյան Կ.Գ.** Բարձր արդյունավետությամբ արևային էլեմենտներ և կայաններ. - Եր.: Գասպրինտ, 2016. – 198 էջ:
2. **Lee C.Y., Chou P.C., Chiang C.M., Lin C.F.** Sun Tracking Systems: A Review // Sensors. – 2009.- 9.- P. 3875-3890.
3. **Chang Tian Pau.** The Sun's Apparent Position and the Optimal Tilt Angle of a Solar Collector in the Northern Hemisphere // Solar Energy.- 2009.- 83, № 8. – P. 1274-1284.
4. **Այվազյան Կ.Գ., Աղաբեկյան Դ.Վ., Աղդալյան Վ. Յու.** Արևին հետևող լուսազգայուն տվիչ // ՀՀԱ-ի Լրաբեր. - 2017.- Հ. 14, № 2.- էջ 290-293:
5. **Aghabekyan D.V., Ayvazyan A.G., Vardanyan A.A.** Remote Monitoring System using GSM for Photovoltaic Stations // Proc. of the 10th International Conference on Semiconductor Micro- and Nanoelectronics. - Yerevan, Armenia, 2017.- P. 153-156.

20.08.2017.

Д.В. Агабекян

СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ ДВУОСНОГО СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ

Разработан светочувствительный датчик простой конструкции на основе четырех солнечных элементов для двуосного слежения за Солнцем. Испытания в полевых условиях на солнечной станции показали, что датчик может способствовать увеличению эксплуатационной эффективности станции на 8%.

Ключевые слова: светочувствительный датчик, солнечный элемент, двуосное слежение за Солнцем.

D.V. Aghabekyan

A LIGHT-SENSITIVE SENSOR FOR THE SUN TWO-AXIS TRACKING

A light-sensitive sensor of a simple design based on four solar cells has been developed for the Sun two-axis tracking. Field tests at the solar station have shown that the sensor may increase the operational efficiency of the station by 8%.

Keywords: light-sensitive sensor, solar cell, the Sun two-axis tracking.

Աղաբեկյան Դավիթ Վալերի - ասպիրանտ (ՀԱՊՀ)

ՀՏԴ 616-073:616-006.4

ՔԻՄԻԱԿԱՆ, ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ԵՎ
ԲՆԱԴԱՀՊԱՆԱԿԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐ

Հ.Գ. Մարտոյան

ԿԱՅՈՒՆ ԻԶՈՏՈՊՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ՈՐՈՇ ՈՒՂՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Աշխատանքը նվիրված է մի քանի կայուն իզոտոպների առողջապահական և առևտրային նշանակությամբ կիրառման խնդիրներին: Բերված է այդ իզոտոպների ստացման և օգտագործման արդի նկարագիրը:

Առանցքային բառեր. կայուն իզոտոպներ, իզոտոպների հարստացում, օգտագործում բժշկության մեջ:

Իզոտոպներ են կոչվում միևնույն քիմիական տարրի ատոմի այն տարատեսակները, որոնք իրարից տարբերվում են միջուկում պարունակվող նեյտրոնների թվով: Բնության մեջ հանդիպում են ինչպես կայուն, այնպես էլ անկայուն՝ ռադիոակտիվ իզոտոպներ, որոնց ատոմների միջուկները ինքնաբերաբար փոխակերպվում են՝ արձակելով որոշակի մասնիկներ:

Իզոտոպներն ունեն բազմաթիվ կիրառություններ տարբեր ոլորտներում, հետևաբար դրանց արտադրության խնդիրը առավել քան արդիական է:

Իզոտոպների կիրառությունները. Քիմիական տարրերի տարատեսակ իզոտոպները լայն կիրառություն են գտել գիտական հետազոտություններում, արդյունաբերության և գյուղատնտեսության բազմաթիվ բնագավառներում, ժամանակակից կենսաբանության և բժշկության մեջ [1-3], շրջակա միջավայրի և քրեական հետազոտություններում:

Կայուն իզոտոպները միջուկային էներգետիկայում ունեն բազմաթիվ կիրառություններ, որոնցից են.

- Որպես վառելիք ԱԷԿ-ների և դեռ նախագծվող ջերմամիջուկային էլեկտրակայանների համար:
- Տարբեր իզոտոպների կողմից նեյտրոնների կլանման փոքր կամ, հակառակը, մեծ կտրվածքի վրա հիմնված կիրառություններ (ռեակտորների կառուցման մեջ շինարարական նյութեր, նեյտրոնների կլանիչներ և դանդաղեցուցիչներ):
- Արագացուցիչներում և ռեակտորներում միջուկային ռեակցիաների միջոցով իզոտոպներից այլ կայուն կամ ռադիոակտիվ իզոտոպների ստացում:

Թվարկվածներով չեն սահմանափակվում իզոտոպների արդեն գոյություն ունեցող և այլ հնարավոր օգտագործման ոլորտները: Գիտական հետազոտություններում հաճախ անհրաժեշտ են լինում տարբեր տարրերի հազվագյուտ իզոտոպների ոչ մեծ քանակություններ՝ տարեկան գրամների կամ միլիգրամների կարգի: Դրա հետ միասին, միջուկային էներգետիկայում, բժշկության մեջ և այլ բնագավառներում լայնորեն օգտագործվող մի շարք իզոտոպների անհրաժեշտ արտադրությունը կարող է հասնել մինչև կիլոգրամների կամ նույնիսկ տոննաների:

Իզոտոպները լայնորեն կիրառվում են բժշկության մեջ [3]: Կայուն իզոտոպներով նշված միացությունների առավելությունները, համեմատած դրանց ռադիոակտիվ տեսակների հետ, բազմաթիվ են: Ավելի կարևոր է այն, որ տարբեր կայուն իզոտոպներով նշված մի քանի մոլեկուլներ կարելի է ներարկել միևնույն սուբյեկտին, առանց հետագա հետազոտությունների համար վնասի:

Նյութափոխանակության տեսանկյունից ներերակային ներարկումից կամ արտաքին ընդունումից հետո կայուն իզոտոպներով նշված մոլեկուլները (tracer) չեն տարբերվում հետաքրքրություն ներկայացնող համարժեք չնշված միացություններից (tracee): Միացության նյութափոխանակային վարքը որակապես և քանակապես գնահատվում է՝ չափելով նշված ատոմների հարաբերական տարածվածությունը և/կամ չափելով ժամանակի ընթացքում դրանց նյութափոխանակության հետևանքով առաջացած միացությունները: Նշված միացությունների հայտնաբերվող զանգվածային տարբերությամբ կարելի է մաս-սպեկտրոմետրի կամ գազային քրոմատոգրաֆի մեթոդներով վերլուծության ենթարկել պլազմայից հանած միացությունները:

Կայուն իզոտոպներն օգտագործվում են դեղագործության մեջ՝ տարբեր տիպի դեղամիջոցների ազդեցության չափը կամ տիպը գնահատելու համար: Օգտագործվում են նաև դեղամիջոցների կամ

դեղամիջոց առաքող (դեպի օրգանիզմի կոնկրետ տեղամաս) համակարգերի կենսահասանելիության գնահատման համար:

Կայուն իզոտոպների օգտագործումը լայն կիրառություն է գտել քրեական հետազոտություններում, շնորհիվ իզոտոպային «մատնահետքի», որը համարվում է արժեքավոր ինֆորմացիա: Գոյություն ունեն մի շարք իզոտոպներ, որոնք հատկապես հարմար են կոնկրետ նմուշի հետաքրքրություն ներկայացնող բնութագիրը կազմելու նպատակով իզոտոպային անալիզներ կատարելու համար: Անալիզները ավանդական կերպով կենտրոնանում են այնպիսի տարածված կայուն իզոտոպների հարաբերակցությունները որոշելու վրա, ինչպիսիք են ջրածնի, ածխածնի, ազոտի, թթվածնի և ծծմբի կայուն իզոտոպները, չնայած որ կա նաև այնպիսի հազվադեպ իզոտոպների կիրառության կարիք, ինչպիսիք են կապարի և ստրոնցիումի իզոտոպները: Յուրաքանչյուր տարրից քաղված ինֆորմացիան յուրահատուկ է, և համատեղված մեկնաբանվելու դեպքում մի խումբ տարբեր կայուն իզոտոպների հարաբերակցությունները կարող են տրամադրել նմուշի վերաբերյալ այնպիսի ինֆորմացիա, որը հնարավոր չէ ստանալ որևէ այլ քիմիական նույնականացման մեթոդներ օգտագործելիս:

Կայուն իզոտոպները հետազոտական և կիրառական նպատակներով հնարավոր է օգտագործել միայն այն ժամանակ, երբ իզոտոպային միացություններում դրանք առկա են այնպիսի քանակություններով, որոնք քիչ թե շատ տարբերվում են բնության մեջ գոյություն ունեցող քանակություններից: Այս պատճառով էլ կայուն իզոտոպների անջատումն ու հարստացումը դրանց օգտագործման համար անհրաժեշտ նախապայման է [4]:

Կայուն իզոտոպներ կորզում են բնական տարրերից, իսկ ռադիոակտիվ իզոտոպները հիմնականում ստանում են միջուկային ռեակցիաների օգնությամբ, որոնք իրականացվում են արհեստական եղանակով՝ արագացուցիչների կողմից ստեղծված մեծ էներգիայով մասնիկների փնջերով ազդելով համապատասխան տարրերի վրա:

Պոզիտրոն-էմիսիոն տոմոգրաֆիան (ՊԷՏ) մարդու ներքին օրգանների ռադիոնուկլիդային հետազոտական մեթոդ է՝ հիմնված զույգ γ – քվանտների գրանցման վրա, որոնք առաջանում են պոզիտրոնների՝ օրգանիզմի հյուսվածքների էլեկտրոնների հետ անիգիլացիայի ժամանակ: Իսկ պոզիտրոններն առաջանում են հետազոտության համար օրգանիզմ մտցրած ռադիոնուկլիդի β^+ -տրոհման ժամանակ:

Ստորև ներկայացվում է մի քանի կարևոր կայուն իզոտոպների կիրառությունը բժշկական նպատակներով:

Աղյուսակ

Li, C, O, Mg, Mo, Xe, Te – քիմիական տարրերից բժշկական նպատակով իզոտոպների ստացումը և կիրառման ոլորտները

Քիմիական տարրը	Կայուն իզոտոպները	Կիրառությունները	Տարածվածությունը (ատոմ %)
1	2	3	4
Li	${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$	${}^6\text{Li}$ – Ջերմամիջուկային էներգիայի ստացում: ${}^3\text{H}$ իզոտոպի արտադրություն: ${}^7\text{Li}$ – Բժշկության մեջ օգտագործվում է լիթիումի կարբոնատի հիման վրա հակադեպրեսային դեղամիջոցներ պատրաստելու համար [1]: ${}^7\text{Be}$ իզոտոպի արտադրություն:	${}^6\text{Li}$ – 7.59 ${}^7\text{Li}$ – 92.41
C	${}^{12}\text{C}$, ${}^{13}\text{C}$	${}^{13}\text{C}$ – Օրգանական քիմիային վերաբերող հետազոտություններ, մոլեկուլային կառուցվածքների, նյութափոխանակության, մթերքների նույնականացման, օդի աղտոտման, կլիմայի փոփոխության ուսումնասիրություններ: ${}^{13}\text{N}$ ռադիոիզոտոպի արտադրություն, որն օգտագործվում է ՊԷՏ հետազոտություններում:	${}^{12}\text{C}$ – 98.93 ${}^{13}\text{C}$ – 1.07
O	${}^{16}\text{O}$, ${}^{17}\text{O}$, ${}^{18}\text{O}$	${}^{16}\text{O}$ – Ռադիոակտիվ ${}^{13}\text{N}$ -ի արտադրություն: ${}^{17}\text{O}$ – Հեռանկարային է որպես իզոտոպային ինդիկատոր օգտագործման համար՝ ուղեղի կողմից թթվածնի յուրացման պրոցեսի ուսումնասիրման ժամանակ: ${}^{18}\text{O}$ – Մեծ քանակություններով օգտագործվում է ${}^{18}\text{F}$ -ի արտադրության համար: Ռադիոակտիվ ${}^{18}\text{F}$ –ը օգտագործվում է բժշկության մեջ ուռուցքների տեղայնացման և ոսկրային մետաստազների ախտորոշման համար [2]:	${}^{16}\text{O}$ – 99.757 (16) ${}^{17}\text{O}$ – 0.038 (1) ${}^{18}\text{O}$ – 0.205 (14)

1	2	3	4
Mg	²⁴ Mg, ²⁵ Mg, ²⁶ Mg	²⁴Mg – Նեյտրոնների սպեկտրների չափումներ: ²⁵Mg – ²² Na ռադիոնուկլիդի արտադրություն: Մարդու օրգանիզմում մագնեզիումի կլանման և նյութափոխանակության ուսումնասիրություններ: Սրտային հիվանդությունների ուսումնասիրություններ: Հետազոտություններ միջուկային ֆիզիկայում: ²⁶Mg – ²⁸ Al ռադիոնուկլիդի արտադրություն: Մարդու օրգանիզմում մագնեզիումի կլանման և նյութափոխանակության ուսումնասիրություններ: Սրտային հիվանդությունների ուսումնասիրություններ [3]:	²⁴ Mg - 78.99 (4) ²⁵ Mg - 10.00 (1) ²⁶ Mg - 11.01 (3)
Mo	⁹² Mo, ⁹⁴ Mo ⁹⁵ Mo, ⁹⁶ Mo ⁹⁷ Mo, ⁹⁸ Mo ¹⁰⁰ Mo	⁹⁸Mo – ⁹⁹ Tc ռադիոնուկլիդի արտադրություն: ¹⁰⁰Mo – Կրկնակի β տրոհման ուսումնասիրություններ, ⁹⁹ Tc ռադիոնուկլիդի արտադրություն: ⁹⁹Tc – բշկության մեջ օգտագործվում է օնկոլոգիական հիվանդությունների բուժման նպատակով [4]:	⁹² Mo - 16 ⁹⁴ Mo - 9.0 ⁹⁵ Mo - 16 ⁹⁶ Mo - 17 ⁹⁷ Mo - 9.0 ⁹⁸ Mo - 24.13 ¹⁰⁰ Mo - 9.63
Xe	¹²⁴ Xe, ¹²⁶ Xe, ¹²⁸ Xe, ¹²⁹ Xe, ¹³⁰ Xe, ¹³² Xe, ¹³⁴ Xe	¹²⁴Xe – օգտագործվում է ¹²⁵ I իզոտոպի ստացման համար: ¹²⁵I բշկության մեջ օգտագործվում է օնկոլոգիական հիվանդությունների բուժման նպատակով:	¹²⁴ Xe - 0.096 ¹²⁶ Xe - 0.09 ¹²⁸ Xe - 1.9 ¹²⁹ Xe - 26 ¹³⁰ Xe - 4.1 ¹³¹ Xe - 21 ¹³² Xe - 27 ¹³⁴ Xe - 10 ¹³⁶ Xe - 8.9
Te	¹²⁰ Te, ¹²² Te, ¹²⁴ Te, ¹²⁵ Te, ¹²⁶ Te, ¹²⁸ Te, ¹³⁰ Te	¹³⁰Te – օգտագործվում է ¹³¹ Te իզոտոպի ստացման համար, իսկ վերջինս օգտագործվում է ¹³¹ I իզոտոպի ստացման համար: ¹³¹I օգտագործվում է բշկության մեջ վահանագեղձի ախտորոշման և բուժման նպատակով [5]:	¹²⁰ Te - .089 ¹²² Te - 2.5 ¹²⁴ Te - 4.6 ¹²⁵ Te - 7.6 ¹²⁶ Te - 19 ¹²⁸ Te - 32 ¹³⁰ Te - 34

Ամփոփելով նշենք, որ բշկության մեջ իզոտոպների կիրառության ներկայացված ցանկը կարելի է երկար շարունակել: Այսօր ռադիոնուկլիդային հետազոտության մեթոդները լայնորեն կիրառվում են գիտական և պրակտիկ բշկության բազմաթիվ ուղղություններում, ինչպիսիք են՝ ուռուցքաբանությունը, սրտաբանությունը, նյարդաբանությունը և այլն:

Գրականություն

1. **Martoyan G.A., Kalugin M.M., Gabrielyan A.V., Martoyan H.G.** Prospects of lithium enrichment on ⁷Li isotope by method of controlled ions electro-migration // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 2016. – P. 112.
2. Разделение изотопов биогенных элементов в двухфазных системах / **Б.М. Андреев, Э.П. Магомедбеков и др.** - М.: ИздАТ, 2003. - 376 с.
3. **Бекман И.Н.** Радиационная и ядерная медицина // Радиохимия. - Том 7.- М.: Октопринт, 2012. – С. 315-319.
4. **Jeff W. Eerkens, Jay F. Kunze, Leonard Bond.** Laser Isotope Enrichment for Medical and Industrial Applications // 14th International Conference on Nuclear Engineering ICONE. - 14, July 2006. - 2 p.
5. **Баранова В.Ю.** Изотопы: свойства, получение, применение. – М.: Изд АТ, 2000. - 410 с. 25.09.2017.

Ա.Գ. Մարտյան

О НЕКОТОРЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ

Работа посвящена вопросам применения нескольких стабильных изотопов медицинского и коммерческого назначения. Представлено современное состояние получения и использования этих изотопов.

Ключевые слова: стабильные изотопы, обогащение изотопов, использование в медицине.

H.G. Martoyan

ON SOME DIRECTIONS FOR THE USE OF STABLE ISOTOPES

The work is devoted to the problems of using several stable isotopes for medical and commercial purposes. It is submitted the current state of the obtaining and use of these isotopes.

Keywords: stable isotopes, isotope enrichment, use in medicine.

Մարտոյան Հայկանուշ Գագիկի – մագիստրանտ, ԵՊՀ

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Մինասյան Ս.Ա.	
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՏՆՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ԱՌԱՋԱՏԱՐ, ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԿՈԼԵԿՏԻՎ ԱՆԴԱՄ, «ԳԱԶՊՐՈՄ-ԱՐՄԵՆԻԱ» ՓԲԸ -Ը 20 ՏԱՐԵԿԱՆ Է	345
Ադիլխանյան Հ.Յու.	
ԷՆԵՐԳԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ԶԱՐԳԱՅՈՂ ԵՐԿՐՆԵՐՈՒՄ. ԵՐԿՔԱՅԼ ՔԼԱՍՏԵՐԱՅԻՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ	347
Զախոյան Գ.Ռ., Հակոբյան Ե.Բ.	
ՏԱՐԱԾՔԱՅԻՆ ԶԱՐԳԱՅՄԱՆ ԻՆԴԵՔՍ: ՀՀ ՕՐԻՆԱԿ	355
Մխիթարյան Մ.Թ.	
ՄԻՋԱԶԳԱՅԻՆ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԿՈՂՄԻՑ ՀՀ ՆԵՐԴՐՈՒՄԱՅԻՆ ԴԱՇՏԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ	362
Մանուկյան Հ.Ա.	
ԱՐՏԱԴՐԱԿԱՆ ԼՈԳԻՍՏԻԿԱՅԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԵՎ MMOG/LE ՄԵԹՈԴԸ	367
Մարգարյան Ն.Դ.	
ՄԱՔՍԻՄԱԼ ԷՆՏՐՈՊԻԱՅԻ ԽՆԴՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ԱԼԳՈՐԻԹՄԱԿԱՆ ՄՈՏԵՑՈՒՄ	371
Ավետիսյան Գ.Օ.	
ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐԻՉՆԵՐԻ ԳՈՐԾՈՆԱՅԻՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ՊԱՆԵԼԱՅԻՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ	375
Ներսեսյան Ս.Գ., Ղարիբյան Հ.Պ.	
ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ԴԱՇՏԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ՈՒԺԱՅԻՆ ՅՈՒՂԱՅԻՆ ՏՐԱՆՍՖՈՐՄԱ- ՏՈՐԻ ՓԱԹՈՒՅԹՆԵՐՈՒՄ ԵՐՐՈՐԴ ՍԵՌԻ ԵԶՐԱՅԻՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ԴԵՊՔՈՒՄ	384
Հարությունյան Գ.Վ.	
ՔԱՌԱՐԵՎԵՌԸ ՇՂԹԱՅԱԿԱՆ ՍԽԵՄԱՅՈՎ ՀԱՄԱՐԺԵՔ ՓՈԽԱՐԻՆԵԼՈՒ ՄԱՍԻՆ	387
Առաքելյան Է.Կ., Մինասյան Ս.Ա., Անդրյուշին Կ.Ա.	
ՄԵԾ ՀՁՈՐՈՒԹՅԱՆ ՇՈԳԵԳԱԶԱՅԻՆ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔՆԵՐԻ ՇՈԳԵՏՈՒՐՔԻՆՆԵՐԻ ՎՐԱ ՇԱՐԺԻՉԱՅԻՆ ՌԵԺԻՄԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ	390
Վարդանյան Ռ.Ռ.	
ԼՈՒՅՍԻ ԱՆԴՐԱԴԱՐՁՄԱՆ ՉԱՓԻ ԿԱԽՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱՆԿՄԱՆ ԱՆԿՅԱՆ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆԻՑ	398
Թադևոսյան Հ.Մ., Մանուկյան Պ.Ս., Մանուկյան Ա.Պ., Խաչատրյան Մ.Լ.	
ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՑԱՆՑԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱՊԵՍ ՇԱՀԱՎԵՏ ԼԱՐՄԱՆ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ	401
Գրիգորյան Ա.Մ., Սարգսյան Հ.Զ.	
ՔԱՂԱՔԱՅԻՆ ԲՆԱԿԱՎԱՅՐԵՐԻ ՀԱՏԱԿԱԳԾՄԱՆ ԵՎ ԿԱՌՈՒՑԱՊԱՏՄԱՆ ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏԱՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ, ԻՐԱՎԱԿԱՆ ՆՈՐՄԵՐԻ ՏԵՂԱԿԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՄԱԴՐՈՒՄԸ	407
Աբոյան Ա.Հ., Աղբալյան Ս.Գ.	
ԴԻԷԼԵԿՏՐՈՒԿՆԵՐԻ ԲԵՎԵՌԱՅՄԱՆ ԵՎ ՊԱՐԱՄԱԳՆԻՄՆԵՐԻ ՄԱԳՆԻՍԱՅՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՅԻ ՄԻ ՔԱՆԻ ՀԱՐՑԵՐ	410
Աշխյանց Է.Պ., Ավագյան Ա.Լ., Ասատրյան Մ.Ռ.	
"ԲՈՒՆԱԿՆ -100" ՄԱԿՆԻՇԻ ՀԻԴՐՈՔԱՐԱՆԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ	417
Ավայան Ա.Ա., Գալստյան Լ.Ռ.	
α-ԱՐՈՒՅՐՆԵՐԻ ԵՎ ՊԵՐՄԱԼՈՅՆԵՐԻ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ԱՆՈՄԱԼՈՒԹՅԱՆ ՊԱՏՃԱՌՆԵՐԸ	421
Գևորգյան Ա.Վ.	
ԳԼՈՐՄԱՆ ԱՌԱՆՑՔԱԿԱԼՆԵՐՈՎ ԿՈՇՏ ԻՐԱՆՈՒՄ ՏԵՂԱԿԱՅՎԱԾ ՊՏՏՎՈՂ ՌՈՏՈՐԻ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԸ	426

Գալստյան Լ.Զ. Երկաթաթուղիների փոխադարձության խնդիրը, համարակարգումը Եվ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ	431
Հովհաննիսյան Հ.Ա. ԿՏՐՄԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՖԻՆԱՆՍԱՆ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ՎՐԱ, ԿՈՌԻՊԿԱՎԱՅՈՒՆ 12X18H9T ՆՅՈՒԹԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ	436
Ավետիսյան Վ.Մ., Հովհաննիսյան Գ.Ա. ՖՈՒՆԿՑԻՈՆԱԼ ՆՇԱՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՀՐՈՒՇԱԿԱՎՈՐՎԱԾ ՄՐԳԵՐԻ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱՆ ԵՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆ	440
Կազումյան Կ.Ն., Մկրտչյան Վ.Վ. ՎԱՐԴԱԳՈՒՅՆ ԽԱՂՈՒՆ ԳԻՆՈՒ ԳԻՆԵՆՅՈՒԹԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆ ԸՍՏ ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ԹԹՈՒՆՆԵՐԻ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ	444
Ավետիսյան Ա.Զ. ԿՈՇԻԿԻ ՎԵՐՆԱՄԱՍԻ ՆԱԽԱՊԱՏՐԱՍՏՎԱԾՔԻ ԽՈՆԱՎԱՅՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՅԻ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ ԴՐԱ ԶԵՎԻ ԽՈՆԱՎԱՋԵՐՄԱՅԻՆ ՍԵՎԵՌՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ	448
Սիմոնյան Ս.Հ., Մելիքյան Ա.Վ. ՄԻԼՎԵՍՏՐԻ ՏԻՊԻ $A(t) \cdot X(t) \pm X(t) \cdot B(t) = C(t)$ ՄԻԱՊԱՐԱՄԵՏՐԱԿԱՆ ՄԱՏՐԻՑԱՅԻՆ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ	452
Բունիաթյան Վ.Վ., Դավթյան Ա.Ա., Բեգոյան Լ.Կ. ՖԵՌՈՒԼԵԿՏՐԻԿ ՆԱՆՈԹԱՂԱՆԹԻ ԶԳԱՅՆՈՒԹՅՈՒՆԸ ԶՐԱԾՆԻ ՊԵՐՕՔՍԻԴԻ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ	460
Հարությունյան Մ.Ե., Ավետիսյան Վ.Կ. ԳԻՏԵԼԻՔՆԵՐԻ ՍՏՈՒԳՄԱՆ ԹԵՍԵՐԻ ՈՐԱԿԻ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳ	466
Այվազյան Գ.Ե., Այվազյան Կ.Գ., Կատկով Մ.Վ., Լեբեդև Մ.Ս. ՍԵՎ ՍԻԼԻՑԻՈՒՄԻՑ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԻ ՊԱՍԻՎԱՅՈՒՄԸ ԱՏՈՄԱՇԵՐՏԱՅԻՆ ՆԱՏԵՑՄԱՄԲ ԲԱՐԱԿ ԹԱՂԱՆԹՆԵՐՈՎ	474
Գևորգյան Հ.Մ. ՊՂՆՁԱՄՈԼԻԲԻՆԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՔԱՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ԶԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ՆՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ՄՈԴԵԼ.....	478
Թագվորյան Է.Ս. ԳԵՏՆԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱՆՏԵՆԱՆԵՐԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՎՐԱ ԲԱՑ ՓՈՐՁԱԴԱՇՅԵՐՈՒՄ	482
Գրիգորյան Ա.Հ. ԿԻԲԵՌՆԱՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՈԼՈՐՏՈՒՄ ՆԵՐԴՐՈՒՄՆԵՐԻ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ ՌԵԱԼ ՕՊՅԻՈՆՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՄԻՋՈՑՈՎ	484
Աղաբեկյան Դ.Վ. ԱՐԵՎԻՆ ԵՐԿԱՌԱՆՅՔ ՀԵՏԵՎՈՂ ԼՈՒՍԱԶԳԱՅՈՒՆ ՏՎԻՉ	488
Մարտոյան Հ.Գ. ԿԱՅՈՒՆ ԻՋՈՏՈՂՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ՈՐՈՇ ՈՒՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ	491

СОДЕРЖАНИЕ

Минасян С.А. ЛИДЕРУ АРМЯНСКОЙ ЭКОНОМИКИ, КОЛЛЕКТИВНОМУ ЧЛЕНУ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ, ЗАО “ГАЗПРОМ-АРМЕНИЯ” – 20 ЛЕТ	345
Адилханян А.Ю. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАНАХ: ДВУХШАГОВЫЙ КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ	347
Чахоян Г.Р., Акопян Е.Б. ИНДЕКС ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ	355
Мхитарян М.Т. АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОЛЯ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ РЯДОМ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ	362
Манукян А.А. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЛОГИСТИКИ И МЕТОД ММОГ / LE	367
Маргарян Н.Д. АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНТРОПИИ	371
Аветисян Г.О. ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАНЕЛЬНЫХ ДАННЫХ	375
Нерсисян С.Г., Карибян А.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ОБМОТКАХ МАСЛЯНОГО СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ТРЕТЬЕГО РОДА	384
Арутюнян Г.В. ОБ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ЗАМЕНЕ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА ЦЕПНОЙ СХЕМОЙ	387
Аракелян Э.К., Минасян С.А., Андрияшин К.А. ПРИМЕНЕНИЕ МОТОРНОГО РЕЖИМА НА ПАРОВЫХ ТУРБИНАХ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ	390
Варданян Р.Р. ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ОТРАЖЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА ОТ УГЛА ПАДЕНИЯ	398
Тадевосян Г.М., Манукян П.С., Манукян А.П., Хачатрян М.Л. ВЫБОР ЭКОНОМИЧЕСКИ ВЫГОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	401
Григорян А.М., Саркисян О.З. СОПОСТАВЛЕНИЕ ПРАВОВЫХ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРОДСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ И АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАСТРОЕК С МЕСТНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ	407
Абоян А.О., Агбалаян С.Г. НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЦЕССА ПОЛЯРИЗАЦИИ ДИЭЛЕКТРИКОВ И НАМАГНИЧИВАНИЯ ПАРАМАГНЕТИКОВ	410
Ащиянц Э.П., Авакян А.Л., Асатрян М.Р. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГИДРОТАРАНА МАРКИ "БУНАКН-100"	417
Алаян А.А., Галстян Л.Р. О ПРИЧИНАХ АНОМАЛЬНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ α -ЛАТУНЕЙ И ПЕРМАЛЛОЕВ	421
Геворкян А.В. КОЛЕБАНИЯ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ РОТОРА НА ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ В ЖЕСТКО УСТАНОВЛЕННОМ КОРПУСЕ	426
Галстян Л.З. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗОХРОМИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ СТАЛЕЙ, ИХ СТРУКТУРА И СВОЙСТВА	431

Оганесян О.А. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РЕЗАНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ СТАЛИ МАРКИ 12Х18Х9Т	436
Аветисян В.М., Оганесян Г.А. ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНДИРОВАННЫХ ФРУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	440
Казумян К.Н., Мкртчян В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВИНМАТЕРИАЛА РОЗОВОГО ИГРИСТОГО ВИНА ПО СОДЕРЖАНИЮ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ	444
Аветисян А.З. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УВЛАЖНЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ВЕРХА ОБУВИ ПРИ ВЛАЖНО- ТЕПЛОВОЙ ФИКСАЦИИ ЕЕ ФОРМЫ	448
Симонян С.О., Меликян А.В. К РЕШЕНИЮ ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МАТРИЧНЫХ УРАВНЕНИЙ ТИПА СИЛЬВЕСТРА $A(t) \cdot X(t) \pm X(t) \cdot B(t) = C(t)$	452
Бунятян В.В., Давтян А.А., Бегоян Л.К. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ФЕРРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАНОПЛЕНКИ В СРЕДЕ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА	460
Арутюнян М.Е., Аветисян В.К. ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕСТОВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ	466
Айвазян Г.Е., Айвазян К.Г., Катков М.В., Лебедев М.С. ПАССИВАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЧЕРНОГО КРЕМНИЯ ТОНКИМИ ПЛЕНКАМИ АТОМНО- СЛОЕВОГО ОСАЖДЕНИЯ	474
Геворгян Э.М. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МЕДНО-МОЛИБ- ДЕНОВОЙ РУДЫ	478
Тагворян Э.С. ВЛИЯНИЕ ЗЕМЛИ НА ПАРАМЕТРЫ АНТЕНН В ОТКРЫТЫХ ПОЛИГОНАХ	482
Григорян А.Г. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИЙ В СФЕРЕ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ РЕАЛЬНЫХ ОПЦИОНОВ	484
Агабекян Д.В. СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ ДВУОСНОГО СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ	488
Мартоян А.Г. О НЕКОТОРЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ	491

CONTENTS

Minasyan S.A. LEADER OF ARMENIAN ECONOMY, COLLECTIVE MEMBER OF ENGINEERING ACADEMY OF ARMENIA, CJSC "GAZPROM-ARMENIA" IS 20	345
Adilkhanyan H.Yu. ENERGY EFFICIENCY IN EMERGING MARKETS AND DEVELOPING COUNTRIES: A TWO- STEP CLUSTER ANALYSIS	347
Chakhoyan G.R., Hakobyan Ye.B. TERRITORIAL DEVELOPMENT INDEX: CASE STUDY OF THE REPUBLIC OF ARMENIA	355
Mkhitaryan M.T. THE INVESTMENT FIELD ANALYSIS OF THE REPUBLIC OF ARMENIA BY INTERNATIONAL ORGANIZATIONS	362
Manukyan H.A. EVALUATION OF EFFICIENCY OF PRODUCTION LOGISTICS AND MMOG / LE METHOD	367
Margaryan N.D. AN ALGORITHMIC APPROACH TO SOLVING THE MAXIMUM ENTROPY PROBLEM	371
Avetisyan G.O. FACTOR ANALYSIS OF THE COMPONENTS OF GOVERNANCE SYSTEM WITH THE USE OF PANEL DATA	375
Nersesyan S.G., Gharibyan H.P. THE EXPLORATION OF OIL POWER TRANSFORMER WINDING TEMPERATURE FIELD IN THE THIRD FRONTIER TYPE	384
Harutyunyan G.V. ABOUT EQUIVALENT REPLACEMENT OF A FOUR - TERMINAL NETWORK BY A LADDER CIRCUIT	387
Arakelyan E.K., Minasyan S.A., Andryushin K.A. APPLICATION OF MOTOR MODE ON STEAM TURBINES OF HIGH POWER COMBINED- CYCLE PLANTS	390
Vardanyan R.R. THE DEPENDENCE OF LIGHT REFLECTANCE RATE FROM THE INCIDENCE ANGLE	398
Tadevosyan H.M., Manukyan P.S., Manukyan A.P., Khachatryan M.L. SELECTION OF ECONOMICALLY SOUND ELECTRICAL NETWORK VOLTAGE	401
Grigoryan A.M., Sargsyan H.Z. COMPARISON OF LEGAL STANDARDS OF DESIGNING URBAN SETTLEMENTS AND ARCHITECTURAL-CONSTRUCTION BUILDINGS WITH LOCAL PECULIARITIES	407
Aboyan A.H., Aghbalyan S.G. SOME ISSUES OF THE POLARIZATION PROCESS OF DIELECTRICS AND MAGNETIZATION OF PARAMAGNETICS	410
Ashchiyants E.P., Avagyan A.L., Asatryan M.R. EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF WORK OF HYDRAULIC RAM "BUNAKN-100"	417
Alayan A.A., Galstyan L.R. ABOUT THE CAUSES OF ANOMALY OF MECHANICAL PROPERTIES' CHANGING OF α -BRASS AND PERMALLOYS	421
Gevorgyan A.V. VIBRATIONS OF A ROTATING ROTOR ON ROLLING BEARINGS INSTALLING IN CASE	426
Galstyan L.Z. THE TECHNOLOGY, STRUCTURE AND PROPERTIES OF OBTAINING IRON-CHROMIUM POWDERS	431

Hovhannisyan H.A. INFLUENCE OF CUTTING CONDITIONS ON TEMPERATURE FORMED IN MILLING OPERATION OF CORROSION-RESISTANT STEEL OF 12X1 8H9T GRADE	436
Avetisyan V.M., Hovhannisyan G.A. FUNCTION OF SUGARED FRUITS' PRODUCTION TECHNIQUES AND TECHNOLOGY	440
Kazumyan K.N., Mkrtchyan V.V. RESEARCH OF WINE MATERIAL OF ROSE SPARKLING WINE ACCORDING TO THE CONTENT OF ORGANIC ACIDS	444
Avetisyan A.Z. MODELING OF THE SHOE UPPER HUMIDIFICATION PROCESS DURING THE HEAT-WET FIXATION OF ITS FORM	448
Simonyan S.H., Melikyan A.V. ABOUT SOLVING SYLVESTER TYPE $A(t) \cdot X(t) \pm X(t) \cdot B(t) = C(t)$ ONE-PARAMETRIC MATRIX EQUATIONS	452
Buniatyan V.V., Davtyan A.A., Begoyan L.K. THE SENSITIVITY OF FERROELECTRIC NANO-FILMS IN THE ENVIRONMENT OF HYDROGEN PEROXIDE	460
Haroutunian M.Ye., Avetisyan V.K. THE KNOWLEDGE TESTS' QUALITY EVALUATION SOFTWARE SYSTEM	466
Ayvazyan G.Ye., Ayvazyan K.G., Katkov M.V., Lebedev M.S. BLACK SILICON SURFACE PASSIVATION WITH ATOMIC LAYER DEPOSITED THIN FILMS	474
Gevorgyan H.M. SIMULATION MODEL FOR FORMING CHARACTERISTICS OF COPPER-MOLYBDENUM ORE	478
Tagvoryan E.S. EFFECT OF THE EARTH ON THE ANTENNAS' PARAMETERS IN OPEN POLYGONS	482
Grigoryan A.H. MODELING OF INVESTMENTS IN CYBERSECURITY THROUGH THE USE OF REAL OPTIONS ..	484
Aghabekyan D.V. A LIGHT-SENSITIVE SENSOR FOR THE SUN TWO-AXIS TRACKING	488
Martoyan H.G. ON SOME DIRECTIONS FOR THE USE OF STABLE ISOTOPES	491

Հոդվածներին ներկայացվող պահանջները

Հոդվածները կարելի է ներկայացնել հայերենով, ռուսերենով և անգլերենով: Տեքստի տառատեսակը հայերենը՝ **Sylfaen** (տառաչափը 10), ռուսերենը և անգլերենը՝ **Times New Roman** (տառաչափը 11), տողերի հեռավորությունը՝ 1, էջի ֆորմատը՝ **A4 (210x297 մմ)**, աշխատանքային դաշտը՝ **165x252 մմ**, լուսանցքները՝ ձախից՝ **25 մմ**, վերևից՝ **20 մմ**, աջից՝ **20 մմ**, ներքևից՝ **25 մմ**:

1-ին էջի վերին տողում գլխատառերով և սովորապատված, հոդվածի տեքստի լեզվով նշվում են՝ միջազգային դասիչը, հանդեսի լրիվ անվանումը, հապավումը (փակագծերում), տարեթիվը, հատորը և համարը (ամբողջ տողը՝ հաստ **(bold)** 9 տառաչափով): Մեկ տող ներքև, ձախ անկյունում տրվում է **ՀՏԴ**-ն (**ՕՂԵ**)՝ ըստ ընդունված ստանդարտի, առնվազն վեցանիշ թվով, իսկ աջ անկյունում՝ հոդվածի բաժինը՝ գլխատառերով (ամբողջ տողը՝ **bold**, 11 տառաչափով):

Մեկ տող ներքև, տողի մեջտեղում տրվում են հեղինակի(ների) **Ա.Հ. Ազգաբնույթ(ներ)** (փոքրատառ, **bold**, 11 տառաչափով): Երկու տող ներքև, տողի մեջտեղում տրվում է հոդվածի վերնագիրը (գլխատառերով, **bold**, 12 տառաչափով), իսկ 2 տող ներքև, հոդվածի տեքստի լեզվով՝ համառոտագիրը (**à l'î ò ò ò ò ò**), 5 հատ առանցքային բառերով (բոլորը՝ մինչև 8 տող ծավալով, շեղատառերով (*Italic*), 10 տառաչափով): Համառոտագրից 2 տող ներքև: Պարբերությունները սկսվում են նոր տողից՝ 10 մմ ներսից:

Նկարները և աղյուսակները տեղադրվում են տեքստում այդ մասին նշում կատարելուց հետո, նույն կամ հաջորդ էջում և ունեն միջանցիկ համարակալում: Նկարի գրաֆիկական դաշտը հնարավորին չափ անհրաժեշտ է բեռնաթափել ավելորդ նշանակումներից և բացատրություններից, որոնք տեղափոխվում են նկարատակ արտահայտություն (*Italic*, 9 տառաչափով): Կտորդինատային առանցքների վրա պարտադիր է հԼ համակարգով ընդունված՝ մեծությունների չափողականությունների ներկայացումը (բացի տեսական կորեր կամ հարաբերական մեծություններ պարունակող գրաֆիկական նյութերից):

Աղյուսակները պետք է ունենան վերնագրային բացատրություններ և համարակալում, որոնք տրվում են *Italic*, 9 տառաչափով, իսկ աղյուսակի գլխամասի սյունակները՝ մեծությունների չափողականություններով: **Աղյուսակի թվային տվյալները չպետք է կրկնեն հոդվածի գրաֆիկական նյութերը:** Աղյուսակի մի հատվածը հաջորդ էջ տեղափոխելու դեպքում պարտադիր է պնդակների համարակալումը, որը կրկնվում է տեղափոխված աղյուսակի հատվածի գլխամասում: Հաջորդ էջը կամ ներքև տեղափոխված աղյուսակի հատվածի վրա նշվում է՝ ... *Աղյ. ... - ի շարունակությունը...* (*Italic*, 9 տառաչափով):

Բոլոր տեղերում (համառոտագիր, տեքստ, նկար, աղյուսակ) չափողականությունները տրվում են *Italic*, 10 տառաչափով:

Բանաձևերը և մաթեմատիկական արտահայտությունները տրվում են *Microsoft Equation, Italic, 11 տառաչափով*: Բանաձևերը ներկայացվում են առանձին տողով և մեջտեղում, իսկ հիմնականները նաև համարակալվում են նույն էջի աջ անկյունում՝ փակագծերի մեջ: Ցանկալի է բանաձևերում կոտորակային արտահայտությունները ձևավորել a/b կամ ab^{-1} տիպի սիմվոլներով:

Հոդվածում օգտագործված գրական աղբյուրները, ըստ օգտագործման հերթականության, պետք է ունենան միջանցիկ համարակալում և տեքստում նշվեն՝ [1], [2],... տեսքով:

Հոդվածի վերջնամասից երկու տող ներքև, մեջտեղում նշվում է **Գրականություն** արտահայտությունը (փոքրատառ, **bold**, 11 տառաչափով) և ըստ ընդունված ստանդարտի, 10 տառաչափով տրվում է գրականության ցանկը, որում հեղինակի(ների) **Ազգաբնույթ Ա.Հ.-ն** կամ **առաջին բառը** ձևավորվում է **bold**, 10 տառաչափով: Ցանկալի է գրականության ցանկում ընդգրկել 6-8 անվանումից ոչ ավելի արդի հրատարակումներ:

Մեկ տող ներքև տրվում են հոդվածի ներկայացման ամսաթիվը և տարեթիվը:

Տեքստի վերջում, երկու տող ներքև հոդվածի տեքստի հետ չհամընկնող երկու այլ լեզուներով նույն ձևով կրկնվում է հոդվածի գլխամասը՝ հեղինակի(ների) **Ա.Հ. Ազգաբնույթ, հոդվածի վերնագիրը** և համառոտագիրը:

Մեկ տող ներքև տրվում են հոդվածի հեղինակի(ների) **Ազգաբնույթ(ներ), Անուն, Հայրանուն**, գիտ, աստիճանը, գիտ. կոչումը, կազմակերպության համառոտ անվանումը (փակագծերում) և հեռախոսների համարները:

Հոդվածը պարտադիր գրախոսվում և ներկայացվում է բնագավառի հայտնի մասնագետի կողմից, որը ձևակերպվում է խմբագրության մշակված ձևաթղթի համաձայն:

Հոդվածի ընդհանուր ծավալը չպետք է գերազանցի 8 էջը: Ժողովածուի ձևավորումը և հավաքումը հեշտացնելու նպատակով հեղինակներին առաջարկվում է լրիվ օգտագործել հոդվածի վերջին էջի դաշտը:

Վերոհիշյալ պահանջները բավարարելուց հետո հոդվածը՝ A4 ֆորմատի վրա, տպված 2 օրինակով և գրված 3.5 ֆորմատի սկավառակով ներկայացվում է Ժողովածուի պատասխանատու քարտուղարին: Հոդվածի վերջնական խմբագրումը հեշտացնելու նպատակով առաջարկվում է ներկայացվող օրինակներից մեկի տեքստը տպագրել 12 տառաչափով և տողերի 1.5 հեռավորությամբ:

Խմբագրական խորհուրդն իրավունք ունի պահպանել տեքստի փոփոխության ընդունված նորմերը, կրճատել պարզունակ, կրկնվող և հանրահայտ նյութերը և վերջնական խմբագրել հոդվածները: Խորհրդի կողմից հրատարակման չնրաշխարհելու դեպքում հոդվածի մեկ օրինակը մնում է խմբագրությունում:

Խմբագրական խորհուրդ

Правила представления статей

Статьи представляют на армянском, русском и английском языках. Шрифты: армянский – **Sylfaen** (размер 10), русский и английский – **Times New Roman** (размер 11) межстрочный интервал – 1; формат страницы – А4, рабочее поле - 165×252 мм; поля слева – 25 мм, сверху – 20 мм, справа – 20 мм, снизу – 25 мм.

В верхней строке 1 – го листа в левом углу указывают **УДК** согласно стандарту (минимум 6 цифр), а в правом – раздел сборника заглавными буквами (вся строка – **bold**, размер 11). Строкой ниже, в середине, указывается **И.О. Фамилия** автор(ов) (строчными буквами, **bold**, размер 11). На две строки ниже – в середине, заглавными буквами название статьи (**bold**, размер 12), еще на две строки ниже – **аннотация** на языке статьи с **ключевыми словами** (размер 10, *Italic*). Через две строки дается основной текст статьи. Новая строка дается отступом – 10 мм.

Формулы и математические выражения оформляются в *Microsoft Equation, Italic*, размер 11. Формулы представляют на отдельной строке, в середине, а при необходимости – нумеруют в правом углу той же строки, в скобках. Дробные выражения рекомендуется оформить в виде a/b или ab^{-1} и использовать символ exp.

Литературные источники в тексте указываются после статьи и представляются в сквозной последовательности: [1],[2],

На одну строку ниже дается дата представления статьи.

Далее приводятся аннотации на двух языках, не совпадающих с языком текста.

На одну строку ниже даются: **Фамилия, Имя, Отчество** автора(ов), уч. степень, звание, сокращенное название организации, где работает автор, № телефона.

Статья обязательно рецензируется известным специалистом или научным работником данной области и представляется на рассмотрение редакционного совета сборника. Общий объем статьи не должен превышать 8 стр.

Статью, напечатанную на формате А4, в 2 экземплярах, а также на диске формата 3,5, представляют ответственному секретарю сборника. Для облегчения процесса окончательного редактирования рекомендуется один экземпляр статьи напечатать размером шрифта 12 и межстрочным интервалом 1,5.

Редакционный совет имеет право производить окончательное редактирование.

В случае отказа в опубликовании один экземпляр статьи остается в редакции.

Редакционный совет

Rules for presenting articles

The articles can be presented in Armenian, Russian and English. The fonts are for Armenian – **Sylfaen** (font size 10), Russian and English – **Times New Roman** (font size 11); spacing – 1; page format – A4, working field - 166×252 mm; the margins: left – 25 mm, top 20 mm, right – 2 mm, bottom 25 mm.

In the above line of the first page on the left angle **UDC** must be written, according to the standard (minimum 6 digits), on the right angle – the section of the collection with capital letters (the whole line in **bold typeface** size 11).

With a line below in the middle of the page – **Name, Patronymic, Surname** of the author(s) with small letters in **bold typeface** (size 11).

Two lines below, in the centre of the page with capital letters – the title of the article (**bold typeface**, size 12) and two lines below – the abstract in the language of the article with **keywords** (size 10, *Italic*).

Two lines below the main text of the article is given. The new line is given with indentation – 10 mm..

The formulas and mathematical expressions have the form of *Microsoft Equation, Italic*, size 11.

The formulas are submitted on a separate line, and, if necessary, they must be numbered on the right angle of the same line, in brackets. The fractions are recommended in the form a/b or ab^{-1} and the symbol exp must be used.

The references in the text are written after the article and submitted sequentially [1],[2]...

One line below the date of submitting the article is given.

Afterwards the abstracts in two languages not coinciding with the language of the text.

One line below are written: **Surname, Name, Patronymic** of the author(s), scientific degree, title,, the name of the organization in short, the working place of the author, the phone number.

The article should be reviewed by a well known specialist or scientific worker in the given field and submitted for examining to the editorial board of the collection. The total volume of the article must not exceed 8 pages.

The article must be typed by format A4, in two copies, as well as on a disk in format 3,5 and submitted to the executive secretary of the collection. To facilitate the process of final editing, it is recommended to type one copy with typeface 12 and in-between spacing 1,5.

The editorial board has the right to make the final editing.

In case of rejection to publish one copy of the article must be kept in the editorial office.

Editorial board

Համարի թողարկման պատասխանատու
տ.գ.թ., դոց. **Ռ.Ն. Բարսեղյան**

Բաժինների պատասխանատուներ՝

Էկոնոմիկա և կառավարում՝ տնտ.դ., պրոֆ. **Ա. Գյուրջյան**, տ.գ.դ., պրոֆ. **Ս. Սիմոնյան**
Էլեկտրատեխնիկա և սարքաշինություն՝ տ.գ.դ., պրոֆ. **Ա. Վարդանյան**
Էներգետիկա՝ տ.գ.դ., պրոֆ. **Ս. Մինասյան**
Լեռնահանքային արդյունաբերություն՝ երկ.գ.թ. **Հ. Ալոյան**
Ճարտարապետություն, քաղաքաշինություն և շինարարություն՝ ճարտ.դ., պրոֆ. **Յու. Սաֆարյան**
Մեքենաշինություն և մետալուրգիա՝ տ.գ.դ., պրոֆ. **Մ. Ստակյան**, տ.գ.դ., պրոֆ. **Ս. Աղբալյան**
Սննդի և թեթև արդյունաբերության տեխնոլոգիա՝ տ.գ.դ. **Վ. Գաբզիմալյան**
Ինֆորմատիկա, էլեկտրոնիկա և գիտական սարքաշինություն՝ տ.գ.դ., պրոֆ. **Ա. Առաքելյան**,
տ.գ.դ., պրոֆ. **Ռ. Վարդանյան**
Քիմիական, կենսաբանական և բնապահպանական տեխնոլոգիաներ՝ բ.գ.դ., պրոֆ. **Գ. Թորոսյան**
Ռազմաճարտարագիտական հիմնահարցեր և կոլեկտիվ անվտանգության քաղաքական
հայեցակարգեր՝ տ.գ.թ. **Ն. Թորոսյան**

Ответственные по секциям:

Экономика и управление – д.экон.н., проф. **А. Гюрджян**, д.т.н., проф. **С. Симонян**
Электротехника и приборостроение – д.т.н., проф. **А. Варданян**
Энергетика – д.т.н., проф. **С. Минасян**
Горнорудная промышленность – к.геол.наук **Г. Алоян**
Архитектура, градостроительство и строительство – д.архит., проф. **Ю. Сафарян**
Машиностроение и металлургия – д.т.н., проф. **М. Стакян**, д.т.н., проф. **С. Агбальян**
Технология пищевой и легкой промышленности – д.т.н. **В. Габзимальян**
Информатика, электроника и научное приборостроение – д.т.н., проф. **А. Аракелян**,
д.т.н., проф. **Р. Варданян**
Химическая, биологическая и природоохранная технологии – д.хим.н., проф. **Г. Торосян**
Военно-инженерные проблемы и политические аспекты коллективной безопасности – к.т.н. **Н. Торосян**

Responsibles for sections:

Economics and Management – doctor of econ. sci., prof. **A. Gyurjyan**, doctor of tech. sci., prof. **S. Simonyan**
Electrotechnology and Instrumentation – doctor of tech. sci., prof. **A. Vardanyan**
Energetics – doctor of tech. sci., prof. **S. Minasyan**
Mining-Ore Industry – cand. of geol. sci. **H. Aloyan**
Architecture, Civil Engineering and Construction – doctor of architecture, prof. **Yu. Safaryan**
Mechanical Engineering and Metallurgy – doctor of tech. sci., prof. **M. Stakyan**,
doctor of tech. sci., prof. **S. Aghbalyan**
Technology of Food and Light Industry – doctor of tech. sci. **V. Gabzimalyan**
Information Systems, Electronics and Scientific Instrumentation – doctor of tech. sci., prof. **A. Arakelyan**,
doctor of tech. sci., prof. **R. Vardanyan**
Chemical, Biological and Nature Protection Technologies – doctor of chem. sci., prof. **G. Torosyan**
Military-Engineering Problems and Political Aspects of Collective Security – candidate of tech. sci. **N. Torosyan**

Հրատարակչական գործունեություն իրականացնող
Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիա

Հ/Կ

Վկայական 03Ա 083738 / 15.12.08 /
Երևան, Տերյան 105
հեռ (010) 564 207
E-mail: lraber@academy.am
Տպաքանակ՝ 110
Տպագրված է



հրատարակչությունում

Ամսագիրը վաճառքի ենթակա չէ

Խմբագիրներ՝ **Ժ.Ս. Սեյրանյան**
Ն.Ա. Խաչատրյան
Ն.Հ. Զաքարյան

Համակարգչային ձևավորումը՝

Լ.Բ. Մարտիրոսյան
Ա.Ա. Ամիրյան

Редакторы – **Ж.С. Сейранян**
Н.А. Хачатрян
Н.А. Закарян
Компьютерное оформление – **Л.Б. Мартиросян**
А.А. Амирян

Editors – **Zh.S. Seyranyan**
N.A. Khachatryan
N.H. Zakaryan

Computer design – **L.B. Martirosyan**
A.A. Amiryan