

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

№ 2

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. ԳՈՒՍԵՎ (ՌԴ), ճարտ. դ. Գ. ԴԻԲԱՆ (ՍԱՀ), տ.գ.դ., պրոֆ. Ն. ԵՖԻՄՈՎ (ՌԴ), 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. ՀԼԱՎԻՆԵԿ (Չեխիա), ֆ.մ.գ.դ., պրոֆ. Ա. ՂՈՒԿԱՍՅԱՆ (ՀՀ), տ.գ.թ. Ի. ՄԱՀՐԻԿՈՎԱ (Սլովենիա), պրոֆ. Հ. ՄԱՐԳՈՒԼՈՎ (ՌԴ), 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 (ՌԴ), 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)

СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА

Рассматриваются основные вопросы оценки деятельности профессорско-преподавательского состава (ППС) вузов по сферам деятельности. Приводится процедура создания системы показателей оценки эффективности работы ППС по основным критериям оценки. Описаны характерные черты системы оценки деятельности ППС и информационная схема сбора данных по деятельности ППС.

Ключевые слова: оценка деятельности, преподавательский состав, показатели оценки, рейтинг.

Введение. Современные тенденции развития производительности человеческих ресурсов привели к разработке системы оценки эффективности работы служащих компаний и предприятий [1].

Как различные компании, так и высшие образовательные учреждения стремятся к созданию полноценной системы оценки труда работников.

При оценке качества образовательного учреждения и аккредитации одним из ключевых элементов оценки является оценка деятельности ППС. Для проведения оценки необходимо разработать основные показатели оценки научно-педагогической деятельности преподавательского состава, которые вместе составят единую систему по оценке эффективности деятельности ППС, в результате чего формируется рейтинг ППС.

Рейтинг - понятие, характеризующее соотносительные значимость, место, вес, позицию данного объекта по сравнению с другими объектами этого класса (типа) [2].

Актуальность создания системы оценки эффективности деятельности кадров в вузах обусловлена тенденциями реформирования в образовательной системе и стремлением к повышению эффективности деятельности ППС.

Разработка системы оценки эффективности работы ППС нацелена не только на оценку данной деятельности, но и на создание системы мотивации наилучших кадров и дифференцирования системы оплаты ППС. Создание системы материального стимулирования кадров на основе оценки деятельности ППС положительно повлияет на повышение эффективности работы как каждого преподавателя, так и всей преподавательской деятельности университета.

При разработке системы оценки ППС надо иметь в виду, что она должна быть простой и функциональной.

Основные виды оценки деятельности ППС. Научно-преподавательская деятельность ППС в основном оценивается:

- студентами (анкетирование студентов);
- руководителем (заведующим кафедрой);
- посредством прослушивания занятий внутренними или внешними аудиторами.

В качестве вида оценивания также применима оценка общей деятельности ППС посредством критериев и показателей оценки преподавательской, научной, управленческой и иной деятельности ППС.

Оценку производительности деятельности ППС можно условно разделить на две группы:

- ❖ субъективная (качественная) оценка;
- ❖ объективная (количественная) оценка.

Для создания комплексной системы оценки деятельности ППС вуза необходимо изучить наилучший опыт передовых вузов в данной сфере, создать нормативно-методическую основу по данной деятельности, разработать систему оценки деятельности ППС.

Этапы разработки и внедрения системы оценки ППС. Для разработки системы оценки деятельности ППС первоначально необходимо определить цель разработки данной системы и ожидаемые результаты от внедрения системы. Формулировка цели должна быть максимально конкретной и реализуемой данным вузом.

После этого необходимо определить перечень показателей, которые должны полностью охарактеризовать каждый из вышеприведенных видов деятельности.

Для разработки данной системы необходимо:

- определить перечень критериев оценки по виду деятельности;
- представить структуру показателей и определить весомость каждого показателя;
- для каждого показателя привести формулы расчета (при необходимости);
- систематизировать все показатели в единую систему показателей;
- определить источники сбора данных;
- определить информационные технологии по проведению расчета и анализа данных или разработать собственное приложение.

Для определения перечня показателей необходимо разделить деятельность профессорско-преподавательского состава на основные части. В структуру показателей входят следующие основные виды деятельности ППС:

- учебная деятельность;
- учебно-методическая деятельность;
- научно-исследовательская деятельность;
- управленческая деятельность;
- международная деятельность;
- общественная деятельность и т.д.

Деятельность ППС будет оцениваться по следующим категориям:

- преподаватели, не имеющие ученой степени;
- преподаватели, имеющие ученое звание доцента и степень кандидата наук;
- преподаватели, имеющие ученое звание профессора и степень доктора наук;
- преподаватели, занимающиеся управленческой деятельностью (заведующий кафедрой, декан, проректор и т.д.).

В перечень показателей можно ввести показатели удовлетворенности студентов качеством преподавания данного преподавателя.

Для управляющих сотрудников можно ввести показатели удовлетворенности сотрудников работой руководителя.

Для определения весомости каждого из показателей необходимо наименее значимой группе показателей производительности приписать наименьшее значение. Каждый сформулированный показатель должен быть реально достижимым, а значение весомости приводится для каждой группы преподавателей (по ученой степени и званию).

Весомость каждого показателя необходимо расставлять по мере важности данного показателя. Более субъективные или плохо измеряемые показатели не должны иметь большого веса.

Для каждой группы показателей можно сделать следующие обозначения:

$$X = X(i), Y = Y(j), Z = Z(k) \text{ и т.д.}$$

Рейтинговый показатель по каждой группе показателей составляет

$$A_i = \sum_{i=1}^n a_i x_i, \quad (1)$$

где A_i – рейтинг достигнутого результата по данной деятельности; a_i – коэффициент весомости i -го показателя; x_i – значение i -го показателя достижения преподавателя; n – количество показателей, входящих в группу, формирующую данную деятельность.

В результате рейтинг преподавателя можно условно представить в виде

$$R = \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{j=1}^n b_j y_j + \sum_{k=1}^n c_k z_k. \quad (2)$$

Система оценки производительности деятельности ППС позволяет связать рейтинг ППС с рейтингом университета по данной стратегической направленности (рис. 1).

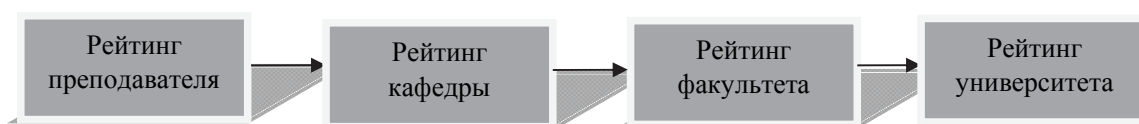


Рис. 1

На основе всех показателей оценки эффективности рассчитывается интегральный показатель эффективности деятельности ППС, который приводится в качестве рейтинга преподавателя.

Система оценивания должна привести к мотивации работников данной сферы.

Перед внедрением системы оценки деятельности ППС необходимо оповестить (информировать) сотрудников о данной системе, что является важным элементом перед внедрением какой-либо системы.

Оценка деятельности может проводиться Центром оценки или подразделением, имеющим соответственные полномочия.

Для проведения оценки проводятся семинары для переподготовки персонала по оценке.

Способы и методы оценки. Для проведения оценки ППС обычно применяются общенаучные методы анализа и синтеза, математические и статистические методы измерения уровня и динамики производительности труда.

К данным методам относятся социологические методы, которые применяются при оценке удовлетворенности студентов качеством преподавания.

Статистические методы применяются как для анализа данных по опросам студентов, так и для обобщенной статистической обработки данных по показателям деятельности ППС.

Информационная схема. Для представления процедуры проведения оценки деятельности ППС составлена информационно-логическая схема системы управления показателями (рис. 2).

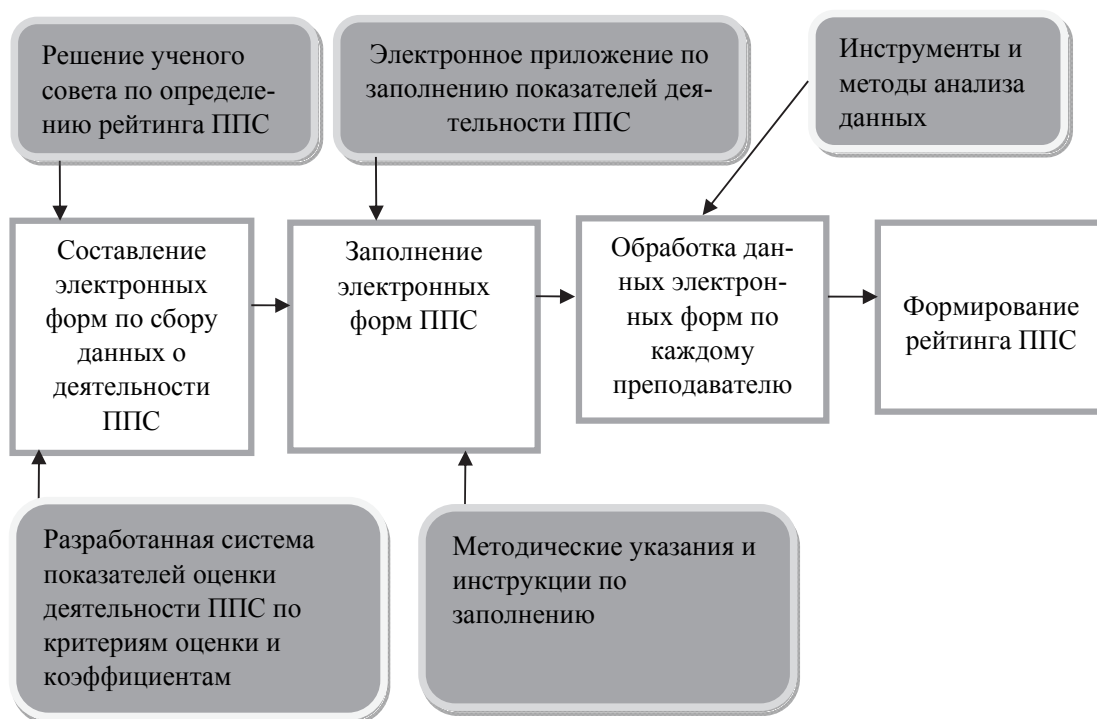


Рис. 2

На основе разработанной системы оценки ППС разрабатывается электронная форма или приложение по сбору данных о научно-педагогической деятельности ППС. Форма может быть

разработана как в MS Excel средствами VBA, так и в качестве приложения оценки ППС языками программирования Visual Basic, C# или Java.

Основой для составления электронной формы являются разработанная система показателей оценки деятельности ППС по критериям оценки и коэффициентам и решение ученого совета по определению рейтинга ППС.

Ответственный по сбору данных организует заполнение электронных форм ППС для каждой кафедры. Для правильного заполнения данных нормативной основой являются методические указания и инструкции по заполнению электронной формы.

На основе собранной информации проводится обработка данных электронных форм по каждому преподавателю с использованием статистических и графических инструментов анализа и оценки данных.

В результате формируется рейтинг каждого преподавателя по каждой кафедре, на основе чего можно провести дифференцирование заработной платы ППС в зависимости от эффективности его работы.

Заключение. Разработка системы оценки эффективности работы ППС вузов является приоритетным направлением в сфере управления кадрами и может создать основу для дифференцирования оплаты труда в зависимости от эффективности работы ППС.

Разработка такой системы позволит:

- систематизировать рейтинг ППС по всем видам деятельности работы;
- дать обоснованную оценку по эффективности деятельности ППС;
- создать основу для разработки системы финансового поощрения ППС.

Литература

1. Дейнека А.В. Управление персоналом: Учебник. - М.: Изд.-торг. корпорация «Дашков и К°», 2013. – 292 с.
2. Большой толковый социологический словарь терминов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.onlinedics.ru/slovar/soc/r/rejting.html>

20.03.2017.

Ս.Է. Կոսեմյան

ՊՐՈՖԵՍՈՐԱԴԱՍԱԽՈՍԱԿԱՆ ԿԱԶՄԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳ

Դիտարկվում են բուհերի պրոֆեսորադասախոսական կազմի (ՊԴԿ) գործունեության գնահատման հիմնական հարցերը ըստ գործունեության ոլորտների: Բերվում է գնահատման ցուցանիշների համակարգի ստեղծման ընթացակարգը ըստ գնահատման հիմնական չափորոշիչների: Նկարագրված են ՊԴԿ գործունեության գնահատման ցուցանիշների համակարգի բնութագրիչ գծերը և ՊԴԿ գործունեությանը վերաբերող տվյալների հավաքագրման տեղեկատվատրամաբանական սխեման:

Առանցքային բառեր. գործունեության գնահատում, պրոֆեսորադասախոսական կազմ, գնահատման ցուցանիշներ, ռեյտինգ:

S.E. Kosemyan

EVALUATION SYSTEM OF WORK EFFICIENCY OF TEACHING STAFF

The main issues of evaluation of teaching staff's work by spheres of activity are considered. The procedure of teaching staff performance evaluation system development by main criteria of evaluation is presented. The characteristic features of teachers' efficiency evaluation system and the information scheme of data collection concerning the teaching staff activity are described.

Keywords: evaluation of activity, teaching staff, indices of evaluation, rating.

Կոսեմյան Սյրեն Էդուարդովիչ - Կ.Տ.Ն., доцент кафедры Информатики и мат. методов Национального аграрного университета Армении

ՀՏԴ 338.124.4:339.747

ԷԿՈՆՈՄԻԿԱ ԵՎ ԿԱՌԱՎԱՐՈՒՄ

Հ.հ. Խաչատրյան, Ա.հ. Խաչատրյան

ԱԶԳԱՅԻՆ ՖԻՆԱՆՍԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ԿԱՐԳԱՎՈՐՄԱՆ ՔԱՂԱՔԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՄԵԹՈԴԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ՁԵՎԱՎՈՐՈՒՄԸ ԳԼՈՐԱԼԱՑՄԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Ազգային ֆինանսական շուկաներն իրենց գործունեության բնույթով կատարյալ չեն, և այն պայմանավորված է այնպիսի գործոնով՝ ինչպիսին տեղեկատվության ստացման անհամաչափությունն է: Հիմնականում ֆինանսական հատվածի գործունեության արդյունավետությունը կապված է ապագայի կանխատեսման հետ և այն բնութագրվում է անվստահությամբ ու տարատեսակ ռիսկերի մեծության աստիճանով: Ֆինանսական միջոցների տեղաբաշխման ժամանակ ֆինանսական շուկայի գործունեության կարևորագույն գործոններից է ռիսկերի փոխանակման և նվազեցման ապահովումը շուկայի մասնակիցների միջև:

Առանցքային բառեր. ֆինանսական շուկա, ֆինանսական համակարգ, պետական կարգավորում, շուկայական ինքնակարգավորում, տեղեկատվություն, շուկայական մրցակցություն, ռազմավարական պլանավորում, մակրոտնտեսական ցուցանիշներ:

Ֆինանսական համակարգի վիճակից և գործունեության արդյունավետությունից անմիջականորեն կախված են տնտեսական դաշտի մյուս սեգմենտների գործունեությունը և դրանց հետագա վարքագիծը տնտեսական միջավայրում ու ֆինանսական շուկայում: Ֆինանսական համակարգի հուսալիության ապահովման գրավականների թվին են դասվում ֆինանսական շուկայի մասնակիցների գործունեության նկատմամբ պետական կարգավորման հիմնարար սկզբունքների բարեփոխումները: Ներկայումս անհրաժեշտություն է առաջանում զարգացնել և ընդհանրացնել ազգային ֆինանսական համակարգերի գործունեության կարգավորման գաղափարախոսությունը: Ազգային և միջազգային ֆինանսական շուկաներում կատարվող գործառնությունների արագ միասնականացման պայմաններում անհրաժեշտ է ներդնել ֆինանսական համակարգերի նկատմամբ համընդհանուր կարգավորման նոր մեխանիզմներ, որոնք որոշակի առումով պետք է պարտադիր լինեն բոլոր երկրների համար, քանի որ հետագայում ֆինանսական ճգնաժամերի բացասական հետևանքների ազդեցությունը ազգային տնտեսությունների վրա անհամեմատ մեծ է լինելու:

Ֆինանսական շուկայի նկարագրությունը և կարգավորումը: Ֆինանսական շուկան բարդ, տարողունակ, տարածական և ամբողջությամբ չուսումնասիրված ու մի շարք դեպքերում անկանխատեսելի համակարգ է, որի վարքագիծը լիարժեքորեն կանխատեսել հնարավոր չէ: Ֆինանսական շուկան՝ իր գործառնությունների տեսակներով ներկայացնում է դրամական հարաբերությունների մի ամբողջություն, որտեղ նրա մասնակիցները՝ բանկերը և այլ ֆինանսական ինստիտուտները, գնում ու վաճառում են ֆինանսական տարատեսակ ակտիվներ: Ֆինանսական միջնորդները՝ որպես ֆինանսական շուկայում գործող արհեստավարժ սեգմենտներ, ապահովում են փոխառությունից համապատասխան ֆինանսական գործիքներով (արժեթղթերի տեղաբաշխում, վարկավորում, ապահովագրություն և այլն): Դիտարկելով ֆինանսական շուկան որպես կարգավորման օբյեկտ՝ հարկավոր է ձևակերպել նրա շուկայական կարգավորման անհրաժեշտությունը, ինչպես նաև պետության կողմից իրականացվող միջամտությունների աստիճանը տնտեսության մեջ [1]:

Յուրաքանչյուր ազգային ֆինանսական համակարգ բաղկացած է շուկայական և ոչ շուկայական հատվածներից: Ֆինանսական համակարգի ոչ շուկայական հատվածը ներառում է պետության կողմից իրականացվող մի շարք կարգավորող գործառնություններ, մասնավորապես՝ գների կայունության ապահովումը, ֆինանսական շուկայի նկատմամբ վերահսկողության իրականացումը, ֆինանսական ինստիտուտների գործունեության սահմանափակումների նկատմամբ մեխանիզմների ներդրումը, բյուջետային ֆինանսավորումը, հարկային և պետական այլ գործիքների միջոցով արտոնությունների տրամադրումը և այլն: Շուկայական հատվածը բուն շուկան է, որն ամբողջությամբ բաղկացած է առաջարկի և պահանջարկի հիման վրա կառուցված ապրանքների ու ծառայությունների հարաբերություններից, որտեղ ձևավորվում են ապրանքների և ծառայությունների գները, միաժամանակ այն տարբեր տնտեսավարող սուբյեկտների համար տեղեկատվության փոխանցման աղբյուր է, որի հիման վրա մասնակիցներն ընդունում են համապատասխան որոշումներ:

Ազգային ֆինանսական հատվածների կարգավորման քաղաքականության մեթոդաբանության համաձայն՝ գործում է ֆինանսական շուկաների կարգավորման երկու հիմնական մոտեցում՝ պետական և շուկայական կարգավորում [2]:

Շուկայական կարգավորումը, առաջին հերթին, հիմնվում է շուկայական արժեքի ձևավորման վրա, ինչպես նաև առաջարկի և պահանջարկի օրենքի համաձայն՝ համապատասխան մրցակցային միջավայրի պայմաններում

ապահովում է տնտեսության համար անհրաժեշտ ֆինանսական հոսքերի պահանջարկը: Գնային մեխանիզմների կիրառման և առանձին ֆինանսական գործիքների արժեքային կառուցվածքի տատանումների միջոցով՝ ֆինանսական շուկայում գործող սեզմենտները ստանում են համապատասխան տեղեկատվություն շուկայում ֆինանսական գործիքների՝ առաջարկի և պահանջարկի վերաբերյալ, ինչպես նաև կանխատեսում դրանց ժամանակագրական որակական կառուցվածքը:

Այսպիսով, շուկան հանդես է գալիս որպես ինքնակարգավորվող համակարգ, և, ընդհանուր առմամբ, ֆինանսական շուկայի պետական և շուկայական կարգավորման մոտեցումները փոխլրացնում են իրար: Առաջինը հիմնվում է ազատ մրցակցության ապահովման սկզբունքների վրա և խթանում է տնտեսության ազատականացման հարաբերությունների զարգացումը (մոնետարիստական տեսություն) և երկրորդը՝ պետական կարգավորման ուղղությունը, նպատակաուղղված է կանխարգելելու շուկայական կարգավորման հետևանքով առաջացող բացասական հետևանքների ազդեցությունը (նոր քեյնսյան տեսություն) [3]:

Ֆինանսական շուկայի կարգավորման այդ երկու ուղղության գործունեության արդյունավետությունը և հավանական բացասական հետևանքների մեծությունը, ինչպես նաև սահմաններն որոշվում են՝ ելնելով տվյալ երկրի տնտեսական իրադրության առանձնահատկություններից, որի հետևանքով այդ երկու համակարգի կիրառման հարաբերակցությունը հաճախակի փոփոխվում է:

Ֆինանսական շուկայի գործառնությունները և տեղեկատվության փոխանակման գործընթացը: Ֆինանսական շուկան համաշխարհային կամ ազգային տնտեսության տարրերից մեկն է, որը ելնելով իր կողմից իրականացվող գործառնությունների բարդության աստիճանից՝ ունի մի քանի բնորոշում.

- ֆինանսական շուկան այն միջավայրն է՝ հրապարակը, որտեղ իրականացվում են փողային գործառնություններ՝ կապված ֆինանսական գործիքների և ֆինանսական ծառայությունների ձեռք բերման կամ վաճառքի հետ:

- ֆինանսական շուկան այն մեխանիզմների համակարգն է, որն ապահովում է փոխադարձ կապը ֆինանսական գործիքների՝ առաջարկի և պահանջարկի միջև, ինչպես նաև ձևավորում է ֆինանսական գործիքների շուկայական արժեքը:

- ֆինանսական շուկան մասնակիցների համար տեղեկատվության տարածման աղբյուր է՝ ֆինանսական գործիքների գների, տատանումների, ֆինանսական ցուցանիշների, կանխատեսումների, նորագույն տեխնոլոգիաների վերաբերյալ: Այդ տեղեկատվությունն անհրաժեշտ է, որպեսզի տնտեսական միջավայրում գործող սեզմենտներն իրականացնեն իրենց գործունեությունը և ձևավորեն համապատասխան գործողությունների կամ սպասումների վարքագիծ:

Ֆինանսական շուկան ամբողջապես կատարյալ չէ, և նրա խոցելիությունը պայմանավորված է տեղեկատվության ստացման անհամաչափությամբ [4]:

Հիմնականում ֆինանսական հատվածի գործունեությունը պայմանավորված է ապագայի կանխատեսմամբ և, հետևաբար, այն բնութագրվում է անվստահությամբ և տարատեսակ ռիսկերի մեծության աստիճանով: Փոխառուի և վարկառուի միջև ֆինանսական միջոցների բաշխման գործընթացի իրականացման ժամանակ ֆինանսական շուկայի գործունեության կարևորագույն գործոններից է ռիսկերի փոխանակման ապահովումը շուկայի մասնակիցների միջև: Ուստի սպասումները կամ ժամանակը կարևորագույն գործոն են ֆինանսական ակտիվների արժեքի ձևավորման գործընթացում, սակայն այդ հնարավորությունները սահմանափակվում են, քանի որ հնարավոր տեղեկատվության մեծության այն աստիճանը, որը կարող է ազդել ֆինանսական ակտիվների գնագոյացման գործընթացի վրա, դժվար է ամբողջական ճշտությամբ գնահատել, երբ նոր տեղեկատվությունը հասանելի է դառնում շուկայի մասնակիցներին, նրանք անմիջապես հարմարվում են նոր իրադրությանը և լիովին ընդգրկվում են գնային նոր սպասումների միջավայր:

Վերոգրյալ գործընթացը պայմանավորված է ֆինանսական շուկաներին ներհատուկ անկայունությամբ և վարքագծի համապատասխան փոփոխականության բարձր աստիճանով: Բացի դրանից, տեղեկատվության տարածման համարժեքությունն ավելի է բարդանում այն դեպքում, երբ ֆինանսական շուկայի տարբեր ենթահամակարգերը տիրապետում են տարբեր տեղեկատվության, և շուկայի մի հատվածը չունի ամբողջական արժանահավատ տեղեկատվություն շուկայի մեկ այլ հատվածի վերաբերյալ, որի արդյունքում հնարավոր չի լինում ընդունել արդյունավետ որոշումներ: Միաժամանակ առկա է հակառակ երևույթ, երբ շուկայի մի հատվածի մասնակիցներն ունենում են առավել ամբողջական տեղեկատվություն ռիսկերի վերաբերյալ, քան մյուս հատվածում գործող սեզմենտները: Օրինակ, իրական ներդրողն ավելի լավ պատկերացում ունի իր ներդրումների մասով ռիսկերի մեծության աստիճանի մասին, քան վարկատու:

Ոչ համարժեք և հատվածային տեղեկատվության տարածումը որոշակիորեն բարդացնում է ֆինանսական շուկայի գործունեությունը և մեծացնում է ֆինանսական ակտիվների արժեքի վերաբերյալ ռիսկերի մեծության աստիճանը: Վերոգրյալ իրավիճակը առավել բարդանում է, երբ ազգային ֆինանսական շուկայի մասնակիցը մուտք է գործում միջազգային շուկաներ, և այս դեպքում տեղեկատվության մասնագիտական գնահատման գործընթացը առավել դժվարանում է: Նման պայմաններում կարևորվում են ֆինանսական այն միջնորդ ինստիտուտները, որոնք եկամուտ են ստանում շուկաներում՝ տեղեկատվության հետազոտման, վարկանշային գնահատման և այն տրամադրելու համար [5]:

Ներկա պայմաններում ֆինանսական շուկաները կարևորագույն դերակատարում ունեն ոչ միայն համաշխարհային հասարակական վերարտադրության և ազգային տնտեսությունների համար, այլև տնտեսական բոլոր գործակալների և շուկայի մասնակիցների գործունեության կենսապահովման համար: Այսպիսով, բիզնեսի և տնային տնտեսությունների համար ֆինանսները ստեղծում են համապատասխան պայմաններ:

- ֆինանսական ծառայություններից օգտվելու և ֆինանսական գործիքներ գնելու դեպքում մեծացնել իրենց ֆինանսական անվտանգության աստիճանը և նվազեցնել ռիսկերի բացասական հետևանքների ազդեցությունը,

- խնայողությունների ստեղծում և պահպանում, ինչպես նաև ապագայում դրանց կուտակման համար համապատասխան միջավայրի ձևավորում,

- ֆինանսական շուկայում ֆինանսական գործառնություններից օգտվելու դեպքում եկամուտների մեծացման հնարավորություն,

- ազգային ֆինանսական համակարգում մասնագիտական որակավորման չափորոշիչների պարբերական վերագնահատում և դրանց համապատասխանեցումը միջազգային ֆինանսական շուկայի պահանջներին:

Ընդհանուր առմամբ ֆինանսները կարելի է բնութագրել որպես գիտության մի հատված, որի միջոցով տնային տնտեսությունները և բիզնեսը որոշակի ժամանակային միջակայքում կառավարում են ֆինանսական միջոցները, ստանում են համապատասխան եկամուտներ և կատարում են ծախսեր[6]:

Միաժամանակ պետք է նշել, որ ֆինանսական որոշումները բնութագրվում են այն հանգամանքով, որ եկամուտները և ծախսերը տարածված են ժամանակագրական հատվածում, և դրանք չեն կարող ամբողջությամբ հստակ պլանավորվել: Նման պայմաններում չկա այն վստահությունը, որ եկամուտները ըստ ժամկետների կհավաքագրվեն և ծախսերն էլ համապատասխանաբար կկատարվեն:

Դրամավարկային քաղաքականության մշակման և իրականացման ժամանակ հարկավոր է ուշադրություն դարձնել ֆինանսական շուկաների գործունեության արդյունավետությանը, ստացվող տեղեկատվության որակական գնահատմանը, ինչպես նաև տնտեսվարող սեզմենտների վարքագծին: Տեղեկատվության ստացման գործընթացի բարդացումը կամ անարժանահավատ տեղեկատվությունը մշտապես ստեղծում են նոր ռիսկեր, որոնք կարող են վերածվել համակարգային ռիսկերի: Համապատասխանաբար, ֆինանսական շուկաները գործում են այնպիսի իրավիճակում, երբ անընդհատ կարող են ի հայտ գալ նորանոր համակարգային ռիսկեր: Այդ ռիսկերի առաջացումը պայմանավորված է տնտեսական միջավայրում տեղի ունեցող տարբեր իրադարձություններով և, շատ դեպքերում այդ ռիսկերի բացասական հետևանքների մեծությունը չի կարող չափվել, քանի որ բացակայում է ռիսկերի առաջացման ճշգրիտ վիճակագրությունը:

Տնտեսության իրական հատվածում և ֆինանսական շուկայում գործող սեզմենտներն իրականում հաշվի են առնում միայն այն ռիսկերը, որոնց հետ իրենց գործունեության ընթացքում նախկինում առնչվել են: Արդյունքում, համաշխարհային տնտեսությունում տեղի ունեցող արագ փոփոխությունների հետևանքով ի հայտ եկող նոր ռիսկերի կանխարգելումը հետզհետե դժվարանում է, միաժամանակ այդ ռիսկերը չեն վերանում, այլ շատ արագ տարածվում են ֆինանսական շուկայում գործող մասնակիցների շրջանում: Նման պայմաններում մակրոտնտեսական հետազոտությունները կարող են որոշակիորեն կարգավորել ֆինանսական համակարգում իրականացվող գործողությունների սկզբունքները և տալ տեղեկատվություն՝ կանխատեսվող իրադարձությունների վերաբերյալ: Մակրոտնտեսական միջավայրը և կանխատեսելի մակրոտնտեսական քաղաքականությունը ներկայացնում են փոխադարձաբար կապակցված տարրեր, որոնք էական ազդեցություն են թողնում ֆինանսական համակարգի կայունության վրա [7]:

Պետական կարգավորման արդյունավետությունը գնահատելիս անհրաժեշտ է հաշվի առնել այն հանգամանքը, որ գոյություն ունեն արդյոք որոշակի ռիսկեր մակրոտնտեսական քաղականության մեջ, ինչը կարող է էականորեն ազդել տնտեսական միջավայրի և ֆինանսական շուկայի կայունության վրա՝ պայմանավորված նրանով, թե ինչ կառուցվածք ունի երկրի ֆինանսական համակարգը, տնտեսական ինչպիսի միջավայրում է գործում այն և, միաժամանակ գնահատել նրա կախվածությունը համաշխարհային տնտեսությունից:

Կարելի է փաստել որ ՀՀ-ում ֆինանսական շուկան բավարար զարգացած չէ, և անհրաժեշտ է ձևակերպել այն հիմնական ուղղությունները, որոնց միջոցով պետք է իրականացնել երկրի ֆինանսական շուկայի և տնտեսական համակարգի ինստիտուցիոնալ կառավարման կառուցվածքային բարեփոխումները: Ֆինանսական և առաջին հերթին՝ արժեթղթերի շուկայում անհրաժեշտ է ներդնել ինքնակարգավորման գործընթացների գնագոյացման պետական կարգավորման մեխանիզմներ, որոնք հնարավորություն կտան արժեթղթերի բորսայական գնանշումը փոխկապակցել որոշակի գործոնների հետ, օրինակ՝ վճարվող շահութաբաժինների մեծության, ֆինանսական և մակրոտնտեսական ցուցանիշների հետ: Ինչ վերաբերում արտաբորսայական ինքնակարգավորման գործընթացներին՝ ապա դրանք կարելի է կարգավորել հարկային քաղաքականության կարգավորիչ գործառնությունների միջոցով:

Գլոբալ ֆինանսական ճգնաժամի հաղթահարման և հետագայում նոր ճգնաժամերի բացասական հետևանքների արդյունավետ կանխարգելման համար անհրաժեշտ է, որ ազգային մոնետար իշխանությունները մշակեն դրամավարկային քաղաքականության իրականացման նոր մեթոդաբանական մոտեցումներ, կատարելագործեն դրամավարկային քաղաքականության գործիքները և մեխանիզմները: Միաժամանակ հարկ է հստակ գնահատել մինչև ճգնաժամը կատարված տեսական և գործնական սխալները, բացառել բանկային

հատվածի և ներդրումային արժեքների շուկայի միասնականացման գործընթացը, ինչպես նաև նվազեցնել կենտրոնական բանկի հնարավորությունները վերահսկելու ֆինանսական շուկայում ազգային արժեքի փոխարժեքի և իրացվելիության ձևավորման գործընթացը: Վերջինիս համար նպատակահարմար է սահմանել գործունեության որոշակի սահմանափակումներ՝ տնտեսական նորմատիվների տեսքով [8]:

Ֆինանսական համակարգի ռազմավարական պլանավորում: Հաշվի առնելով համաշխարհային տնտեսական միջավայրում կատարվող փոփոխությունների դինամիկան՝ կարելի է փաստել, որ զարգացած և զարգացող տնտեսություն ունեցող բոլոր երկրներում ֆինանսական համակարգերի ռազմավարական երկարաժամկետ պլանավորման հայեցակարգերն ամբողջությամբ չեն կարող իրագործվել, քանի որ դրանց կատարման վրա կարող են ազդել մի շարք արտաքին գործոններ՝ (անկայունության ռիսկերը հումքային ապրանքներ արտահանող երկրներում, ազգային տնտեսության զարգացման, մրցակցային, ֆինանսական, պետության կողմից այս կամ այն ճյուղի նկատմամբ պետական քաղաքականության փոփոխման խնդիրները և այլն): Կանխատեսելով այդպիսի իրավիճակային փոփոխությունները՝ հարկ է գնահատել դրանց բացասական կամ դրական հետևանքների ազդեցությունը տնտեսության, այդ թվում՝ ֆինանսական հատվածի վրա: Այս սկզբունքով առաջնորդվելու դեպքում հնարավոր կլինի դասակարգել բոլոր այն խնդիրները, որոնց կատարումը կարևորում ենք և իրադրային փոփոխությունների դեպքում դրսևորել գործողությունների ճկունություն՝ միաժամանակ համեմատելով խնդիրների իրագործման արդյունավետությունը և նպատակահարմարությունը տվյալ պահին: Համապատասխան ֆինանսական որոշումների իրականացման ժամանակ պետք է դասակարգել նաև մշտական բնույթի խնդիրները:

Կիրառելով միջազգային փորձը՝ հարկավոր է ֆինանսական հատվածի զարգացման քաղաքականությունը տարանջատել երեք հիմնական հայեցակարգի կամ փաթեթների ըստ համապատասխան ժամկետների՝ գործունեության կարճաժամկետ պլանավորում՝ մեկ տարի, միջին ժամկետի պլանավորում՝ 2...3 տարի տարի և երկարաժամկետ պլանավորում 3...5 տարի:

Ֆինանսական շուկայի ընդհանուր գործառույթի ապահովումն անմիջականորեն կապված է տեղեկատվական, արժեքային և բաշխողական ենթահամակարգերի արդյունավետ գործունեության ապահովման հետ: Շուկայի տեղեկատվական ենթահամակարգի գործունեության կարևորությունը շատ մեծ է: Շուկայի իրական և հավանական մասնակիցները որոշումների ընդունման համար ստանում և գնահատում են համապատասխան տեղեկատվությունը: Շուկայից ստացվող տեղեկատվությունը կուտակվում, համակարգվում, անձնագրավորվում և գնահատվում է վարկանշային ու վերլուծական կազմակերպությունների կողմից: Ստացված վերլուծական տեղեկատվությունը վերածվում է հատուկ ապրանքի, որը գնում են տնտեսական միջավայրում գործող սեզմենտները: Շուկայի վիճակի մասին տեղեկատվությունը պահանջարկված ապրանք է, որը գնում են շուկայի մասնակիցները: Ֆինանսական շուկայի մասին տեղեկատվության մեջ ներառվում են շուկայի վերաբերյալ հետազոտությունները, կանխատեսումները, ֆինանսական և վիճակագրական ցուցանիշները, ֆինանսական կազմակերպությունների վարկանշային գնահատումները, նշանակալից իրադարձությունները, խոշոր գործարքները, սնանկացումները և այլն: Շուկայի վերաբաշխողական գործառույթն իրականացվում է՝ հաշվի առնելով նրա ֆինանսական միջոցները արդյունավետ բաշխելու օբյեկտիվ ունակությունը, ապահովելու համաձայն բիզնեսի կանոնների, առավելագույն շահութաբերությունը, նվազագույն ծախսերը և ներդրումային ռիսկերի մեծության նվազեցումը: Ներդրողները, ելնելով իրենց կարգավիճակից, ռազմավարական խնդիրներից և ռիսկերի կառավարման համակարգի արդյունավետությունից, գնելով արժեթղթեր, ստանալով վարկեր, օգտվելով ապահովագրական ծառայություններից կամ իրականացնելով ներդրումներ այլ ֆինանսական ակտիվներում՝ ակնկալում են առավելագույն եկամուտներ: Ֆինանսական շուկայի ֆինանսական գործառույթներն ապահովում են ներդրումային, խնայողական և ֆինանսական միջոցների կուտակման խնդիրները:

Ֆինանսական շուկան ապահովում է ֆինանսական միջոցների կուտակման գործառույթներ, որոնց աղբյուր են հանդիսանում ներդրումները, բանկային ավանդները, ապահովագրական վճարները և ֆինանսական ինստիտուտների կապիտալում կատարված ներդրումները: Ֆինանսական գործառույթը ներկայումս զգալի կարևորություն է ստանում, քանի որ այն ֆինանսական ինստիտուտների հիմնական ներդրումային գործունեությունն է: Ֆինանսական ինստիտուտները հանդես են գալիս, որպես ինստիտուտցիոնալ ներդրողներ և ֆինանսական շուկայի գործունեության ինքնակարգավորումն ապահովող օպերատորներ: Այսպիսով ֆինանսական շուկայի ներդրումային գործառույթը բնականորեն փոխկապակցված է ֆինանսական միջոցների կուտակման գործառույթի հետ: Ներդրումներ արժեթղթերում (պարտատոմսեր, բաժնետոմսեր), տնտեսության տարբեր հատվածներում երկարաժամկետ ներդրումային ծրագրերի իրականացում ֆինանսական շուկայի տարբեր հատվածներում՝ կենսաթոշակային հիմնադրամներում, ապահովագրական, վարկային և բանկային ինստիտուտներում: Քանի որ ֆինանսավարկային ինստիտուտների կողմից ներգրավված ընդհանուր պարտավորությունները մի քանի անգամ գերազանցում են իրենց կապիտալի մեծությանը, ապա ազգային մոնետար իշխանությունները սահմանում են նրանց գործունեության նկատմամբ համապատասխան կարգավորող տնտեսական նորմատիվներ, որպեսզի ապահովեն ֆինանսական հատվածի կայունությունը: Ֆինանսական շուկայի ևս երկու գործառույթ՝ խնայողականը և կուտակմանը փոխկապակցված են, սակայն որոշակիորեն տարբերակվում են իրենց նպատակներով: Խնայողական և կուտակման գործառույթների տարբերությունն այն է, որ

տնտեսական միջավայրում գործող սեգմենտներն առաջինի դեպքում խնայում են իրենց միջոցները պահպանելու տեսանկյունից, իսկ կուտակման ժամանակ փորձում են ավելացնել իրենց դրամական միջոցների մեծությունը:

Ներկայումս, տարբեր երկրների ազգային ֆինանսական հատվածները իրենց գործունեությամբ և իրականացվող գործառնությունների տեսակներով հիմնականում միասնականացվել են, և հետագա գործալացման պայմաններում դրանց միտումները ավելի են խորանալու, ըստ այդմ աճելու է համակարգային ռիսկերի մեծությունը: Անհրաժեշտ է ընդունել, որ հետագայում գլոբալ ֆինանսական ճգնաժամերը էլ առավել ծանր հետևանքներ են թողնելու համաշխարհային տնտեսության վրա, և հարկավոր է բարեփոխել ազգային ֆինանսական հատվածների պետական կարգավորման քաղաքականությունը՝ ներդնելով գլոբալ տնտեսական միջավայրի և ֆինանսական շուկայի իմացության, ճանաչողության, ինչպես նաև գնահատման արդյունավետ չափորոշիչներ:

Գրականություն

1. **Тарасов В.И.** Деньги, кредит, банки. – Минск: Изд-во “Интерпрессервис”, 2003. – 512 с.
2. **Алескеров С.И., Землин А.И., Ольховская Н.П.** Банковское право. Пактикум: Учебное пособие. – М.: Экономика, 2003. – 399 с.
3. **Савина О.В.** Регулирование финансовых рынков. - М.: “Дашков и К”, 2008. – 32 с.
4. **Гаршин В.В.** Макроэкономические факторы как составляющие стабильного развития банка. – М.: Изд-во Препринт # BSP/2003/060 R. – М.: Изд-во “Дашков и К”, 2008. – 202 с.
5. **Греф Г., Юдаева К.** Российская банковская система в условиях глобального кризиса // Вопросы экономики / Институт экономики РАН. - М., июль 7/ 2009.
6. **Dowd K.** U.S. Banking in the Free Banking Period // In K. Dowd, The Experience of Free Banking, Rutledge. - London, 2007.
7. **Платонов В.М., Хиггинс М.** Банковское дело: Стратегическое руководство. – М.: Изд-во “Консалтбанкир”, 2001.
8. Банковская реформа стратегии и механизмы. – М.: “Центр развития” (www.dcenter.ru), 2002.

03.04.2017.

О.Х. Хачатрян, А.Х. Хачатрян

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ПОЛИТИКИ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ФИНАНСОВЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ

Национальные финансовые рынки по характеру своей деятельности не совершенны, и это в основном обусловлено таким фактором, как непропорциональность получаемой информации. Эффективность деятельности финансового сектора связана с прогнозированием будущего и, следовательно, характеризуется недоверием и степенью величины различного рода рисков. При распределении финансовыми средствами на финансовом рынке важнейшим фактором является обеспечение обмена и сокращение рисков между участниками рынка.

Ключевые слова: финансовый рынок, финансовая система, банковский рынок, государственное регулирование, рыночное саморегулирование, информация, рыночная конкуренция, стратегическое планирование, макроэкономические показатели.

H.Kh. Khachatryan, A.Kh. Khachatryan

FORMATION OF THE METHODOLOGY OF POLITICS OF STATE REGULATION OF NATIONAL FINANCIAL SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF GLOBALIZATION

National financial markets are quite imperfect by the nature of their activities, and this is significantly conditioned by such a factor as the disproportionality of the information received. Basically, the efficiency of the financial sector is related to the forecasting of the future and, consequently, it is characterized by unreliability and the magnitude of the various risks. During the allocation of financial resources in the financial market, the most important factor is the provision of exchange and reduction of risks between market participants.

Keywords: financial market, financial system, banking market, state regulation, market self-regulation, information, market competition, strategic planning, the concept of strategic development, macroeconomic indicators.

Խաչատրյան Հովակիմ Խաչիկի – տնտ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ (ՀԱՊՀ)

Խաչատրյան Անահիտ Խաչիկի – տնտ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ (ՀԱՊՀ)

A.S. Khalatyan

THE ANALYSIS OF THE FEATURES OF REGULATORY FRAMEWORK IN THE ENERGY SECTOR OF RA WHILE INTEGRATING IN THE REGIONAL ENERGY MARKET

Competition in the international markets is mainly related to the transshipment of goods, their qualities and etc. Hence the coordination procedures between the providers of supply and distribution is an important signal for the entire power sector for RA. There has been an attempt to analyze the regulatory differences from the EU directives in energy system of RA. Hence, it is suggested to explore some econometric models, which can contribute to the implementation of changes in energy policy.

Keywords: *electricity market, competition, regulation, directives, energy policy.*

Introduction. Long-term, sustainable economic growth needs a sustainable electricity supply. In order to accomplish this goal, good economic governance incorporating energy policy should implement reforms that will increase economic efficiency and social prosperity.

In this article our aim is to analyze the compliance of Armenian regulations in the power sector with the EU directives and to define market challenges and legal barriers for advancing the internal power market and trade with the regional power markets (especially with Georgia). The current market design for Armenia was implemented more than 10 years ago and falls short of legal, regulatory, and Market Rules necessary to improve trade with the regional power markets.

To improve the functioning of internal energy markets and resolve structural problems, the EU sets energy market requirements for transparent market and network operations, competitive wholesale and retail markets designed for consumer benefit, increased cross-border cooperation between Transmission System Operators (TSOs), and unbundling energy suppliers from network operators.

Georgia has signed the Deep and Comprehensive Free Trade Area (DCFTA) and Association Agreements with the EU and is changing its internal regulations in compliance with the EU criteria - the country has developed a market opening implementation plan and created a relevant market structure.

Armenia and Georgia are developing the necessary interconnection infrastructure to support trade between countries; however, they can increase the efficiency of their internal power markets through development of relevant trade and system integration mechanisms, which will reduce a number of challenges typically faced by countries with a transitional economy.

In this regard, it will be useful for our energy sector and economy to develop a transitional market design with a scenario for gradual market opening to competition, and moving from “regulation” to “deregulation” with incentive-based regulation instruments.

Data and analysis of regulatory framework. The Energy Law does not comply with the EU requirements [1]. In order to improve the functioning of the internal energy market and resolve structural problems, the EU sets the basic energy market requirements that, among others, covers the following:

- Transparent Market and Network Rules
- Competitive power and retail markets for consumers' benefits
- Cross-border cooperation between TSOs

- Unbundling energy suppliers from network operators¹.

These requirements are not clearly covered in Armenia's Energy Law; therefore, it should be substantially revised. A new Energy Law based on the principles of the EU directives can lead the sector to a competitive power market [2].

The wholesale power market has the following regulations and characteristics [3]:

- *Generation is fully regulated with no competition.* The Regulator permits one license for construction and operation. Generators have no permit to sell electricity to customers. A generation unit may export electricity only when the internal market is saturated and the sale does not contradict the interests of internal customers. Moreover, according to the Energy Law, only the most expensive generation can be exported, which practically means that Hrazdan TPP and Hrazdan Unit 5 are the only generation units available for export. The amount of produced electricity is set as a "preliminary value" in the contracts² between the DSO and generation units. Therefore, generation units do not have any responsibility for the "contracted" electricity.
- *Transmission is fully regulated.* The Regulator permits one license to a Transmission Operator for construction and management of the assets. There are no defined rules for the third party non-discriminatory access to the transmission system.
- *Distribution is fully regulated.* The Regulator permits one license for construction and operation. Until February 2016, distribution held exclusive rights for the supply of electricity to customers.³ There are not clear regulations for unbundling distribution from supply. The Distribution System Operator is the only supplier and acts as a monopoly. The Distribution System Operator purchases electricity from the national generating companies at regulated prices and on the basis of direct contracts. As a consequence, the wholesale market is a monopsony, with the Distribution System Operator acting as a single buyer. The Regulator has not set the distribution tariffs.
- *The Energy Law states that any legal entity for export/import transactions must get a license, and all contracts before becoming effective must be registered by the Regulator.* At the same time, the Regulator sets the licensing and contracts registration procedures. An export license is issued only when the internal market demand is fully covered and the export of electricity will not impair the interests of domestic consumers.⁴ At the same time, the Regulator sets tariffs for imported electricity. Prices for exported electricity are not regulated.
- *Market Rules⁵ are defined only for export.* The rules require that the exporter signs contracts with a generation unit, Electro Power System Operator, Transmission Operator, and Settlement Center similar to the model contracts set by the Regulator. More importantly, as previously mentioned, the rule defines that only Hrazdan Unit 5 or Hrazdan Thermal Power Plant can be exporting to generation units, taking into account the interests of internal customers.

As both Georgia and Turkey have plans in place to become part of the European Union internal power market, Armenia will likewise be required to meet the requirements of the internal power market if it is to realize the benefits of cross-border trade with Georgia. It bears repeating that there are numerous potential benefits from cross-border trade with Georgia, including [4]:

- Coordination of a regional least-cost investment plan, particularly giving the substantial investment requirements in Armenia owing to growing demand and aging and inefficient generation and transmission infrastructure.
- As Armenia is a relatively small country, it is better to be able to obtain economies of scale through exports to a broader regional market.
- Power exports and imports can provide a new source of revenue.

¹ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/market-legislation>.

² www.arlis.am/DocumentView.aspx?DocID=88646.

³ www.psrc.am/images/News/haytarutyun/2016/10.02.16/1.pdf.

⁴ RoA Energy Law.

⁵ www.arlis.am/DocumentView.aspx?DocID=96645.

- Enhanced security of supply and economic efficiencies are gained from cross-border trading.

Armenia could provide seasonal exchanges of power supplies to Georgia in winter. To fulfill their obligations on the domestic market, Thermal Power Plants may act as importers. Having an appropriate legal regulation in effect on such imports can be advantageous both for Thermal Power Plants and for Armenian consumers. During some periods, import can be competitive for Armenian import considering the increased internal power demand. Armenia may be able to receive additional profit at daily exchanges in summer by getting cheap nighttime electricity from Georgia and by exporting its own surplus to other markets. At peak hours, more expensive electricity can be supplied to Georgia.

In the export structure, a benefit was Armenia's low price export combined with its need to avoid drastic unloading of the Armenian Nuclear Power Plant in summer, as might be required in isolated operation of the Armenian power system. These conditions would allow Armenia to sell electricity even at nighttime and for Georgia to store additional water for use at peak hours. The low price makes these transactions sustainable despite other new generation in Georgia.

Georgia has plans both with Armenia and Russia to improve electricity interconnections. It seems that the construction of a south to north interconnection between Iran-Armenia Georgia-Russia could be on the table in the near future. More consultations would be required to fully integrate Azerbaijan and Turkey in the emerging regional power market. Moreover, cooperation will stimulate the development of the region and should take in account the interests for all states. It should encourage free trade, remove quantity limits in mutual trade, but also establish a common investment space.

We can see the existing and ongoing interconnections for Armenia and Georgia between neighboring countries in Table.

Table

Electricity border lines/Cross border infrastructure.

-	Iran - Armenia	Armenia - Georgia	Georgia - Russia	Georgia- Turkey	Azerbaijan-Georgia
Existing Voltage(kV)	220	220	500	400/220	330/500
Nominal Power Capacity (MW)	300	150	700	700/160	350/850
Planned	-	500	500	154/400	-
Nominal Power Capacity (MW)	-	700	1000	350/350	-

Source: Georgian State Electrosystem (GSE) and Ministry of Energy of Armenia.

Georgia is a net electricity exporter and has developed much of its clean energy through the hydropower sector. Nowadays, the country generates over 9,695 GWh per year and 80-85% of total energy is produced by hydropower plants. Furthermore, official estimates show that 80% of the country's economically viable hydro potential has yet to be explored.

Conclusion and Future Work. Armenia's power sector faces numerous challenges driven by increasing demand and aging infrastructure and inefficient market and poor tariff structure. There are multiple opportunities for trade with Georgia, which could provide numerous benefits and help address many of the challenges in Armenia's power sector. Armenia's last market reforms were implemented more than 10 years ago and currently fall well short of the legal/regulatory and market criteria necessary to trade with the countries in the European Union internal power market. Moreover, a coordinated approach to modifying the domestic power market and the legal/regulatory framework with Georgia and gradually increasing competition could provide additional benefits to Armenian consumers while it makes the transition to the European Union internal power market.

We find supportive evidence for the specifying and showing the usefulness of the trade between Armenian and Georgian energy markets while analyzing and finding some econometric assessments for the following problems:

- To assess the influence of the possible export of the electricity from different power plants on the economic indicators (average salary, exports of goods, poverty indicators and etc.). Then we can compare the obtained results with the effects of the influences of present situation.
- To determine the limits of the fluctuations of the average electricity generation tariff, while the impact on the electricity demand will remain unchanged. Then, it will be effective to assess the impact of price increase on electricity consumption and other indicators.
- It is necessary to analyze the effects of the regulatory changes of the Georgian energy sector on their economy.
- It will be effective to realize panel data analysis for the indicators of the energy sector of Armenia and Georgia [5].

This study has been done during the financing of the fund of the “Armenian National Science & Education Fund” grant № ECON-4534.

References

1. **Energy law of the Republic of Armenia**, Approved by the Parliament. - March, 2001.
2. **Jamasb T., Pollitt M.** Electricity Market Reform in the European Union: Review of Progress toward Liberalization & Integration / Center for Energy and Environment Policy research. – March, 2005.-31 p.
3. **Public services regulatory commission law of the Republic of Armenia**, Approved by the Parliament. - December, 2003.
4. **Aslanidze A.** The role of the energy charter in promoting electricity cooperation in the South Caucasus / Energy charter secretariat knowledge centre. - 2016. – 23 p.
5. **Narayan P.K., Smyth R.** Energy consumption and real GDP in G7 countries: New evidence from panel cointegration with structural breaks // Energy Economics. - 2008. – 30. – P. 2331–2341.

11.04.2017.

Ա.Ս. Խալաթյան

**ՀՀ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱՅԻ ՈԼՈՐՏԻ ԿԱՐԳԱՎՈՐՄԱՆ ԴԱՇՏԻ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ՏԱՐԱԾԱՇՐՋԱՆԱՅԻՆ
ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ՇՈՒԿԱՅԻՆ ԻՆՏԵԳՐՎԵԼԻՍ**

Միջազգային շուկաներում մրցակցությունը հիմնականում առնչվում է ապրանքների տեղափոխմանը, դրանց որակին և գործոններին: Հետևաբար, մատակարարների և բաշխողների միջև կոորդինացման գործընթացը կարելի է համարել կարևոր ազդակ ՀՀ-ի ներկայիս էներգետիկայի ոլորտում: Փորձ է արվել վերլուծել Եվրոպական դիֆերենցիալներից ՀՀ-ի էներգետիկ համակարգի կարգավորման տարբերությունները: Այնուհետև առաջարկվում է հետազոտել որոշ էկոնոմետրիկ մոդելներ, որոնք կարող են նպաստել էներգետիկ քաղաքականության փոփոխությունների իրականացմանը:

Առանցքային բառեր. էլեկտրաէներգիայի շուկա, մրցակցություն, կարգավորում, դիֆերենցիալներ, էներգետիկ քաղաքականություն:

А.С. Халатян

**АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ БАЗЫ В
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ РА ПРИ ИНТЕГРИРОВАНИИ В
РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РЫНОК**

Конкуренция на международных рынках в основном связана с перегрузкой товаров, их качеством и т.д. Следовательно, процедуры координации между поставщиками и распределителями являются важным сигналом для всего энергетического сектора РА. Предлагается изучить некоторые эконометрические модели, которые могут способствовать осуществлению изменений в энергетической политике.

Ключевые слова: рынок электроэнергии, конкуренция, регулирование, директивы, энергетическая политика.

Khalatyan Ani Sargis – PhD, assistant, YSU

H.Yu. Adilkhanyan

DEVELOPMENT OF BALANCED SCORECARD FOR ARMENIAN ENERGY SECTOR

Issues concerning strategic management of Armenian energy sector are addressed and discussed. The key aspects of Balanced Scorecard approach are highlighted. Mission and vision of Armenian energy sector are defined. Based on the conceptual transformation and modification of traditional Balanced Scorecard methodology, the Balanced Scorecard for Armenian energy sector is developed. Strategic objectives, initiatives and measures are defined for each perspective of the Scorecard. Furthermore, possible directions of future scientific examinations are outlined.

Keywords: energy sector, strategic management, balanced scorecard.

Introduction. Currently we live in a constantly changing global environment which is described by a multitude of complex relationships among various economic agents (government, businesses, population). Tough competition, transformation of resource structure, economic fluctuations put forward issues that have to be addressed by companies in order to be able to survive and drive towards further successes. For responding economic challenges businesses are required to pay serious attention to their strategies, as the latter define the path they should follow. Managers realize the last point and therefore stress the importance of increasing strategic management efficiency and seek for tools that would make possible to achieve that. In this respect, among distinct strategic management mechanisms and techniques a special interest both in practical and scientific points of view represents the framework developed by Kaplan and Norton [1] which is called Balanced Scorecard (hereafter BSC). Efficiency of strategy management is not an issue important only for private organizations. Public organizations and governments pay attention to this certain topic as well. Particularly, government implements techniques of strategic management for various economic sectors. In this sense, energy sector is of certain interest. It is considered as one of the most crucial driving factors of economy which has both direct and indirect impact on the overall economic success. Therefore, effective strategy is necessary for this sector and BSC approach can be applied as well. However, it should be mentioned that literature on BSC applications for energy sector and energy companies is relatively scarce [2 – 4].

Armenian energy sector is not an exclusion. In Armenia energy sector has even more significance. The reason behind that is the fact that this country doesn't have own natural energy resources (oil, natural gas, coal) and whole domestic demand is satisfied by means of imports from Russia and Iran. This emphasized dependence on external sources highlights a necessity for Armenia to develop a well-structured strategy for energy sector and utilize various tools for its management. In this respect, a particular solution could be the implementation of BSC. Such an attempt is made in current paper. This study aims at developing a BSC framework for Armenian energy sector and indicating possible measures and topics that could be undertaken or analysed further.

The Concept of Balanced Scorecard. Originally proposed as a performance measurement system, during the past decades BSC has undergone conceptual and functional transformations and currently is considered as a commonly used mechanism for strategy management and control. Development of BSC was conditioned by strong inefficiencies and drawbacks of traditional performance measurement systems that were mostly concentrated on financial indicators and financial aspects of corporate performance. Such an accentuated focus on financial measures provided information only about past periods and short run developments, while information concerning long-run perspective was impossible to be taken into account. This kind of performance measurement systems which were highly efficient during industrial era became ineffective in information age where the primary role had gone from material resources to intangible ones (information, knowledge, human capital) [5]. Therefore, there was an urged necessity to develop a measurement system that would allow to review the performance more effectively [1, 6]. BSC represents a unique tool which supplements financial indicators with non-financial indicators [7]. The term balanced refers to the balance that BSC secures between financial and non-financial indicators, internal and external indicators, strategic and diagnostic indicators, short-run and long indicators, leading and lagging indicators. It enables to monitor corporate performance from four different perspectives – financial, customer relations, internal business processes and learning and growth.

Financial perspective consists of indicators that reflect final results of undertaken actions. The main objective of this perspective is increased shareholder value which is suggested to be achieved either by improving productivity or revenue growth. *Customer relation perspective* concerns the consumer base and market segment where the company is engaged. It aims at increasing customer value proposition and improving customer satisfaction by offering better price, quality and speed of delivery. *Internal business process perspective* is related to those key processes and actions that result in improved customer satisfaction and corporate profitability. This perspective is concentrated on the management of operational, innovation, customer relations and social processes. And finally, *Learning and growth perspective* defines conditions necessary for sustainable long-run growth. It focuses on human capital, information capital and organization capital [6].

BSC is based on strategy. Vision, values and strategy are put in the centre of the system. This particular point outlines the strong relationship between strategy and BSC. For each perspective of BSC respective strategic objectives are defined. In order to highlight the path of achieving those objectives, strategic initiatives are proposed. For each initiative certain indicator (or indicators) are suggested and target values are set. The following figure represents the concept of BSC and its relation to strategy (Fig. 1) [6].



Fig. 1. Four perspectives of BSC Source: Kaplan & Norton (1996a)

receive a proper training on products, then their level of knowledge about the full range of products will increase. If sales personnel become more knowledgeable, then they will be more effective in the sales perspective. If personnel improve sales effectiveness, then average margins of sold products will increase.

Cause-effect relationships should cover all perspectives. For instance, a particular financial indicator selected for BSC may be the return-on-capital-employed (ROCE). In order to attain the target value of that indicator could be an increase of sales volume to existing clients conditioned by better customer loyalty. The latter constitute an objective that should be included in customer relations perspective due to its positive impact on ROCE (Kaplan & Norton [6, 8]. Customer loyalty on its turn is affected by on-time-delivery (OTD). Thus, the latter should be considered as strategic objective as well and allocated in the internal business process perspective. A possible way for achieving better OTD could be the reduction of cycle times or improvement in service quality of internal processes. These objectives could be achieved as results of enhancing employee skills and competence which should be placed in the learning and growth perspective [6, 8]. In the literature there are numbers of studies that document application of BSC in private companies representing sectors such as semiconductor industry [9], hospitality industry [11-12], textile industry [12], biopharmaceutical industry [13], financial services [14], [15], pipe industry [16], plastic industry [17], as well as in public organizations engaged in education [18], healthcare [19] or public government [20].

Characteristics of Armenian Energy Sector. The Republic of Armenia represents a developing country which tries to build a market economy. Armenian economy is still in the process of transition as it gained its independence only 25 years ago - after the collapse of Soviet Union. 70 years of planned economy left their serious footprint in the economic profile of Armenia and during the whole period of ongoing transition process created enormous obstacles for market economy development. Transition period made Armenia to face with a plenitude of problems concerning the development of own understanding of national economy and its growth. Country suffered and still suffers with serious issues in all sectors of economy. The energy sector is not an exclusion.

This particular area has a crucial importance for Armenia. As it is mentioned above, country does not possess natural energy sources such as oil, natural gas or coal. Therefore, that lack of natural resources makes Armenia dependent on Russia and Iran (mostly Russia), as they are the main importers of oil and gas. That is why, Armenia also has serious problems concerning energy security and independence. Stability of energy sector, in particular, power supply, directly depends on the volume and price of imported energy resources, as the production of electricity in thermal plants, which supply 36% of total power [21], is based on natural gas. Consequently, economic development of Armenia also depends on the stability of energy sector. Besides the problems related to the absence of natural energy sources, there are also drawbacks in operation and management of energy system. Old technologies, low level of staff competence cause tremendous losses in distribution networks, which in their turn lead to serious financial losses for distributor company and put an upward pressure on electricity price. For instance, during the recent years, electricity price for Armenian population has increased nearly by 50% due to poor management of energy production and supply. This has serious social impact on population, as well.

On the contrary, Armenia possesses quite large volumes of renewable energy sources (e.g. hydro or solar energy). In case of proper management and internalization of such energy sources Armenia will have an opportunity to reduce the volumes of imported oil and gas and consequently reduce its energy dependence from Russia and Iran. Moreover, implementation of renewable energy sources significantly will reduce the environmental impact caused by energy sector. However, the vast potential of renewable energy sources is not utilized in Armenia yet, as it assumes serious investments in technology and human capital and requires professional management. It is believed, that the development of energy sector's BSC will contribute in solving management related problems, as it represents effective management tool.

The Balanced Scorecard for Armenian Energy Sector. As the central part of any BSC is constituted by mission, vision, values and strategy, their definition represents the first step in the process of BSC development. Mission and vision of energy sector set final desired destination and starting point of strategic process. By taking into consideration features of this sector, relations between its agents and necessity to improve conditions of those agents, the following mission statement is suggested: *"To maximize welfare of economic agents (stakeholders) engaged in energy sector"*. Vision of energy sector assumes *provision of sustainable and renewable sources' based energy*. And finally, values of sector reflect *increase of power generation productivity, reduction of production costs, enhancement of competitiveness in the international market, continuity of energy supply, amendment of environmental profile of energy sector*.

In this study BSC for Armenian energy sector is developed on the basis of certain transformations and modifications of traditional framework proposed by Kaplan and Norton. The logic behind that is to make the concept adjusted and adapted to the realities and specifics of this particular sector and interrelations between agents representing it. The principal modification concerns financial perspective. As the scorecard is considered for the whole sector, it aims at achieving maximal welfare for all agents – government, consumers and producers. Therefore, it is decided to label it as *welfare perspective*. Moreover, as customer welfare and producer welfare are core parts of total welfare, customer

The key principle which BSC is based on, assumes cause-effect linkages between proposed measures and objectives. According to Kaplan and Norton [6, 8], strategy is described as a chain of cause-effect relationships which can be introduced with the help of *if then* statements. As an example they introduce the link between training of sales employees and corporate profitability by means of the following statements [6, 8]: *If the sales personnel*

perspective and financial perspective of producers or producer perspective are assumed to be sub-perspectives of welfare perspective. Labels of the remaining two perspectives – internal business process perspective and learning and growth perspective – remain unchanged.

As it is mentioned in the previous paragraph, total welfare consists of government welfare, customer welfare and producer welfare. Each of these components assumes own strategic objectives. For the government increase in the volume of taxes paid by energy companies is considered as first objective, as taxes constitute income that government earns from this sector. In order to quantify outcomes of that strategic goal, the ratio of energy taxes to total taxes is selected. The second objective pursued by the government is related to foreign trade and takes into consideration net export of energy sources. As the latter represents another source of income for the government, respective objective should be to increase the energy net export measured by total volume of energy net export in monetary terms.

Producer sub-perspective covers financial performance and financial measures of producers. Logically, the main goal of producers is the increase in profitability and improvement of respective financial indicators. As it has already been mentioned in this study, basically there are two strategies of profitability increase – revenue growth and productivity improvement. In case of energy sector the first strategy assumes revenue growth from existing customers, as there is a fixed customer base and standard product. In other words, companies can't increase their sales by introducing other products. Thus, energy companies can improve their profitability either by increasing sales to their existing customers or improving productivity. This implies increase of energy demand and consequently reduction of price, because in case of price increase, customers will take actions in order to reduce energy consumption.

The last topic is related to customer welfare and addressed in the customer sub-perspective. As customers, sectors of economy (including residential sector) are assumed. From the perspective of the whole energy system, the main objective of customer component should be the decrease of energy unit cost (energy price) not the total cost. The logic behind that is the fact that reduction of total energy costs borne by customers means similar change in producers' revenue. A possible action that has to be implemented for this sub-perspective is customer relations management (hereafter CRM) analysis which will enable to monitor processes related to this particular group of agents.

Issues concerning both reduction of energy price and productivity increase are related to internal business process perspective. That particular perspective of BSC developed in this study includes three out of four components introduced above – operation management, customer management and social process management. Operation management in energy sector is related to processes of supply chain and pursues to increase operational efficiency. This objective implies implementation of supply chain management analysis and cycle-time analysis. Customer management is aimed at improving processes that directly affect customer satisfaction. CRM analysis is again considered as a solution. And finally, under social processes in this study environmental aspects of energy sector are taken into account as production process in this sector assumes

serious ecological impact and footprint. This particular step allows to include sustainability related issues in examination and requires to develop model estimating the impact of emissions. As possible indicators, the volume of carbon and greenhouse emissions may be selected.

The last perspective – learning and growth perspective – deals with factors that provide solutions to the problems supposed to be solved within internal business process perspective. Those factors are human capital and innovation processes. It is assumed to construct model reflecting the influence of human capital on the innovative performance of companies. As an indicator of human capital can serve the share of population with tertiary education, while innovativeness can be measured by the volume of R&D expenditures. Graphically, developed BSC is represented in Fig. 2. At the end it is worth mentioning, that this study covers only theoretical part of the story, while all the above listed actions and mathematical models still have to be done and created. Thus, this study develops a framework for practical examination and outlines possible directions which scientific research can follow in the future.

Conclusion. In this study an attempt was made to propose a model of BSC for Armenian energy sector. Taking into account specific nature of this sector, conceptual changes of traditional approach were suggested. Three main perspectives were constructed, in contrast to traditional four perspectives. Welfare perspective was developed with two sub-perspectives – customer and producer – instead of financial perspective. For each perspective respective objectives were introduced and actions for achieving those objectives were represented. Indicators measuring quantitative results of undertaken actions were selected. Environmental issues were taken for the analysis as well.

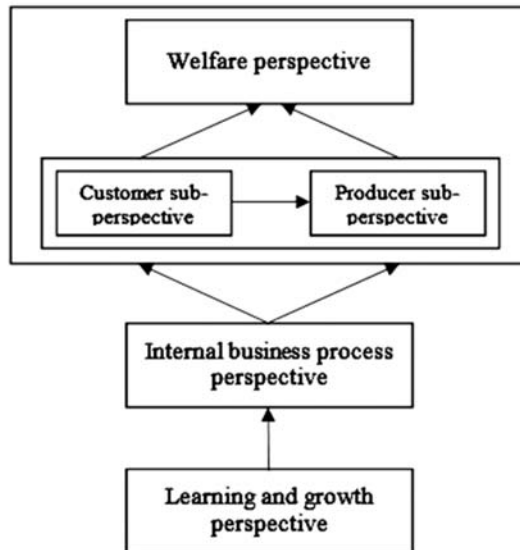


Fig. 2. BSC model for Armenian energy sector

References

1. Kaplan R.S. & Norton D.P. The balanced scorecard: Measures that drive performance // *Harvard Business Review*. - January-February, 1992.

2. **Jordão T.C., Sampedro E.L.V., González E.R. & Bata R.** The Strategic Planning for Renewable Energy Sources Deployment in the Czech Republic with the Support of Balanced Scorecard // *International Journal of Energy and Environment*. – 2011. – Vol. 3, No. 5. – P. 364-376.
3. **Rodprasert R., Chandarasupsang T., Chakpitak N. & Yupain P.P.** 3D Energy Framework Strategy by Balanced Scorecard // *Life Science Journal*. – 2014. – Vol. 11, No. 2. – P. 209-220.
4. **Nortjé C., Middelberg S.L., Oberholzer M. & Buys P.W.** Developing a sustainable balanced scorecard for the oil and gas sector // *Environmental Economics*. – 2014. – Vol. 5, No. 4. – P. 52-60.
5. **Kaplan R.S. & Norton D.P.** Having trouble with your strategy? Then map it // *Harvard Business Review*. – September-October, 2000.
6. **Kaplan R.S. & Norton D.P.** The balanced scorecard: Translating strategy into action // *Harvard Business Press*. – 1996a.
7. **Kaplan R.S. & Norton D.P.** Using the balanced scorecard as a strategic management system // *Harvard Business Review*. – January-February, 1996b.
8. **Kaplan, R.S. & Norton, D.P.** Linking the balanced scorecard to strategy // *California management review*. – 1996c. – Vol. 39, No. 1. – P. 53-79.
9. **Hsu C.W., Hu A.H., Chiou C.Y. & Chen T.C.** Using the FDM and ANP to construct a sustainability balanced scorecard for the semiconductor industry // *Expert Systems with Applications*. – 2011. – Vol. 38, No. 10. – P. 12891-12899.
10. **Chen F.H., Hsu T.S. & Tzeng G.H.** A balanced scorecard approach to establish a performance evaluation and relationship model for hot spring hotels based on a hybrid MCDM model combining DEMATEL and ANP // *International Journal of Hospitality Management*. – 2011. – Vol. 30, No. 4. – P. 908-932.
11. **Sainaghi R., Phillips P. & Corti V.** Measuring hotel performance: Using a balanced scorecard perspectives' approach // *International Journal of Hospitality Management*. – 2013. – Vol. 34. – P. 150-159.
12. **Cebeci U.** Fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP systems in textile industry by using balanced scorecard // *Expert Systems with Applications*. – 2009. – Vol. 36, No. 5. – P. 8900-8909.
13. **Huang H.C., Lai M.C. & Lin L.H.** Developing strategic measurement and improvement for the biopharmaceutical firm: Using the BSC hierarchy // *Expert Systems with Applications*. – 2011. – Vol. 38, No. 5. – P. 4875-4881.
14. **Wu H.Y., Tzeng G.H. & Chen Y.H.** A fuzzy MCDM approach for evaluating banking performance based on Balanced Scorecard // *Expert Systems with Applications*. – 2009. – Vol. 36, No. 6. – P. 10135-10147.
15. **Shahroodi K. & Bahraloloom S.A.** Evaluating the efficiency of banking industry by DEA: balanced approach // *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*. – 2014. – Vol. 4, No. S1. – P. 1426-1435.
16. **Danaei A. & Hosseini A.** Performance measurement using balanced scorecard: A case study of pipe industry // *Management Science Letters*. – 2013. – Vol. 3, No. 5. – P. 1433-1438.
17. **Wynder M.** Chemico: Evaluating performance based on the Balanced Scorecard // *Journal of Accounting Education*. – 2010. – Vol. 28, No. 3. – P. 221-236.
18. **Mozaffari A., Kalaei H., Shahhosseini M. & Chaghoei Y.** A new framework for performance evaluation system using strategy map: A case study of Islamic Azad University of Semnan // *Management Science Letters*. – 2013. – Vol. 3, No. 4. – P. 1041-1048.
19. **Shukri N.F.M. & Ramli A.** Organizational Structure and Performances of Responsible Malaysian Healthcare Providers: A Balanced Scorecard Perspective // *Procedia Economics and Finance*. – 2015. – Vol. 28. – P. 202-212.
20. **Mensah W. & George B.P.** Performance Management in the Public Sector: An Action-Research Based Case Study in Ghana // *Journal of Applied Economics & Business Research*. – 2015. – Vol. 5, No. 2. – P. 97-111.
21. **National Statistical Service of the Republic of Armenia.** Statistical Yearbook of Armenia 2016. – Yerevan, 2016.

27.02.2017.

Հ.Յու. Ադիլխանյան

ՀՀ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱՅԻ ՈԼՈՐՏԻ ՀԱՎԱՍԱՐԱԿՇՈՎԱԾ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՁԵՎԱՎՈՐՈՄԸ

Քննարկվում են ՀՀ էներգետիկ ոլորտի ռազմավարական կառավարմանն առնչվող խնդիրները: Դիտարկվել են հավասարակշռված ցուցանիշների համակարգի կարևորագույն ասպեկտները: Սահմանվել են ՀՀ էներգետիկ ոլորտի առաքելությունն ու տեսլականը: Մշակվել է ՀՀ էներգետիկ ոլորտի հավասարակշռված ցուցանիշների համակարգը՝ հիմնված համակարգի սկզբունքային ձևափոխությունների վրա: Համակարգի յուրաքանչյուր բաղադրիչի համար սահմանվել են ռազմավարական նպատակներ, նախաձեռնություններ և ցուցանիշներ: Ուրվագծվել են հետագա գիտական ուսումնասիրությունների հնարավոր ուղղությունները:

Առանցքային բառեր. էներգետիկ ոլորտ, ռազմավարական կառավարում, հավասարակշռված ցուցանիշների համակարգ:

А.Ю. Адилханян

ФОРМИРОВАНИЕ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА АРМЕНИИ

Обсуждены проблемы стратегического управления энергетическим сектором Армении. Рассмотрены важнейшие аспекты сбалансированной системы показателей. Определены миссия и видение энергетического сектора Армении. На основе концептуального преобразования традиционной методологии построена сбалансированная система показателей энергетического сектора РА. Для каждого компонента системы определены стратегические цели, инициативы и показатели. Более того, указаны возможные направления дальнейших научных исследований.

Ключевые слова: сектор энергетики, стратегическое управление, сбалансированная система показателей.

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

A.A. Nanyan

ON THE MODEL OF THE ADJUSTMENT OF FINANCIAL RISK

The management of financial risks is commonly defined as a process that uses physical and human resources to accomplish certain objectives concerning loss exposures. In the current paper we argue that insurance can be seen as a principal element of this broadly acceptable definition. Moreover, we identify the stage of risk management for which the technique of insurance is available. Afterwards, we extend the interpretation of the standard formal framework of insurance so as to capture the concept of the demand for insurance. The structural analysis allows to isolate the main determinants of the insurance demand and investigate the nature of causal relationships. We establish that the measure of loss and its probability have a positive effect on the demand for insurance whereas the effect of the insurance premium and the individual's wealth is ambiguous and depends on risk preferences.

Keywords: *loss exposures, the demand for insurance, the stages of risk management, causal relationships.*

Introduction. The management of financial risks involves identification, measurement and treatment of the loss exposure [1]. Insurance is a key part of this process since it presents a mechanism that is primarily used to treat loss exposures. Put another way, insurance can be viewed as a risk management technique, an instrument that will allow managers to deal more adequately with the possible consequences of financial risks. In some sense, insurance is an additional dimension in the risk manager's "commodity space", that, in conjunction with other control elements, can be selected for a given exposure.

Economic agents are concerned about the management of loss exposures for two reasons- cost of losses that actually occur and cost of losses that might occur [2]. The financial impact of the first type of losses depends on their magnitude and the ability of the entity to absorb the losses. This effect ranges from minor inconveniences to losses that cause the breakup of the business or family. Importantly, actual loss exposures refer to situations when financial losses are not offset by gains to some members of society. Clearly, society as a whole loses because it is the sum of its parts and one or more parts are worse off. Apart from actual costs loss exposures incorporate uncertainty that affects people's behaviour and leads to less than optimum use of resources [3]. This implies that uncertainty tends to disturb the inherent tendency of the economic system to achieve optimum balance.

The costs of loss exposures can be reduced by effective risk management that incorporates the following steps [4]:

1. Identifying and analysing loss exposures.
2. Selecting the combination of techniques to be used to handle each exposure.
3. Implementing the techniques chosen.
4. Monitoring the decisions made and implementing appropriate changes.

In the paper we argue that insurance is a key financing technique available in the second step of the above described process. Put simply, insurance enables to transfer financial consequences of some possible loss events from an insured party to an insurer. Importantly, the key feature of insurance is its social nature indicating that the insurer should make arrangements with many entities exposed to loss.

The most apparent benefit of insurance is the payment on behalf of insureds who suffer covered losses. This fact reduces ex ante uncertainty about financial loss resulting in a decrease in anxiety. In other words, insurance markets provide a way to eliminate risks. Naturally, at some level the analysis of risks reduces to the investigation of the demand for insurance. In the present paper we are interested in identifying the key factors determining the demand for insurance and revealing the directions of all respective effects. This will make it possible to analyse the complicated structure of decisions on financing loss exposures that are based on multiple comparisons of benefits and direct and indirect costs.

The standard setting of insurance. The decision-maker pays an insurance premium in exchange for partial or full compensation (insurance cover) for loss resulting from some events. Further, the insurance buyer makes a decision over the cover.

There are only two states of nature: 1 and 2. Income in the no-loss state is $x_1 = x$ and income in the loss state is $x_2 = x - A$. Probability of loss A is π . Expected value of income without insurance is

$$\bar{x} = (1 - \pi)x + \pi(x - A) = x - \pi A.$$

Expected utility in the absence of insurance is

$$EU = (1 - \pi)u(x) + \pi u(x - A).$$

The insurer offers cover C at a premium rate p . The premium amount P is pC . The buyer chooses C to maximize

$$EU(C) = (1 - \pi)u(x - pC) + \pi u(x - A + (1 - p)C).$$

The first order condition is

$$EU_C = -(1 - \pi)pu'(x - pC^*) + \pi(1 - p)u'(x - A + (1 - p)C^*) = 0.$$

The second order condition is negative at the optimum.

Rearranging the FOC we get

$$\frac{1 - p}{p} = \frac{1 - \pi}{\pi} \cdot \frac{u'(x - pC^*)}{u'(x - A + (1 - p)C^*)}.$$

From this equation it is clear that the following must hold:

1) With a fair premium there is full cover: $p = \pi \Leftrightarrow C^* = A$.

Proof:

$$p = \pi \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{1 - \pi}{\pi} = \frac{1 - \pi}{\pi} \cdot \frac{u'(x - pC^*)}{u'(x - A + (1 - p)C^*)} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow u'(x - A + (1 - p)C^*) = u'(x - pC^*) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow x - A + (1 - p)C^* = x - pC^* \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow C^* = A.$$

2) With a positive loading there is partial cover: $p > \pi \Leftrightarrow C^* < A$.

Proof:

$$p > \pi \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{1 - p}{p} = \frac{1 - \pi}{\pi} \cdot \frac{u'(x - pC^*)}{u'(x - A + (1 - p)C^*)} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{(1 - p)\pi}{p(1 - \pi)} = \frac{u'(x - pC^*)}{u'(x - A + (1 - p)C^*)} < 1 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow u'(x - A + (1 - p)C^*) > u'(x - pC^*) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow x - A + (1 - p)C^* < x - pC^* \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow C^* < A.$$

3) With a negative loading there is more than full cover: $p < \pi \Leftrightarrow C^* > A$.

Proof: Analogous to 2).

The demand for insurance. The main results of the paper directly follow from the observation that solving the above mentioned first order condition for the optimal cover we shall obtain the insurance demand function. In this respect, our aim is to explore the relationship between the demand for insurance and the exogenous parameters that determine it: x, π, A, p . Note that if we assume a fair premium, full cover is always bought. In that case, comparative-static analysis is trivial. Therefore assume that $p > \pi$ and $0 < C^* < A$. The FOC is

$$EU_C = -(1 - \pi)pu'(x - pC^*) + \pi(1 - p)u'(x - A + (1 - p)C^*) = 0.$$

Applying the implicit function theorem [5] we get

$$\frac{\partial C^x}{\partial x} = -\frac{EU_{Cx}}{EU_{CC}},$$

$$\frac{\partial C^x}{\partial p} = -\frac{EU_{Cp}}{EU_{CC}},$$

$$\frac{\partial C^x}{\partial A} = -\frac{EU_{CA}}{EU_{CC}},$$

$$\frac{\partial C^x}{\partial p} = -\frac{EU_{Cp}}{EU_{CC}}.$$

Because of risk aversion it is easy to show that $EU_{CC} < 0$. Therefore the signs of the above derivatives are determined by that of the numerator.

The effect of income. What happens to the demand for insurance if an individual's income increases? The numerator is

$$EU_{Cx} = -p(1 - \pi)u''(x - pC^*) + (1 - p)\pi u''(x - A + (1 - p)C^*).$$

Let us relate this to the buyer's risk preferences. First, define

$$x_1^* = x - pC^*,$$

$$x_2^* = x - A + (1 - p)C^*.$$

We know that because of partial cover $x_1^* > x_2^*$:

$$EU_{Cx} = -p(1 - \pi)u''(x_1^*) + (1 - p)\pi u''(x_2^*).$$

The FOC takes on the following form

$$\pi u'(x_2^*)(1 - p) = (1 - \pi)u'(x_1^*)p.$$

Rearranging the FOC gives

$$(1 - \pi)p = \pi(1 - p)\frac{u'(x_2^*)}{u'(x_1^*)}.$$

Substituting gives

$$\begin{aligned} EU_{Cx} &= \pi(1 - p)u''(x_2^*) - \pi(1 - p)\frac{u'(x_2^*)}{u'(x_1^*)}u''(x_1^*) = \\ &= \pi(1 - p)u'(x_2^*)\left\{\frac{u''(x_2^*)}{u'(x_2^*)} - \frac{u''(x_1^*)}{u'(x_1^*)}\right\}. \end{aligned}$$

Recall, that the Arrow-Pratt measure of absolute risk aversion is

$$A(x) = -\frac{u''(x)}{u'(x)}.$$

We can then write

$$EU_{Cx} = \pi(1-p)u'(x_2) \cdot (A(x_1^*) - A(x_2^*)).$$

So we get the following result

$$EU_{Cx} \geq 0 \Leftrightarrow A(x_1^*) \geq A(x_2^*),$$

$$EU_{Cx} \leq 0 \Leftrightarrow A(x_1^*) \leq A(x_2^*).$$

Insurance cover is a normal good if risk aversion increases with income (IARA): $A(x_1^*) \geq A(x_2^*)$ with $x_1^* > x_2^*$.

Insurance cover is an inferior good if risk aversion decreases with income (DARA): $A(x_1^*) \leq A(x_2^*)$ with $x_1^* > x_2^*$.

Insurance cover is constant in income if risk aversion is constant in income (CARA): $A(x_1^*) = A(x_2^*)$ with $x_1^* > x_2^*$.

The intuition is fairly clear: if an increase in income increases willingness to bear risk then the demand for insurance falls.

The change in premium rate. Now we consider the effect of increases in the premium rate on the amount of cover. The numerator is

$$EU_{Cp} = -\left((1-\pi)u(x_1^x) + \pi u'(x_2^x)\right) + (p(1-\pi)u''(x_1^x) - (1-p)\pi u''(x_2^x))C^x.$$

Notice that the second term is just $-EU_{Cx}C^x$.

In fact, we have a standard Slutsky equation which can be written as

$$\begin{aligned} \frac{dC^x}{dp} &= -\frac{EU_{Cp}}{EU_{Cc}} = \frac{(1-\pi)u'(x_1^x) + \pi u'(x_2^x)}{EU_{Cc}} + C^x \frac{EU_{Cp}}{EU_{Cc}} = \\ &= \frac{(1-\pi)u'(x_1^x) + \pi u'(x_2^x)}{EU_{Cc}} - C^x \frac{dC^x}{dx}. \end{aligned}$$

The first term is the substitution effect which is negative. The second term is the income effect that can be negative, positive or 0 (see the effect of income).

For IARA $\frac{dC^x}{dx} > 0$ and both the substitution and income effects are negative. Demand for cover will fall as the price for it increases.

For CARA $\frac{dC^x}{dx} = 0$ and the income effect is zero, therefore the overall effect is negative.

For DARA $\frac{dC^x}{dx} < 0$, the income effect is positive and thus the overall effect is ambiguous. Insurance may be a Giffen good if risk aversion decreases sufficiently with income.

Loss and loss probability. Now the question is how the demand varies as the measure of loss and its probability increase.

$$EU_{CA} = -(1-p)\pi u''(x_2^x) > 0.$$

This is an unambiguous effect. As we would expect, an increase in potential loss increases the demand for cover. For the effect of the loss probability consider:

$$EU_{C\pi} = pu'(x_1^x) + (1-p)u'(x_2^x) > 0.$$

This effect is again positive. An increase in the loss probability increases the demand for cover, other things being equal.

Conclusions. In the present paper insurance is discussed as a method of treatment of loss exposures. Applying the implicit function theorem we find out that the measure of loss and its probability have a positive effect on the insurance demand and the influence of the income and the price of insurance is contingent upon risk preferences of the insurance buyer.

References

1. **Mehr, R., Hedges, B.** Risk Management: Concepts and Applications // The Journal of Risk and Insurance.- 1977.-P. 162-165.
2. **Petersen, D.** Techniques of Safety Management.-Amer Society of Safety Engineers, 2003.-364 p.
3. **Bland, D.** Risk Management in Insurance // Journal of Financial Regulation and Compliance. - 1999. - P. 13-16.
4. **MacMinn, R.** Insurance and Corporate Risk Management // The Journal of Risk and Insurance.-1987.- P. 658-677.
5. **Wainwright, K., Chiang, A.** Fundamental Methods of Mathematical Economics.-McGraw-Hill Education, 2004.-704 p.

18.12.2016.

Ա.Ա. Նանյան

ՖԻՆԱՆՍԱԿԱՆ ՌԻՍԿԻ ՃՇՋՐՏՄԱՆ ՄՈԴԵԼԻ ՄԱՍԻՆ

Ֆինանսական ռիսկերի կառավարումը սովորաբար սահմանվում է որպես այնպիսի գործընթաց, որը օգտագործում է ֆիզիկական և մարդկային ռեսուրսներ՝ կորստի դեպքերի հետ կապված որոշ նպատակներ իրագործելու համար: Ներկայացվում է տեսակետ, որի համաձայն ապահովագրությունը կարող է դիտվել որպես այս լայնորեն ընդունելի սահմանման բաղկացուցիչ տարր: Բացի այդ, նույնականացվում է ռիսկերի կառավարման այն փուլը, որի համար ապահովագրության գործիքը կարող է կիրառվել: Այնուհետև ընդլայնվում է ապահովագրության ստանդարտ մոդելային միջավայրի մեկնաբանությունը՝ նպատակ ունենալով վերլուծության մեջ ներառել ապահովագրության պահանջարկի հասկացությունը: Կառուցվածքային վերլուծությունը հնարավորություն է տալիս առանձնացնել ապահովագրության պահանջարկի հիմնական գործոնները և ուսումնասիրել պատճառական կախվածությունների բնույթը: Ցույց է տրվում, որ կորստի չափը և նրա հավանականությունը ապահովագրական պահանջարկի վրա ունեն դրական ազդեցություն, այն դեպքում, երբ ապահովագրավճարի և անհատի հարստության ազդեցությունները միարժեք չեն և կախված են ռիսկի նախընտրություններից:

Առանցքային բառեր. կորուստ, ապահովագրության պահանջարկ, ռիսկերի կառավարման փուլեր, պատճառահետևանքային կապեր:

А.А. Нанян

О МОДЕЛИ КОРРЕКТИРОВКИ ФИНАНСОВОГО РИСКА

Управление финансовыми рисками обычно определяется как процесс, который использует физические и человеческие ресурсы для достижения определенных целей, связанных с потерями. В данной статье утверждается, что страхование может рассматриваться в качестве основного элемента этого широко приемлемого определения. Кроме того, идентифицируется этап управления рисками, для которого методика страхования применима. Расширена интерпретация стандартной формальной модели страхования для того, чтобы включить в нее понятие спроса на страхование. Структурный анализ позволяет выделить основные детерминанты спроса страхования и исследовать характер причинно-следственных связей. Установлено, что величина потери и ее вероятность оказывают положительное влияние на спрос страхования, в то время как эффект страховой премии и индивидуального богатства неоднозначен и зависит от предпочтений риска.

Ключевые слова: потеря, спрос на страхование, этапы управления рисками, причинно-следственные связи.

Nanyan Ashot Ararat - PHD student (YSU)

Ա.Գ. Գալստյան, Լ.Հ. Հարոյան, Վ.Ա. Մելիք-Փարսադանյան

ՄԱՔՈԼԻԻ ԴՅՈՒՐԱՑԻԱՅԻ ՄԻ ՔԱՆԻ ՀԱՏԿՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Դյուրացիան առավել հաճախ կիրառվող մեծություններից է հաստատուն եկամուտով գործիքների վերլուծություններում: Հայտնի են Մաքուլիի, ձևափոխված, արդյունավետ, սփրեդ և այլ դյուրացիաներ, որոնք լայն կիրառություն ունեն պայուսակի և ռիսկերի կառավարման գործառնություններում: Սույն աշխատանքում ուսումնասիրվում է Մաքուլիի դյուրացիան, դրա հատկությունները և կիրառությունները հաստատուն եկամուտով ներդրումային նախագծերում: Մասնավորապես ապացուցվում են տարբեր պարտատոմսերի համար Մաքուլիի դյուրացիայի՝ մինչև մարում ժամկետից կախված որոշ հատկություններ, ինչպես նաև ներդրումային հորիզոնի եկամտաբերության միտումների տեսանկյունից դիտարկվում է որպես ներդրումային հորիզոն Մաքուլիի դյուրացիայի նշանակությունը:

Առանցքային բառեր. Մաքուլիի դյուրացիա, ձևափոխված դյուրացիա, մինչև մարում ժամկետ, ներդրումային հորիզոն, ներդրումային հորիզոնի եկամտաբերություն:

Դյուրացիայի գաղափարը առաջին անգամ շրջանառության մեջ է դրել Ֆ. Մաքուլին՝ սահմանելով այն որպես դրամական հոսքերի միջին ժամկետայնություն [1]: Մաքուլիի դյուրացիան ներկայացնելու նպատակով դիտարկենք ներդրումային նախագիծ, որի $t_1, t_2, \dots, t_N$ պահերի դրամական հոսքերը հայտնի են ժամանակի $t_0 = 0$ պահին՝ $CF_1, CF_2, \dots, CF_N$ ($CF_j > 0, j = \overline{1, N}$), y -ը պահանջվող եկամտաբերությունն է ($y > 0$): Դիցուք՝ d -ն ժամանակի ինչ-որ պահ է՝ $t_k < d \leq t_{k+1}, k = \overline{0, N-1}$, որը բավարարում է (1)-ին.

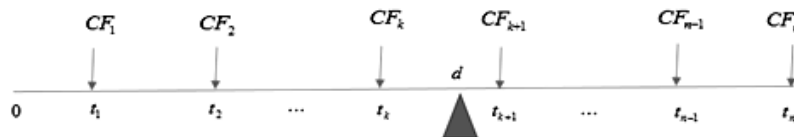
$$(d - t_1) \frac{CF_1}{(1+y)^{t_1}} + \dots + (d - t_k) \frac{CF_k}{(1+y)^{t_k}} = (t_{k+1} - d) \frac{CF_1}{(1+y)^{t_{k+1}}} + \dots + (t_N - d) \frac{CF_N}{(1+y)^{t_N}} : \quad (1)$$

Ըստ սահմանման՝ d -ն ժամանակի այն պահն է, որտեղ հավասարվում են ստացված և ստացվելիք դրամական հոսքերի ներկա արժեքները՝ կշռված դրամական հոսքի՝ մինչև տվյալ պահը եղած ժամանակով [2]:

Լուծելով (1)-ը d -ի նկատմամբ՝ կստանանք.

$$d = \frac{\sum_{k=1}^N t_k \frac{CF_k}{(1+y)^{t_k}}}{\sum_{k=1}^N \frac{CF_k}{(1+y)^{t_k}}} = \sum_{k=1}^N t_k \cdot \omega_k, \quad (2)$$

որտեղ ω_k -ն k -րդ դրամական հոսքի ներկա արժեքի կշիռն է պարտատոմսի գնի (բոլոր դրամական հոսքերի ներկա արժեքների գումարի) մեջ: (2) մեծությունը հայտնի է որպես Մաքուլիի դյուրացիա: Այսպիսով, d -ն դրամական հոսքերի ստացման պահերի միջին կշռված մեծություն է (նկ. 1):



Նկ. 1. Դրամական հոսքերը ժամանակային հորիզոնում

Մասնագիտական գրականությունը Մաքուլիի դյուրացիան առավել հաճախ դիտարկում է $t_k = k, CF_k = cF, k = \overline{1, N-1}, CF_N = cF + F$ բնութագիրն ունեցող պարտատոմսի¹ (plain vanilla)

¹ Հաստատուն և հավասար պարբերականությամբ արժեկտրոնով, չի հանդիսանում տրոհում, թողարկողի և գնորդի իրավունքներով օպցիո նների բացակայությամբ, ապահովված չէ որևէ այլ ակտիվով:

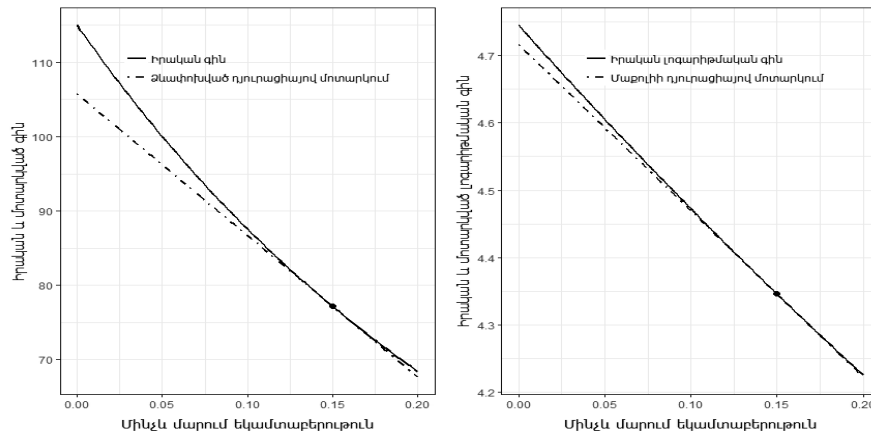
համար: Այս պարագայում, որոշակի ձևափոխություններից հետո (2)-ը ներկայացվում է հետևյալ տեսքով [3-5].

$$d = d(c, y, N) = \frac{1+y}{y} - \frac{N(c-y)+1+y}{c(1+y)^N - (c-y)}: \quad (3)$$

Հայտնի է նաև Մաքուլիի դյուրացիայի և ձևափոխված դյուրացիայի կապը [3].

$$d = \frac{\partial \ln P}{\partial \ln(1+y)} = \frac{\partial \ln P}{\partial y} : \frac{\partial \ln(1+y)}{\partial y} = -\frac{1}{P} \frac{\partial P}{\partial y} (1+y) = md(1+y), \quad (4)$$

որտեղ md -ն ձևափոխված դյուրացիան է (նկ. 2):



Նկ. 2. Գնի (լոգ. գնի) և ձևափոխված (Մաքուլիի) դյուրացիաների կապը

Ստորև ներկայացնենք Մաքուլիի դյուրացիայի մի քանի հատկություններ, որոնք կարելի է դիտարկել վերոնշյալ հավասարումներից.

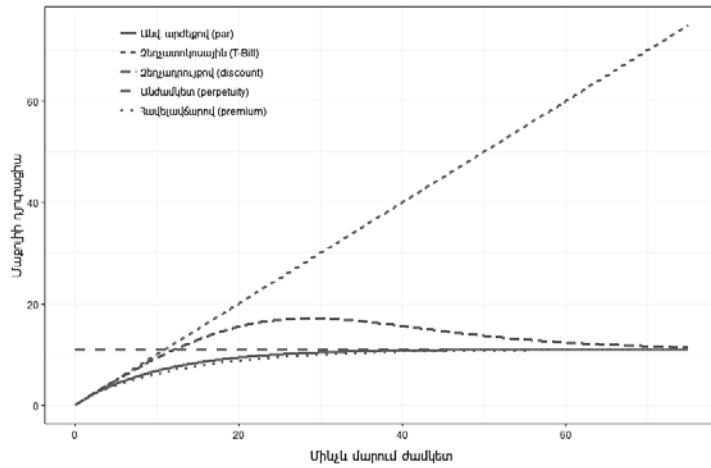
1. Մաքուլիի դյուրացիայի չափման միավորը ժամանակն է (2), $0 < d \leq N$, և ինչպես երևում է (4) -ից, այն գնի՝ մինչև մարում եկամտաբերության նկատմամբ զգայունություն է ցույց տալիս:
2. $d(c, y, N)$ -ը y -ից նվազող ֆունկցիա է, երբ մնացած պարամետրերը ենթադրվում են անփոփոխ:
3. $d(c, y, N)$ -ը c -ից նվազող ֆունկցիա է, երբ մնացած պարամետրերը ենթադրվում են անփոփոխ:
4. Պարտատոմսի դյուրացիան արժեկտրոնների վճարման պահերի միջև (d_τ) հաշվարկվում է $d_\tau = d - \frac{t}{T}$ -ով, որտեղ T -ն արժեկտրոնային փուլի օրերի քանակն է, իսկ t -ն՝ հաշվարկման պահից մինչև հաջորդ արժեկտրոնի վճարման պահն ընկած օրերի քանակը:
5. Եթե պարտատոմսը զեղչատոկոսային է ($c = 0$), ապա $d = N$, այսինքն՝ զեղչատոկոսային պարտատոմսի Մաքուլիի դյուրացիան մինչև մարում ժամկետն է:
6. Եթե արժեկտրոնի վճարումների քանակը անսահմանափակ է (perpetuity)՝

$$N \rightarrow \infty, d \rightarrow \frac{1+y}{y}, \text{ այսինքն՝ այս դեպքում պարտատոմսի դյուրացիան անկախ է}$$

արժեկտրոնի մեծությունից:

Որպես ժամանակի միավոր, հետաքրքրական է Մաքուլիի դյուրացիայի և պարտատոմսի՝ մինչև մարում ժամկետի կապը: Մասնագիտական գրականությունում պարտատոմսի՝ մինչև մարում

ժամկետայնության և Մաքուլիի դյուրացիայի կապը (երբ $\frac{t}{T} = 0$) հաճախ ներկայացվում է գծապատկերի տեսքով (նկ. 3), որտեղից հեշտությամբ կարելի է նկատել Մաքուլիի դյուրացիայի հետևյալ հատկությունները [3,4].



Նկ. 3. Մաքուրիի դյուրացիայի և մինչև մարում ժամկետի միջև կապը

7. Եթե պարտատոմսի գինը հավասար է անվանական արժեքին ($c = y$) կամ մեծ է անվանական արժեքից ($c > y$)՝ հավելվածարով, ապա Մաքուրիի դյուրացիան աճում է մինչև մարում ժամկետի աճին զուգընթաց. այսինքն՝ $d(N)$ -ը աճող ֆունկցիա է:

8. Եթե պարտատոմսի գինը փոքր է անվանական արժեքից ($c < y$)՝ զեղչադրույքով, ապա Մաքուրիի դյուրացիան, մինչև մարում ժամկետի աճի հետ, նախ աճում է, ապա նվազում. այսինքն՝ գոյություն ունի N_0 ժամկետայնություն այնպես, որ $d(N) < d(N_0)$, $N < N_0$ և $d(N) < d(N_0)$, $N > N_0$:

Ստորև ներկայացնենք 7-րդ և 8-րդ հատկությունների ապացույցները:

➤ Նախ, երբ $c = y$. (3)-ից կարող ենք ստանալ, որ $d = \frac{1+y}{y} \left(1 - \frac{1}{(1+y)^N} \right)$, որը ակնհայտ

աճում է N -ի աճին զուգընթաց:

$c \neq y$ դեպքերի համար դիտարկենք հետևյալ հավասարումը, որը կարելի է ստանալ (3)-ը ածանցելով ըստ N -ի.

$$\frac{\partial d}{\partial N} = \frac{[(y-c)(c(1+y)^N + y-c)] + [c(1+y)\ln(1+y)(1+y)^N] + [Nc(c-y)\ln(1+y)(1+y)^N]}{(c(1+y)^N + y-c)^2} \quad (5)$$

(5)-ի համարիչի առաջին բաղադրիչը ներկայացնենք հետևյալ տեսքով.

$$(y-c)(c(1+y)^N + y-c) = c(y-c)((1+y)^N - 1 + 1) + (y-c)^2 = c(y-c)((1+y)^N - 1) + (y-c)y$$

և նշանակենք.

$$A \equiv [(y-c)y + c(1+y)\ln(1+y)(1+y)^N], \quad B \equiv [Nc(c-y)\ln(1+y)(1+y)^N - c(c-y)((1+y)^N - 1)]:$$

Արդյունքում (5) -ը կբերվի հետևյալ տեսքին.

$$\frac{\partial d}{\partial N} = \frac{A+B}{(c(1+y)^N + y-c)^2}: \quad (6)$$

Գնահատենք A -ն և B -ն՝ օգտագործելով հետևյալ երեք հայտնի անհավասարությունները .

- $(1+y)^N \geq 1$, երբ $y > 0, N \geq 0$:
- $(1+y)\ln(1+y) > y$, երբ $y > 0$:
- $\ddot{a}_{\overline{N}|} \leq N$, երբ $y > 0, N \geq 0$, որտեղ $\ddot{a}_{\overline{N}|} = (1+y) \frac{1 - (1+y)^{-N}}{y}$:

$$A = (y-c)y + c(1+y)\ln(1+y)(1+y)^N > (y-c)y + cy(1+y)^N \geq y^2 - cy + cy > 0:$$

Այսինքն՝ անկախ y, c ցուցանիշների հարաբերակցությունից (6) հավասարման համարիչի առաջին գումարելին միշտ դրական է: Մինչդեռ նույնը պնդել (6) հավասարման համարիչի երկրորդ գումարելու մասին չի կարելի: y, c ցուցանիշների տարբեր հարաբերակցությունների դեպքում նշված գումարելին կարող է լինել և՛ բացասական, և՛ ոչ բացասական: Սակայն այն դեպքում

➤ երբ $c > y$,

$$B = c(c - y)(1 + y)^N (N \ln(1 + y) - (1 - (1 + y)^{-N})) > c(c - y)(1 + y)^N \frac{y}{1 + y} (N - \ddot{a}_{\overline{N}|}) \geq 0: \quad (7)$$

Ուստի, երբ $c > y$, ապա $\frac{\partial d}{\partial N} = \frac{A + B}{(c(1 + y)^N + y - c)^2} > 0$, հետևաբար հավելավճարով պարտատոմսի

համար Մաքուլիի դյուրացիան աճում է մինչև մարում ժամկետայնության աճին զուգընթաց. $d(N)$ -ը աճող ֆունկցիա է:

➤ Այն դեպքում, երբ $c < y$, կարելի է ենթադրել, որ հնարավոր են B -ի և հետևաբար (6)-ի և՛ բացասական, և՛ ոչ բացասական արժեքներ, որը կարող ենք ստուգել՝ լուծելով $\frac{\partial d}{\partial N} = 0$ հավասարումը:

Պարզ ձևափոխություններից հետո ստացվում է հետևյալ անդրադարձ հավասարումը [6].

$$N_0 = \frac{y - c}{c \ln(1 + y)} \left(\frac{1}{1 + y} \right)^{N_0} + \frac{1}{\ln(1 + y)} + \frac{1 + y}{y - c}: \quad (8)$$

Ցույց տանք, որ (8)-ը ունի միակ լուծում: Այն կարելի է բերել $f(x) = \alpha \cdot \beta^x + \gamma - x, 0 < \beta < 1, \alpha > 0, \gamma > 0, x \geq 0$ ֆունկցիայի 0-ի գոյությունը ապացուցելուն, որտեղ

$$\alpha = \frac{y - c}{c \ln(1 + y)}, \beta = \frac{1}{1 + y}, \gamma = \frac{1}{\ln(1 + y)} + \frac{1 + y}{y - c}: f(+\infty) = -\infty, f(0) = \alpha + \gamma > 0 \text{ և քանի որ } f(x) -$$

ը անընդհատ է, ապա $\exists x_0 \in (0, +\infty) \text{ s.t. } f(x_0) = 0$ ՝ ըստ միջին արժեքի թեորեմի: Իսկ միակությունը բխում է նրանից, որ $x = \alpha\beta^x + \gamma$ հավասարման ձախ մասում աճող, իսկ աջում նվազող ֆունկցիաներ են, հետևաբար, եթե դրանք հատվում են, ուրեմն հատման կետը միակն է: Այսինքն՝ (3)-ը ունի

կրիտիկական կետ ($c < y$): Մյուս կողմից, քանի որ $\left. \frac{\partial^2 d}{\partial N^2} \right|_{N=N_0} = \frac{(c - y) \ln(1 + y)}{c(1 + y)^{N_0} + y - c} < 0$, ուստի այդ կետը

մաքսիմումի կետ է: Հետևաբար ապացուցված է նաև 8-րդ հատկությունը:

Վերոնշյալ արդյունքներից կարելի է կատարել նաև հետևյալ եզրահանգումները.

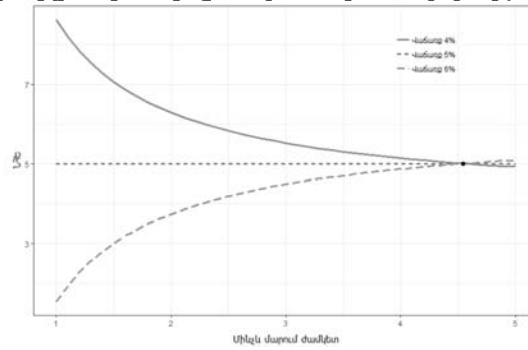
1. Ձեղջադրությամբ պարտատոմսի համար, երբ $y \rightarrow c- \Rightarrow N_0 \rightarrow +\infty$:
2. Օրինակով կարելի է համոզվել, որ N_0 -ի և $(y - c)$ -ի միջև ուղիղ կապ չկա:

Քանի որ, ինչպես վերը նշվեց, Մաքուլիի դյուրացիան ժամանակի միավոր է, հետաքրքրական է նաև դրա կապը ներդրումային հորիզոնի հետ: Հայտնի է, որ փոփոխվող տոկոսադրույքների պայմաններում պարտատոմսի՝ Մաքուլիի դյուրացիայից կարճ կամ երկար ներդրումային հորիզոնի դեպքերում կստացվեն տարբեր տարեկանացված ՆՀԵ-ներ (ներդրումային հորիզոնի եկամտաբերություն) [7]: Ներդրումային հորիզոնի երկարության և տարեկանացված ՆՀԵ-ի կապը դիտարկենք հետևյալ օրինակով: Դիցուք ձեռք է բերվում 5% մինչև մարում եկամտաբերությամբ, 5% տարեկան արժեկտրոնով, 5 տարի մինչև մարում ժամկետով պարտատոմս, որի Մաքուլիի դյուրացիան մոտ 4.55 է:

Դիտարկենք առօրինակ հետո՝ մինչև հաջորդ արժեկտրոնի վճարումը, տոկոսադրույքների հետևյալ սցենարները. տոկոսադրույքը մնում է անփոփոխ, տոկոսադրույքը բարձրանում կամ իջնում է՝ դառնալով համապատասխանաբար 6% և 4%, այնուհետև մնում անփոփոխ: Դիտարկենք տարեկանացված ՆՀԵ-ի փոփոխությունը ժամանակից կախված երեք վերոնշյալ դեպքերում, երբ ներդրումային հորիզոնը գերազանցում է մեկ տարին (նկ. 4):

Տոկոսադրույքների փոփոխության դեպքում եկամտաբերության վրա ազդում է երկու գործոն՝ գնի փոփոխությունը և վերաներդրումից եկամուտը: Տոկոսադրույքի նվազման դեպքում գնի փոփոխությունից հավելյալ եկամուտը գերազանցում է ցածր տոկոսադրույքով վերաներդրման ազդեցությանը մինչև որոշակի պահ, և ժամանակահատվածի տարեկանացված ՆՀԵ-ն մեծ է

սկզբնական մինչև մարում եկամտաբերությունից, որից հետո վերաներդրման ազդեցությունը գերակշռում է, և ժամանակահատվածի տարեկանացված ՆՀԵ-ն փոքր է սկզբնական մինչև մարում եկամտաբերությունից: Հակառակը տեղի ունի տոկոսադրույքի աճի դեպքում: Տոկոսադրույքների անփոփոխ մնալու դեպքում, երբ առքի և վաճառքի պահերին գները հաշվարկվում են միևնույն մինչև մարում եկամտաբերությամբ և պարտատոմսի արժեկտրոնները վերաներդրվում են սկզբնական մինչև մարման եկամտաբերության դրույքով, տարեկանացված ՆՀԵ-ն չի տարբերվում մինչև մարում եկամտաբերությունից [4]: Գծապատկերից պարզ է նաև, որ գոյություն ունի ժամանակի այնպիսի պահ, երբ թե՛ տոկոսադրույքների աճի, թե՛ նվազման դեպքում ներդրման տարեկանացված ՆՀԵ-ն հավասարվում է պարտատոմսի սկզբնական մինչև մարում եկամտաբերությանը:



Նկ. 4. Տարեկանացված ՆՀԵ-ն տարբեր սցենարների դեպքում²

Ցույց տանք, որ տոկոսադրույքի աճի, նվազման և անփոփոխ մնալու դեպքերում ՆՀԵ-ը համապատասխանաբար աճող, նվազող և հաստատուն ֆունկցիա է ըստ ներդրումային հորիզոնի, և ընդհանուր դեպքում այն պահը, երբ ՆՀԵ-ները հավասարվում են, մոտ է պարտատոմսի Մաքուրիի դյուրացիային:

Դիցուք ունենք պարտատոմս y_0 տարեկան մինչև մարում եկամտաբերությամբ, որը մինչև առաջին արժեկտրոնի վճարումը փոխվում է՝ դառնալով $y_1, y_1 \neq y_0$: Դիտարկենք ժամանակի որոշակի t պահ, և ենթադրենք, որ այն գտնվում է ինչ-որ $(k, k+1]$ միջակայքում, $k = \overline{0, N-1}$: Այս կետում պարտատոմսն իրացնելու դեպքում ՆՀԵ-ն ստացվում է հետևյալ երկու բաղադրիչից [8].

- Մինչև t պահը ստացված արժեկտրոնների և դրանց վերաներդրումից եկամուտից.
 $CR = cF(1+y_1)^{t-1} + cF(1+y_1)^{t-2} + \dots + cF(1+y_1)^{t-k}$ և

- Գնի փոփոխությունից՝ $P_t(y_1)$ - պարտատոմսի փոփոխված գինը t պահին y_1 եկամտաբերության դեպքում. $P_t(y_1) = \frac{cF}{(1+y_1)^{k+1-t}} + \frac{cF}{(1+y_1)^{k+2-t}} + \dots + \frac{cF+F}{(1+y_1)^{n-t}}$:

Այսպիսով՝

$$\text{ՆՀԵ} = \frac{CR + P_t(y_1)}{P_0(y_0)} - 1, \quad (9)$$

որտեղ $P_0(y_0)$ -ը պարտատոմսի գինն է 0 պահին, երբ պարտատոմսի եկամտաբերությունը y_0 է: Կատարելով որոշ ձևափոխություններ՝ կստանանք.

$$\begin{aligned} \text{ՆՀԵ} &= \frac{cF(1+y_1)^{t-1} + cF(1+y_1)^{t-2} + \dots + cF(1+y_1)^{t-k} + \frac{cF}{(1+y_1)^{k+1-t}} + \dots + \frac{cF+F}{(1+y_1)^{n-t}}}{P_0(y_0)} - 1 = \\ &= (1+y_1)^t \frac{\frac{cF}{1+y_1} + \dots + \frac{cF}{(1+y_1)^k} + \frac{cF}{(1+y_1)^{k+1}} + \dots + \frac{cF+F}{(1+y_1)^n}}{P_0(y_0)} - 1 = (1+y_1)^t \frac{P_0(y_1)}{P_0(y_0)} - 1: \end{aligned}$$

² Միտումը նույնն է նաև մինչև մեկ տարի հատվածում:

Նշանակենք R -ով տարեկանացված ՆՀԵ-ն, որը հավասար կլինի.

$$R = \left(\frac{CR + P_i(y_1)}{P_0(y_0)} \right)^{\frac{1}{i}} - 1 = (1 + y_1) \times \left(\frac{P_0(y_1)}{P_0(y_0)} \right)^{\frac{1}{i}} - 1: \quad (10)$$

Տարեկանացված ՆՀԵ-ի կախվածությունը ներդրումային հորիզոնից պարզելու համար դիտարկենք R -ի ածանցյալը t -ից.

$$\frac{\partial R}{\partial t} = (1 + y_1) \times \left(\frac{P_0(y_1)}{P_0(y_0)} \right)^{\frac{1}{i}} \times \left(-\frac{1}{t^2} \right) \times \ln \left(1 + \frac{P_0(y_1) - P_0(y_0)}{P_0(y_0)} \right): \quad (11)$$

(11)-ի նշանը կախված է $P_0(y_0)$ և $P_0(y_0)$ հարաբերակցությունից: Դիտարկենք տոկոսադրույքի նվազման դեպքը, այսինքն՝ $y_1 < y_0$: Նախ՝ տոկոսադրույքների նվազման պահին, երբ դեռևս բացակայում է արժեկտրոնային եկամտաբերության ազդեցությունը, ՆՀԵ-ի վրա ազդում է միայն գնի փոփոխությունը ձևափոխված դյուրացիայի և տոկոսադրույքի փոփոխության արտադրյալի չափով [5], ուստի տոկոսադրույքի նվազման պահին ՆՀԵ գերազանցում է սկզբնական մինչև մարում եկամտաբերությանը: $y_1 < y_0$ դեպքում $\frac{\partial R}{\partial t} < 0$, ուստի տարեկանացված ՆՀԵ-ն նվազում է ողջ

ներդրումային հորիզոնի ընթացքում: Հակառակը տեղի ունի տոկոսադրույքի աճի դեպքում:

Այժմ դիտարկենք այն կետը, որտեղ հավասարվում են քննարկվող երեք դեպքերում տարեկանացված ՆՀԵ-ները. Ենթադրենք՝ այդ կետը գտնվում է ինչ-որ $(k, k + 1]$ միջակայքում, $k = \overline{0, N - 1}$: Նշանակենք այդ կետը t_0 -ով: Հավասարեցնելով տոկոսադրույքի փոփոխման և անփոփոխ մնալու դեպքերում տարեկանացված ՆՀԵ-ները (որը վերջին դեպքում պարտատոմսի սկզբնական մինչև մարում եկամտաբերությունն է)՝ կստանանք.

$$(1 + y_1) \times \left(\frac{P_0(y_1)}{P_0(y_0)} \right)^{\frac{1}{t_0}} - 1 = y_0: \quad (12)$$

Կատարելով որոշակի ձևափոխություններ և օգտվելով այն հանգամանքից, որ փոքր x -երի դեպքում $\ln(1 + x) \approx x$ ՝ կստանանք.

$$\begin{aligned} \frac{1}{t_0} \ln \left(1 + \frac{P_0(y_1) - P_0(y_0)}{P_0(y_0)} \right) &= -\ln \left(1 + \frac{y_1 - y_0}{1 + y_0} \right) \Leftrightarrow \frac{1}{t_0} \left(\frac{P_0(y_1) - P_0(y_0)}{P_0(y_0)} \right) \approx - \left(\frac{y_1 - y_0}{1 + y_0} \right), \\ t_0 &\approx - \frac{P_0(y_1) - P_0(y_0)}{P_0(y_0)} \times \frac{1 + y_0}{y_1 - y_0} = - \frac{P_0(y_1) - P_0(y_0)}{y_1 - y_0} \times \frac{1}{P_0(y_0)} (1 + y_0) \approx - \frac{1}{P_0(y_0)} \frac{\partial P_0}{\partial y} \bigg|_{y=y_0} (1 + y_0) = \\ &= md \times (1 + y_0): \end{aligned}$$

Վերջին քայլում օգտվեցինք ձևափոխված դյուրացիայի սահմանումից՝ ենթադրելով, որ $y_1 - y_0 \approx 0$: Օգտվելով (4)-ից՝ ի վերջո կստանանք, որ

$$t_0 \approx d: \quad (13)$$

Ամփոփելով ստացված արդյունքը՝ ներկայացնենք Մաքուլիի դյուրացիայի ևս երկու հատկություն [9].

1. Եթե տոկոսադրույքներն փոխվում են, և ներդրումային հորիզոնը հավասար է Մաքուլիի դյուրացիային, ապա տարեկանացված ՆՀԵ-ն հավասար է առքի մինչև մարում եկամտաբերությանը:

2. Եթե տոկոսադրույքները բարձրանում են, և ներդրումային հորիզոնը ավելի փոքր (մեծ) է Մաքուլիի դյուրացիայից, ապա տարեկանացված ՆՀԵ-ն փոքր (մեծ) է առքի մինչև մարում եկամտաբերությունից, և հակառակը: Հակառակը տեղի ունի տոկոսադրույքների նվազման դեպքում:

Գրականություն

1. **Macaulay F.R.** Some Theoretical Problems Suggested by the Movements of Interest Rates, Bond Yields, and Stock Prices in the U.S. since 1856. - New York: National Bureau of Economic Research, 1983.
 2. **Weil R.L.** Macaulay's Duration: An Appreciation // The Journal of Business.-Oct. 1973.- Vol. 46(4). - P. 589-592.
 3. **Lovelock D., Mendel M., Wright L.** An Introduction to Mathematics of Money.- Springer, 2007.
 4. **Smith D.** Bond Math.- Wiley, 2011.
 5. **Bolder D.J.** Fixed- Income Portfolio Analytics.- Springer, 2015.
 6. **Hawawini G.A.** On the Relationship between Macaulay's Bond Duration and the Term to Maturity // Economic Letters.- 1984.- Vol. 16(3-4).-P. 331-337.
 7. **Pettit B., Pinto J.E., Pirie W.L.** Fixed Income Analysis.- CFA Institute.- 3rd edition.-2015.
 8. **Tiwari K.N.** Investment Horizon, Duration, and Market Rate Variations: Functionality of the New ROR // Journal of Financial and Strategic Decisions.- Fall 1999.- Vol. 12(2).
 9. **Мельников А.В., Попова Н.В., Скорнякова Б.Ц.** Математические методы финансового анализа.- Анкил, 2006. – 440 с.
- 10.04.2017.

А.Г. Галстян, Л.О. Ароян, В.А. Мелик-Парсаданян

О НЕСКОЛЬКИХ СВОЙСТВАХ ДЮРАЦИИ МАКОЛЕЯ

Дюрация - важнейшая концепция на рынке инструментов с фиксированным доходом. Известно несколько видов дюраций, такие как дюрация Маколея, модифицированная дюрация, эффективная дюрация, спред-дюрация, которые имеют широкое применение в управлении портфелем ценных бумаг и в функциях управления рисками. В данной работе рассматривается дюрация Маколея, ее свойства и применение в анализе ценных бумаг с фиксированным доходом. В частности, доказываются некоторые свойства, зависящие от срока погашения дюрации Маколея, а также рассматривается значение дюрации Маколея с точки зрения тенденций доходности на инвестиционном горизонте.

Ключевые слова: дюрация Маколея, модифицированная дюрация, срок погашения, инвестиционный горизонт, доходность инвестиционного горизонта.

A.G. Galstian, L.H. Haroyan, V.A. Melik-Parsadanyan

ON SOME PROPERTIES OF MACAULAY'S DURATION

Duration is an important concept in fixed income security analysis. There are several duration measures that are widely applied in portfolio and risk management: Macaulay's, modified, effective, spread, spot, etc. In this paper Macaulay's duration, some properties and applications in fixed income are well presented. Particularly, Macaulay's duration as a function of time to maturity and relationship between Macaulay's duration and holding period return are considered.

Keywords: Macaulay's duration, modified duration, time to maturity, investment horizon, holding period return.

Գալստյան Անի Գնունու - ԵՊՀ Մաթեմատիկայի և մեխանիկայի ֆակուլտետի մագիստրոս
Հարոյան Լևոն Հովհաննեսի - ԵՊՀ Մաթեմատիկայի և մեխանիկայի ֆակուլտետի մագիստրոս
Մելիք -Փարսադանյան Վահագն Աշոտի - CFA - ՀՀ կենտրոնական բանկ

Վ.Գ. Բարդախյան

ՈՉ ՀՍՏԱԿ ՊԱՏԱՀԱԿԱՆ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՉ
ՀՍՏԱԿ ԽՏՈՒԹՅԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐ

Այս հոդվածում ներկայացված են ոչ հստակ պատահական մեծության առկա ընդունված սահմանումները և դրանց հետ կապված թվային բնութագրիչների սահմանումները: Ներկայացված է այն պայմանը, որի դեպքում երկու ընդունված ոչ հստակ պատահական մեծությունների սահմանումները համընկնում են:

Առանցքային բառեր. ոչ հստակ պատահական մեծություններ, պատահական բազմություններ:

Ներածություն: Ոչ հստակ պատահական մեծությունների հիմնական սահմանումները վերագրվում են Kwaakernak-ին ([1]), և Puri-ին ու Ralescu-ուն ([2]): Վերջինների համակարգված նկարագիրը և համեմատությունը ներկայացված է [3]- ում:

Սա մի քիչ ավելի հստակեցվել է Krätschmer-ի կողմից, ով ոչ հստակ բազմությունների դասը բերել է պատկերների դասի և վարվել սրանց հետ տոպոլոգիայի տեսանկյունից ([4]): Այս ամենաընդհանուր մոտեցումը հիմք է հանդիսացել ոչ հստակ բազմությունների մետրիկական տարածությունների վերլուծության համար, և իրականում առաջ է քաշվել հենց վերջիններից: (Ընդհանուր տեսությունը համապարփակ ձևով շարադրված է Diamond-ի և Kloeden-ի գրքում [5]):

Սակայն մեկ շատ կարևոր ասպեկտում որպես դասական պատահական մեծության ընդհանրացում օգտագործում են այլ ձևակերպում ոչ հստակ դեպքի համար: Խոսքը Viertl-ի կողմից առաջարկվող ոչ հստակ բայեսյան թեորեմի մասին է, որը դասական բայեսյան թեորեմի ընդհանրացում է ([6],[7]): Այստեղ ավելի շատ օգտագործում են ոչ հստակ խտությամբ պատահական մեծությունները:

Նպատակ ունենալով կապ հաստատել ընդհանուր տեսության (որը հիմնականում շարադրվում է Puri և Ralescu-ի ոչ հստակ պատահական մեծության սահմանումով առաջնորդվելով), և Viertl-ի կողմից առաջարկվող ոչ հստակ բայեսյան թեորեմի միջև, նկարագրել ենք այն անհրաժեշտ պայմանները, որոնց դեպքում այս երկու սահմանումները կլինեն համարժեք: Սա հնարավորություն կտա այդ պայմաններին բավարարող ոչ հստակ պատահական մեծությունների համար գործել ընդհանուր սկզբունքով և բերել ոչ բայեսյան թեորեմը Puri, Ralescu-ի ոչ հստակ պատահական մեծությունների լեզվի:

Ոչ հստակ պատահական մեծություններ: Ոչ հստակ պատահական մեծության հասկացությունը կարելի է բաժանել երկու տարբեր գաղափարների (սահմանումների):

1. Առաջին սահմանման համաձայն որպես ոչ հստակ պատահական մեծություն, ամենաընդհանուր ձևով ընկալվում է որևէ հավանականային տարածության վրա որոշված ֆունկցիա (համապատասխան չափելիության ապահովմամբ), որի արժեքների բազմությունը ոչ հստակ թվերի բազմությունն է: Նշելով ամենաընդհանուր մոտեցմամբ՝ ի նկատի ունենք, որ չի սպեցիֆիկացվում այդ ոչ հստակ թվերի տեսքը կամ դրա հետ կապված այլ չափորոշիչներ:

Այս գաղափարը (կամ ոչ հստակ պատահական մեծության այս սահմանումը) առաջին անգամ ներկայացրել է Kwakernaak-ը ([1]), իսկ հետո ավելի հստակեցրել են Piru-ն և Ralescu-ն ([2]): Սա փորձագիտական գնահատականների համախումբ է՝ յուրաքանչյուր դիտարկման համար: Այսինքն՝ այս հասկացությունը ի հայտ է գալիս, երբ ունենալով դիտարկում, հնարվոր չէ ճշգրիտ չափել այդ կոնկրետ դիտարկման համար որոնելի ցուցանիշը:

Ավելի ֆորմալ վերը նշվածը գրվում է այսպես: Տրված է հետևյալ հավանականային տարածությունը՝ $(\Omega, \mathcal{F}, P)$: Ոչ հստակ պատահական մեծությունը չափելի ֆունկցիա է՝ $\tilde{X}: \Omega \rightarrow \mathcal{T}$ (այստեղ՝ $\mathcal{T}$ -ն ոչ հստակ թվերի բազմությունն է):

Չափելի ֆունկցիայի գաղափարը այս դեպքում պետք է հասկանալ որպես յուրաքանչյուր α -կտրվածքի նախապատկերի չափելիություն: Այսպես սահմանված ոչ հստակ պատահական մեծությունը դասական պատահական մեծության ընդհանրացում է: Հստակեցնելով վերը նշվածը, եթե

տրված մեծության բոլոր արժեքները սովորական իրական թվեր են (յուրաքանչյուր ω -ի համար), ապա դա դասական պատահական մեծություն է:

Ինչպես և ցանկացած պատահական մեծության դեպքում, այս դեպքում էլ ցանկալի է ունենալ թվային բնութագրիչները: Այստեղ կտրվի միայն մի քանի ընդհանուր սահմանում:

Կան մաթսպասման և դիսպերսիայի սահմանման մի քանի մոտեցումներ: Կան մոտեցումներ, որոնք նշված երկուսը սահմանում են որպես թիվ, և կան, որոնք սահմանում են որպես ոչ հստակ թիվ:

Ամենաընդհանուր և սպասելի մոտեցումն է այս ոչ հստակ թվերից կազմել բոլոր հնարավոր մաթսպասումները (տրված α -մակարդակների համար) և ստացված կոմբինացիան որպես ոչ հստակ բազմություն վերցնել որպես մաթսպասում: Ֆորմալ այսպես՝

$$E_{\alpha}(\tilde{X}) = \{E(X) | X(\omega) \in \tilde{X}_{\alpha}(\omega)\}: \quad (1)$$

Մեկ այլ մոտեցմամբ մաթսպասումը սահմանվում է ներմուծելով մեկ այլ գաղափար՝ մաթսպասման օպերատոր: Այն սահմանվում է այսպես՝ $E[\tilde{X}] = \int_0^{\infty} Cr(\tilde{X} \geq x)dx - \int_{-\infty}^0 Cr(\tilde{X} \leq x)dx$: Կարելի է նկատել, որ տվյալ օպերատորը պատահական մեծություն է սահմանում: Եվ որպես թիվ՝ մաթսպասումը սահմանվում է հետևյալ կերպ՝ $E(\tilde{X}) = \int_{\Omega} E[\tilde{X}]dP$:

Այստեղ՝ $Cr(A) = \frac{1}{2}(Pos(A) + Nes(A))$; $Pos(A) = \sup_{x \in A} \mu_{\tilde{X}(\omega)}(x)$; $Nes(A) = 1 - Pos(\bar{A}) = 1 - \sup_{x \in \bar{A}} \mu_{\tilde{X}(\omega)}(x)$: (Սրա անառձնահատկությունների համար նայեք [8]-ը, և որոշ ընդհանուր հատկությունների համար [9]-ը:)

Վարիացիան նույնպես ունի սահմանման մի քանի մոտեցում (համակարգված ձևով սրանց մի մասը նկարագրված է [10]-ում):

Մեկը դասական մոտեցումն է, ինչպես նկարագրված է մաթսպասման գաղափարի դեպքում: Սա էլ վարիացիան սահմանում է որպես ոչ հստակ բազմություն: Այս դեպքում նույնպես α կտրվածքները սահմանվում է հետևյալ ձևով՝ $Var_{\alpha}(\tilde{X}) = \{Var(X) | X(\omega) \in \tilde{X}_{\alpha}(\omega)\}$:

Սյուս մոտեցումը սակայն օգտվում է Ֆրեշեյի կոդմից վարիացիայի հասկացության ձևայնացումից: Մասնավորապես այն սահմանում է մաթսպասումը որպես մի թիվ, որն ինչ-որ իմաստով մոտ է տրված պատահական մեծությանը: Այսինքն՝ սահմանելով հեռավորության գաղափարը, վարիացիայի հասկացությունը տվյալ դեպքում կընդունի հետևյալ տեսքը՝ $Var(\tilde{X}) = \int_{\Omega} d^2(\tilde{X}, E(\tilde{X}))dP$: Նկատեք, որ քանի որ ոչ հստակ թվերը պարունակում են նաև սովորական իրական թվերը, այդ դեպքում սահմանելով մետրիկա ոչ հստակ թվերի դասում, որպես մաթսպասում կարող ենք ընդունել վերը նշված սահմանումներից ցանկացածը:

Որպես մետրիկա հաճախ ընդունում են՝ $d(X, Y) = \left(\int_S (s_X(x) - s_Y(x))^2 dx \right)^{\frac{1}{2}}$, որտեղ $s_A(x)$ -ը A բազմության հենման ֆունկցիան է, իսկ S -ը 1-2րջանագիծն է:

Այսպիսով, վարիացիայի վերջնական տեսքը ստացվում է՝

$$Var(\tilde{X}) = \int_{\Omega} \int_S (s_{\tilde{X}}(x) - s_{E(\tilde{X})}(x))^2 dx dP: \quad (2)$$

Երբեմն էլ վերցնում են հաուսդորֆյան մետրիկան՝ $d(X, Y) = \sup_{x \in S} |s_X(x) - s_Y(x)|$:

Վարիացիան սահմանվում է նաև կովարիացիայի հետևյալ սահմանումից՝

$$Cov(\tilde{X}, \tilde{Y}) = \frac{1}{2} \int_0^1 (Cov(\tilde{X}_{\alpha}^{-}, \tilde{Y}_{\alpha}^{-}) + Cov(\tilde{X}_{\alpha}^{+}, \tilde{Y}_{\alpha}^{+})) d\alpha: \quad (3)$$

Այս սահմանումը արդեն իսկ ենթադրում է, որ մեր ոչ հստակ պատահական մեծությունն ունի այսպես կոչված աջակողմյան և ձախակողմյան բաշխումներ, այսինքն՝ որ $\tilde{X}_{\alpha}^{-}$, $\tilde{Y}_{\alpha}^{-}$, $\tilde{X}_{\alpha}^{+}$ և $\tilde{Y}_{\alpha}^{+}$ պատահական մեծություններ են: Սա այն է, ինչ փորձելու ենք ստանալ թեորեմում համապատասխան պայմանները բավարարվելու դեպքում: Այս սահմանմանը կարելի է ծանոթանալ [11]-ից:

2. Երկրորդ սահմանումը համապատասխանում է այն դեպքին երբ գիտենք հնարավոր ելքերը, և մեր ենթադրությունը ավելի շատ վերաբերում է այդ ելքերի հավանականություններին, և հենց սրանք են դառնում ոչ հստակ թվեր: Այս սահմանմամբ ոչ հստակ պատահական մեծությունների համար սահմանվում է խտության ֆունկցիա, ինչը լավ գործիք է թվային բնութագրիչները ստանալու համար: Մասնավորապես որպես խտության ֆունկցիա վերցվում է ոչ հստակ արժեքներ ընդունող ֆունկցիա: Այսինքն՝ այս դեպքում P -ն է ոչ հստակ ֆունկցիա: (Ոչ հստակ չափն ունի իր սահմանումը, և այստեղ նկատի ունենք ոչ դա, այլ, որ $P: \Omega \rightarrow \mathcal{T}$): Թարգմանելով սա խտությունների լեզվով՝ անընդհատ պատահական մեծությունների համար ստացվում է՝ $\pi: R \rightarrow \mathcal{T}$: Սակայն այս դեպքում դրվում է

լրացուցիչ սահմանափակում խտության ֆունկցիայի վրա: Այն է՝ $\exists f(x) \in [\underline{\pi}_1(x); \bar{\pi}_1(x)]$, այնպիսին, որ $f(x) \geq 0$, $\int f(x)dx = 1$, կամ որ նույնն է, որ $f(x)$ -ը դասական խտության ֆունկցիա է, ինչպես նաև $\int \bar{\pi}_\delta(x)dx$ և $\int \underline{\pi}_\delta(x)dx$, գոյություն ունեն և վերջավոր են բոլոր δ -ների համար:

Թեորեմ: Առաջին և երկրորդ սահմանման պատահական մեծությունները համարժեք են, եթե առաջին սահմանման պատահական մեծությունը բավարարում է հետևյալ պայմաններին՝

1) $\forall x$ -ի համար, որի համար գոյություն ունի $\exists \omega_1; \omega_2$, այնպիսին որ $x \in \tilde{X}(\omega_1), x \in \tilde{X}(\omega_2)$, և այնպիսին որ $P(\omega_1) \neq P(\omega_2)$, $\forall p \in (\min(P(\omega_1), P(\omega_2)); \max(P(\omega_1), P(\omega_2)))$ համար $\exists \omega$ այնպիսին, որ $P(\omega) = p$ և $x \in \tilde{X}(\omega)$:

2) $\forall x$ -ի համար, որի համար $\exists \omega_1; \omega_2$, այնպիսին, որ $\mu_{\tilde{X}(\omega_1)}(x) = \mu_{\tilde{X}(\omega_2)}(x) > 0$, $P(\omega_1) \neq P(\omega_2)$, $\forall \omega$ համար, որի համար Δ իշտ է $P(\omega) \in (\min(P(\omega_1), P(\omega_2)); \max(P(\omega_1), P(\omega_2)))$, տեղի ունի $\mu_{\tilde{X}(\omega)}(x) \geq \mu_{\tilde{X}(\omega_1)}(x)$, և քանի դեռ $\mu_{\tilde{X}(\omega_1)}(x) \neq 1$, $\exists \omega_0$ ($P(\omega_0) \in (\min(P(\omega_1), P(\omega_2)); \max(P(\omega_1), P(\omega_2)))$), $\mu_{\tilde{X}(\omega_0)}(x) > \mu_{\tilde{X}(\omega_1)}(x)$:

3) $\forall x$ -ի համար, որի համար $\exists \omega$, $\mu_{\tilde{X}(\omega)}(x) > 0$, $\exists \omega_0$ այնպիսին, որ $\mu_{\tilde{X}(\omega_0)}(x) = 1$:

4) Ավելին, եթե $\alpha = \sup\{\mu_{\tilde{X}(\omega)} | x \in \tilde{X}(\omega), P(\omega) = p\} < 1$, ապա $\forall \beta > \alpha \quad \forall \alpha' \in (\alpha, \beta)$, համար $\exists p' \in (P(\omega), P(\omega_\beta))$ այնպիսին որ $\alpha' = \max\{\mu_{\tilde{X}(\omega)} | x \in \tilde{X}(\omega), P(\omega) = p'\}$:

Մինչ ապացույցին անցնելը տանք մի դիտարկում:

Դիտարկություն 1: Այստեղ առաջին երկու պայմանը ապահովում են, որ ինչ-որ կոմբինացիայով (որը կներկայացնենք) ստացված բազմությունները լինեն քվադի գոգավոր, այսինքն՝ ոչ հստակ թվեր: Վերջին պայմանն ապահովում է, որ այդ թվերը լինեն նորմավորված, և, ամենակարևորը, որ մեկ մակարդակում պարունակվի դասական խտություն: Չորրորդ պայմանը ապահովում է, որ բազմությունը լինի անընդհատ: Այնուամենայնիվ չափելիության պահանջները պետք դրվեն անկախ այս երեք պահանջից: Այն մենք պետք է պահանջենք առանձին: Եվ վերջապես վերը նշվածում, ինչպես նաև ապացույցում, անընդհատ դեպքի տեսանկյունից, որպես $P(\omega)$ -ն կհասկացվի խտության ֆունկցիան:

Ապացույց: Ապացույցը տրիվիալ է, եթե ներմուծենք հետևյալ կառուցումը՝ $\forall x$ -ի համար, $\underline{\pi}_\delta(x) = \inf\{P(\omega) | \mu_{\tilde{X}(\omega)} \geq \delta\}$; $\bar{\pi}_\delta(x) = \sup\{P(\omega) | \mu_{\tilde{X}(\omega)} \geq \delta\}$:

Դժվար չէ համոզվել, որ $\exists f(x) \in [\underline{\pi}_1(x); \bar{\pi}_1(x)]$: Ինչպես նշված է դիտարկությունում անընդհատ դեպքի համար, վերցրել ենք որպես $P(\omega)$ -ներ հենց խտության ֆունկցիաները: Այս դեպքում երրորդ հատկությունից բխում է որ քանի որ $\forall x$ -ի համար $f(x)$ -ը որոշված է, ապա $\int f(x)dx = \int dP = 1$:

Մնում է ցույց տալ, որ այս ձևերով սահմանվածները կազմում են ոչ հստակ թվեր կամայական $\forall x$ -ի համար: Դիցուք տեղի չունի առաջին պայմանը այսինքն՝ տվյալ x -ի համար $\exists \omega$ այնպիսին, որ $x \in \tilde{X}(\omega)$, այդ դեպքում ըստ երրորդ հատկության $\mu_{\tilde{X}(\omega)}(x) = 1$: Հետևաբար $\underline{\pi}_\delta(x) = \bar{\pi}_\delta(x) = \pi(x) = P(\omega)$ ($\delta > 0$), որը թիվ է, և հետևաբար՝ նաև ոչ հստակ թիվ:

Դիցուք այժմ որևէ $\omega_1; \omega_2$ -ի համար $x \in \tilde{X}(\omega_1), x \in \tilde{X}(\omega_2)$: Որպեսզի ցույց տանք, որ ստացվողը ոչ հստակ թիվ է, մասնավորապես պետք է ցույց տանք, որ

$$\begin{aligned} \mu_x(\lambda P(\omega_1) + (1-\lambda)P(\omega_2)) &\geq \min(\mu_x(P(\omega_1)), \mu_x(P(\omega_2))) = \\ &= \min\{\delta | (\underline{\pi}_\delta(x) = P(\omega_1) \bigwedge \bar{\pi}_\delta(x) = P(\omega_2)) \wedge (\bar{\pi}_\delta(x) = P(\omega_1) \bigwedge \underline{\pi}_\delta(x) = P(\omega_2))\}: \end{aligned} \quad (4)$$

$\forall \lambda \in (0,1)$ (այստեղ ենթադրված է, որ հենց իրենք են մաքսիմալացնող կամ մինիմալացնող հավանականությունները): Նախ նկատենք, որ $\forall \lambda \in (0,1)$ -ի համար սա որոշված է ըստ առաջին հատկության: Դիտարկության համար առանց ընդհանրությունը խախտելու ենթադրենք՝ $P(\omega_1) \leq P(\omega_2)$, և $\underline{\pi}_\delta(x) = P(\omega_1)$; $\bar{\pi}_\delta(x) = P(\omega_2)$: Դիցուք $\mu_x(P(\omega_1)) = \mu_x(P(\omega_2))$, այդ դեպքում խնդիրը լուծված է ըստ երկրորդ պայմանի, այսինքն՝ $\mu_{\tilde{X}(\omega_1)}(x) = \mu_{\tilde{X}(\omega_2)}(x) \Leftrightarrow \mu_x(P(\omega_1)) = \mu_x(P(\omega_2))$, հետևաբար $\mu_x(P(\omega)) \geq \mu_x(P(\omega_1))$:

Այժմ դիտարկենք այն դեպքը, երբ $\mu_x(P(\omega_1)) > \mu_x(P(\omega_2))$: Դիցուք $\delta_1 = \mu_x(P(\omega_1))$, $\delta_2 = \mu_x(P(\omega_2))$, Եթե $\lambda P(\omega_1) + (1-\lambda)P(\omega_2) \in [\underline{\pi}_{\delta_1}(x), \bar{\pi}_{\delta_1}(x)]$, ապա խնդիրը կրկին կարելի է լուծված համարել, ըստ երկրորդ հատկության: Մնում է այն դեպքը երբ $\lambda P(\omega_1) + (1-\lambda)P(\omega_2) \in (\bar{\pi}_{\delta_1}(x), \bar{\pi}_{\delta_2}(x))$: Դիցուք հակառակը $\mu_x(\lambda P(\omega_1) + (1-\lambda)P(\omega_2)) := \delta < \delta_2$, այդ դեպքում ըստ առաջին

հատկության, եթե $\alpha = \delta_2$, ապա $\forall \delta' \in (\delta_2, \delta_1)$, $\exists p'$, $\delta' = \max\{\mu_{\tilde{X}(\omega)} | x \in \tilde{X}(\omega), P(\omega) = p'\}$: Պնդումն ապացուցված է, քանի որ $\delta' > \delta$, $\bar{\pi}_{\delta'}(x) = \bar{\pi}_{\delta}(x) = \sup\{P(\omega) | \mu_{\tilde{X}(\omega)} \geq \delta'\}$: Չնայած այս պայմանները կարող են խիստ թվալ, բայց դրանք ապահովում են անընդհատությունը, և միայն: Այսինքն՝ սրանք բավականաչափ բնական պայմաններ են, երբ մեր պատահական մեծությունները անընդհատ են:

Դիտողություն 2: Կարելի է նկատել, որ (1) բանաձևով տրված սահմանումը կարող է լինել ճշգրիտ ոչ հստակ թիվ, քանի որ յուրաքանչյուր α մակարդակի համար այն իրենից ներկայացնելու է $[\int \underline{\pi}_{\alpha}(x)dx, \int \bar{\pi}_{\alpha}(x)dx]$: Մասնավորապես, եթե պահանջենք նշված ինտեգրալների գոյությունը (վերջավորության իմաստով), կստանանք իրոք ոչ հստակ թիվ: Մյուս կողմից՝ սրանով կարող են լուծվել չափելիության խնդիրները: Չափելիությունը առանձին սահմանելու լրացուցիչ կարիք չի առաջանում: Եվ վերջապես (3) բանաձևով տրված սահմանումը դառնում է որոշված: π_{δ} -ները առաջին սահմանմամբ պատահական մեծությունից գտնելու համար կարող էք օգտվել [12]- ից: Այս պատահական մեծությունը կարելի սահմանել նաև ոչ հստակ չափերի օգնությամբ՝ $P(\omega) = \{G(\omega) | G \in \mathbb{P}\}$, որտեղ $\mathbb{P}$ -ն ոչ հստակ հավանականային(այսինքն՝ $G(\Omega) = 1$) չափերի որևէ դաս է (ցանկալի հատկություններով):

Եզրակացություն: Այստեղ ներկայացված ոչ հստակ պատահական մեծությունների սահմանումները հիմնականում ամենաընդունվածն են, բայց սպառիչ չեն, տես օրինակ՝ [4] ավելի ընդհանուր սահմանման համար: Երկու սահմանումների միջև կապը, մասնավորապես ցույց է տալիս, թե ինչ պայմանների առկայության դեպքում կարելի է անցում կատարել մի սահմանումից մյուսին: Սա հնարավորություն կտա թվային բնութագրիչների ոչ հստակ տարբերակները սահմանել ոչ հստակ խտության ֆունկցիաների լեզվով: Վերջինս կարող է օգտագործվել ոչ հստակ բայեսյան թեորեմում հաշվարկները դյուրացնելու և մաթսպասման այլ սահմանումներ օգտագործելու համար:

Գրականություն

1. **Kwakernaak H.** Fuzzy Random Variables-I. Definitions and Theorems // Information sciences. - 1978.- Vol. 1, issue 1. - P. 1-29.
2. **Puri M.L. , Ralescu D.A.** Fuzzy Random Variables // Journal of Mathematical Analysis and Applications. - 1986. - Vol. 114, issue 2. - P. 409-422.
3. **Shapiro A.F.** Fuzzy random variables // Insurance: Mathematics and Economics. - 2009. - Vol. 44, issue 2. - P. 307-314.
4. **Krätschmer V.** A unified approach to fuzzy random variables // Fuzzy Sets and Systems.-2001. - Vol. 123, issue 1.-P. 1-9.
5. **Diamond Ph., Kloeden P.** *Metric Spaces of Fuzzy Sets: Theory and Applications.* - World Scientific, 1994.
6. **Viertl R., Sunanta O.** Fuzzy Bayesian Inference // METRON. – 2013. - Vol. 71, issue 3. - P. 207-216.
7. **Viertl R.** *Statistical Methods for Fuzzy Data.* - Wiley, Chichester, 2011.
8. **Liu Y.K. , Liu B.** Expected Value Operator of Random Fuzzy Variable and Random Fuzzy Expected Value Models // International Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems.- 2003. - Vol. 11, issue 2. - P. 195-215.
9. **Liu Y.K. , Liu B.** Expected Value of Fuzzy Variable and Fuzzy Expected Value Models // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. - 2002.- Vol. 10, issue 4. - P. 445-450.
10. **Couso I. , Dubois D.** On the variability of the concept of variance for fuzzy random variables // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. - 2009. - Vol. 17, issue 5. - P. 1070-1080.
11. **Feng Y. , Hu L. , Shu H.** The variance and covariance of fuzzy random variables and their applications // Fuzzy Sets and Systems. - 2001. - Vol. 120, issue 3. - P. 487-497.
12. **Couso I. , Sanchez L.** Upper and Lower Probabilities Induced by a Fuzzy Random Variable // Fuzzy Sets and Systems. - 2011. - Vol. 165, issue 1. - P. 1-23.

12.04.2017.

В.Г. Бардахчян

НЕЧЁТКИЕ ФУНКЦИИ ПЛОТНОСТИ НЕЧЁТКИХ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

Представлены общепринятые определения нечётких случайных величин с несколькими определениями их числовых характеристик. Получены условия, при которых два определения нечётких случайных величин совпадают.

Ключевые слова: нечёткие случайные величины, случайные множества.

V.G. Bardakhchyan

FUZZY DENSITY FUNCTIONS OF FUZZY RANDOM VARIABLES

Accepted definitions of fuzzy random variables are represented, with several definitions of their numerical characteristics. The conditions are derived for which two definitions of fuzzy random variables coincide.

Keywords: fuzzy random variables, random sets.

Բարդախյան Վարդան Գևորգի – ասպիրանտ, ԵՊՀ, Ռուս-Հայկական (սլավոնական) համալսարան

Ա.Թ. Հովհաննիսյան, Գ.Մ. Մինասյան

ՎԵՐԱՄԲԱՐՁ ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԻ ՀԵՌԱԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳ

Ներկայացված է համակարգչից կամ բջջային հեռախոսից, համապատասխան ծրագրային ապահովմամբ, Bluetooth HC-06 մոդուլի կիրառմամբ վերամբարձ էլեկտրամագնիսի հեռակառավարման համակարգը Arduino միկրոպրոցեսորային սարքի հիման վրա:

Առանցքային բառեր. վերամբարձ էլեկտրամագնիս, հեռակառավարում, Arduino միկրոպրոցեսորային սարք, Bluetooth HC-06 մոդուլ:

Ներածություն: Վերամբարձ էլեկտրամագնիսները (ՎԷ) կիրառվում են էլեկտրատեխնիկայի, մետալուրգիայի, շինարարության, հանքարդյունաբերության և այլ ոլորտներում ֆեռոմագնիսական նյութից պատրաստված սարքերի, մետաղամնացորդի, ձուլակի, դետալների, մետաղական հանածոների տեղափոխման, առանձնացման և այլ նպատակների համար: Դրանք աշխատում են հաստատուն մագնիսական դաշտով, որի համար էլ սնվում են հաստատուն լարման աղբյուրից: ՎԷ-ները լինում են հարթ և ոչ հարթ: Ոչ հարթ վերամբարձ էլեկտրամագնիսները հիմնականում կիրառվում են հանքարդյունաբերությունում [1-4]:

Առանձին դեպքերում անհրաժեշտություն է առաջանում իրականացնել ՎԷ-ով բեռի տեղափոխում մարդու առողջությանը կամ անվտանգությանը սպառնացող վտանգավոր միջավայրից, որի համար էլ պահանջվում է ՎԷ-ն դարձնել հեռակառավարվող:

Խնդրի դրվածքը: Ժամանակակից նորարարական տեխնոլոգիաների կիրառմամբ մշակել ՎԷ-ի հեռակառավարման համակարգ, որի միջոցով կիրականացվի ՎԷ-ի կառավարման փաթեթի (ԿՓ) միացումը և անջատումը սնման լարման աղբյուրից:

Առաջադրված խնդրի իրականացման համար պատրաստվել է հարթ ՎԷ, որն ունեցել է հետևյալ հիմնական պարամետրերը. ԿՓ-ի պղնձե հաղորդալարի տրամագիծը՝ $d_{պղ}=0,18\text{մմ}$, գալարների թիվը՝ $w=1800$, փաթեթի ակտիվ դիմադրությունը՝ $R=112\text{Օմ}$, էլեկտրամագնիսի կշիռը՝ $Q_{էլ}=0,118\text{կգ}$:

Էլեկտրամագնիսի հետազոտության արդյունքները ներկայացված են աղ. 1-ում, որտեղ $U_{սն}$ -ն ԿՓ-ի սնման լարումն է, $I_{ֆ}$ -ն՝ հոսանքը փաթեթում, $J_{ֆ}$ -ն՝ հոսանքի խտությունը, $P_{ֆ}$ -ն՝ փաթեթի ծախսած հզորությունը, $Q_{բ}$ -ն՝ բեռի կշիռը:

Աղյուսակ 1

Հարթ ՎԷ-ի հետազոտության արդյունքները

$U_{սն}, \text{Վ}$	12	24	36	48
$I_{ֆ}, \text{Ա}$	0,107	0,214	0,321	0,428
$J_{ֆ}, \text{Ա/մմ}^2$	4,2	8,42	12,64	16,8
$P_{ֆ}, \text{Վտ}$	1,28	5,1	11,5	20,5
$Q_{բ}, \text{կգ}$	0,51	1,22	1,57	1,82

Արդյունքներից հետևում է, որ ԿՓ-ի սնման լարման՝ 4 անգամ մեծացումը նպաստում է $Q_{բ}$ -ի աճին մոտ 3,5 անգամ, իսկ ՎԷ-ի աշխատանքային ռեժիմի բնույթը երկարատևից դառնում է կարճատև, քանի որ $J_{ֆ}$ -ն $4,2\text{Ա/մմ}^2$ -ից դառնում է $16,8\text{Ա/մմ}^2$: Վերջին հանգամանքը պետք է նկատի ունենալ ՎԷ-ի կառավարման համակարգի կիրառման գործընթացում:

ՎԷ-ի հեռակառավարման խնդրի լուծումն իրականացվել է Arduino միկրոպրոցեսորային սարքի հիման վրա, փոքր չափերի տպաստիկ է պրոցեսորով և հիշողությամբ՝ տարբեր ծայրամասային սարքերի համատեղմամբ: Փաստացի դա միկրոքոմպիյութեր է, որը կարող է իրականացնել որոշակի գործառնություններ՝ իր համակարգում առկա մի քանի տասնյակ հպակների (մուտք/ելք) միջոցով միացնելով և անջատելով էլեկտրական բեռը (լամպ, շարժիչ, ռելե, էլեկտրամագնիս և այլն): Ամենապարզ սարքը բաղկացած է 22 հպակից՝ դա Arduino Pro Mini -ն է, իսկ ամենաշատ հպակներ ունեցողը Arduino Mega-ն է՝ 70 հպակ [5, 6]:

Համաձայն կատարվելիք աշխատանքի ալգորիթմի՝ Arduino-ի կառավարման համար պետք է վերբեռնել համապատասխան ծրագիր C++ ծրագրավորման լեզվով:

Arduino-ի հնարավորությունները կարելի է մեծացնել՝ կցելով նրան տարբեր տպասալիկներ: Օրինակ, շարժիչների կառավարման համար կիրառվում է Motor Shield-ը, ինտերնետ կապի համար՝ Ethernet Shield-ը, տիեզերանավից կոորդինատների ստացման համար՝ GPS Shield-ը և այլն:

Ինֆորմացիայի փոխանցման և Arduino-ի կառավարման համար օգտագործվել է Bluetooth HC-06 մոդուլը, որը հնարավորություն է ընձեռում Arduino-ն հեռակառավարել ինչպես համակարգչից, այնպես էլ՝ բջջային հեռախոսից: Bluetooth HC-06 մոդուլը, որը սնվում է 5Վ հաստատուն լարումից, անհրաժեշտության դեպքում կարող է անջատվել սնման աղբյուրից բանալիային ռեժիմով աշխատող տրանզիստորի միջոցով:

Bluetooth HC-06-ն ունի 4 հպակ, որոնց միջոցով որոշակի տրամաբանությամբ միանում է Arduino-ին (աղ. 2):

Աղյուսակ 2

Bluetooth HC-06-ի և Arduino-ի հպակների միացման տրամաբանությունը

Bluetooth HC-06	Arduino
VCC	+5V
GND	GND
TX	RX
RX	TX

Bluetooth-ի միացումը Arduino-ին կատարվում է 2 փուլով:

Առաջին փուլում ներբեռնվում է այն ծրագիրը, որով պետք է աշխատի Arduino-ն և կատարվում են այդ ծրագրի կարգավորումները:

Երկրորդ փուլում, որը կոչվում է տվյալների փոխանցման փուլ, որոշվում է, թե ինչ տրամաբանությամբ պետք է կառավարվի Arduino-ն:

Arduino-ի կառավարումն իրականացվում է համապատասխան ծրագրի միջոցով, որի հրամաններն ուղարկվում են համակարգչից կամ բջջային հեռախոսից: Bluetooth-ի միացման ազդանշանը պայմանականորեն ընտրվել է «W», իսկ անջատմանը՝ «S» սինվոլները:

```
int val;
int LED = 4;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(LED, OUTPUT);
}
void loop()
{
  if (Serial.available())
  {
    val = Serial.read();
    if (val == 'W')
    {
      digitalWrite(LED, HIGH);
    }
    if ( val == 'S')
    {
      digitalWrite(LED, LOW);
    }
  }
}
```

Arduino-ի միջոցով կառավարվում է SONGLE SRD-05VDC ռելեն, որն ունի մեկական նորմալ փակ և բաց էլեկտրական հպակ և սնվում է 5Վ լարման աղբյուրից: Այն կարող է կոմուտացնել մինչև 10Ա և 30Վ հաստատուն լարում, կամ 10Ա և 250Վ փոփոխական լարում: Ռելեի նորմալ բաց K1 հպակի միջոցով կատարվում է բեռի՝ տվյալ

Ներկայացնենք էլեկտրական սխեմայի աշխատանքը: Սկզբնական պահին, երբ բացակայում է կառավարման ազդանշանը, VT տրանզիստորը փակ է, ռելեի K փաթույթը հոսանքագրկված, իսկ ՀՄ-ի ԿՓ-ն՝ անջատված սնման աղբյուրից: Տրանզիստորի բացման համար կիրառվում է digitalWrite (pin, LOW) ֆունկցիան, որի միջոցով VT-ի բազային տրվում է «0» լարում: Տրանզիստորի բացմամբ ռելեի K փաթույթը սնվում է 5Վ լարման աղբյուրից, այն գործում է, և նորմալ բաց K1 հպակի փակվամբ ԿՓ-ն միանում է Ս_ս սնման լարմանը: Ռելեի անջատման համար բավարար է փակել տրանզիստորը, որի համար բազային տրվում է դրական ազդանշան digitalWrite (pin, HIGH) ֆունկցիայի միջոցով:

Կառավարման ծրագիրն ունի հետևյալ տեսքը.

Մշակված հեռակառավարման համակարգի փորձարկման լուսապատկերի բերված է նկ. 2-ում:

213

Համակարգի մշակումը և փորձարկումն իրականացվել է Հայաստանի Ազգային Ճարտարագիտական Լաբորատորիաներում (ՀԱՃԼ):

Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՆ գիտության պետական կոմիտեի կողմից ՀԱՊՀ «Էլեկտրամագնիսական համակարգեր» բազային գիտահետազոտական լաբորատորիային տրամադրված ֆինանսավորման շրջանակներում:

Գրականություն

1. Таев И.С., Буль Б.К., Годжелло А.Г. Основы теории электрических аппаратов.–М.: Высшая школа, 1987.– 352 с.
2. http://erga.ru/magnitny_gruzopodemny_zahvat
3. <http://td-elcom.ru/td/electromagnity.html>
4. <http://elektrica.info/gruzopod-emny>
5. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino>
6. <http://arduino-e.ru/blyutuz-hc-06-soedinenie-s-telefonom-i-kompyuterom>
7. <http://zelectro.cc/relayModule>

27.04.2017.

Ա.Տ. Օգանեսյան, Գ.Մ. Մինասյան

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДЪЕМНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТОМ

Представлена система дистанционного управления подъемным электромагнитом на основе микропроцессорного устройства Arduino с использованием модуля Bluetooth HC-06 с помощью компьютера или мобильного телефона с соответствующим программным обеспечением.

Ключевые слова: подъемный электромагнит, дистанционное управление, микропроцессорное устройство Arduino, модуль Bluetooth HC-06.

A.T. Hovhannisyan, G.M. Minasyan

DISTANT CONTROL SYSTEM OF LIFTING ELECTROMAGNET

The distant control system for lifting electromagnet based on the Arduino microprocessor device is presented, using the Bluetooth HC-06 module, from computer or mobile phone with the corresponding software.

Keywords: lifting electromagnet, distant control, microprocessor device Arduino, Bluetooth module HC-06.

Հովհաննիսյան Անդրանիկ Թարիկի - տեխն. գիտ. թեկնածու, դոցենտ (ՀԱՊՀ)

Մինասյան Գևորգ Մինասի - մագիստրանտ (ՀԱՊՀ)

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ К ПАТРУБКАМ КОРПУСОВ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ ЭНЕРГООБЛОКОВ ВВЭР-440

Проведены расчеты по определению максимальных возможных погрешностей трещины по периметру патрубка в районе сварных соединений №23 парогенераторов Армянской атомной электростанции. Оценено влияние условий эксплуатации на остаточный ресурс узлов крепления коллекторов теплоносителя к патрубкам корпусов парогенераторов ПГВ-4с.

Ключевые слова: сварной шов, метод конечных элементов, оценка остаточного ресурса.

Введение. Развитие атомной энергетики и длительная эксплуатация действующих энергоблоков, а также задача повышения срока их службы до 45...60 лет при повышении коэффициента использования установленной мощности за счет сокращения сроков ремонта повысили требования к надежности и безопасной работе оборудования и трубопроводов атомных электростанций (АЭС), которые во многом определяются правильным техническим обслуживанием.

Начиная с 2007 года одной из самых острых проблем на действующих АЭС являются повреждения разнородных сварных соединений (СС) трубопроводов и оборудования, выполненных с использованием сварочных материалов. В связи с этим анализ и систематизация выявленных повреждений, определение характера и причин их образования, а также разработка мероприятий по их предотвращению и устранению являются актуальной задачей.

Анализ методом конечных элементов. Схематизация трещин была постулирована по всей окружности с половинным углом $\theta = \pi$. Глубина трещины, соответствующая самой глубокой трещине горячего коллектора ПГ-6, принята равной 48,4 мм [1]; было смоделировано ультразвуковое испытание трещины 48,4 мм + 5 мм (погрешность ультразвукового контроля (УЗК) метода) (53,4 мм). Для толщины стенки патрубка корпуса парогенератора (ПГ) Армянской АЭС (ААЭС) (73,5 мм) относительная глубина повреждения СС составит $53,4/73,5 = 72,6\%$.

Поскольку напряжения при изгибе, вызванные трубопроводом, являются незначительными, они были опущены на этом этапе работы, в результате была создана симметричная модель. Коллектор первого контура считался свободным, не оказывая влияния на второй контур за счет внутреннего давления. Расчетными нагрузками приняты внутреннее давление и термические напряжения из-за различного расширения свариваемых материалов. Эти напряжения выше, чем внутренние напряжения давления [2]. Упругопластический интеграл (J) оценивался и сравнивался с самым низким значением для материала сварного соединения (сталь 10СН16N25АМ6) $J_{0,2} = 81,2$ Н/мм. Было показано, что допустимый предел нагрузки достигается при увеличении давления в 6 раз, при котором значение J составляет 79 Н/мм.

С точки зрения пластического разрушения, можно также утверждать, что формируется местное пластическое разрушение в районе трещины. Если коэффициент прочности для мембранных напряжений считается равным 2,7 [3], разность можно оценить как $6/2,7 = 2,2$.

Для гидроиспытаний (ГИ) на прочность давлением во втором контуре 7,65 МПа возможное увеличение давления составляет примерно 3,7 раза [3], что соответствует соотношению $3,7/2,7 = 1,3$.

Из вышесказанного можно утверждать, что проанализированная трещина четко соответствует разности напряжений. При аналитическом расчете близкое соответствие разности напряжений также может быть констатируемо (за исключением испытания на прочность первого контура, где получено более низкое значение).

Оценено влияние остаточных напряжений с помощью метода конечных элементов. Практическое измерение остаточного напряжения не было доступно, поэтому использовалась модель кривой, основанная на принципе равновесия. Был сделан вывод, что для глубоких трещин (74% толщины стенки) остаточные напряжения закрывают трещины, но их влияние очень мало.

Аналитическое решение допустимой глубины одиночного дефекта предоставляет значение $a/t = 0,695$ или, для нашего случая, при толщине сварного соединения 73,5 мм определяет значение $[a] = 51$ мм (73,5 x 0,695).

Выполнена оценка дефектов, выявленных в разнородных сварных швах коллектора ПГ. Сварные швы на горячих коллекторах ПГ-5 и ПГ-6 ААЭС подвергаются большой деградации. Трещины с максимальной глубиной 46,6 мм (2ПГ-5) и 48,4 мм (2ПГ-6) сопровождаются менее глубокими трещинами на большей части окружности с глубиной 27,5 мм (ПГ-5) и 29 мм (ПГ-6). Длина кольцевой трещины с максимальной длиной составляет 312 мм (ПГ-5) и 130 мм (ПГ-6) [1].

В связи с тем, что деградация металла СС №23 выявляется почти по всему периметру, дефект был систематизирован как полная кольцевая трещина с глубиной толщины стенки до 72,6% (измеренная минимальная глубина составляет 48,4 мм $\pm$ 5 мм (погрешность УЗК метода), т.е. $53,4/73,5 = 72,6\%$ толщины стенки (73,5 мм). Этот максимальный дефект был оценен аналитически на основе норм ASME и методом конечных элементов на основе вычисления J-интеграла по отношению к пластичности.

Метод конечных элементов продемонстрировал консерватизм аналитического решения, подтвердил важность термических напряжений и малую значимость теоретически ожидаемых остаточных напряжений. Результаты показывают актуальность анализа с помощью метода конечных элементов, и он должен быть в дальнейшем продолжен в ходе эксплуатации.

Решение о допустимой глубине одиночного дефекта менее консервативным методом конечных элементов предоставляет более реалистическое значение $a/t = 0,74$. Для СС №23 ААЭС при толщине СС 73,5 мм получаем для допустимой глубины дефекта значение 54,4 мм (73,5 x 0,74).

Оценка остаточного ресурса. С учетом значимости ПГ, как оборудования реакторной установки, в вопросах надежной и безопасной эксплуатации энергоблока АЭС оценка остаточного ресурса наиболее проблемного узла ПГ становится весьма ответственной задачей. Целостность корпуса ПГ в большей степени определяется состоянием СС №23.

Числовое значение остаточного ресурса (максимальное время безопасной эксплуатации) рассчитывается по формулам с выбором наименьшего значения

$$T = (S - \alpha_i) / V_S, \quad T_c = (\alpha_r - c_i) / V_c,$$

где T – остаточный ресурс (год); S – толщина СС (мм); α_i – глубина выявленного дефекта (мм); α_r – критическая длина единичного дефекта (мм); c_i – длина выявленного дефекта (мм); V_S , V_c – скорость развития дефекта по глубине и длине (мм/год).

Успешно проведенные ГИ подтверждают, что в патрубке дефекты с размером больше чем a_{cr} ГИ отсутствуют, но могут существовать дефекты меньше, чем a_{cr} ГИ (рис. 1). Эти дефекты могут увеличиться и достигать a_{cr} НУЭ. В этом случае существует вероятность разрыва патрубка.

Средняя скорость развития дефекта по глубине толщине СС для 2ПГ-6 равна

$$\frac{a_{\max} + a_{\min}}{2\tau_{\text{экс}}} = \frac{48,4 + 0}{2 * 34 \text{ лет}} = 0,71 \text{ (мм / год)},$$

где $a_{\min} = 0$, поскольку рассматриваемый дефект консервативно принят круговым (длина равна периметру) с глубиной, равной максимальной глубине выявленного дефекта; $a_{\max}$ – трещина с максимальной глубиной 48,4 мм (2ПГ-6); $\tau_{\text{экс}}$ – срок эксплуатации ААЭС.

Остаточный ресурс элемента понимается как период, в течение которого обеспечено выполнение элементом проектных функций; для СС – это целостность (плотность и прочность).

Поскольку рассматриваемый дефект консервативно принят круговым (длина равна периметру) с глубиной, равной максимальной глубине выявленного дефекта, целостность СС обеспечена при подтвержденном отсутствии дефектов, глубина которых равна критической глубине, рассчитанной для соответствующего режима эксплуатации.

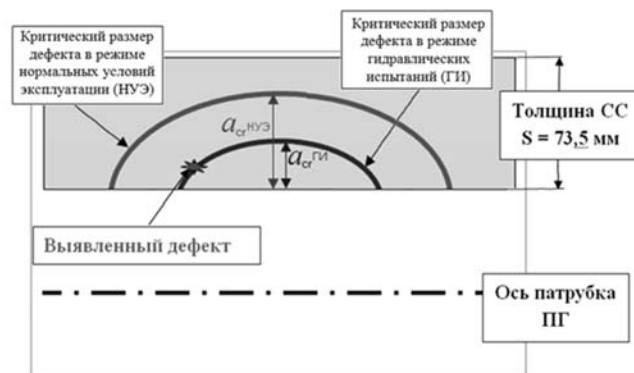


Рис. 1. Схема расположения критических размеров дефектов в стенке патрубка при различных режимах эксплуатации

Значения $a_{cr \text{ НУЭ}} = 66 \text{ мм}$ и $a_{cr \text{ ГИ}} = 62 \text{ мм}$ сравниваются с измеренными значениями реального (выявленного) дефекта $a_i = 48,4 \text{ мм}$.

Отношение выявленной разницы фактической и критической глубин дефекта к скорости развития (подроста) дефекта даст числовое значение остаточного ресурса:

$$T_{\text{ГИ}} = \frac{62 - 48,4}{0,71} = 19 \text{ лет}, \quad T_{\text{НУЭ}} = \frac{66 - 48,4}{0,71} = 24 \text{ года}.$$

Для обеспечения требуемого консерватизма следует основываться на доказанной гидравлическими испытаниями глубине возможного дефекта – положительные результаты ГИ исключают наличие дефектов с глубиной, равной или большей $a_{cr \text{ ГИ}}$.

При таком подходе, принимая $a_i = a_{cr \text{ ГИ}}$, получаем значение остаточного ресурса СС для условий нормальной эксплуатации:

$$T_{\text{э}} = \frac{66 - 62}{0,71} = 5,6 \text{ лет}.$$

После каждого успешного ГИ значение этого ресурса остается неизменным.

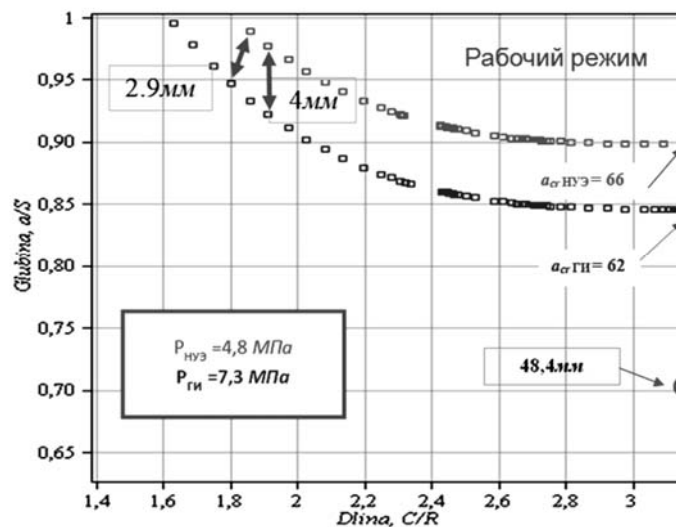


Рис. 2. Оценка безопасности эксплуатации патрубка в районе СС №23 парогенераторов 2ПГ-6 Армянской АЭС в режимах гидроиспытаний по второму контуру и в рабочем режиме (с учетом выявленного дефекта глубиной 48,4 мм)

На рис. 2 показаны критические размеры дефектов в режиме ГИ и НУЭ. Расстояние между кривыми на рисунке по вертикали составляет 4 мм; если трещина растет в глубину и длину одновременно, то тогда 2,9 мм. Точкой показан выявленный дефект в предположении, что он является кольцевым. Видно, что этот дефект существенно ниже критических размеров. Время, за которое a_{cr} ГИ достигает величины a_{cr} НУЭ, - это время безопасной эксплуатации сварного соединения №23, когда разрыв патрубка принципиально невозможен.

Между критическими размерами в режимах НУЭ и ГИ существует определенный запас, который образует запас по критерию разрушения. До тех пор, пока дефект не дорастет до критического значения в рабочем режиме, разрушение невозможно.

Выводы

1. Максимально возможный подrost трещины по периметру патрубка в районе сварного шва №23 не превышает 0,71 мм в год.
2. Для толщины стенки патрубка корпуса парогенератора Армянской АЭС (73,5 мм) относительная глубина повреждения сварного соединения составляет $53,4/73,5 = 72,6\%$.
3. Для сварных соединений №23 парогенераторов Армянской АЭС при толщине СС 73,5 мм получаем для допустимой глубины дефекта значение $[a] = 54,4$ мм.
4. Значение остаточного ресурса сварных соединений №23 для условий нормальной эксплуатации составляет 5,6 лет.

Литература

1. Варданян А.М. Экспериментальное исследование сварных швов парогенераторов второго энергоблока Армянской АЭС// ВЕСТНИК НПУА: Электротехника, Энергетика.-2016.- N1.-С. 86-96.
2. Մահակյան Ա.Պ., Մարուխյան Ո.Ջ., Պետրոսյան Վ.Գ. ՋՋԷՌ-440 ռեակտորներով էներգաբլոկի սարգավորումները և շահագործման ռեժիմները. - Երևան, 2017 - 282 էջ:
3. Гетман А.Ф. Концепция безопасности “Течь перед разрушением” для сосудов и трубопроводов АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1999.- 126с.

19.04.2017.

Վ.Գ. Պետրոսյան, Ա.Մ. Վարդանյան

ՋՋԷՌ-440 ԷԼԵԿՏՐԱԲԼՈԿՆԵՐԻ ՇՈԳԵԳԵՆԵՐԱՏՈՐՆԵՐԻ ԿՈԼԵԿՏՈՐՆԵՐԻ ԽՈՂՈՎԱԿՆԵՐԻ ԵՎ ԱՆՑՈՒՄԱՅԻՆ ՕՂԱԿԻ ՀԱՆԳՈՒՅՑՆԵՐԻ ՄԱՍՑՈՐԴԱՅԻՆ ՌԵՍՈՒՐՍԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

Կատարվել է Հայկական ատոմային էլեկտրակայանի շոգեգեներատորների №23 եռակցման կարբոնի խողովակի պարագծով ճաքերի հնարավոր առավելագույն զարգացման հաշվարկ: Գնահատվել է շահագործման պայմանների ազդեցությունը ПГВ-4с շոգեգեներատորների կոլեկտորների խողովակների և անցումային օղակի հանգույցների մնացորդային ռեսուրսի վրա:

Առանցքային բառեր. եռակցման կար, վերջավոր տարրերի մեթոդիկա, մնացորդային ռեսուրսի գնահատում:

V.G. Petrosyan, A.M. Vardanyan

ASSESSMENT OF THE RESIDUAL RESOURCE OF WELDED CONNECTIONS OF WELD COLLECTORS OF THE STEAM GENERATORS OF POWER UNIT VVER-440

Calculations definition of the maximal possible subbody heights of a crack on branch pipe perimeter around a joint weld №23 of steam generators of the Armenian nuclear power plant are carried out. Influences of an external environment on a residual resource of clusters of fastening of collectors of the heat carrier by branch pipes of housings of ПГВ-4с steam generators are estimated.

Keywords: welded connection, finite element method, assessment of a residual resource.

Петросян Ваграм Гаспарович – д.т.н., профессор, генеральный директор (ЗАО “Арматом”)

Варданян Арсен Мовсесович – аспирант НПУА, инженер (ЗАО “Арматом”)

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

ՀԱՂՈՐԴՄԱՆ ԳԾԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԴԵՍ ՇԱՀԱՎԵՏ ՀԱՏՈՒՅԹՆԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Կատարվել է էլեկտրական ցանցերի տեղամասերի հաղորդալարերի հատույթների որոշման գոյություն ունեցող մեթոդների մանրամասն ուսումնասիրություն: Ճշտվել են հոսանքի շահավետ խտության մեծությունները օդային և մալուխային գծերի համար և առաջարկվել են ավելի պարզ բանաձևեր տարեկան նվազագույն ծախսերի, կապիտալ ներդրումների և էներգիայի կորուստների հաշվարկների համար:

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

1. Տարեկան բերված ծախսերի նպատակային ֆունկցիան.

Հաղորդման գծի տնտեսապես շահավետ հատույթի ընտրության ցուցանիշը տարեկան բերված ծախսերի մեծությունն է [1]:

$$V = Ka_h + E, \quad (1)$$

որտեղ K -ն կապիտալ ներդրումների մեծությունն է՝ կախված գծի հատույթից ($\eta p a m$); E -ն տարեկան շահագործման ծախսերն են ($\eta p a m$), a_h -ն կապիտալ ներդրումների հատուցման նորմատիվ գործակիցն է (0.12):

$$K = AFL + B, \quad (2)$$

$$E = Ka_{\text{ամ}} + Ka_{\text{լ}} + Ka_{\text{լ2}} + C \cdot \Delta W, \quad (3)$$

որտեղ A -ն հաղորդալարի միավորի արժեքն է ($\eta p / \text{մ.մ}^2$); F -ը հաղորդալարի հատույթն է (մ^2), L - ը գծի երկարությունն է (մ): B -ն գծի կառուցման հաստատուն ծախսերն են՝ անկախ հատույթի մեծությունից (հենարաններ, մեկուսիչներ, շինմոնտաժային աշխատանքներ); C -ն էներգիայի կորուստների միավորի արժեքն է ($25 \eta p / \text{կ.Վտ.ժ}$), ΔW -ն՝ տարեկան էներգիայի կորուստների մեծությունը (կ.Վտ.ժ):

$$\Delta W = 3 I^2 L T_{\text{կ}} / \gamma \cdot F \cdot 10^3, \quad (4)$$

$$T_{\text{կ}} = (0.124 + T_{\text{ս}} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760,$$

որտեղ I -ն հաղորդման գծի հաշվարկային հոսանքն է (Ա), $T_{\text{ս}}$ -ն՝ առավելագույն հզորության օգտագործման տևողությունը (ժամ), $T_{\text{կ}}$ -ն առավելագույն կորուստների տևողությունն է (ժամ), γ -ն հաղորդալարի տեսակարար հաղորդականությունը (այլումինե հաղորդալարի համար $\gamma = 32 \text{ (Ա/Օհմ.մմ}^2\text{)}$):

Տեղադրելով (2), (3) և (4) արտահայտությունները (1)-ում՝ կստանանք տարեկան բերված ծախսերի նպատակային ֆունկցիան՝ կախված հաղորդման գծի հատույթի մեծությունից:

$$V = AFLa + 3I^2 CLT_{\text{կ}} / \gamma F \cdot 10^3 + Ba, \quad (5)$$

որտեղ a -ն հատուցումների և հատկացումների գումարային գործակիցն է (0.17):

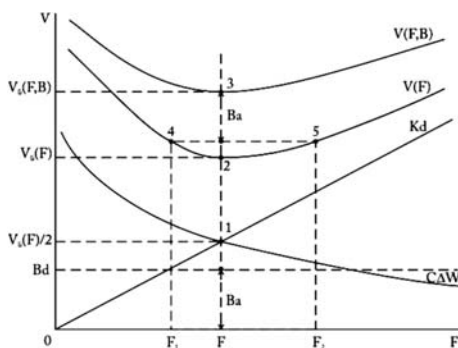
Խնդրի լուծման համար պետք է գտնել այն շահավետ հատույթը, որի դեպքում բերված ծախսերի ֆունկցիան (5) կստանա իր նվազագույն արժեքը: Պարզ է, որ շահավետ F հատույթը պետք է բավարարի երեք անհրաժեշտ պայմանի [2]:

$$F \geq F_p, F \geq F_{\text{պ}}, F \geq F_{\text{ստ}}, \quad (6)$$

որտեղ F_p -ն գծի երկարատև թույլատրելի հոսանքին համապատասխանող հատույթի նվազագույն մեծությունն է, $F_{\text{պ}}$ -ն՝ պասկաձև երևոյթով պայմանավորված նվազագույն հատույթը: $F_{\text{ստ}}$ -ն հատույթների ստանդարտային արժեքներն են:

Խնդրի լուծման առանձնահատկությունները պատկերացնելու համար կառուցենք բերված ծախսերի ֆունկցիայի (5) և նրա բաղադրիչների կորերը՝ կախված F հատույթի մեծությունից:

Նկ. -ում պատկերված են Ka , $C\Delta W$ կորերը և դրանց գումարային ֆունկցիան (5)՝ կախված նաև ծախսերի հաստատուն բաղադրիչի (Ba) մեծությունից: Կորերի վրա կետ 1-ը համապատասխանում է կապիտալ ներդրումների ($AFLa$) և էներգիայի կորուստների ($C\Delta W$) ֆունկցիաների (աժանցյալների) և դրանց բացարձակ արժեքների հավասարությանը շահավետ



Նկ. Տարեկան ծախսերի կախվածությունը հատույթից

կտրվածքի դեպքում: Կետ 2-ը համապատասխանում է բերված ծախսերի նվազագույն արժեքին $[V_n(F)]$, իսկ կետ 3-ը՝ նվազագույն ծախսերին՝ հաշվի առնելով հաստատուն բաղադրիչը (Ba):

Կետեր 4 և 5-ը համապատասխանաբար պատկանում են բերված ծախսերի մեծություններին F_1 և F_2 մոտակա փոքր և մեծ ստանդարտային արժեքների համար:

2. Տնտեսապես շահավետ հատույթի որոշումը

Հաղորդման գծի տնտեսապես շահավետ հատույթի որոշման համար բերված ծախսերի նպատակային ֆունկցիան (2) ածանցվում է ըստ հատույթի և հավասարեցվում է զրոյի:

$$dV/dF = AL\alpha - 3I^2 CLT / \gamma F^2 \cdot 10^3 = 0, \quad (7)$$

որտեղ T_k -ն - մաքսիմում կորուստների տևողությունն է (ժամ):

Այս հավասարումից (2) հետևում է ծախսերի տեսակարար աճերի հավասարությունը, այսինքն՝ հատույթի ընտրության օպտիմալության պայմանը:

$$AL\alpha = 3I^2 CLT / \gamma F^2 \cdot 10^3, \quad (8)$$

որտեղից շահավետ հատույթի մեծությունը՝

$$F = I / \sqrt{A\alpha\gamma \cdot 10^3 / 3CT} = I / J: \quad (9)$$

Այս արտահայտության հայտարարը հոսանքի շահավետ խտության մեծությունն է (U/m^2):

$$J = \sqrt{A\alpha\gamma \cdot 10^3 / 3CT}: \quad (10)$$

Աղյուսակ 1-ում բերված են հոսանքի շահավետ խտությունների մեծությունները՝ կախված մաքսիմումի օգտագործման տևողությունից (T_u) օդային և մալուխային գծերի համար:

Համարիչում ճշտված մեծություններն են, հայտարարում՝ գործողները [1.2]

Աղյուսակ 1

Հոսանքի շահավետ խտությունների մեծությունները			
Հաղորդման գծերի տեսակները	Հոսանքի շահավետ խտությունը՝ կախված առավելագույն հզորության ժամերի տևողությունից ($\sigma_{\text{առ}}$), T_u		
	1000 ... 3000	3000 ... 5000	5000 ... 8750
Օդային գիծ, AC, ACO	1.0	0.9	0.8
	1.3	1.1	1.0
Մալուխային գիծ՝ թղթե մեկուսացումով ACB, AAB	1.3	1.2	1.0
	1.6	1.4	1.2
Մալուխային գիծ՝ ռետինե մեկուսացումով ABBF, AПBF	1.6	1.5	1.4
	1.9	1.7	1.6

3. Նվազագույն տարեկան բերված ծախսեր

Նկարից երևում է, որ շահավետ հատույթի որոշման օպտիմալության պայմանը (7) համընկնում է կապիտալ ներդրումների հատկացումների և տարեկան էներգիայի կորուստների արժեքի ֆունկցիաների ածանցյալների (ֆունկցիաների աճերի) հավասարության պայմանին (8):

Ապացուցենք, որ խնդրի լուծման օպտիմալության պայմանը համընկնում է նաև վերը նշված երկու ֆունկցիաների կորերի (նկ.) հատման կետի հետ (կետ 1) այսինքն՝ շահավետ հատույթի դեպքում այդ ֆունկցիաների արժեքներն իրար հավասար են:

Բազմապատկենք օպտիմալության պայմանի հավասարման (8) երկու կորմերը շահավետ հատույթի մեծությամբ (F):

$$AFL\alpha = 3I^2 CLT / \gamma F^2 \cdot 10^3: \quad (11)$$

Այստեղից (11)-ից երևում է, որ շահավետ հատույթի դեպքում տարեկան բերված ծախսերի մեծությունը կարող է որոշվել ավելի պարզ արտահայտությամբ:

$$V = 2AFL\alpha + Ba, \quad (12)$$

իսկ տարեկան էներգիայի կորուստների արժեքը՝

$$C\Delta W = AFL\alpha: \quad (13)$$

Որպես հետևություն տարեկան էներգիայի կորուստների մեծությունը՝

$$\Delta W = AFL\alpha / C, \quad (14)$$

$$\Delta W = AFL\alpha \cdot 10^3 / C: \quad (15)$$

Նկարում բերված ծախսերի կորերից երևում է, որ արտահայտություններ (12), (13), (14)-ը ճիշտ են միայն հաղորդման գծի տնտեսապես շահավետ հատույթի դեպքում:

Գործնականում ընդունված է էներգիայի կորուստների մեծությունն արտահայտել տոկոսներով գծով հաղորդվող էներգիայի մեծությունից՝

$$W = P \cdot T_{\text{է}}, \quad (16)$$

որտեղ P -ն գծով անցնող հաշվարկային ակտիվ հզորությունն է ($կՎտ$), $T_{\text{է}}$ - առավելագույն հզորության օգտագործման տևողությունը ($ժամ$):

Հաղորդման գծում էներգիայի կորուստների մեծությունը՝ տոկոսներով, հիմնվելով (15) արտահայտության վրա և հաշվի առնելով հզորության գործակիցը, $\cos\varphi=0.95$ ՝

$$\begin{aligned} \Delta W\% &= \Delta W \cdot 100 / W = AFLa \cdot 10^5 / P \cdot T_{\text{է}} C = \\ &= A \cdot I \cdot L \cdot a \cdot 10^5 / PT_{\text{է}} CJ = \\ &= A \cdot P \cdot L \cdot a \cdot 10^5 / PT_{\text{է}} CJ \cdot \sqrt{3} U \cdot \cos f : \end{aligned} \quad (17)$$

(17)-ում տեղադրելով գործակիցների թվային արժեքները ($a = 0.17$; $C = 25$ $\eta p / կՎտ.ժ$, $\cos\varphi=0.95$) կստանանք.

$$\Delta W\% = 414 AL / J \cdot T_{\text{է}} \cdot U : \quad (18)$$

AC տիպի օղային գծի համար $A_1 = 30$ $\eta p / մ. մմ^2$, J · $T_{\text{է}}$ -ի միջին արժեքը 3000 $Ա.ժ / մ. մմ^2$, որից բխում է, որ

$$\Delta W_1\% = 4.1 \cdot L / U, \quad (19)$$

որտեղ L -ը գծի երկարությունն է ($կմ$); U -ն գծի անվանական լարումը ($կՎ$):

ACB և AAB մալուխային գծերի համար $A_2 = 60$ $\eta p / մ. մմ^2$, J · $T_{\text{է}}$ -ի միջին արժեքը 4000 $Ա.ժ / մ. մմ^2$, որից բխում է, որ

$$\Delta W_2\% = 6.2 \cdot L / U : \quad (20)$$

ABBГ և AΠBГ մալուխային գծերի համար $A_3 = 90$ $\eta p / մ. մմ^2$, J · $T_{\text{է}}$ -ի միջին արժեքը 5000 $Ա.ժ / մ. մմ^2$, որից բխում է, որ

$$\Delta W_3\% = 7.4 \cdot L / U : \quad (21)$$

Օգտվելով (19), (20), (21)-ից՝ կարելի է գծի տրված լարման և երկարության համար որոշել էներգիայի կորուստները տոկոսներով:

Էներգիայի կորուստների որոշակի սահմանափակման դեպքում նույն արտահայտություններից օգտվելով՝ կարելի է որոշել հաղորդման գծի առավելագույն երկարությունը (աղ.2):

Աղյուսակ 2

Հաղորդման գծի առավելագույն երկարությունը

Գծերի անվանումները	Անվանական լարումը	Գծերի առավելագույն երկարությունները, կմ, էներգիայի կորուստների տարբեր արժեքների դեպքում			
	կՎ	2%	3%	4%	5%
Օղային գծեր՝ AC, ACO	6	2.9	4.4	5.8	7.3
	10	4.9	7.5	9.9	12.4
	35	17.2	26.3	34.7	43.4
	110	53.9	82.5	108.9	136.4
	220	107.8	165.0	217.8	272.8
	330	161.7	247.9	326.7	409.2
	400	196.0	300.0	396.0	496.0
Մալուխային գծեր՝ ACB, AAB	6	1.9	2.9	3.9	4.8
	10	3.2	4.8	6.5	8.1
Մալուխային գծեր՝ BBГ, AΠBГ	6	1.6	2.4	3.3	4.1
	10	2.7	4.1	5.4	6.8

4. Ստանդարտային հատույթների ընտրությունը

Նկարում բերված ծախսերի կորերից երևում է, որ ծախսերի ֆունկցիան (կորը) ոչ սիմետրիկ պարաբոլ է: Այս պատճառով շահավետ F հատույթից նույն հեռավորության վրա գտնվող փոքր և մեծ ստանդարտային հատույթների դեպքում ծախսերը հավասար չեն:

Պարզ է դառնում, որ փոքր և մեծ ստանդարտային հատույթների միջին թվաբանական արժեքը չի կարող լինել ստանդարտային հատույթի ընտրության ցուցանիշ: Շահավետ սանդարտային հատույթի ցուցանիշը գտնելու համար դիտարկենք երկու ծախսի $V_1(F_1)$ և $V_2(F_2)$ մեծությունների հավասարության պայմանը

$$AF_1La+3PCLT\psi/\gamma F_1 \cdot 10^3 = AF_2La+3PCLT\psi/F_2 \cdot 10^3: \quad (22)$$

Բաժանելով հավասարման երկու կողմերը $AL\alpha$ -ի՝ կստանանք

$$F_1+P3CT\psi/A\alpha\gamma \cdot 10^3 \cdot F_1 = F_2+P3CT\psi/A\alpha\gamma \cdot 10^3 \cdot F_2: \quad (23)$$

Շահավետ հատույթի բանաձևից (9) երևում է, որ

$$I^2 \cdot 3CT / A\alpha\gamma \cdot 10^3 = F^2: \quad (24)$$

Տեղադրելով (24)-ը (23) հավասարման մեջ՝ կստանանք՝

$$F_1 + F^2 / F_1 = F_2 + F^2 / F_2, \quad (25)$$

$$F^2(F_2 - F_1) / F_1 \cdot F_2 = F_2 - F_1, \quad (26)$$

$$F^2 = F_1 \cdot F_2, \quad F = \sqrt{F_1 F_2}: \quad (27)$$

Այս մեծությունը (27) F_1 և F_2 ստանդարտային հատույթային միջին քառակուսային արժեքն է, որը, իհարկե, փոքր է նրանց միջին թվաբանականից:

$$\sqrt{F_1 F_2} < (F_1 + F_2) / 2: \quad (28)$$

Պարզ է, որ եթե.

$$F < \sqrt{F_1 F_2}, \quad (29)$$

ապա ընտրվում է մոտակա փոքր ստանդարտը (F_1), եթե

$$F \geq \sqrt{F_1 F_2}, \quad (30)$$

ապա ընտրվում է մոտակա մեծ ստանդարտը (F_2):

5. Նվազագույն ծախսերի բանաձևի ճշտությունը

Պարզ է, որ եթե շահավետ հատույթից անցնում ենք ստանդարտային մեծ կամ փոքր, արժեքներին, ապա տարեկան ծախսերը գերազանցում են նվազագույնին (նկ.):

Ընդունենք՝ $F_{\text{ստ}} = F \pm \Delta F$ և որոշենք ծախսերի տարբերությունը (աճը) ստանդարտային և շահավետ հատույթների դեպքում.

$$\Delta V = V(F_{\text{ստ}}) - V(F), \quad (31)$$

$$\Delta V = ALa(F \pm \Delta F) + 3I^2 CLT / \gamma (F \pm \Delta F) \cdot 10^3 - 2AFLa: \quad (32)$$

Հաշվի առնելով (24) արտահայտությունը.

$$3I^2 CLT / \gamma \cdot 10^3 = AaF^2, \quad (33)$$

կստանանք՝

$$\Delta V = ALa(F \pm \Delta F) + ALaF^2 / (F \pm \Delta F) - 2ALaF, \quad (34)$$

$$\Delta V = ALa[(F \pm \Delta F) + F^2 / (F \pm \Delta F) - 2F]: \quad (35)$$

Պարզեցնելով այս արտահայտությունը՝ (35) կստանանք՝

$$\Delta V = ALa\Delta F^2 / F_{\text{ստ}}, \quad (36)$$

իսկ տոկոսներով նվազագույն ծախսերից (33) առանց Ba մեծության

$$\Delta V\% = 100\Delta F^2 / 2F \cdot F_{\text{ստ}}: \quad (37)$$

Աղյուսակ 3

Նվազագույն ծախսերի ճշտության գնահատման օրինակներ

$F_1 - F_2$	$\sqrt{F_1 \cdot F_2}$	F	ΔF $F_2 - F_1$	$\Delta V_2\%$	Δ $F - F_1$	$\Delta V_1\%$
25...35	29.6	29.6	5.4	1.40	4.6	1.40
35...50	41.8	41.8	8.2	1.60	6.8	1.60
50...70	59.2	59.2	10.8	1.40	9.2	1.40
70...95	81.5	81.5	13.5	1.10	11.5	1.10
95...120	106.7	106.7	13.3	0.70	11.7	0.70
120...150	134.2	134.2	15.8	0.60	14.2	0.60
150...185	166.6	166.6	18.4	0.55	16.6	0.55
185...240	210.7	210.7	29.3	0.85	25.7	0.85

Աղյուսակ 3-ում բերված են նվազագույն ծախսերի ճշտության գնահատման օրինակներ՝ շահավետ հատույթից ստանդարտներին անցնելու դեպքում:

Ինչպես երևում է աղյուսակում բերված օրինակներից, ստանդարտային հատույթներին անցնելու դեպքում նվազագույն ծախսերի բանաձևերի սխալը, այսինքն՝ ծախսերի արժեքը ($\Delta V_1\%$ և $\Delta V_2\%$) կազմում է 0.55...1.7 %: Սա նշանակում է, որ նվազագույն ծախսերի բանաձևը (12) կարելի է օգտագործել հաշվարկներում ոչ միայն շահավետ, այլև ստանդարտային հատույթների դեպքում:

Աղյուսակ 3-ում բերված օրինակների արդյունքները նույնն են ինչպես օդային, այնպես էլ մալուխային գծերի համար:

6. Էներգիայի կորուստների բանաձևի ճշտությունը

Ինչպես նշված է 3-ում, էներգիայի կորուստների բանաձևը շահավետ հատույթի դեպքում (2) - (9) կարելի է արտահայտել ավելի պարզ բանաձևով (14):

$$\Delta W = ALaF / C : \quad (38)$$

Պարզ է, որ եթե շահավետ հատույթից անցնում ենք ստանդարտային արժեքներին, ապա էներգիայի կորուստների մեծությունը (38) ենթարկվում է փոփոխության $\pm \delta W$ -ի չափով:

Ընդունենք $F_{\text{ստ}} = F \pm \Delta F$ և որոշենք էներգիայի կորուստների տարբերությունը (աճը կամ նվազումը) ստանդարտային և շահավետ հատույթների դեպքում՝

$$\delta W = \Delta W(F_{\text{ստ}}) - \Delta W(F) , \quad (39)$$

$$\delta W = 3I^2 \cdot LT / \gamma (F \pm \Delta F) \cdot 10^3 - ALaF / C : \quad (40)$$

Հաշվի առնելով (33) արտահայտությունը՝

$$3I^2 T_4 / \gamma \cdot 10^3 = ALaF^2 / C , \quad (41)$$

և տեղադրելով (41)-ը (40)-ում կստանանք.

$$\delta W = ALaF^2 / C (F \pm \Delta F) - ALaF / C , \quad (42)$$

$$\delta W = \frac{ALa}{C} \left(\frac{F^2}{F \pm \Delta F} - F \right) , \quad (43)$$

$$\delta W = \pm ALaF\Delta F / C \cdot F_{\text{ստ}} , \quad (44)$$

իսկ տոկոսներով էներգիայի կորուստներից շահավետ հատույթի դեպքում (14)՝

$$\delta W\% = \pm 100 \cdot \Delta F / F_{\text{ստ}} : \quad (45)$$

Աղյուսակ 4-ում բերված են էներգիայի կորուստների շեղման մեծությունները տոկոսներով ստանդարտային հատույթների դեպքում:

Աղյուսակ 4-ում բերված օրինակների արդյունքները նույնն են, ինչպես օդային, այնպես էլ մալուխային գծերի համար:

Աղյուսակ 4

Էներգիայի կորուստների շեղման մեծությունները

F_1	F_2	$\sqrt{F_1 \cdot F_2}$	F	$\frac{\Delta F}{F_2 - F}$	$\delta W_2\%$	$\frac{\Delta F}{F - F_1}$	$\delta W_1\%$
25	35	29.6	29.6	5.4	-15.5	4.6	+18.4
35	50	41.8	41.8	8.2	-16.4	6.8	+19.4
50	70	59.2	59.2	10.8	-15.4	9.2	+18.4
70	95	81.5	81.5	13.5	-14.2	11.5	+16.4
95	120	106.7	106.7	13.3	-11.1	11.7	+12.3
120	150	134.2	134.2	15.8	-10.5	14.2	+11.8
150	185	166.6	166.6	18.4	-9.9	16.6	+11.1
185	240	210.7	210.7	29.3	-12.2	25.7	+13.9

7. Կորուստների համեմատությունը ճշտված և գործող հոսանքի խտությունների դեպքում

Դիտարկենք օդային և մալուխային հաղորդման գծերի հատույթների և կորուստների հաշվարկի օրինակ առաջարկվող շահավետ (F) և գործող (F_g) հատույթների դեպքում: Հոսանքի խտությունների արժեքները բերված են աղյուսակ 1-ում, գծով անցնող հոսանքը՝ $I = 100 \text{ Ա}$:

Աղյուսակներ 5, 6, 7-ում բերված են հոսանքի առաջարկվող և գործող շահավետ խտությունները (աղ.1) համապատասխան հատույթները (F, F_g), բերված էներգիայի կորուստների և տարբերությունների մեծությունները տոկոսներով:

$$\delta W\% = -100 \Delta F / F_g , \quad (46)$$

$$\Delta F = F - F_g : \quad (47)$$

Աղյուսակ 5

AC օղային գծի հոսանքի շահավետ խտությունները և հատույթները

T	J _q	F _q	J	F	ΔF	δW%
1000...3000	1.3	77	1.0	100	23	-32,5
3000...5000	1.1	91	0.9	111	20	-22.0
5000...8760	1.0	100	0.8	125	25	-25.0

Աղյուսակ 6

ACB, AAB մալուխային գծերի հոսանքի շահավետ խտությունները և հատույթները

T	J _q	F _q	J	F	ΔF	δW%
1000...3000	1.6	63	1.3	77	14	-22.0
3000...5000	1.4	71	1.2	83	12	-17.0
5000...8760	1.2	83	1.0	100	12	-21.0

Աղյուսակ 7

ABB, AIBF մալուխային գծերի հոսանքի շահավետ խտությունները և հատույթները

T	J _q	F _q	J	F	ΔF	δW%
1000...3000	1.9	53	1.6	63	10.0	-19.0
3000...5000	1.7	59	1.5	67	8.0	-14.0
5000...8760	1.6	63	1.3	77	14.0	-22.0

8. Շահագործման ծախսերի նվազագույն մեծությունը

Հաղորդման գծի շահագործման ծախսերի ընդհանուր տեսքը՝

$$E = Ka_2 + C\Delta W, (a_2 = 0.05), \quad (48)$$

որտեղ a_2 -ն շահագործման ծախսերի տարեկան հատկացումների գործակիցն է:

Շահագործման ծախսերն ըստ հաղորդման գծի հատույթի՝

$$E = AFLa_2 + 3I^2CLT / \gamma F \cdot 10^3 : \quad (49)$$

Եթե գծի հատույթը ընտրված է ըստ հոսանքի ճշտված շահավետ խտության (աղյուսակ 1), ապա հաշվի առնելով նվազագույն ծախսերի արտահայտությունը (12), (13) և անտեսելով հաստատուն բաղադրիչը (Ba), կստանանք՝

$$E = AFLa_2 + AFLa, \quad (50)$$

$$E = AFL(a_2 + a) = 0.22 \cdot AFL : \quad (51)$$

Օղային գծի համար՝ (AC) $A=30$ *դր/մ.մմ²*՝

$$E = 0.22 \cdot 30 \cdot F \cdot L = 6.6 \cdot F \cdot L, \text{ դրամ:} \quad (52)$$

Մալուխային գծի համար՝ (ACB, AAB), $A=60$ *դր/մ.մմ²*՝

$$E = 0.22 \cdot 60 \cdot F \cdot L = 13.2 \cdot F \cdot L, \text{ դրամ:} \quad (53)$$

Մալուխային գծի համար՝ (ABB), $A=90$ *դր/մ.մմ²*՝

$$E = 0.22 \cdot 90 \cdot F \cdot L = 19.8 \cdot F \cdot L, \text{ դրամ:} \quad (54)$$

Բանաձևերում F-ը տեղադրվում է *մմ²*-ներով, L-ը՝ *մետրերով*:

Շահագործման ծախսերի պարզեցված բանաձևը բացարձակապես ճիշտ է միայն ճշտված հատույթի դեպքում (աղ. 1), մյուս դեպքերում պետք է կիրառել (2) արտահայտությունը:

Ինչպես հայտնի է [1], էլեկտրաէներգիայի հաղորդման ինքնարժեքը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$e = E / W = E / P \cdot T_{\delta}, \quad (55)$$

որտեղ E-ն հաղորդման գծի տարեկան շահագործման ծախսերն են (*դրամ*): P-ն՝ մաքսիմում (հաշվարկային) ակտիվ հզորությունը (*կՎտ*); T_{δ} -ը մաքսիմում հզորության օգտագործման տևողությունը (*ժամ*):

Ոչ շահավետ հատույթների դեպքում՝

$$e = (AFLa_2 + 3I^2CLT / \gamma F \cdot 10^3) / P \cdot T_{\delta} : \quad (56)$$

Շահավետ հատույթի դեպքում՝

$$e = 0.22 \cdot AFL / P \cdot T_{\delta}, \quad (57)$$

որտեղից՝

$$e = 0.22 \cdot AFL / \sqrt{3}UI \cos f \cdot T_{\delta}, \quad (58)$$

$$e = 0.134 \cdot AL/U \cdot j \cdot T_{\delta} \quad (\cos\varphi=0.95): \quad (59)$$

AC տիպի օդային գծի համար $A=30 \text{ դր/մ.մմ}^2$, $J \cdot T_{\delta}$ -ի միջին արժեքը 3000 Ա·ժ/մ.մմ^2 , որից բխում է, որ

$$e = 0.134 \cdot 30 \cdot L/U \cdot 3000 = 0.00134L/U : \quad (60)$$

Եթե L -ի երկարությունը տեղադրենք կմ-ով, ապա AC օդային գծի համար հաղորդման ինքնարժեքը՝

$$e = 1.34 \cdot L/U, \text{ դր/կՎտ.ժ} : \quad (61)$$

ACB և AAB տիպի մալուխային գծերի համար $A=60 \text{ դր/մ.մմ}^2$, $J \cdot T_{\delta}$ -ի միջին արժեքը 4000 Ա·ժ/մ.մմ^2 , որից բխում է, որ՝

$$e = 2.0 \cdot L/U, \text{ դր/կՎտ.ժ} : \quad (62)$$

ABBГ և АПВГ տիպի մալուխային գծերի համար $A=90 \text{ դր/մ.մմ}^2$, $J \cdot T_{\delta}$ -ի միջին արժեքը՝ 5000 Ա·ժ/մ.մմ^2 , որից բխում է, որ՝

$$e = 2.4 \cdot L/U, \text{ դր/կՎտ.ժ} : \quad (63)$$

Պետք է նշել, որ այստեղ դուրս բերված բանաձևերը շահագործման ծախսերի և հաղորդման ինքնարժեքի համար շատ անգամ ավելի պարզ են և մատչելի կիրառման համար:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

1. Հաղորդման գծերի համար ճշտված են հոսանքի շահավետ խտության մեծությունները՝ հաշվի առնելով հաղորդիչների և էլեկտրաէներգիայի տեսակարար արժեքների փոփոխությունները, ինչպես օդային, այնպես էլ մալուխային գծերի համար:

2. Ինչպես երևում է հաշվարկներից, տնտեսապես նպատակահարմար է մեծացնել հաղորդիչների հատույթները, այսինքն՝ մեծացնել գծերի կառուցման կապիտալ ներդրումները և համապատասխանաբար փոքրացնել էներգիայի կորուստների մեծությունները:

3. Նվազագույն տարեկան բերված ծախսերի հաշվարկի համար դուրս են բերված շատ ավելի պարզ բանաձևեր:

4. Տարեկան շահագործման ծախսերի և էլեկտրաէներգիայի հաղորդման ինքնարժեքի որոշման համար մշակվել են ավելի պարզ արտահայտություններ:

5. Հաղորդման գծերի տնտեսապես շահավետ անվանական լարումների ընտրության համար մշակվել է երկու մոտակա ստանդարտային անվանական լարումների համեմատության մեթոդիկան, որը հնարավորություն է տալիս տարեկան բերված ծախսերը հանգցնել նվազագույնի:

Գրականություն

1. **Идельчик В.** Электрические системы и сети. -М.: Энергоатомиздат, 1989. -594 с
 2. **Правила устройства электроустановок.** - М.: Изд-во “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, 1989. – 608 с.
- 11.02.2017.

Г.М. Тадевосян, П.С. Манукян, М.Л. Хачатрян, А.П. Манукян ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СЕЧЕНИЙ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Проведено подробное исследование существующих методов определения сечений проводов участков сетей. Уточнены экономические плотности токов для воздушных и кабельных сетей и предложены более простые формулы для определения годовых приведенных затрат, капитальных вложений и потерь электроэнергии.

Ключевые слова: капитальные вложения, потери энергии, экономические сечения, себестоимость передачи энергии.

H.M. Tadevosyan, P.S. Manukyan, M.L. Khachatryan, A.P. Manukyan DEFINITION OF ECONOMIC SECTIONS OF ELECTRIC LINES

A detailed study of the existing methods for determining the cross sections of wires in sections of networks was carried out. The economic density of currents for air and cable networks has been specified and simpler formulae have been proposed for determining the annualized costs, capital investments and losses of electricity.

Keywords: capital investments, energy losses, economic cross-sections, cost of energy transfer.

Թաղկոսյան Հոմերոս Մեսրոպի - ՀԱՊՀ Էլեկտրաէներգետիկա ամբիոնի դոցենտ, տ.գ.թ.

Մանուկյան Պարգև Սուրենի - ՀԱՊՀ Էլեկտրաէներգետիկա ամբիոնի դոցենտ, տ.գ.թ.

Խաչատրյան Միքայել Լևոնի - ՀԱՊՀ ՄԷՏ 607

Մանուկյան Արամ Պարգևի - ՀԱՊՀ Էլեկտրաէներգետիկա ամբիոնի ասպիրանտ

Գ.Ե. Այվազյան, Ռ.Ն. Բարսեղյան, Ա.Հ. Վարդանյան

ԿԵՆՍԱԶԱՆԳՎԱԾԻՑ ՍԻՆԹԵԶԳԱԶԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆԱԲԵՐԱԿԱՆ ԳԱԶԻՖԻԿԱՏՈՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ

Բերված են կենսազանգվածից սինթեզագրի ստացման արդյունաբերական գազիֆիկատորի մշակման, պատրաստման և փորձարկման արդյունքները: Առաջարկվել է սարքավորման արտադրողականության արդյունավետ կարգավորման եղանակ:

Առանցքային բառեր. *գազիֆիկատոր, գազագեներատոր, սինթեզագր, կենսազանգված, արտադրողականություն:*

Հայաստանի էներգետիկ արդյունաբերությունը հիմնված է երեք բաղադրիչի՝ միջուկային վառելիքի, բնական գազի և ջրային ռեսուրսների վրա: Առաջին երկուսի դեպքում հումքը ներկրովի է և այստեղ խնդիրը միայն այն չէ, որ ուրանի և բնական գազի գները ենթակա են փոփոխությունների, որոնք իրենց հերթին ստեղծում են մեր տնտեսության համար ռիսկային ճնշումներ, այլև այն, որ մեր էներգետիկայի ավանդական ենթաճյուղերը՝ ատոմային էներգետիկան և ջերմաէներգետիկան նույնպես խոցելի են, քանի որ դրանց կայուն գործունեությունը պայմանավորված է բազմաթիվ արտաքին գործոններով: Հիդրոէներգետիկայի զարգացման ընթացքում նույնպես բազմաթիվ խոչընդոտող գործոններ են ի հայտ գալիս, և այստեղ նույնպես ամեն ինչ հստակ չէ:

Մյուս կողմից, մեր երկիրն ունի հսկայական վերականգնվող էներգառեսուրսներ էլեկտրական և/կամ ջերմային էներգիայի արտադրության համար, մասնավորապես արևային ֆոտովոլտայիկ և կենսազանգվածի աղբյուրների հիման վրա [1]: Չնայած այս ոլորտում հայկական ակադեմիական գիտության զգալի նվաճումներին, Հայաստանում վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների արդյունաբերական պատրաստումը և կիրառումը խիստ սահմանափակ է՝ պայմանավորված համապատասխան արդյունավետ տեխնոլոգիաների և տեխնիկական միջոցների բացակայությամբ:

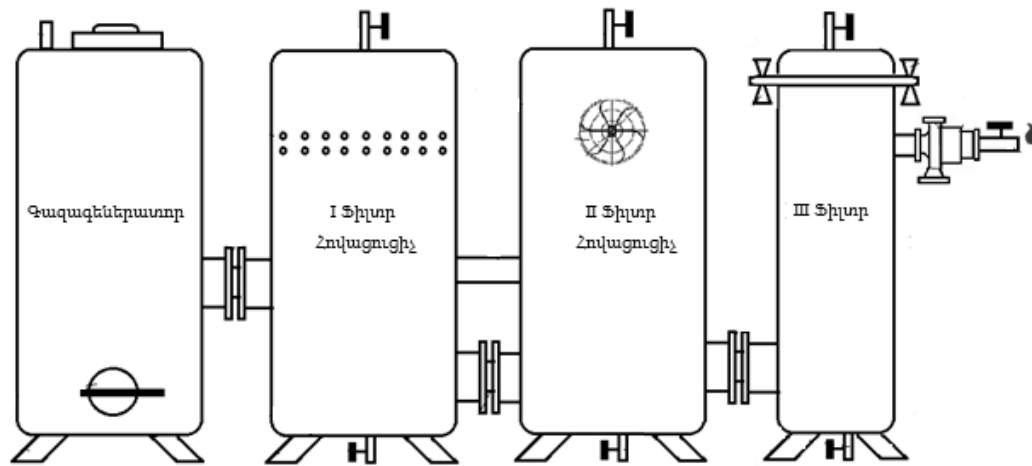
Աշխատանքում ներկայացված են կենսազանգվածից բարձրկալորիական վառվող գազի ստացման ինովացիոն հենքով արդյունավետ տեխնոլոգիայի և համապատասխան սարքավորման (գազիֆիկատորի) մշակման, պատրաստման և փորձարկման արդյունքները:

Տեխնոլոգիայի հիմքում ընկած է կենսազանգվածի բարձր ջերմաստիճանային և անաերոբ պիրոլիզի սկզբունքը, որի արդյունքում գեներացվում է ածխաջրածիններ պարունակող, տարբեր բաղադրության (CH_4 մեթան 7...20%, CO ածխածնի մոնօքսիդ 20...30%, CO_2 ածխածնի երկօքսիդ 9...15%, H_2 ջրածին 5...20%, N_2 ազոտ 12...25%) գազային խառնուրդ՝ կախված հումքի տիպից, որակից և խոնավությունից [2, 3]: Տեխնիկական գրականությունում այն ստացել է «սինթեզագր» կամ «գեներատորային գազ» անվանումները: Այն կարելի է օգտագործել գազավառարաններում որպես այլընտրանային վառելիք, ջերմություն ստանալու և/կամ ջուր տաքացնելու, կամ գոլորշիացնելու համար, կամ էլեկտրաէներգիա գեներացնելու նպատակով:

Որպես ելանյութ օգտագործվում են բուսական ծագման թափոններ՝ փայտաթեփ, տարբեր բույսերի ու մշակաբույսերի ցողուններ, փայտի տաշեղներ, ծառի չորացած ճյուղեր: Նախնական հումքը ենթարկվում է մշակման (չորացում մինչև 10...20%, աղում 1...2 սմ ֆրակցիայով) և պելետավորման 2...2.5 սմ երկարությամբ գրանուլների (պելետների), որոնք էլ վերջնական հումք են գազիֆիկատորի հնոցում օգտագործելու նպատակով:

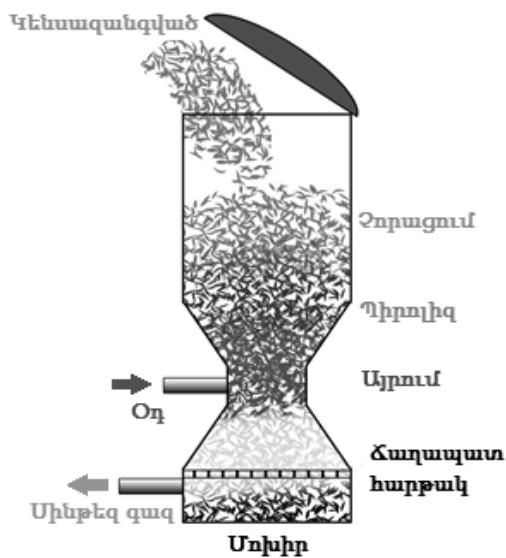
Մշակված «Էկոգազ 60» մակնիշի արդյունաբերական գազիֆիկատորի ընդհանուր կառուցվածքը և տեսքը բերված են նկ. 1-ում [2]: Հիմնական հանգույցը գազագեներատորն է, որտեղ և իրականացվում է բուն գազացման գործընթացը: Սինթեզագազը գազագեներատորից դուրս է գալիս գազի ելքի խողովակով: Գեներացված գազի ջերմաստիճանը կախված է կենսազանգվածի հումքի խոնավությունից և թռչող նյութերի պարունակությունից: Այն պարունակում է նաև խառնուկներ, փոշի և ջրային գոլորշիներ, այդ պատճառով անմիջական կիրառման համար պիտանի և արդյունավետ այրվող գազ ստանալու համար սինթեզագազը ելքում անմիջապես հովացվում և բազմափուլ

ֆիլտրացվում է, այնուհետև տրվում է սպառիչ սարքերին, օրինակ գազավառարանին: Մշակված գազի ֆիկատորի արտադրողականությունը կազմում էր 60 մ³/ժամ, արդյունավետությունը՝ 75%:



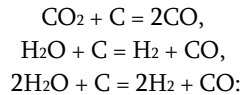
Նկ. 1. Արդյունաբերական գազի ֆիկատորի ընդհանուր կառուցվածքը և տեսքը

Գազագեներատորում գազացման գործընթացը ներառում է փուլեր՝ չորացում, պիրոլիզ (կոքսացում) և կենսավառելիքի բուն այրում (նկ. 2):



Նկ. 2. Գազացման գործընթացը

Գազացման ենթակա պելետները բեռնվում են գազագեներատորի հնոցում ճաղապատ հարթակի վրա: Վառելիքի շերտի ներքևում վառոցքի մոմով առաջացնում են այրման օջախ: Այրվող վառելիքը փչահարվում է օդի հոսքով, որն անցնելով ճաղապատ հարթակի միջով, ապահովում է վառելիքի ծխացող այրումը խցի ամբողջ լայնական տիրույթին համապատասխանող այրման ճակատով (ֆրոնտով): Արդյունքում առաջանում են ածխածնի լրիվ և թերի օքսիդացման արգասիքներ՝ CO և CO₂: Անցնելով շիկացած վառելիքի վերին շերտերով՝ լրիվ այրման արգասիքները վերականգնվում են, և առաջանում է ածխածնի օքսիդ, իսկ օդին ջրային գոլորշիներ ավելացնելու դեպքում առաջանում է ջրածին և սինթեզգազ, որի հիմնական այրվող բաղադրիչները CO և H₂ են.



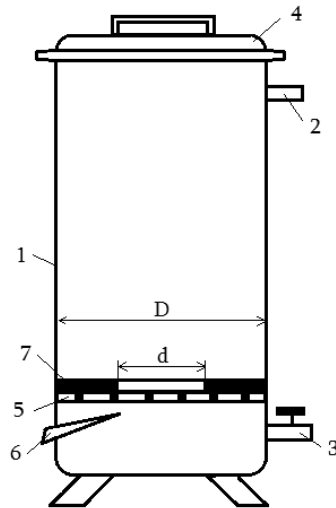
Համաձայն ՀՀ չափագիտության ազգային ինստիտուտի մասնագետների հետ համատեղ կատարված փորձարկումների, մշակված արդյունաբերական գազիֆիկատորով ստացվող սինթեզգազի կալորիականությունը կազմում էր 5...9 *ՄՋ/մ³* կամ միջինացված՝ 2,5 *կվտ.ժ/մ³*: Համեմատության համար նշենք, որ բնական գազի միջին կալորիականությունը կազմում է 36 *ՄՋ/մ³* կամ 10 *Կվտ.ժ/մ³*:

Մշակված գազիֆիկատորի արտադրողականությունը հասնում էր միջինը 2 *մ³* սինթեզգազի, յուրաքանչյուր 1 *կգ* պելետավորված հումքից: Ուստի, հաշվի առնելով, որ ՀՀ-ում (հիմնականում՝ Շիրակի, Գեղարքունիքի, Արմավիրի և Սյունիքի մարզերում) միայն հացահատիկային ցանքատարածություններից կարելի է հավաքել մոտ 600 հազ. տոննա ծղոտ, ապա կարող ենք ստանալ մոտ 1,2 մլրդ. *մ³* սինթեզգազ [4]: Հատկանշական է, որ առկա ծղոտի միայն 20%-ն է օգտագործվում որպես շատ ցածր կալորիականություն ունեցող անասնակեր, իսկ մնացած մասը չի հավաքվում կամ ուղղակիորեն այրում են դաշտերում՝ լրջագույն ձևով վնասելով հողի վերին շերտերի կառուցվածքը:

Գազիֆիկատորի արտադրողականությունը (գեներացվող գազի ծավալը) որոշվում է մի շարք գործոններով (կենսազանգվածի նյութով և պելետի չափսերով, խոնավությամբ, այրման ռեժիմով և այլն) և ուղիղ համեմատականորեն կախված է գազագեներատորի հնոցում այրման ճակատի մակերեսից՝ $S=D^2/4$, որտեղ D -ն այրման ճակատի տրամագիծն է: Տվյալ դեպքում D -ն հավասար է գազագեներատորի հնոցի կամ որ նույնն է՝ ճաղապատ հարթակի տրամագծին:

Քանի որ կենցաղում և արտադրության մեջ պահանջվում են տարբեր արտադրողականությամբ գազիֆիկատորներ, ուստի արտադրվում և կիրառվում են համապատասխան տրամագիծ ունեցող գլանաձև հնոցով (ճաղապատ հարթակով) գազագեներատորներ: Մյուս կողմից՝ հաճախ օրվա տարբեր ժամերին և տարվա տարբեր ժամանակահատվածներում, կախված եղանակից, միջավայրի ջերմաստիճանից կամ էլ արտադրական նկատառումներով անհրաժեշտ է լինում որոշակի չափով նվազեցնել գեներացվող սինթեզ գազի ծավալը՝ խնայելու համար կենսազանգվածի ծախսը: Արտադրողականության կարգավորումը որոշակիորեն կարելի է իրականացնել՝ փոփոխելով այրման ռեժիմը, օդի հոսքը և դեպի այրման խուց տրվող կենսազանգվածի ծավալը [5]: Սակայն այդ լուծումը քիչ արդյունավետ է, շատ իներցիոն և դժվար կառավարելի: Բացի այդ, օպտիմալ այրման ռեժիմի և օդի հոսքի փոփոխությունը հանգեցնում է ջերմային էներգիայի ոչ ցանկալի լրացուցիչ կորուստների, և որպես հետևանք՝ գազիֆիկատորի արդյունավետության նվազմանը:

Մեր կողմից առաջարկվել է խնդրի լուծման տեխնիկապես հեշտ իրագործելի և արդյունավետ լուծում, որը հնարավորություն է տալիս օրվա տարբեր ժամերին և տարվա տարբեր ժամանակահատվածներում կամ էլ արտադրական նկատառումներից ելնելով՝ N անգամ փոքրացնել գազիֆիկատորի արտադրողականությունը [6]: Այդ նպատակով գազագեներատորի D տրամագծով ճաղապատ հարթակի վրա համառանցք տեղակայվում է D արտաքին և d ներքին տրամագծերով օղակաձև տակդիր (նկ. 3): Արդյունքում՝ ծածկվում է ճաղապատ հարթակի փչահարվող օդի հոսքի տարանցման տիրույթի մի մասը, այրման ճակատի մակերեսը կազմում է $d^2/4$, իսկ արտադրողականությունը նվազում է $N=(D/d)^2$ անգամ: Օղակաձև տակդիրների լրակազմը (օղակների քանակը, ներքին տրամագծերի չափսերը) որոշվում է՝ ելնելով կոնկրետ արտադրական նկատառումներից: Տակդիրների նյութը և հաստությունն ընտրվում է դրանց մեխանիկական ամրությունը և ջերմակայունությունն ապահովելու պահանջից (այրման խցում ջերմաստիճանի վերին սահմանը կազմում է մինչև 1000 °C):



Նկ. 3. Առաջարկված գազագեներատորի կառուցվածքը. 1- այրման գլանաձև խուց, 2- օդաջրային գոլորշիների մուտքի խողովակ, 3-գազի ելքի խողովակ, 4- կափարիչ, 5- ճաղապատ հարթակ, 6- վառոցի մուկ, 7- օդակաձև տակդիր

Առաջարկված տեխնիկական լուծումը փորձարկվել է “Էկոգազ 60” մակնիշի գազֆիկատորի գազագեներատորի վրա, որի այրման գլանաձև խցի, ինչպես նաև ճաղապատ հարթակի տրամագիծը կազմում էր $D=530$ մմ, իսկ խցի տարողությունը՝ 180 լ: Որպես կենսազանգված օգտագործվել են ցորենի ծղոտից պատրաստված 30...40 մմ երկարությամբ պելետներ: Արտադրողականությունը $N=1,5$ և $N=2$ անգամ փոքրացնելու նպատակով կիրառվել են համապատասխանաբար $d=435$ մմ և $d=375$ մմ ներքին տրամագծով օդակաձև տակդիրներ, որոնք պատրաստվել են 4 մմ հաստությամբ պողպատե թիթեղից: Տակդիրների արտաքին տրամագիծը կազմում էր $D=529$ մմ: Տակդիրների կիրառումը փորձարկվել է առանձին-առանձին՝ 4 ժամ այրման տևողությամբ: Ստացված սինթեզգազի արտադրողականությունը չափվել է “Գազ-Մուգան” ֆիրմայի հաշվիչով:

Փորձարկման արդյունքները բերված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

N	Տակդիրը	Արտադրողականությունը, $\text{մ}^3/\text{ժամ}$
1	Առանց օդակաձև տակդիրի	60
2	Օդակաձև տակդիրով, $d=375$ մմ	30
3	Օդակաձև տակդիրով, $d=435$ մմ	40

Փորձարկումները ցույց են տվել, որ առաջարկվող տեխնիկական լուծումը հնարավորություն է տալիս ի հաշիվ որոշակի ներքին տրամագծով օդակաձև տակդիրների կիրառման՝ գազֆիկատորը դարձնել ճկուն կառավարելի՝ անհրաժեշտության դեպքում սինթեզգազի ստացման ցանկալի արտադրողականությունն ապահովելու նպատակով:

Աշխատանքն իրականացվել է Եվրոմիության կողմից ֆինանսավորվող BioRuralHeating նախագծի շրջանակներում:

Գրականություն

1. **Vardanyan A.H., Galstyan A.A.** Renewable Energy in Armenia. Technological Development Potential and Perspectives//Proc. of ArmTech Congress. - San Francisco, USA, 2007. – P. 89-91.
2. **Vardanyan A.H.** Biomass Gasification R&D Activities at Barva Innovation Center // Proceedings of EAA. – 2014. – V.11, N 4. - P. 61-66.
3. **Հովհաննիսյան Լ.Ս.** Էներգախնայողություն և էներգետիկական մենեջմենթ.- Եր.: Ճարտարագետ, 2008.- 442 էջ:

4. **Vardanyan A.H., Ayvazyan G.Y., Vardanyan A.A.** Bioenergy Action Plan for Armenia. - Yerevan, Gasprint, 2016. – 101 p.
5. **Lucia Faith, Mia Piper, Brooklyn Skye.** Wood Gas from the Suction Gasifier: A Practical Investigation // Int. J. of Research in Appl. Sci. – 2014. -3. – P. 22-28.
6. **Վարդանյան Ա.Հ.** Կենսազանգվածից սինթետիկ գազի ստացման սարք.- 2015. – Օգտակար մոդել 421:

15.03.2017.

Г.Е. Айвазян, Р.Н. Барсегян, А.А. Варданян

РАЗРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННОГО ГАЗИФИКАТОРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА ИЗ БИОМАССЫ

Представлены результаты разработки, изготовления и испытания промышленного газификатора для получения синтез-газа из биомассы. Предложен способ эффективного регулирования производительности установки.

Ключевые слова: газификатор, газогенератор, синтез-газ, биомасса, производительность.

G.Ye. Ayvazyan, R.N. Barseghyan, A.H. Vardanyan

DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL GASIFIER FOR GENERATION OF SYNGAS FROM BIOMASS

Results of development, producing and testing of industrial gasifier for generation of syngas from biomass are presented. Method for effective regulation of productivity of the equipment is proposed.

Keywords: gasifier, gas generator, syngas, biomass, productivity.

Այվազյան Գագիկ Երջանիկի - տեխնիկական գիտությունների թեկնածու, դոցենտ, ՀՀԱ ակադեմիկոս (ՀՀԱ)

Բարսեղյան Ռազմիկ Նահապետի - տեխնիկական գիտությունների թեկնածու, դոցենտ, ՀՀԱ ակադեմիկոս (ՀՀԱ)

Վարդանյան Արամ Համբարձումի - տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր, ՄՀԱ ակադեմիկոս (ՀՀԱ)

НОВАЯ ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОЙ Z-МАТРИЦЫ

Современные электроэнергетические системы выдвигают требования по пересмотру формулы для расчёта потерь активной мощности. Представлены формулы для определения коэффициентов потерь, а также для расчета потерь активной мощности с использованием модифицированной Z-матрицы.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, потери активной мощности, коэффициенты потерь, формула, базисный узел.

Современные электроэнергетические системы (ЭЭС), являясь сложными, постоянно развивающимися системами, значительно влияют на все отрасли экономики. С этой точки зрения важно обеспечение экономной работы системы. Показателем оценки эффективной работы ЭЭС является значение минимальных потерь в электрических сетях. Существуют различные методы определения потерь мощности [1]. Учитывая трудности применения традиционного метода расчета потерь с учетом В-коэффициентов потерь ЭЭС и вероятность получения ненадежных результатов, предлагаются:

- а) формула для расчета коэффициентов потерь;
- б) формула для расчета потерь активной мощности;
- в) расчет потерь мощности ЭЭС с применением модифицированной Z-матрицы.

Предположим, что ЭЭС состоит из (M+1) узлов (см. рис.).

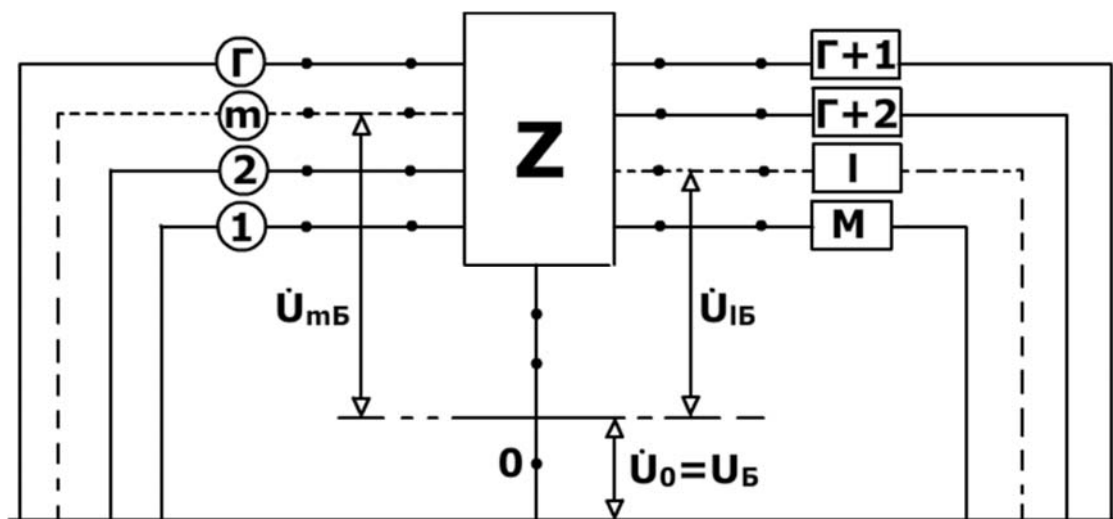


Рис. Схема замещения ЭЭС Z-формой

Принимается, что мощности узлов станций (0,1,...,m,...,Γ) и нагрузки (Γ+1,Γ+2,...,1,...,Γ+N=M) приведены на шины повышающих и понижающих трансформаторных подстанций [2].

Потери активной мощности в ЭЭС определяются по формуле [1,3,4]

$$P_p = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M P_i \cdot B_{ij} \cdot P_j, \quad (1)$$

где P_i, P_j - соответственно активные мощности узлов i и j ЭЭС; B_{ij} - коэффициенты потерь активной мощности, или В-коэффициенты.

Приняв в ЭЭС в качестве базисного (балансного) узла узел с индексом "0", выражение (1) примет вид

$$P_p^{0Б} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \left\{ \frac{R_{ij}^{0Б}}{U_i U_j} \cdot [(P_i \cdot P_j + Q_i \cdot Q_j) \cdot \cos(\psi_{ui} - \psi_{uj}) + (P_j \cdot Q_i - P_i \cdot Q_j) \cdot \sin(\psi_{ui} - \psi_{uj})] \right\}, \quad (2)$$

где U_i, U_j - соответственно модули напряжений узлов i -й и j -й систем; Q_i, Q_j - соответственно реактивные мощности узлов i -й и j -й систем; ψ_{ui}, ψ_{uj} - соответственно аргументы напряжений узлов i -й и j -й систем, $R_{ij}^{0Б}$ - действительная часть (активные сопротивления) $Z_{0Б}$ - матрицы системы [5].

Введем следующие обозначения:

$$K_{ij}^{0B} = \frac{1}{U_i U_j} \cdot [(P_i \cdot P_j + Q_i \cdot Q_j) \cdot \cos(\psi_{ui} - \psi_{uj}) + (P_j \cdot Q_i - P_i \cdot Q_j) \cdot \sin(\psi_{ui} - \psi_{uj})]. \quad (3)$$

K_{ij}^{0B} называется коэффициентом потерь мощности относительно базисного узла с индексом “0”.

Учитывая обозначение (3), формула (2) принимает вид

$$\Pi_P^{0B} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M K_{ij}^{0B} \cdot R_{ij}^{0B}. \quad (4)$$

Коэффициенты потерь мощности представим в виде матрицы

$$K_{0B} = \begin{bmatrix} K_{11}^{0B} & K_{12}^{0B} & \dots & K_{1M}^{0B} \\ K_{21}^{0B} & K_{22}^{0B} & \dots & K_{2M}^{0B} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_{M1}^{0B} & K_{M2}^{0B} & \dots & K_{MM}^{0B} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

В ЭЭС в качестве базисного (балансного) узла принимаем узел с индексом “1”. Тогда формула (4) и матрица (5) примут следующий вид:

$$\Pi_P^{1B} = \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^M K_{ij}^{1B} \cdot R_{ij}^{1B}, \quad (6)$$

$$K_{1B} = \begin{bmatrix} K_{00}^{1B} & K_{02}^{1B} & \dots & K_{0M}^{1B} \\ K_{20}^{1B} & K_{22}^{1B} & \dots & K_{2M}^{1B} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_{M0}^{1B} & K_{M2}^{1B} & \dots & K_{MM}^{1B} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

где R_{ij}^{1B} – действительная часть (активные сопротивления) Z_{1B} -матрицы системы [5]; K_{ij}^{1B} называется коэффициентом потерь мощности относительно базисного узла с индексом “1”.

Изменение матрицы коэффициентов потерь мощности системы можно представить в виде

$$\Delta K_{1-0} = \begin{bmatrix} K_{00}^{1B} - K_{11}^{0B} & K_{02}^{1B} - K_{12}^{0B} & \dots & K_{0M}^{1B} - K_{1M}^{0B} \\ K_{20}^{1B} - K_{21}^{0B} & K_{22}^{1B} - K_{22}^{0B} & \dots & K_{2M}^{1B} - K_{2M}^{0B} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_{M0}^{1B} - K_{M1}^{0B} & K_{M2}^{1B} - K_{M2}^{0B} & \dots & K_{MM}^{1B} - K_{MM}^{0B} \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Исследование проводилось для макромодели ЭЭС Армении [2]. Результаты исследования приведены в табл.1-3. В качестве базисного узла представлены Разданская ГРЭС (с индексом “0”) и Армянская АЭС (с индексом “2”).

Таблица 1

Элементы K_{0B} -матрицы, A^2 . $\Pi_P^{0B}=16.254 \text{ MBm}$				
	1	2	3	4
1	1,7685	2,8388	-6,8091	-4,5946
2	2,8388	4,5578	-10,9138	-7,3647
3	-6,8091	-10,9138	26,4846	17,8682
4	-4,5946	-7,3647	17,8682	12,055

Таблица 2

Элементы K_{2B} -матрицы, A^2 . $\Pi_P^{2B}=18.5887 \text{ MBm}$				
	0	1	3	4
0	1,8259	2,9381	-7,0594	-4,7259
1	2,9381	4,7283	-11,3452	-7,5956
3	-7,0594	-11,3452	27,5999	18,4643
4	-4,7259	-7,5956	18,4643	12,3531

Таблица 3

Элементы ΔK_{2-0} -матрицы, A^2 . $\Delta \Pi_P^{2-0}=2.3347 \text{ MBm}$				
	0	1	3	4
0	0,0574	0,0993	-0,2503	-0,1313
1	0,0993	0,1705	-0,4314	-0,2309
3	-0,2503	-0,4314	1,1153	0,5961
4	-0,1313	-0,2309	0,5961	0,2981

Выводы

1. Полученные формулы для расчёта коэффициентов потерь и потерь активной мощности позволяют оценить экономичность сложных ЭЭС.
2. С применением модифицированной Z-матрицы собственные коэффициенты потерь изменяются в пределах $[+2.41\% \dots +4.04\%]$, а взаимные коэффициенты потерь - в пределах $[-2.77\% \dots +3.37\%]$.
3. Формула потерь активной мощности позволяет снизить потери с применением модифицированной Z-матрицы - $\Delta P_p^{2-0}=2,3347$ МВт (12.55%).
4. Составленная в среде Java компьютерная программа обеспечивает высокую точность расчетов и широкие границы применения.

Литература

1. **Anumaka M.C.** Analysis of technical losses in electrical power system (Nigerian 330KV Network as a case study) // IJRRAS. – 2012. - 12(2). – P. 320-327.
2. **Аракелян В.П., Акопян Л.А.** Новый подход к определению Y-матрицы электроэнергетической системы // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. - 2012.- Т. LXV, № 2.- С.184-189.
3. **Zhu Jizhong.** Optimization of power system operation.-New Jersey: John Wiley&Sons, Inc., Hoboken, 2009.-603 p.
4. **Kothari D.P., Dhillion J.S.** Power System optimization. - New Delhi: Prentice-Hall of India Private Limited, 2007. - 572p.
5. **Аракелян В.П.** Метод модификации Z-матрицы электроэнергетической системы // Вестник ИАА. - 2014. - Т.11, № 2. - С. 246-249.

13.02.2017.

Վ.Պ. Առաքելյան

ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԱԿՏԻՎ ՀԶՈՐՈՒԹՅԱՆ ԿՈՐՈՒՍՏՆԵՐԻ ՆՈՐ ԲԱՆԱԶԵՎ ՄՈՂԻՖԻԿԱՑՎԱԾ Z-ՄԱՏՐԻՑԻ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅԱՄԲ

Շամանակակից էլեկտրաէներգետիկական համակարգերը ստեղծում են ակտիվ հզորությունների կորուստների հաշվարկման բանաձևերը վերանայելու անհրաժեշտություն: Ներկայացված են կորուստների գործակիցների որոշման, ինչպես նաև մոդիֆիկացված Z-մատրիցի կիրառությամբ ակտիվ հզորությունների կորուստների հաշվարկման նոր բանաձևեր:

Առանցքային բառեր. էլեկտրաէներգետիկական համակարգ, ակտիվ հզորությունների կորուստներ, կորուստների գործակիցներ, բանաձև, բազիսային հանգույց:

V.P. Arakelyan

A NEW FORMULA OF ELECTRICAL POWER SYSTEM LOSSES OF ACTIVE POWER BY USING THE MODIFIED Z-MATRIX

Modern power systems advance claims to revise the formulae for calculating the active power losses. A new formula for the determination of loss coefficients is presented, as well as for calculating the active power losses by using a modified Z-matrix.

Keywords: electrical power system, active power losses, loss coefficients, formula, slack bus.

Արակеляն Варужан Павлович - канд. техн. наук, доцент (НПУА)

ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ШИНАХ 0,4 кВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА РАБОТУ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Отклонения напряжения от номинального значения на шинах потребителей в распределительных сетях в реальности достаточно велики (порядка до $\pm 20\%$). Это обусловлено объективными причинами, связанными с разнородностью потребителей от подстанции, их многочисленностью и отсутствием реальных возможностей высокой степени регулирования напряжения на шинах потребителей. Исследовано влияние отклонения напряжения на работу наиболее распространенных низковольтных потребителей – осветительных ламп накаливания и асинхронных двигателей.

Ключевые слова: отклонение напряжения, нестабильность напряжения, переключение отпаяк трансформатора, регулирующие устройства напряжения.

Допустимые отклонения для медленных изменений напряжения на шинах подстанций распределительных сетей установлены ГОСТ 32144-2013 [1] на уровне $\pm 10\%$ от номинального или некоторого “согласованного” значения напряжения. Это достаточно большой допуск.

В действительности напряжение на шинах потребителей отклоняется от номинального в еще большей степени. По данным НИИ Энергетики РА за 2015 г. (рис.1), на шинах большинства (90,8%) абонентов РА, подключенных к распределительной сети 0,4 кВ, отклонения напряжения укладываются в норму требования Стандарта $\pm 10\%$, однако эти отклонения не симметричны, а сдвинуты в сторону повышения напряжения – возможно, это объясняется коммерческими соображениями. У 9,2% абонентов отклонения напряжений на шинах потребителей находятся в пределах $\pm 15\% \dots \pm 20\%$.

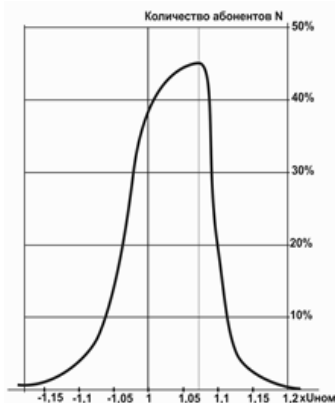


Рис.1. Распределение отклонений напряжения на шинах 0,4 кВ потребителей РА

Причины таких значительных отклонений напряжения заключаются в следующем:

- имеют место неконтролируемые падения напряжения в линиях от низковольтных шин подстанции до шин потребителей;
- токи нагрузок потребителей имеют тенденцию к увеличению, что вызывает дополнительные сверхрасчетные падения напряжения в линии и трансформаторе;
- необходимость питания удаленных потребителей.

Регулирование напряжения в низковольтных распределительных сетях выполняется посредством переключения отпаяк обмоток трансформаторов (ступенями по $\pm 2 \times 2,5\%$) [2]. Однако, в силу изложенной природы указанных отклонений напряжения, практически напряжение не удастся стабилизировать на уровне более высоком, чем $\pm 10\%$. Такие отклонения напряжения питания потребителей по техническим и экономическим соображениям нельзя признать удовлетворительными.

Качество электроэнергии оценивается величиной экономического ущерба от отклонения показателей качества (в данном случае величины напряжения) от стандартизованных или допустимых величин [3].

Ниже рассматривается влияние отклонения напряжения на работу наиболее распространенных низковольтных потребителей – осветительных ламп накаливания и асинхронных двигателей.

Осветительные лампы накаливания характеризуются следующими свойствами, которые в значительной мере зависят от напряжения. Эти характеристики приближенно описываются эмпирическими формулами [1]

$$P = P_{НОМ} \left(\frac{U}{U_{НОМ}} \right)^{1.53} \quad F = F_{НОМ} \left(\frac{U}{U_{НОМ}} \right)^{3.67} \quad H = H_{НОМ} \left(\frac{U}{U_{НОМ}} \right)^{2.14} \quad T = T_{НОМ} \left(\frac{U}{U_{НОМ}} \right)^{-14.8} \quad (1)$$

где P , F , H , T – соответственно потребляемая мощность ($Вт$) (кривая 1), световой поток ($Лм$) (кривая 2), световая отдача, ($Лм/Вт$) (кривая 3) и средний срок службы (час) (кривая 4) при текущем напряжении $U(Вт)$. Индексы ($ном$) обозначают номинальные значения параметров. Графики указанных зависимостей приведены на рис.2.

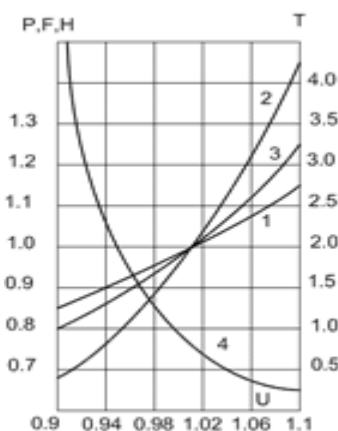


Рис.2. Зависимости характеристик ламп накаливания от напряжения

Из вышеприведенных выражений и графиков рис. 2 следует, что имеет место сильная зависимость указанных параметров от напряжения.

Выполнен расчет экономического ущерба от отклонения напряжения на примере освещения производственного помещения.

Таблица

Суммарные данные потерь (кВт.ч) и экономического ущерба $S\%$ в процентах от стоимости потребленной энергии при номинальном напряжении $S_{НОМ}$ при различных значениях отклонения напряжения в течение одного года

Отклонение напряжения ΔU	Потери от несанкционированного увеличения мощности $So1(+)$		Потери от сокращения срока службы (уменьшения ресурса) $So2(+)$		Потери от снижения производительности $So3(-)$		Суммарный экономический ущерб (суммарные потери) So	
	кВт.ч	$S\%$ $S_{НОМ}$	кВт.ч	$S\%$ $S_{НОМ}$	кВт.ч	$S\%$ $S_{НОМ}$	кВт.ч	$S\%$ $S_{НОМ}$
$\Delta U = \pm 5\% U_{НОМ}$	4463	2,53	2110	1,19	4353	2,47	10 926	6,19
$\Delta U = \pm 10\% U_{НОМ}$	9034	5,12	6331	3,59	8593	4,87	23 958	13,57
$\Delta U = \pm 15\% U_{НОМ}$	13 710	7,77	11 958	6,77	12 717	7,20	38 385	21,74
$\Delta U = \pm 20\% U_{НОМ}$	18 488	10,47	40 095	22,71	16 721	9,47	75 304	42,65

Как следует из результатов расчета (табл.), экономический ущерб от отклонений напряжения весьма значителен, а при отклонениях напряжения порядка до $\pm 20\%$ граничит с экономической нецелесообразностью.

Асинхронные двигатели. Характеристики и работа асинхронных двигателей в значительной степени зависят от величины напряжения [4, 5]. На рис. 3 приведены механические характеристики – зависимости электромагнитного момента асинхронного двигателя от скольжения при различных величинах напряжений, приложенных к обмотке статора.

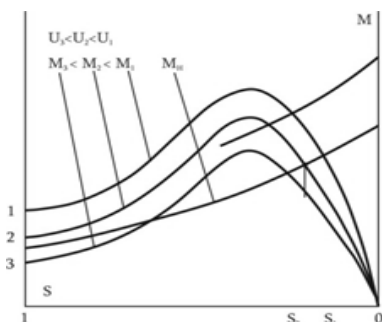


Рис.3. Зависимости электромагнитного момента асинхронного двигателя от скольжения

Исследуя указанные характеристики (рис.3), можно сделать следующие выводы.

1. Уменьшение напряжения питания приводит к квадратичному уменьшению пускового момента (при скольжении $s = 1$) и максимального момента.

2. При нагрузочных характеристиках с определенным пусковым моментом возможны случаи, когда при пониженном напряжении пуск не может быть выполнен (пусковой момент двигателя характеристики 3 располагается ниже нагрузочной характеристики 4).

3. При максимальных нагрузках двигателя и пониженных напряжениях питания возможно “опрокидывание” двигателя – сброс нагрузки и торможение двигателя (максимум моментной характеристики 3 двигателя опускается ниже максимальной характеристики нагрузки 5).

4. Повышение напряжения на выводах двигателя приводит к увеличению потерь в стали в квадратичной зависимости от напряжения [5].

5. Повышение напряжения приводит к увеличению потребляемой двигателем реактивной мощности. В среднем на каждый процент повышения напряжения потребляемая реактивная мощность увеличивается на 3% и более, что, в свою очередь, приводит к увеличению потерь и сокращению срока службы (при повышении напряжения на 10% срок службы двигателя уменьшается в два раза) [3, 5].

6. Снижение напряжения при том же нагрузочном моменте приводит к увеличению тока и, как следствие, к увеличению потерь в двигателе и сокращению его срока службы [3, 5].

Выводы

1. Отклонения напряжения от номинального значения на шинах потребителей в распределительных сетях достаточно велики (порядка до $\pm 20\%$).

2. Существующий способ регулирования напряжения – посредством переключения отпаяк обмоток трансформатора - не обеспечивает требования Стандарта и более высокие требования по стабильности напряжения на шинах потребителей.

3. Допустимые Стандартом отклонения напряжения, а также реально существующие отрицательно сказываются на технических и экономических характеристиках потребителей и создают значительный экономический ущерб.

4. Для обеспечения экономически допустимых отклонений напряжения (порядка $\pm 1...2\%$) необходимы разработка и внедрение специальных регулирующих устройств.

Литература

1. **Межгосударственный ГОСТ 32144-2013.** Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. [www.GOST_523144-2013\(2\).](http://www.GOST_523144-2013(2).)
2. **Ананичева С.С., Алексеев А.А., Мызин А.Л.** Качество электроэнергии и регулирование напряжения и частоты в энергосистемах. – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – 93с. http://fondsmena.ru/media/publicationfiles/Kachestvo_EE_2012.pdf
3. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников. Глава 4. <http://www.normalizator.com/manuals/power/harm/4.html>.
4. **Костенко М.П., Пиотровский Л.М.** Электрические машины. Ч.2. Машины переменного тока. – М.: Госэнергоиздат, 1958. – 651 с.
5. Качество электроэнергии горных предприятий / **Н.М. Кузнецов, Ю.В. Бебихов, А.В. Самсонов и др.** – М.: Изд-во “Академия естествознания”, 2012.

17.04.2017.

Ա.Պ. Մանուկյան

0.4 ԿՎ ԴՈՂԵՐԻ ԼԱՐՄԱՆ ՇԵՂՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՍՊԱՌԻԶՆԵՐԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՎՐԱ

Բաշխիչ ցանցերում սպառիչների դողերի վրա լարման շեղումը անվանականի նկատմամբ բավականին մեծ է ($\pm 20\%$ կարգի) օբյեկտիվ պատճառներով՝ ենթակայանից սպառիչների տարբեր հեռավորությունների, դրանց բազմաքանակության և սպառիչների դողերի վրա լարման կարգավորման իրական բացակայության հետևանքով: Հետազոտվել է լարման շեղման ազդեցությունը առավել տարածված սպառիչների՝ լուսավորության լամպերի և ասինքրոն շարժիչների վրա:

Առանցքային բառեր. լարման շեղում, լարման կայունություն, տրանսֆորմատորի ճյուղավորումների փոխանցատուն, լարման կարգավորման սարքեր:

A.P. Manukyan

THE EFFECT OF DEVIATIONS OF BUS BAR VOLTAGE 0.4KV ON CONSUMERS' WORK

Deviations of voltage from the nominal value to customers in tire distribution networks are quite large (on the order of $\pm 20\%$) - due to objective reasons, due to different distances from the consumer substation, their multiplicity and lack of a high degree of control on the real possibilities of tire stress consumers. The effect of voltage fluctuation on the work of the most common low-voltage consumers - lighting incandescent and asynchronous motors is studied.

Keywords: voltage deviation, voltage instability, transformer tap switch, voltage regulating devices.

Манукян Арам Паргегович - аспирант кафедры Электроэнергетики НПУА

Г.А. Захарян

**ВЫБОР НАИЛУЧШЕЙ СТРАТЕГИИ УЛУЧШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ЖИЛОГО ЗДАНИЯ КАК ВАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Исследование посвящено анализу энергоэффективных технологий в жилищном секторе, подбору комбинаций технологий с целью выбора наилучших для строительства жилого здания и оценке предложенных решений с помощью метода многокритериального анализа.

Ключевые слова: устойчивое развитие, энергоэффективность, метод аналитических сетей.

В условиях повышения стоимости традиционных источников энергии одним из перспективных направлений инноваций являются технологии, уменьшающие потребление энергии. Благодаря таким технологиям возможно значительное уменьшение энергопотребления и доминирующее использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Бережное потребление и производство энергии из ВИЭ также соответствуют всем критериям концепции устойчивого развития, которую приняли множество стран мира, в том числе Армения и РФ.

Для таких стран, как Армения, не имеющей собственных углеводородных ресурсов, эффективное потребление энергетических ресурсов и производство энергии из ВИЭ имеют крайне важное значение.

По данным ассоциации Статистики и информации в области энергии США (IS&A EIA) [1], на долю зданий приходится большая часть (41%) всей потребляемой энергии, в то время как на промышленность и транспорт - 28% и 31% соответственно. В Российской Федерации повышение энергоэффективности в жилищном секторе является актуальной задачей, которой в настоящее время уделяется повышенное внимание. Разрабатываются соответствующие программы и нормативы на федеральном уровне, однако внедрение технологий и сами энергоэффективные дома пока являются редкостью.

На основе анализа использования технологий были предложены четыре их комбинации – альтернативные стратегии энергоэффективного здания. Три из них основаны на реально существующих домах в Швеции, Финляндии и Норвегии, назовем их альтернативами 1, 2 и 3 соответственно. Четвертая альтернатива основана на данных пилотного исследовательского проекта VTT (Technical Research Centre of Finland) “Концепция создания экологически эффективного района в Санкт-Петербурге” деятельности “ЭкоГрад” [2].

- *Альтернатива 1:* г. Зорумсанд, около 30 км к востоку от г. Осло, построен первый в Норвегии (по состоянию на 2007 год) пассивный дом “Норван” площадью 332,2 м² согласно немецким стандартам пассивного дома. Начиная с первого этажа “Норван” состоит из деревянных рамных конструкций, комбинации носителей из решётчатых сквозных стальных балок и брусов из цельного дерева. Фундамент состоит из столбчатых и ленточных фундаментных блоков под несущими стенами. Пространство между ними заполнено гравием, который соответствующим образом уплотнен. На нем предусмотрены горизонтальная гидроизоляция, теплоизоляция и плавающая стяжка. Подвал выложен из пенобетонных блоков (легкий бетон) с внутренней изоляцией и инсталляционным слоем. Перекрытие между подвалом и первым этажом тоже из керамзита с “плавающей стяжкой”.
- *Альтернатива 2:* проект “ЭкоГрад” в Санкт-Петербурге с многоквартирным домом площадью 120 м². В данном исследовании был выбран проект с комбинацией технологии для производства энергии теплового насоса, солнечных панелей и ветрогенератора. Потребление энергии в зданиях разного типа моделировалось с помощью программы “WinEtana” в трёх вариантах – в соответствии с параметрами зданий с низким уровнем энергопотребления, параметрами пассивных домов, а также нормами 2008 года строительного кодекса Финляндии.

- *Альтернатива 3:* проект Куорас в городе Куопио, включающий в себя 47 квартир для студентов. Проект считается первым домом в Финляндии с нулевой эмиссией. Принцип такого проекта заключается в том, что здание потребляет столько энергии, сколько производит само. Здание до сих пор подключено к электрической сети и системам отопления. Стены здания сделаны из бетона. В доме есть теплообменник с рекуперацией тепла 73%. В здании используются солнечный нагрев воды, солнечные панели, производящие электроэнергию, и геотермальная система нагрева и охлаждения. В данной геотермальной системе нет тепловых насосов. Насос используется для циркуляции жидкости в закрытой системе. Охлаждение в летнее время происходит исключительно с помощью геотермальной системы.
- *Альтернатива 4:* проект Lindas в Гетеборге является первым проектом пассивного дома в Швеции. Оболочка здания высокогерметична, крыша и стены покрыты теплоизоляционным материалом толщиной 40...60 см. Были использованы два вида трехслойных окон. В первом случае между ними был инертный газ – аргон, а во втором – воздух. Фасад дома ориентирован на юг, поэтому дом активно использует солнечную радиацию в качестве источника тепла, а балконы и карнизы защищают летом от чрезмерного нагрева от солнца. На крыше имеется окно, которое дает естественное освещение и используется для вентиляции. Дома оснащены механической системой вентиляции с рекуперацией тепла (80%). Каждый дом оснащен солнечными панелями (5 м²), которые обеспечивают 40% потребности в горячей воде. Дома также имеют 500 -литровые баки, оснащенные электрическим нагревателем, что полностью обеспечивает остальную часть потребляемой горячей воды.

Модель оценки альтернатив разрабатывалась с использованием методов многокритериального анализа аналитических иерархий и аналитических сетей (МАИ, МАС), разработанных Т.Л. Саати, и их компьютерной реализацией – программой “Super Decisions” (см. рис.) [3].

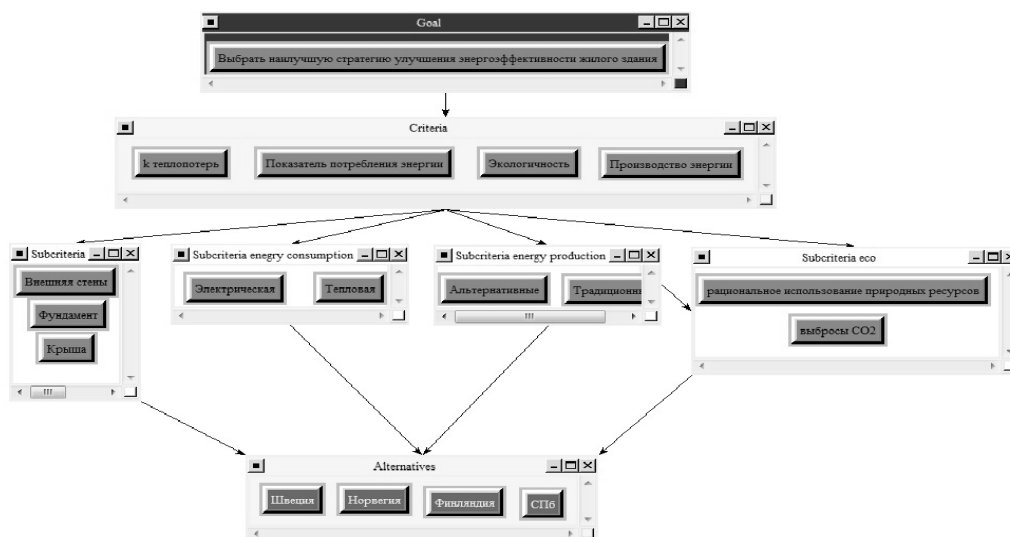


Рис. Компьютерная модель оценки выбранных альтернатив методом многокритериального анализа

Модель была реализована как классическая иерархия, состоящая из 4-х критериев верхнего уровня (коэффициенты теплопотерь, потребление энергии, экологичность и производство энергии) и 11 субкритериев, отражающих характеристики элементов декомпозиции каждого из критериев верхнего уровня (см. табл.). Критерии были разработаны на основе анализа литературы в области энергоэффективности и жилищного строительства [4].

Критерии и субкритерии энергоэффективности зданий методом аналитических сетей

Коэффициент теплопотерь	Показатель потребления энергии	Экологичность	Производство энергии
Внешняя стена	Электрическая	Выбросы CO ₂	Традиционные источники
Мостики тепла	Тепловая	Сохранение природных ресурсов	Альтернативные источники Возобновляемые Невозобновляемые
Фундамент	-	Сохранение окружающей среды	
Крыша	-	-	-

Эксперимент оценки включал в себя две итерации. Результат первой итерации был достигнут без учета приоритетов критериев и альтернатив. Явным лидером явилась альтернатива 2, основанная на комбинированном использовании технологий солнечной термальной энергии и теплового насоса (для производства тепловой энергии) и PV панелей (для производства электрической энергии). Совокупный объем производимой энергии равен 35 кВтч/м^2 в год. Этого достаточно для обеспечения как пассивного здания, так и здания с низким уровнем энергозатрат. Тем не менее условное здание, представляющее альтернативу 2, должно быть подключено к общей сети на случай возникновения перепадов в условиях пиковых нагрузок. Здание, представляющее альтернативу 2, уменьшает объем выбросов CO₂ до 500 кг/г на м^2 , в то время как стандартный дом выбрасывает в среднем 6000 кг/г на м^2 . Чувствительность модели первой итерации крайне мала, что говорит об устойчивости полученного результата. Вторая итерация представляла собой модель с внутренними связями критериев и приоритетами. Альтернатива 2 получила лидерство и в этом случае. Однако чувствительность второй итерации модели оказалась значительно выше первой. Так, изменив весовость критерия “коэффициенты теплопотерь” с 0,14669 до 0,85, альтернатива 4 (комбинация технологий теплового насоса в песочном грунте, PV панелей, ветрянки и подключение к локальной общественной сети) получит преимущество перед альтернативой 2, а при продолжении увеличения приоритетности данного критерия первоначальный лидер опускается на 3-е место. Изменение остальных трех критериев не смещает лучшую альтернативу, однако меняет ситуацию среди остальных трех.

В процессе работы авторы столкнулись с большим количеством разносторонней и зачастую несистематизированной информации о проектах в области энергоэффективного строительства, находящихся на разных стадиях их реализации. Однако уровень информативности материалов явно недостаточен, из-за чего были ограничены критерии выбора.

Перспективные исследования по данной тематике могут быть связаны с углублением анализа по возможным комбинациям технологий, а также совершенствованием модели многокритериального анализа. Более детальная разработка критериев позволит уточнить уже полученные результаты и обосновать стратегию развития энергоэффективного жилья.

Литература

1. EIA: U.S. Energy Information Administration, Independent statistic and analysis - [Электронный ресурс] / Медиаресурс «INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK 2011». <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/index.cfm>
2. ЭкоГрад: концепция создания экологически эффективного района в Санкт-Петербурге от VTT - [Электронный ресурс] / Медиаресурс «EcoRussia.info». <http://ecorussia.info/ru/projects/ecograd-concept-for-ecological-planning-stpete-vtt> - Загл. с экрана.
3. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. - М.: Издательство ЛКИ, 2008. — 360с.
4. Бобылев С.Н., Аверченков А.А., Соловьева С.В., Кирюшин П.А. Энергоэффективность и устойчивое развитие - М.: Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2010. – 148 с.

10.04.2017.

Գ.Ա. Զախարյան

ՇԵՆՔԵՐԻ ԷՆԵՐԳԱԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐԵԼԱՎՄԱՆ ԼԱՎԱԳՈՒՅՆ ՌԱԶՄԱՎԱՐՈՒԹՅԱՆ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ՝ ՈՐՊԵՍ ԿԱՅՈՒՆ ԶԱՐԳԱՅՄԱՆ ԿԱՐԵՎՈՐ ԳՈՐԾԻՔ

Հետազոտությունը նվիրված է շենքերի էներգաարդյունավետության տեխնոլոգիաների և այդ տեխնոլոգիաների համադրությանը՝ նպատակ ունենալով ընտրել լավագույն առաջարկվող տարբերակները և գնահատել առաջարկվող լուծումները բազմաշափանիշ վերլուծման մեթոդով:

Առանցքային բառեր. կայուն զարգացում, էներգաարդյունավետություն, վերլուծական ցանցերի մեթոդ:

G.A. Zakharyan

THE CHOICE OF THE BEST STRATEGY FOR IMPROVING THE RESIDENTIAL BUILDING ENERGY EFFICIENCY AS AN IMPORTANT TOOL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

This article focuses on analyzing the energy efficiency technologies for buildings, combination of technologies aimed at choosing the best ones and assessing the proposed solutions with multicriterion decision analysis.

Keywords: sustainable development, energy efficiency, analytic method process.

Захарян Григор Арамович — аспирант Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета

ՀՏԴ 553.411

ԼԵՈՆԱՀԱՆՔԱՅԻՆ ԱՐԴՅՈՒՆԱԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆ

Հ.Պ. Գոյումջյան, Շ.Վ. Խաչատրյան

ՍԵՎԱՆԻ ՕՖԻՈԼԻՏԱՅԻՆ ԳՈՏՈՒ ԳԱԲՐՈՒԴՆԵՐԻ ԵՐԿՐԱՔԱՆԱԿԱՆ ԵՎ ՊԵՏՐՈԳՐԱՖԻԱԿԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ուսումնասիրվել են Սևանի օֆիոլիտային գոտու հիպերբազիտների հետ ասոցվող գաբրոիդային ապարների զանգվածների երկրաբանական իրադրությունը և պետրոգրաֆիական առանձնահատկությունները: Հաստատվել է, որ Սևանի հյուսիսարևելյան ափի գաբրոների խմբի ապարները ինքնուրույն, լավ դիֆերենցված ինտրուզիվ համալիրներ են, որոնք հիպերբազիտների ալոխտոն զանգվածների հետ ծագումնաբանական կապ չունեն և Սևանի օֆիոլիտային գոտու բաղկացուցիչ մաս չեն կազմում: Մագնեզիումային մետասոմատոզի արդյունքում գաբրոների կլինոպիրոքսենները տրեմոլիտացվել ու ակտինոլիտացվել են իսկ հիմքային պլագիոկլազները՝ սոսյուրիտացվել: Պրոցեսն ընթացել է հետմագմայական բարձրաջերմաստիճան վաղ ալկալային փուլում, ջերմաստիճանի հետընթաց (ռեգրեսիվ) պայմաններում, որի ընթացքում ձևավորվել են հիդրօքսիլներ պարունակող ցածրաջերմաստիճան միներալներ (ամֆիբոլներ, ցոիզիտ, հաճախ նաև կարբոնատ):

Առանցքային բառեր. հիպերբազիտներ, գաբրոիդներ, Սևանի օֆիոլիտային գոտի, մետազոմատոզ, տրեմոլիտացում, ակտինոլիտացում, սոսյուրիտացում:

Ներածություն: Ուսումնասիրվող շրջանն ընդգրկում է Ամասիա-Սևան-Հազարի օֆիոլիտային գոտու Սևանա լճի հյուսիսարևելյան ափի հատվածը, որը սկսվում է Շորժա գոլի մոտից և շուրջ 70 կմ երկարությամբ ձգվում է հարավ-արևելք՝ մինչև Սոտքի լեռնանցքը: Տեղադրված է Շիրակ-Սևան-Հազարի սինկլինորիումային գոտու սահմաններում, որն ըստ Ա.Հ. Գաբրիելյանի խորքային խզումների գոտի է [1]: Շրջանում լայն տարածված են յուրայի, կավճի և պալեոգենի հրաբխածին, հրաբխածին-նստվածքային և նստվածքային գոյացումները, որոնք առաջացնում են հյուսիսարևմտյան ուղղության անտիկլինալ, սինկլինալ ծալքերի համակարգեր: Վերջիններս պատմված են հիպերբազիտների, գաբրոիդների, միջին և թթու կազմի մագմայական ապարների համալիրներով և տեղախախտված են տարբեր ուղղության խզումային խախտումներով, որոնք արտահայտված են կողաշարժերով և վարնետք-վերնետուքներով [2-8]:

Մագմայական ապարները մեծ դեր են խաղում Սևանի օֆիոլիտային գոտու երկրաբանական կառուցվածքի ձևավորման գործում: Դրանց կայացման երկրաբանական պայմանների և հասակների վերհանումը կարևոր նշանակություն ունի գոտու զարգացման պատմության վերականգնման համար, որի վերաբերյալ ներկայումս գոյություն ունեն տարբեր հաճախ իրարամերժ կարծիքներ:

Հիպերբազիտների, գաբրոիդների ինչպես նաև միջին-թթու կազմի մագմայական ապարախմբերի տարածական համատեղումը մինևույն կառուցվածքա-ֆորմացիոն գոտում և առանձին զանգվածի սահմաններում հիմք է հանդիսացել դրանք համարել նույնահասակ և համամագմայական (մինևույն մագմայի դիֆերենցումից առաջացած) ուստի և խմբավորվել է մի՝ գաբրո - պերիդոտիտային ֆորմացիայում [1, 6, 9-11]: Առաջինը Թ. Թադևոսյանն էր, ով կարծիք հայտնեց գոտու ինտրուզիվ ապարների երկու հասակային խմբերի գոյության մասին՝ վերին կավճի և վերին էոգենի [12]: Ըստ Գ. Հարությունյանի Սևանի լեռնաշղթայի հյուսիս-արևմտյան մասի հիպերբազիտներն ու դրանց տարածականորեն ուղեկցող գաբրոիդների մի մասը վերին կավճի (տուրոն-կոնյակի), իսկ գաբրոների մյուս մասը՝ միջին էոգենի հասակ ունեն [4, 13]:

Ըստ Ս.Փալանջյանի օֆիոլիտային գոտու Սոտքի հատվածի հիպերբազիտների և գաբրոիդների համալիրները ինքնուրույն առաջացումներ են. տարբեր են հասակով, պետրոգրաֆիական կազմով, դիֆերենցման աստիճանով, զանգվածների ձևաբանությամբ, ֆազականությամբ, երկրակեղևում բյուրեղացման խորությամբ, առաջնային մագմայի աղբյուրով և այլ առանձնահատկություններով [14]:

Երկրակեղևի զարգացման ժամանակակից երկրադինամիկայի կողմնակիցները Սևան-Հազարի օֆիոլիտային գոտին դիտում են որպես ցամաքի վրա օբդուկցված օվկիանոսային կեղևի մնացորդներ, որոնք կազմված են հիպերբազիտների, գաբրոների խմբի ապարների, հիմքային կազմի գուգահեռ դայկաների և բազալտային բարձավոր լավաների (ռադիոլարիտներով) համալիրներից [15-18]: Այս տեսանկյունից Սևանի լեռնաշղթայի գաբրոների խմբի ապարները համարվում են

օֆիոլիտների համալիրների բաղկացուցիչ մաս: Սակայն, պետք է նշել, որ Սևան-Հագարի գոտու ողջ երկայնքով օֆիոլիտներին բնորոշ կտրվածքի ամբողջությունը խախտված է: Բացակայում են զուգահեռ դայկանների համալիրները, իսկ բազալտային բարձավոր լավաների մնացորդները Սևանի լեռնաշղթայում ավտոխտոն են: Վերջին տարիներին հեղինակներն ուսումնասիրել են Սևանի հյուսիսարևելյան ափի հիպերբազիտների զանգվածների երկրաբանության, ապարաբանության և ծագումնաբանությանն առնչվող հարցերը, առաջ է քաշվել այն վարկածը, որ հիպերբազիտները պրոտրոզիվ այսինքն՝ ալոխտոն մարմիններ են, որոնք ծագումնաբանորեն չեն առնչվում գաբրոների խմբի ապարների հետ [19-21]:

Այս հոդվածում հեղինակները քննարկում են Սևանի հյուսիսարևելյան ափի գաբրոների խմբի ապարների երկրաբանության, պետրոգրաֆիական կազմի և ձևավորման պայմաններին առնչվող հարցեր:

Սևանի հյուսիսարևելյան ափի հիպերբազիտների և գաբրոների երկրաբանությունը: Սևանի հյուսիսարևելյան ափի շրջանում ամենաշատ տարածված ապարները հիպերբազիտներն են, այնուհետև գաբրոիդները: Միջին և թթու կազմի ապարներն ավելի քիչ են տարածված [6, 7, 14]: Հիպերբազիտները ներկայացված են միմյանցից մեկուսացված և անհավասարաչափ բաշխված դայկանման, ոսպնյականման մարմիններով, որոնք տեղադրված են հյուսիսարևմտյան տարածման խզումների համակարգերի ներսում: Դրանք ելքերը երբեմն համընկնում են անտիկլինալ ծալքերի առանցքների հետ [22]: Հիպերբազիտների ամենամեծ ելքը Ջիլ-Քարախաչի դայկաձև զանգվածն է, զբաղեցնում է շուրջ 35 կմ² մակերես, մյուս ելքերը՝ Տրետուքի (20 կմ²) Կախակնի, Կուտականի (5 կմ²), Շորժայի (1,5 կմ²), ավելի փոքր են: Արփունք և Կախակն գյուղերի միջև հանդիպում են ավելի փոքրերը, որոնց չափերը չեն գերազանցում 0,5 կմ²: Հիպերբազիտները թույլ դիֆերենցված ապարներ են: Հիմնականում ներկայացված են սերպենտինացված պերիդոտիտներով և դունիտներով, ավելի քիչ հանդիպում են վեռլիտներն ու լերցոլիտները [19-21]: Հաճախ ինտենսիվ սերպենտինացված և մագնեզիտացված են:

Հիպերբազիտները ներփակող հրաբխածին-նստվածքային և նստվածքային առաջացումների հետ ունեն տեկտոնական կոնտակտներ: Դրանք իրենց այժմյան երկրաբանական իրադրությունում են գտնվում սառը վիճակում խորքային բեկվածքների միջով տեկտոնական տեղաշարժման արդյունքում: Այս փաստը հիմնավորվում է նրանով, որ հիպերբազիտների զանգվածները բուդինացված են, կոդային ապարների հետ ունեն տեկտոնական կոնտակտներ, կոնտակտները ինտենսիվ բրեկչիացված և միլոնիտացված են: Բացի նշվածներից, կոդային ապարների վրա ջերմային ազդեցություններ չեն երևում:

Հիպերբազիտների տեկտոնական շարժման մեխանիզմները լավ ուսումնասիրված են Դինարյան, Ալթայ-Սայանների, Ուրալի և Կամչատկայի հիպերբազիտների գոտիներում [23-27]:

Հիպերբազիտների զանգվածների հետ տարածականորեն զուգորդվող են գաբրոիդների, գրանիտոիդների (դիորիտներ, գրանոդիորիտներ, պլագիոգրանիտներ) և ներծին մագմայական կարբոնատիտների ապարախմբերով, որոնք ներկայացված են շտոքանման և դայկանման մարմիններով [20]: Գաբրոները տեղադրված են ինչպես հիպերբազիտների զանգվածների շրջանում, այնպես էլ առաջացնում են առանձին ինտրուզիվ զանգվածներ (Դրախտիկի, Շորժայի, Արտանիշի, Ջիլի, Կախակնի, Կուտականի, Տրետուքի և Սոտքի և այլն):

Գաբրոների մարմինները հիպերբազիտների զանգվածների հետ ունեն տեկտոնական և ինտրուզիվ կոնտակտներ: Կոնտակտային գոնաներում ապարներն ինտենսիվ կոտրատված ու թերթավորված են, հաճախ կարելի է հանդիպել նաև սահքի մակերեսներ: Գաբրոները ջերմային և գազաջերմային ազդեցություններ են թողել ինչպես ներփակող ապարների, այնպես էլ հիպերբազիտների վրա: Արտանիշի, Արեգունու, Կախակն-Սոտքի զանգվածների էկզոկոնտակտներում գաբրոների գազաջերմային ազդեցությունից ապարները սկառնացվել են [4, 6, 14]: Շորժայի զանգվածի արևելյան հատվածում գաբրոների ջերմային ազդեցությունից սերպենտինիտները թույլ օքրայացվել են:

Կախակն-Սոտքի հատվածում գաբրոների և հիպերբազիտների կոնտակտային գոտիներում հանդիպում են մինչև 1,5...2 մ հզորության պրենիտային մետասոմատիկ երակներ [14]: Այս շրջանում գաբրոները պատռում են նաև մինչսենոնի հրաբխածին-նստվածքային առաջացումները: Կոնտակտներում հրաբխաքարերը կոտրատված, բրեկչիացված ու եղջերաքարացված են: Կամարային մասերում գաբրոները ուրալիտացվել ու պրոպիլիտացվել են [14]: Սա խոսում է այն մասին, որ Սևանի գոտում

գաբրոներն ու հրաբխաքարերը օֆիոլիտային ասոցիացիային չեն պատկանում:

Գաբրոներում հաճախ հանդիպում են հիպերբազիտների շլիքանման անջատումներ (Гинзберг, 1929), և սերպենտինացված ու տալկացված պերիդոտիտների և դունիտների 10001,5 *ւ* չափի ոսպնյականման քսենոլիտներ [14]: Ըստ Հ.Չուբարյանի տվյալների Քեյզելչայ (Ադրբեջանի հանրապետություն) կիրճից դեպի արևելք ուսպնյակների (քսենոլիտների) քանակն ավելանում է, իսկ չափերը մեծանում ու անցնում են համատարած հիպերբազիտների: Կիրճի աջ ափին սերպենտինացված դունիտների քսենոլիտները պարունակում են գրոսուլյարի որդանման ագրեգատների ներփակումներ: Տիգրանաբերդի պղնձի հանքաերևակման տարածքում (Կախակն գյուղի մոտ) գաբրոներում հանդիպում են նաև տուրոնի հրաբխաքարերի սիլիկահողացված քսենոլիտներ:

Գաբրոներում երբեմն հանդիպում են նաև մալախիտի քսուքներ, մինչև 0,5 *ւ* հզորության և 10...15 *ւ* երկարության քվարցի, մինչև 25 *սս*/հզորության պլագիոկլազի և կալցիտի երակներ:

Սևանի հյուսիսարևելյան ափի գաբրոների հասակների վերաբերյալ գոյություն ունեն տարբեր կարծիքներ: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ եղանակով Արտանիշի զանգվածի գաբրոների ամֆիբոլների հասակը որոշվել է 165.3±1.7Ma [16]: Գրեթե նույն հասակն ունեն Փամբակի պլագիոգրանիտների ցիրկոնները՝ 160±4Ma [28], մուսկովիտն ու բիոտիտը՝ 168-190Ma [29]: Այս ցուցանիշները համապատասխանում են միջին յուրային: Ստացվում է, որ գաբրոներն ու պլագիոգրանիտները գրեթե հասակակից են: Երկուսն էլ պատռում են սերպենտինիտները և ծածկված են ռադիոլայարիտներով, վերջիններիս հասակը միջին-վերին յուրայի սահմաններում է [30]: Բացառված չէ, որ Սևանի հյուսիսարևելյան ափի շրջանում գոյություն ունեն ռադիոլայարիտների դարսաշերտերով էֆուզիվ հաստվածքների և գաբրոների ու պլագիոգրանիտների երկու տարբեր հասակներ՝ միջին-վերին յուրա (միջին յուրա - նեոկոմ) և հետ տուրոն-կոնյակի, քանի որ պլագիոգրանիտները Դալի գետի հովտում պատռում են տուրոն-կոնյակի պորֆիրիտներն ու արգիլիտային թերթաքարերը և կրում են դրանց քսենոլիտները [4]: Գաբրոները Կախակն-Կուտականի շրջանում պատռում են տուրոնի հրաբխածին-նստվածքային առաջացումները, որոնք ծածկված են կամպան-մաաստրիխտի ավազաքարերով և կրաքարերով: Նշված ավազաքարերը տուրոն-կոնյակի պորֆիրիտների, գաբրոների ու պլագիոգրանիտների բեկորներ են կրում [4]: Այսպիսի կտրվածք հանդիպում է նաև Զիլ-Քարախաչի զանգվածի հյուսիսային սահմանին Փամբակ և Տանձուտ գետերի վերին հոսանքներում:

Փամբակ գետի վերին հոսանքներում դիորիտների հողմահարված մակերեսները ծածկված են հիպերբազիտների և գաբրոների բեկորներ կրող ավազաքարերով, նույն ավազաքարերով են ծածկված նաև Արևելյան Արտանիշի հոռնբլենդային գաբրոները, որոնք լավ տարածված են հյուսիսային և հյուսիս-արևելյան շրջաններում: Ավազաքարերի տակը տեղադրված են կոպտաբեկոր կոնգլոմերատներ, որոնց գլաքարերը ներկայացված են մարմարացված կրաքարերով, սկառներով ու գաբրոներով: Գլաքարերը աստիճանաբար անցնում են ավազաքարերի, որոնց վրա նստած են կամպան-մաաստրիխտի կրաքարերը:

Գաբրոների պետրոգրաֆիան: Գաբրոները լավ դիֆերենցված են: Դրանցից ամենաշատը տարածված են ավգիտային (Արտանիշի թերակղզու և Սոտքի զանգվածներում), պիրոքսեն-հոռնբլենդային (Արտանիշի խմբի զանգվածներ), օլիվին-պիրոքսեն-պլագիոկլազային (օլիվինային գաբրոներ) և պլագիոկլազ-հոռնբլենդային (Շորժայի, Զիլ-Քարախաչի, Գեղամասարի և Արփունքի զանգվածներում) տարատեսակները, և նրանց հետ ծագումնաբանորեն կապված գաբրո - պեգմատիտները, մելանոկրատ և լեյկոկրատ տրոկտոլիտները, դիորիտները, քվարցային դիորիտները: Գաբրոներն ու տրոկտոլիտները տարածված են Սևանի լեռնաշղթայի հյուսիս - արևմտյան հատվածում՝ Շորժայի և Զիլ-Քարախաչի հիպերբազիտների զանգվածներում, իսկ գաբրոիդային համալիրի հիմքային, գերհիմքային և թթու դիֆերենցիատները՝ Սևանի լեռնաշղթայի հարավ-արևելքում [14]:

Ալգիտային գաբրոները կանաչամոխրագույն միջին հատիկավոր ապարներ են, որոնք կազմված են շուրջ 60% քառսային տեղաբաշված պլագիոկլազներից, որոնց չափերը հասնում են 2,5...3 *մմ*: Դրանց միջև տարածությունը լցված է ավգիտի ու պլագիոկլազի մանր հատիկներով: Պլագիոկլազներն ունեն զոնայական կառուցվածք կազմը համապատասխանում է լաբրադորին (N54): Ալգիտն ու պլագիոկլազը քլորիտացված են: Ալգեստը միներալները ներկայացված են ապատիտով և մագնետիտով:

Պիրոքսենային գաբրոները ներկայացված են կանաչամոխրագույն միջին հատիկավոր, երբեմն

խոշորահատիկ տարատեսակներով: Արտանիշի զանգվածի զաբրոներում հանդիպում են պերիդոտիտների շլիքանման անջատումներ (Гинзберг, 1929): Ապարն ունի զաբրո - դիաբազային կառուցվածք: Շուրջ 60%-ով կազմված է մինչև 1,5 սմ չափերի հասնող երկարաբաձգված պլագիոկլազներից, դրանց միջև տարածությունը լցված է պլագիոկլազի և ալգիտի մանրագույն քսենոմորֆ հատիկներով: Պլագիոկլազը ներկայացված է լաբրադորով (N52), դրանց հատիկների չափերը երբեմն հասնում են մինչև 2,5...3 մմ, ինչի շնորհիվ ապարը ստանում է պորֆիրային կառուցվածք: Պլագիոկլազը պելիտացված և քլորիտացված է: Գաբրոները երբեմն ունեն գոլավոր տեքստուրա՝ միմյանց հերթափոխում են լեյկոկրատ և մելանոկրատ նուրբ գույները: Այս տարատեսակներում ալգիտի փոխարեն հանդես է գալիս ամֆիբոլը: Լեյկոկրատ գույներում պլագիոկլազի չափերն ալելի մեծ են, իսկ կազմը՝ անդեզին է (N 37): Ապարի կազմը մոտենում է զաբրո-դիորիտների:

Շորժայի, Զիլ-Քարախաչի, Կախակն-Սոտքի հիպերբազիտների և զաբրոիդների զանգվածներում հանդիպում են տրոկտոլիտներ (տրոկտոլիտային զաբրոներ), որոնք հավանաբար զաբրոիդների դիֆերենցիատներ են կամ տարբեր ինտրուզիվ ֆազերի ապարներ: Դրանք դաշտում լավ առանձնանում են իրենց լեյկոկրատ տեքստուրային կառուցվածքով: Հիպերբազիտների և տրոկտոլիտների միջև աստիճանական անցումներ չեն նկատվում: Տրոկտոլիտների բազմաթիվ երականման ապոֆիզներ ներթափանցված են սերպենտինացված հիպերբազիտների մեջ դրանց թերթավորման հարթություններով:

Տարածված է տրոկտոլիտների երկու տարատեսակ՝ լեյկոկրատային և մելանոկրատային (զաբիզիտներ): Լեյկոկրատային տրոկտոլիտի միներալային կազմն այսպիսին է՝ պլագիոկլազ 78 %, օլիվին 16 % և մագնետիտ 6 % (նմ. 424): Մելանոկրատ տրոկտոլիտներում պլագիոկլազների քանակը ցածր է՝ 22 %, իսկ օլիվինին՝ բարձր՝ 67 %: Պարունակում է նաև քիչ քանակության կլինոպիրոքսեն (5 %) և մագնետիտ 6 % (աղյուսակ):

Պլագիոկլազը ներկայացված է բիտովնիտի (N 70-72) կարճ և հաստ պրիզմաձև իզոմետրիկ հատիկներից և բազմակրկնաբյուրեղներից: Օլիվինը հանդես է գալիս բազմանկյունաձև, երբեմն նաև անկանոն բյուրեղներով: Տրոկտոլիտներն ունեն ալտոքրիստոմորֆ հատիկային կամ պանիդիոմորֆ հատիկային կառուցվածք: Օլիվինի սերպենտինացման շնորհիվ երբեմն հանդիպում են նաև հանգուցավոր և ցանցկեն կառուցվածքային ձևեր: Գաբրոներն ու պլագիոկլազ պարունակող հոռոբլենդիտները հետագամայական մետասոմատոզի արդյունքում սուսյուրիտացվել են: Պլագիոկլազներն ամբողջովին վերածվել են ցոիզիտի և ալբիտի ագրեգատային պսևդոմորֆոզների: Պլագիոկլազների ռելիկտների միջոցով միայն կարելի է գաղափար կազմել դրանց առաջնային ներկայության մասին:

Սուսյուրիտացման ընթացքում անփոփոխ պահպանվել են միայն զաբրոների պիրոքսեններն ու հոռոբլենդիտների ամֆիբոլները: Ամֆիբոլները հաճախ ներկայացված են տրեմոլիտներով՝ անգույն ամֆիբոլներով, ինչը սովորաբար բնորոշ է օրթոռոմբային ամֆիբոլներին և մետամորֆային կամ մետասոմատիկ ապարներին: Հայտնի է, որ տրեմոլիտները օրթոռոմբային ամֆիբոլների պես մագմայական հալոցքներից չեն բյուրեղանում: Սուսյուրիտի ագրեգատների պղտոր, մուգ, գրեթե սև գույնը, ինչպես նաև հազիվ երևացող ցոիզիտի պրիզմաձև նեղ բյուրեղներն ու ալբիտի մանր հատիկները անկանոն են: Այսպիսի պղտոր մուգ գույնի սուսյուրիտային ագրեգատներ ալելի շուտ նկատել են Վ.Ն. Լոդոչնիկովն ու Դ.Ս. Կորժինսկին [31, 32]: Այս երևույթը պայմանավորված է պելիտային նյութի մասնիկների և հեղուկով լցված մանրագույն ներփակումների առկայությամբ: Մեծ խոշորացումների տակ (250...300 անգամ) մուգ գունավորված սուսյուրիտի ագրեգատների մեջ երևում են պլագիոկլազների ռելիկտները և ալբիտի հատիկները:

Սուսյուրիտացված հոռոբլենդիտների միջին միներալային կազմն արտահայտվում է հետևյալ կերպ՝ ամֆիբոլներ՝ 67,3 %, սուսյուրիտի ագրեգատներ՝ 27,4 %, պլագիոկլազի ռելիկտներ՝ 1,2 %, կվարց՝ 3,8 %, մագնետիտ՝ 0,3 %: Բաղկացած է բաց կանաչավուն գույնի ամֆիբոլների պրիզմայական իդիոմորֆ և քսենոմորֆ չկոդնորոշված բյուրեղներից և սուսյուրիտացված պլագիոկլազներից: Սուսյուրիտը ցոիզիտի և ալբիտի ագրեգատային պսևդոմորֆոզ է ըստ պլագիոկլազների: Սուսյուրիտի ագրեգատները առանձին նմուշներում ծածկում են թափանցիկ շլիֆի մակերեսի մոտ 29 %-ը, իսկ ամֆիբոլները՝ ալելի քան 70 %-ը:

Սուսյուրիտացված զաբրոներում սուսյուրիտի ագրեգատների քանակը (54,8 %) գերազանցում է մուգ գույնի միներալներին (ամֆիբոլները 23,3 %, կլինոպիրոքսենները 17,0 %): Պլագիոկլազի

ռելիկտների քանակը 3,7 % է, իսկ երկրորդային կվարցինը՝ 1,2 % (աղյուսակ):

Ամֆիբոլները հոռնբլենդիտներում և գաբրոներում ներկայացված են տրեմոլիտ-ակտինոլիտային խմբի միներալներով: Տրեմոլիտներն ու ակտինոլիտները տիպիկ հետմագմայական միներալներ են և առաջանում են մագնեզիում պարունակող սիլիկատների հաշվին: Այս միներալների քանակությունը սուսյուրիտացված հոռնբլենդիտներում տատանվում է 60-ից 80 %-ի սահմաններում (միջինը 67,3 % ըստ 8 նմուշի), իսկ սուսյուրիտացված գաբրոներում՝ 20-ից 50 % (միջինը 23,8 %, ըստ 10 նմուշի):

Ակտինոլիտ-տրեմոլիտային խմբի ամֆիբոլները ընդհանուր առմամբ անգույն են (Np), թույլ կանաչավուն (Ng), ինչը պայմանավորված է դրանց կառուցվածքում իզոմորֆ երկաթի բացակայությամբ՝ ի տարբերություն սովորական կանաչ ամֆիբոլների: Հանդիպում են երկարավուն պրիզմաների, ճառագայթային, ձողիկների և սյունաձև բյուրեղների ձևով:

Աղյուսակ

Ջիլ – Քարախաչի զանգվածի սուսյուրիտացված գաբրոիդների և սուսյուրիտացված հոռնբլենդիտների միներալային միջին կազմը

Ապարի անվանումը	Amf	Pl	Ss	Mt	Q	Srp	Cpx	Opx	Ol	Միջինը
Սուսյուրիտացված հոռնբլենդիտ	67,3	1,2	27,4	0,3	3,8	-	-	-	-	8
Սուսյուրիտացված գաբրո	23,3	3,7	54,8	-	1,2	-	17,0	-	-	10
Ամֆիբոլային գաբրո	34,0	60,5	-	-	4,0	-	1,5	-	-	2
Տրոկտոլիտ լեյկոկրատային	-	78,0	-	6,0	-	-	-	-	16,0	1
Տրոկտոլիտ մելանոկրատային	-	22,0	-	6,0	-	-	5,0	-	67,0	1
Տրոկտոլիտ սերպենտինացված	-	24,0	-	5,0	-	20,0	5,0	12,0	34,0	1

Ծանոթություն: Amf՝ ամֆիբոլ, Pl՝ պլագիոկլազ, Ss – սուսյուրիտ, Mt – մագնեզիտ, Q – կվարց, Srp-սերպենտին, Cpx – կլինոպիրոքսեն, Opx – օրթոպիրոքսեն, Ol – օլիվին:

Տրեմոլիտացված, ակտինոլիտացված և սուսյուրիտացված առաջնային ապարները մելանոկրատ և մեգոկրատ նորմալ գաբրոներն են: Մելանոկրատ գաբրոներն ամֆիբոլազման շնորհիվ վերածվել են տրեմոլիտ-ակտինոլիտային հոռնբլենդիտների, իսկ մեգոկրատ գաբրոները տրեմոլիտ-ակտինոլիտային գաբրոների: Նորմալ գաբրոների պիրոքսենները տեղակալվել են տրեմոլիտ-ակտինոլիտ խմբի միներալներով, իսկ պլագիոկլազները՝ ցոիզիտ-ալբիտի ագրեգատային պսևդոմորֆոզներով: Հոռնբլենդիտները կազմված են ակտինոլիտ-տրեմոլիտային ամֆիբոլներից (60-ից 80 %, միջինը 67,3 % նմուշից) և սուսյուրիտի ագրեգատներից (15-ից 45 %, միջինը 27,4 % 8 նմուշից):

Սուսյուրիտների ագրեգատների քանակն ավելի շատ է գաբրոներում (54,8 % միջինը 8 նմուշից), քան հոռնբլենդիտներում (27,4 % միջինը 8 նմուշից), որը վկայում է առաջնային ապարներում պլագիոկլազների տարբեր քանակությունների մասին: Մեգոկրատ գաբրոիդների պիրոքսենների նշանակալի մասը տրեմոլիտացվել, ակտինոլիտացվել, իսկ մի մասը պահպանվել է առանց փոփոխությունների:

Գաբրոների կլինոպիրոքսենների տրեմոլիտացումը և ակտինոլիտացումը տեղի է ունենում բարձրաջերմաստիճան վաղ հետմագմայական փուլում: Փոփոխությունները միներալային առումով նման են մագմայական փուլի պրոցեսներին՝ պիրոքսենների ռեակցիոն տեղակալմանը ամֆիբոլներով: Մետասոմատիկ պրոցեսի առանձնահատկությունը տվյալ դեպքում ոչ թե երկաթ և ալկալիական տարրեր պարունակող սովորական (կանաչ) ամֆիբոլների առաջացումն է, այլ մագնեզիումային տրեմոլիտներինն ու ակտինոլիտներինը: Պիրոքսենների տրեմոլիտացումը և ակտինոլիտացումը մետասոմատիկ և ավտոմետասոմատիկ պրոցեսների արդյունք է, որը տեղի է ունենում բարձրաջերմաստիճան հետմագմայական վաղ ալկալային փուլում (ըստ Դ.Ս.Կոթոփինսկու մետասոմատիկ պրոցեսների դասակարգման [31]): Մագնեզիումային մետասոմատիկ պրոցեսներն արտահայտվում են պիրոքսենների տրեմոլիտներով և ակտինոլիտներով տեղակալումով, որը լայնորեն տարածված է Ջիլ-Քարախաչի հիպերբազիտների զանգվածի հետ տարածականորեն կապված գաբրոների մարմիններում: Հետմագմայական այս մետասոմատիկ պրոցեսների հետընթաց (ռեգրեսիվ) բնույթը դրսևորվում է ամֆիբոլների շատ բաց գույնով, թույլ արտահայտված պլեոխրոիզմով և մագնետիտի ակցեսոր միներալների բացակայությամբ:

Եզրակացություն: Սևանա լճի հյուսիսարևելյան ափի զաբրոիդները ինքնուրույն, բազմաֆազ ինտրուզիվ առաջացումներ են, որոնք բյուրեղացել և կոնսոլիդացվել են երկրակեղևի փոքր խորություններում հիմքային մագմայի դիֆերենցման և հաջորդական ինտրուզիվ ներդրումների արդյունքում:

Հիպերբազիտների ալոխտոն զանգվածների հետ զաբրոները ծագումնաբանական կապ չունեն և աստիճանական անցումներ չեն առաջացնում: Գաբրոները կողային ապարների վրա թողել են ջերմային ազդեցության հետքեր և քրոմիտների ակցեսոր միներալներ չեն պարունակում: Ի տարբերություն հիպերբազիտների, դեֆորմացված ու տեկտոնացված չեն:

Գաբրոիդային ինտրուզիվ զանգվածների մեջ տարածված են սուպուրիտացված զաբրոները, սուպուրիտացված հոռնբլենդիտներն ու տրոկտոլիտները: Գաբրոների պիրոքսենները մագնեզիումային մետաստմատոզի արդյունքում տրեմոլիտացվել ու ակտինոլիտացվել են: Հիմքային պլագիոկլազները ինտենսիվ սուպուրիտացվել և ամբողջովին տեղակալվել են ցոլիտի ու ալբիտի ագրեգատային պսևդոմորֆոզներով: Մետաստմատիկ փոփոխությունները կատարվել են հետմագմայական բարձրաջերմաստիճան վաղ ալկալային փուլում: Միներալային փոփոխությունները՝ պիրոքսենների տեղակալումը մագնեզիումային տրեմոլիտով և ակտինոլիտով, իսկ հիմքային պլագիոկլազները՝ ցոլիտով և ալբիտով, ցույց են տալիս հետմագմայական պրոցեսների դրսևորման ջերմաստիճանային ետընթաց (ռեգրեսիվ) բնույթը:

Գրականություն

1. **Габриелян А.А.** Основные вопросы тектоники Армении. – Ереван: Изд. АН АрмССР, 1959. – 185 с.
2. **Шихалибеи Э.Ш.** Геологическое строение и история тектонического развития восточной части Малого Кавказа. – Баку: Изд. АН АзССР, 1966. – 302 с.
3. **Аслания А.Т.** Региональная геология Армении. – Ереван: Айпетрат, 1958. – 430 с.
4. **Арутюнян Г.С.** Возрастное расчленение интрузивов северо-западной части Севанского хребта // Известия АН АрмССР. Науки о Земле. -1967.- Т.20, №. 1-2. – С. 42-52.
5. **Аванесян А.С.** Геологическое строение и история формирования западной части Севано-Акеринского синклиория: Автореф. дис.... канд. наук. – М., 1978. -22 с.
6. **Абовян С.Б.** Геология и полезные ископаемые северо-восточного побережья оз.Севан. - Ереван: Изд. АН АрмССР, 1961. – 306 с.
7. **Абовян С.Б.** Мафит-ультрамафитовые интрузивные комплексы офиолитовых поясов Армянской ССР. - Ереван: Изд. АН АрмССР, 1981. – 306 с.
8. **Саркисян Г.А., Ананян Э.В., Танамян М.Т., Караханян А.С.** О рудоконтролирующей роли Памбак-Саринарского разлома (Севанский хребет) // Известия АН АрмССР. Науки о Земле. -1982.- Т. 35, №. 3. – С. 13-19.
9. **Ананян Э.В., Ананян В.Э.** Складчатая структура северо-восточного побережья озера Севан // Известия НАН РА. Науки о Земле. -1998.- Т. LI, №. 1-2. – С. 18-24.
10. **Паффенгольц К.Н.** Геологический очерк Кавказа. –Ереван: Изд. АН АрмССР, 1959. – 506 с.
11. **Абовян С.Б., Мамаджаниян М.А.** О скрытой расслоенности Джил-Сатанахачского диорит-габбро-перидотитового интрузива (Армения) // Изв. НАН РА. Науки о Земле. – 2003. - LVI, №. 2. - С. 20-24.
12. **Тадевосян Т.Ш.** К петрографии основных и ультраосновных пород Амасийского района АрмССР // Известия АН АрмССР. -1950.- Т. 3, №. 2. – С. 42-52.
13. **Арутюнян Г.С.** О Возрасте гипербазитов северо-западной части Севанского хребта // ДАН АрмССР. - 1966. - Т. 43, №. 4. - С. 231-239.
14. **Паланджян С.А.** Петрология гипербазитов и габброидов Севанского хребта. – Ереван: Изд. АН АрмССР, 1971. – 200 с.
15. Evidence for superposed MORB, oceanic plateau and volcanic arc series in the Lesser Caucasus, Stepanavan, Armenia / **G. Galoyan, Y. Rolland, M. Sosson, et al** // Comptes Rendus Geosciences. - 2007. – V. 339. – P. 482–492.
16. Geochemistry and ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of Sevan Ophiolites, Lesser Caucasus, Armenia): evidences for Jurassic Back-arc opening and hot spot event between the South Armenian Block and Eurasia / **G. Galoyan, Y. Rolland, M. Sosson, et al** // Journal of Asian Earth Sciences. - 2009. - №. 34. - P. 135–153.
17. Jurassic back-arc and Cretaceous hot-spot series in the Armenian ophiolites — Implications for the obduction process / **Y. Rolland, G. Galoyan, D. Bosch, et al** // Lithos. – 2009. – V. 112. – P. 163–187.
18. Subductions, obduction and collision in the Lesser Caucasus (Armenia, Azerbaijan, Georgia), new insights / **M. Sosson, Y. Rolland, C. Müller, et al** //Geological Society, London, Special Publications. – 2010. - V. 340. - P. 329-352.
19. **Գույումջյան Հ.Պ., Խաչատրյան Շ.Վ., Բաղդյան Ի.Վ.** Քրոմիտի ծագումը և հանքայնացման տեղայնացման առանձնահատկությունները Սևանի օֆիոլիտային հիպերբազիտների պրոտրուզիվ զանգվածներում // ԵՊՀ Գիտական տեղեկագիր. Երկրաբանություն և աշխարհագրություն. - 2014. - №. 3. – էջ 3–11:
20. **Գույումջյան Հ.Պ., Խաչատրյան Շ. Վ.** Սևանի օֆիոլիտային գոտու կարբոնատիտներն որպես նոր ֆորմացիոն տիպ // ԵՊՀ գիտական տեղեկագիր. Երկրաբանություն և աշխարհագրություն. - 2016. - №. 1. - էջ 3-10:
21. **Գույումջյան Հ.Պ., Խաչատրյան Շ.Վ.** Սևան-Հազարուի օֆիոլիտային գոտու Զիլ-Քարախաչի հիպերբազիտային զանգվածի երկրաբանական կառուցվածքի և պետրոգրաֆիական կազմի առանձնահատկությունները / ԵՊՀ գիտական տեղեկագիր: Երկրաբանություն և աշխարհագրություն. - 2016. - №. 2. - էջ 3-13:
22. **Книппер А.Л.** Особенности образования антиклиналей с серпентинитовыми ядрами (Севано-Акеринская зона Малого Кавказа) // БМОИП. Отд. геол. - 1965. - Т. XX, №. 2. – С. 14 - 28.

23. **Марковкина В.Ф.** Габбро-перидититовая формация Полярного Урала. – М.: Наука, 1967. – 279 с.
24. **Памич Я., Карамата С.** О работе И.И. Белостоцкого и Г.В. Колбанцева // Изв. АН СССР. Сер.геол. - 1971. - №. 4. - С. 139-142.
25. **Малахов И.А.** Петрохимия гипербазитов и условия их образования // Проблемы петрологии гипербазитов складчатых областей. – Новосибирск: Наука, 1973. - С. 85-100.
26. **Велинский В.В., Пинус Г.В.** Некоторые общие вопросы генезиса альпинотипных гипербазитов// Проблемы магматической геологии. – Новосибирск: Наука, 1973. - С. 360-376.
27. Альпинотипные гипербазиты Урала / Под. ред. К.К. Золоева, Д.С. Штейнберга. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. – 65 с.
28. The setting and age of the plutonic part of the NE Sevan ophiolite complex / **G. Zakariadze, A. Knipper, E. Bibikova, et al** // Izvestia NAS USSR, Geol. Ser. – 1990. – №. 3. - С. 17–30.
29. **Morkovkina V.F., Harutyunyan G.S.** About the radiochronological age of ultrabasites from the Sevan mountain chain (Armenia) // Izvestia NAS USSR. Geol. Ser. – 1971. - №. 11. – P. 133– 137.
30. Discovery of Middle Jurassic (Bajocian) Radiolaria from the sedimentary cover of the Vedi ophiolite (Lesser Caucasus, Armenia) / **T. Danelian, G. Asatryan, M. Sosson, et al** // Comptes Rendus Palevol. - 2008. – V. 7. - P. 327–334.
31. **Коржинский Д.С.** Очерк метасоматических процессов // В сб.: Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях - М.: Изд. АН СССР, 1955. - С. 335-456.
32. **Лодочников В.Н.** Главнейшие породообразующие минералы. – М.: Недра, 1974. – 247 с.
33. **Книппер А.П.** Океаническая кора в структуре Альпийской складчатой области. – М.: Наука, 1975. – 208 с.

28.02.2017.

О.П. Гуюмджян, Ш.В. Хачатрян

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГАББРОИДОВ СЕВАНСКОЙ ОФИОЛИТОВОЙ ЗОНЫ

Исследованы геологическое положение и петрографические особенности габброидных пород Севанской офиолитовой зоны. Выявлено, что габброиды являются самостоятельными, хорошо дифференцированными интрузивными породами, которые генетически не связаны с аллохтонными массивами гипербазитов Северо-восточного побережья оз. Севан и не являются составной частью Севанской офиолитовой зоны. В процессе магнезиального метасоматоза клинопироксены и плагиоклазы габброидного комплекса подвержены тремолитизации, актинолитизации и соссюритизации. Процесс протекал в постмагматическую высокотемпературную раннюю щелочную стадию и имел регрессивный характер, в течение которого образовались более низкотемпературные гидроксилсодержащие минералы (амфиболы, цоизит и нередко карбонаты).

Ключевые слова: гипербазиты, габброиды, Севанская офиолитовая зона, метасоматоз, тремолитизация, актинолитизация, соссюритизация.

H.P. Guyumjyan, Sh.V. Khachatryan

GEOLOGICAL AND PETROGRAPHICAL FEATURES OF GABBROIDS OF THE SEVAN OPHIOLITE ZONE

The geological position and petrographical features of gabbroid rocks of the Sevan ophiolitic zone have been studied. It has been found out that gabbroids are well differentiated separate intrusive rocks which are genetically not related to the allochthonous massives of hyperbasites in the area of NE part of Sevan Lake and they do not belong to the Sevan ophiolite association. Clinopyroxenes and plagioclases of gabbroid complex subject to intensive magnesian metasomatism: tremolitization, actinolite and saussuritization. The process took place in the early post-magmatic high-temperature alkaline stage and had a regressive nature, during which the low-temperature hydroxyl-containing minerals have been formed (amphiboles, zoisite, and carbonates).

Keywords: hyperbasites, gabbroids, the Sevan ophiolite zone, metasomatism, tremolitization, actinolite, saussuritization.

Գույումջյան Հովհաննես Պողոսի - երկրաբ.-հանք.գիտ.թեկն., դոցենտ, ԵՊՀ
Խաչատրյան Շահեն Վոլոդյայի - երկրաբ.գիտ.թեկն., դոցենտ, ԵՊՀ

А.И. Саградян, Г.Б. Багдасарян, М.Н. Колоян

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛА ИЗ СПЛАВА “Al-Zn”

Рассматривается влияние условий резания на образование остаточных технологических напряжений в обрабатываемом материале из сплава “Al-Zn”. Результаты экспериментов показали, что при обработке сплава “Al-Zn” наиболее целесообразно получать сжимающие остаточные напряжения, чем растягивающие. На поверхностных слоях обрабатываемого материала режимы резания воздействуют почти одинаково на образование остаточных напряжений.

Ключевые слова: остаточные напряжения, режимы резания, сплав “Al-Zn”.

На эксплуатационные свойства деталей машин большое влияние оказывает физико-механическое состояние поверхностного слоя, полученного после лезвийной обработки. Технологические остаточные напряжения, образованные после такой обработки, в свою очередь, влияют на точность, статическую и динамическую прочность, а также на коррозионную стойкость деталей.

В данной работе рассматривается влияние условий резания на образование остаточных технологических напряжений в обрабатываемом материале из сплава “Al-Zn”.

Эксперименты проводились на станке 16K120. Сплав “Al-Zn” является материалом для большого зеркала антенны РОТ 32/54-2.6, где остаточные напряжения непосредственно влияют на радиометрические параметры ($K_{св}$).

В качестве режущего инструмента был использован проходной резец марки Т15К6, главные углы которого определены по [1, 2]. Согласно этим работам, получены инструменты для обработки сплава “Al-Zn” со следующими углами: $\gamma = 25^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\varphi = 72^\circ$. Опыты проводились методом факторного планирования экспериментов типа 2^3 , т.е. было проведено 8 опытов. Известно, что остаточные технологические напряжения возникают от силы резания и температуры, возникающей в зоне резания. Для изучения остаточных напряжений, возникающих только от силы резания, были использованы смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) и рекомендации по работе [3]. Согласно этой работе, методом колец было изготовлено 8 тонкостенных образцов следующих размеров:

- наружный диаметр - $D = 60$ мм;
- внутренний диаметр - $D = 55$ мм;
- длина образцов - $l = 10$ мм.

На торцах колец делаются две метки и отмечаются точки А и Б (рис. 1).

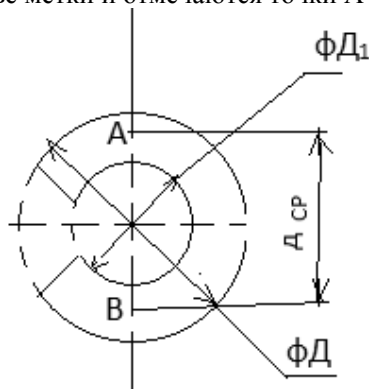


Рис. 1. Вид кольца после разреза

После обработки, согласно плану эксперимента (табл. 1), кольца разрезаются и определяются остаточные напряжения [3]:

$$\sigma_{0,2} = \frac{-2E\delta_p}{\mu D^2 c_p} (h/2-a) \text{ кг/мм}^2, \quad (1)$$

где E – модуль Юнга ($E = 1,05 \cdot 10^4$) кг/мм² для сплава “Al-Zn”; D_{ср} - средний диаметр кольца; H - толщина стенки кольца; a - толщина травленого слоя кольца; δ - изменение диаметра между точками A и B после разреза; μ - коэффициент Пуассона.

Для установления связи между режимами и остаточными напряжениями предлагается математическую модель эксперимента искать в следующем линейном виде:

$$\sigma = C_1 V^{a_1} S^{a_2} t^{a_3}. \quad (2)$$

Для решения уравнения (2) необходимо его представить в регрессионном виде:

$$Y = \ln \sigma_{0,2} = C_i * V^{a_1} * S^{a_2} * t^{a_3}, \quad (3)$$

где B₀, B₁, B₂, B₃ – коэффициенты регрессии; X₁, X₂, X₃ – полиномы.

План, матрица и результаты исследования, а также значения коэффициентов регрессии и полиномов приводятся в табл. 1.

Таблица 1

План, матрица и результаты исследования													
N	Режимы резания			Матрица планирования				Результаты опытов				Решение уравнения (3)	
	V, м/мин	S, мм/об	t, мм	X0	X1	X2	X3	δ _p , мм	h/2, мм	σ _{0,2} , кг/мм ²	Y= ln σ _{0,2} , кг/мм		Примечание
1	30	0,11	0,5	+1	-1	-1	-1	-1,6	0,3	1,0	34	3,52	B0=3,695
2	150	0,11	0,5	+1	+1	-1	-1	-1,9		1,0	41	3,71	B1=0,102
3	30	0,3	0,5	+1	-1	+1	-1	-1,45		1,0	31	3,43	B2=0,003 B3=0,085
4	150	0,3	0,5	+1	+1	+1	-1	-2		1,0	44	3,78	X1=1,24lnV-5,2
5	30	0,11	1,0	+1	-1	-1	+1	-2,5		0,75	41	3,71	X2=2lnS+3,4
6	150	0,11	1,0	+1	+1	-1	+1	-2,8		0,75	46	3,83	X3=2,9lnt+1
7	30	0,3	1,0	+1	-1	+1	+1	-2,5		0,75	41	3,71	
8	150	0,3	1,0	+1	+1	+1	+1	-2,9		0,75	48	3,87	

Согласно таблице, а также с учетом работ [4,5] были определены эти неизвестные (см. табл. 1). Подставляя их в (3), уравнение (2) примет окончательный вид

$$\sigma_{0,2} = 25,8 * V^{0,126} * S^{0,006} * t^{0,25}. \quad (4)$$

Адекватность полученного уравнения проверяется дисперсионным анализом согласно [6]. Как показал анализ, полученная модель адекватна при 5% статистике. Для более наглядного представления взаимозависимости $\sigma_{0,2}=f(v,s,t)$ нужно уравнение (4) представить в графическом виде.

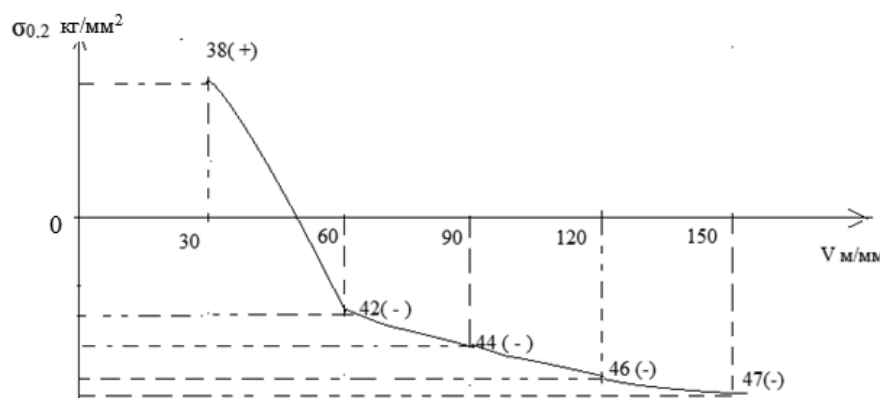
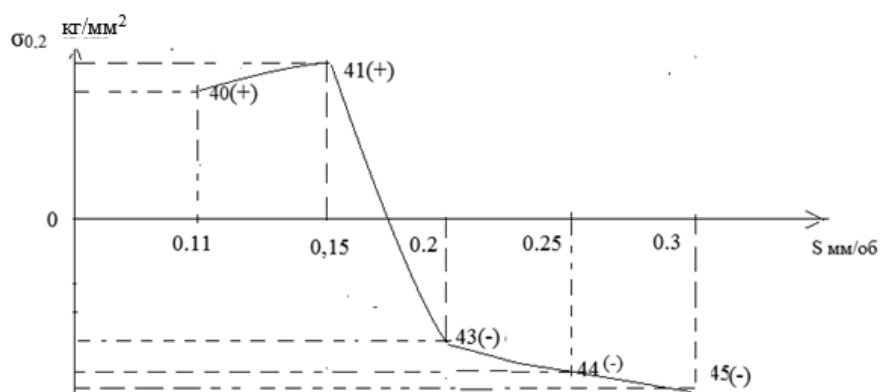
При построении графиков очень важно определить знаки величин остаточных напряжений [2].

В табл. 2 и на графиках (рис. 1-3) приведены остаточные напряжения в зависимости от V, S, t.

Таблица 2

Остаточные напряжения в зависимости от V, S, t

№	V	$\sigma_{0,2}$	№	S	$\sigma_{0,2}$	№	t	$\sigma_{0,2}$	Примечание
1	30	38(+)	1	0,11	40(+)	1	0,5	39(+)	Если $\frac{\sigma_B}{\sigma_{0,2}} < 1,25$ - знак (-) Если $\frac{\sigma_B}{\sigma_{0,2}} > 1,25$ - знак (+) Для сплава "Al-Zn" $\sigma_B = 52 \text{ кг/мм}^2$
2	60	42(-)	2	0,15	41(+)	2	0,6	41(+)	
3	90	44(-)	3	0,2	43(-)	3	0,7	43(-)	
4	120	46(-)	4	0,25	44(-)	4	0,8	44(-)	
5	150	47(-)	5	0,3	45(-)	5	0,9	45(-)	

Рис.1. Зависимость $\sigma_{0,2}$ от скорости резания при обработке сплава "Al-Zn" резцами из T15K6Рис.2. Зависимость $\sigma_{0,2}$ от S при обработке сплава "Al-Zn" резцами из T15K6

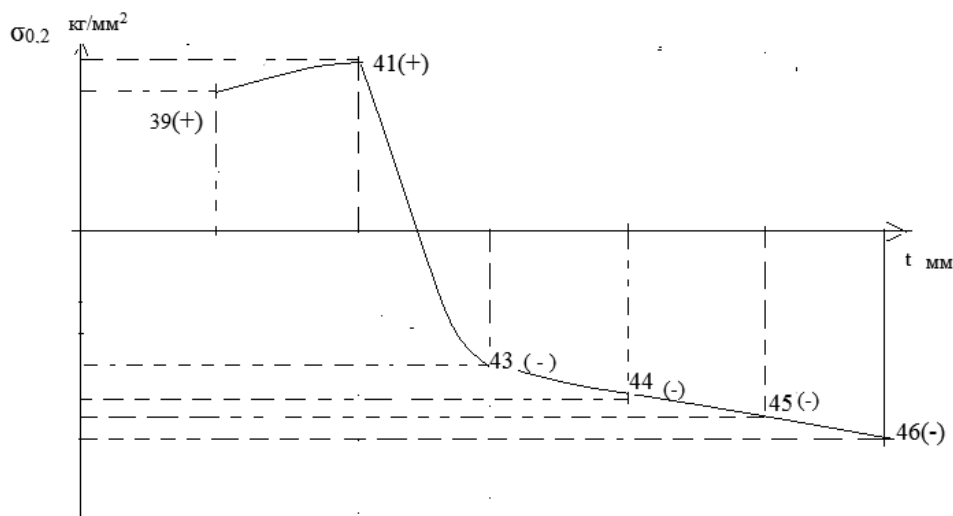


Рис.3. Зависимость $\sigma_{0,2}$ от t при обработке сплава “Al-Zn” резцами из T15K6

Как видно из графиков, при скорости $V = 45...50$ м/мин на поверхностных слоях появляются сжимающие остаточные напряжения. С увеличением скорости резания сжимающие напряжения увеличиваются. Это объясняется тем, что с увеличением скорости V уменьшаются силы резания. При $V = 30$ м/мин сила резания, соответственно, больше, чем при $V = 50$ м/мин, следовательно, коэффициент трения увеличивается, и образуются растягивающие остаточные напряжения, которые нежелательны по ряду причин.

Таким образом, целесообразнее при обработке сплава “Al-Zn” использовать скорости резания $V > 50$ м/мин. При обработке с подачами $S < 0,17$ мм/об образуются растягивающие остаточные напряжения, а при $S > 0,17$ мм/об — остаточные напряжения переходят в напряжения сжатия. Следовательно, целесообразнее вести обработку с подачами $S = 0,17...0,25$ мм/об. То же самое можно отметить и относительно глубины резания. При $t < 0,65$ мм образуются напряжения растяжения, а при $t > 0,65$ мм — они переходят в напряжения сжатия, которые с увеличением глубины t увеличиваются. Следовательно, целесообразнее работать со сплавом “Al-Zn” с глубиной резания $t = 0,65...1$ мм.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. При обработке сплава “Al-Zn” целесообразнее получать сжимающие остаточные напряжения, чем растягивающие. С этой целью рекомендуются следующие режимы резания: $V = 100$ м/мин, $S = 0,2$ мм/об, $t = 0,7$ мм.
2. На поверхностных слоях обрабатываемого материала режимы резания воздействуют почти одинаково на образование остаточных напряжений, т.е. сначала возникают растягивающие, а с увеличением режимов резания они переходят в сжимающие напряжения.

Литература

1. Багдасарян Г.Б., Арутюнян Г.А., Багдасарян В.Г. Определение основных углов резца по разрывному полю обрабатываемого материала // Изв. НАН РА и НПУА. Серия ТН. – 1995. – Т. 48, № 1. – С. 160-164.
2. Davim P. Machining of Hard Materials.- London: Springer-Verlag London Limited, 2011.-211p.
3. Саградян А.И. Исследование оптимальных скоростей резания при обработке сталей в зависимости от степени деформации снимаемого слоя // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.-2010. – Т.63, №2. – С.127-131.
4. Саградян А.И., Мамян С.Г., Папазян А.А., Колоян М.Н. Исследование механизма образования межконтактных самоорганизующихся защитных покрытий в процессе резания // Материалы 16-й

Международн. научн. конференции “Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: Теория и практика”, 14-18 апреля 2014г. – СПб. Изд-во СПб. Политехнич. ун-та, 2014. – Часть 2.- С.135-141.

5. Григорьев С.Н., Табаков В.П., Волосова М.А. Технологические методы повышения износостойкости контактных площадок режущего инструмента - Старый Оскол: ТНТ, 2011.- 378 с.
6. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. Н.В. Новикова. – М.: Машиностроение, 2005. – 555 с.
7. Хикс Ч. Основные принципы планирования экспериментов. – М.: Машгиз, 1976. – 392 с.

15.03.2017.

Ա.Ի. Սահրադյան, Հ.Բ. Բաղդասարյան, Մ.Ն. Բոլոյան

«Al-Zn» ՀԱՄԱՀԱԼՎԱԾՔԻՑ ՆՅՈՒԹԻ ՄՆԱՅՈՐԴԱՅԻՆ ԼԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Դիտարկվում է «Al-Zn» համահալվածքից նյութի մշակման ժամանակ կտրման պայմանների ձևավորման վրա մնացորդային լարումների ազդեցությունը: Փորձարարական արդյունքները ցույց են տվել, որ «Al-Zn»-ի վերամշակման ժամանակ ավելի նպատակահարմար է ստանալ սեղմման մնացորդային լարումներ, քան՝ ձգող լարումներ: Մնացորդային լարումների առաջացման վրա մշակվող նյութի շերտերի մակերևույթներին կտրման ռեժիմներն ազդում են գրեթե նույն ձևով:

Առանցքային բառեր. *մնացորդային լարումներ, կտրման ռեժիմներ, «Al-Zn» համահալվածք:*

A.I. Sahradyan, H.B. Baghdasaryan, M.N. Koloyan

DETERMINATION OF RESIDUAL STRESSES AT PROCESSING THE ALLOY FROM THE MATERIAL “AL-ZN”

The impact of the cutting conditions on the formation of residual technological stresses in the processed material from the alloy “Al-Zn” is considered. The experimental results have shown that at processing the alloy “Al-Zn” it is more expedient to obtain compressing residual stresses than the stretching ones. On the surface layers of the processed material, the cutting modes affect the formation of residual stresses almost similarly.

Keywords: *residual stresses, cutting modes, alloy “Al-Zn”.*

Տահրադյան Արտակ Իսրաելովիչ – ճ.տ.հ., պրոֆեսոր (ԱՂՍՍ)

Բաղդասարյան Գենրիխ Բուրտելովիչ – կ.տ.հ., պրոֆեսոր (ՈՂՍԱ)

Կոլոյան Մարիետտա Ուրայրովնա – կ.տ.հ., ասսիստենտ (ԱՂՍՍ)

В.В. Варданян, В.С. Дехтярев, В.А. Даниелян, В.Ш. Авагян, А.А. Геворгян, Т.Г. Мкртчян

ИССЛЕДОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ПАЙКИ В СВЕРХВЫСОКОВАКУУМНЫХ УСЛОВИЯХ

Дается описание разработанного и изготовленного в Институте синхротронных исследований “CENDLE” стенда для сверхвысоковакуумных испытаний узлов ускорителя. Приведены основные требования к термическому испытанию материалов, соединенных разными методами. Расчетным путем определен оптимальный уровень температуры дегазации металлокерамических вакуумно-плотных соединений. Экспериментальным путем осуществлено соединение керамики (22ХС) с металлом (ковар 29НК и нержавеющей сталь 12Х18Н10Т) на основе метода металлизации Mo-Mn + Ni. Приведена металлографическая структура зоны соединения. Осуществлена дегазация полученных металлокерамических соединений на вакуумном стенде при вакууме $7 \cdot 10^{-9}$ торр и температуре 130°C .

Ключевые слова: термические испытания, сверхвысоковакуумный, керамика, пайка, металлизация.

Введение. Свойства металлокерамических соединений имеют важное значение при использовании в сверхвысоковакуумных установках ускорительной техники. Кроме прочности соединений, важнейшим параметром является их герметичность в условиях эксплуатации.

Факторами, влияющими на качество соединений, могут быть:

- наличие микропор на стыке металлокерамических соединений, обусловленных технологическими режимами и неправильно выбранным составом металлизации, никелированием, а также условиями процесса пайки;
- микротрещины на керамике, возникающие при разных температурных коэффициентах линейного расширения (ТКЛР), а также при нанесении слишком тонкого слоя никеля. Толщину никеля рекомендуется выбирать в пределах $10 \dots 15$ мкм [1], что позволяет исключить полное растворение никеля в медном припое и, таким образом, повысить термостойкость металлизации;
- неоптимально выбранная скорость нагрева и охлаждения.

Термовакuumные испытания выполняются путем нагрева изделий до определенной температуры и охлаждения до комнатной температуры, а иногда - криогенной температуры [2]. Это связано с эксплуатационными условиями данного изделия.

Современные ускорители, как, например, AREAL (Advanced Research Electron Accelerator Laboratory) [3], предъявляют высокие требования к вакуумным системам, обеспечивая сверхвысокий вакуум и малые габариты. Сверхвысокий вакуум получается с помощью ионного насоса, который адсорбирует все остаточные газы в объеме вакуумной системы, т.е. происходит процесс дегазации. Для уменьшения процесса дегазации, который иногда может длиться несколько суток, при разработке сверхвысоковакуумных изделий необходимо соблюдать следующие требования:

1. Сварку с плавлением вести с той стороны, которая в процессе эксплуатации находится в вакууме. Это позволяет уменьшить количество возможных щелей и неровностей. Здесь необходимо учитывать металлургические процессы [4].
2. При сварке давлением с нагревом или без него учитывать ТКЛР соединяемых материалов и сплавов, а также их растворимость друг в друге.
3. При пайке обратить внимание на образование мениска с краевым углом смачивания материалов, который не всегда получается при пайках керамики с металлом, с учетом рискованных условий при нагреве и охлаждении.

Постановка задачи и методы исследования. Целью работы является разработка и изготовление стенда для сверхвысоковакуумного испытания различных узлов ускорителя, а также проведение термических испытаний металлокерамических соединений.

Для успешного завершения первого этапа линейного ускорителя AREAL необходимо было создать стенд сверхвысоковакуумного испытания отдельных узлов ускорителя.

На рис.1 представлен общий вид сверхвысоковакуумного стенда для термических испытаний, разработанного и изготовленного в Институте синхротронных исследований “CENDLE”.

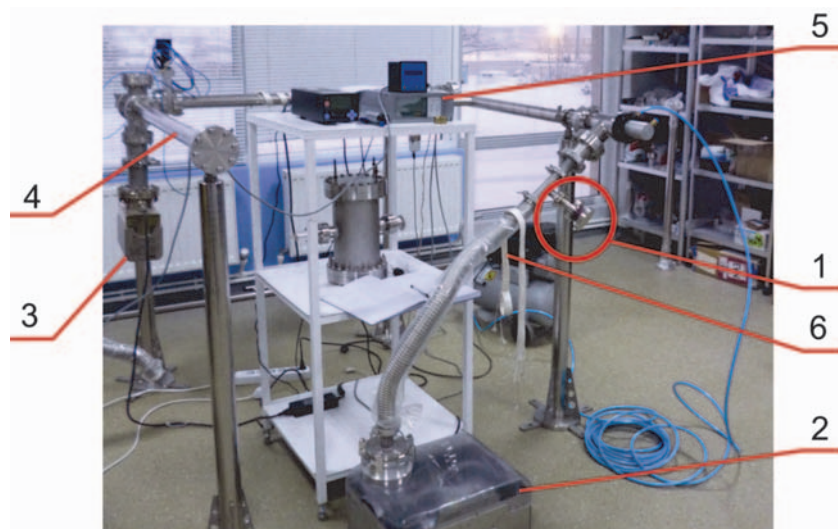


Рис. 1. Общий вид сверхвысоковакуумного стенда для термического испытания узлов ускорителя:
1 - металлокерамические (нержавейка 12Х18Н10Т - 22ХС) соединения, 2 - турбомолекулярный вакуумный насос, 3 - ионный насос, 4 – вакуумный трубопровод, 5 - вакуумметры, 6 - нагреватель

Стенд состоит из турбомолекулярного насоса TV301 (250 л/с), ионного насоса 75s – Gamma Vacuum, сверхвысоковакуумного вакуумметра IMG100 – Inverted Magnetron Gauge и соединительной арматуры. Нами внедрена технология орбитальной сварки закрытого типа, которая исключает дефект при сварке элементов стенда с обеих сторон и обеспечивает обратный валик шва. На рис.2а показан разрез обеих сторон трубчатых соединений труб и структуры зоны соединений (рис.2 б). При этом в сварном шве отсутствуют такие дефекты, как трещины и поры. На этом стенде максимальный вакуум получается за один рабочий день.

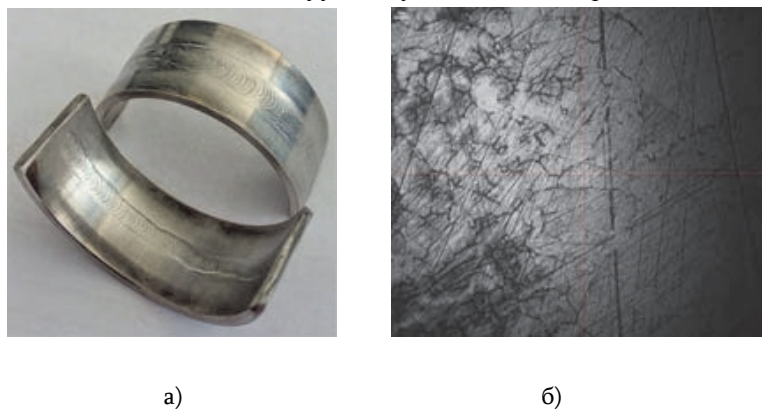


Рис. 2. а - вид полностью расплавленных швов с внутренней и внешней сторон;
б - микроструктура нержавеющей стали 316, выполненной орбитальной сваркой x 200

Что касается пайки металлокерамических изделий, то в зависимости от конструкции не всегда получается мениск внутреннего объема соединения, необходимый для уменьшения времени получения максимального вакуума.

На рис.3а показана микроструктура соединения керамики 22ХС со сталью 316. Предварительно на керамике сделано покрытие Mn-Mo+Ni. Из рисунка видно, что изготовленный шлиф, вырезанный из срединной части соединения, получился идеально, а на рис. 3б показана конечная часть соединения. Здесь видно отсутствие мениска, которое связано с отсутствием в краях металлизации; в этом случае для получения сверхвысокого вакуума необходима длительная откачка.

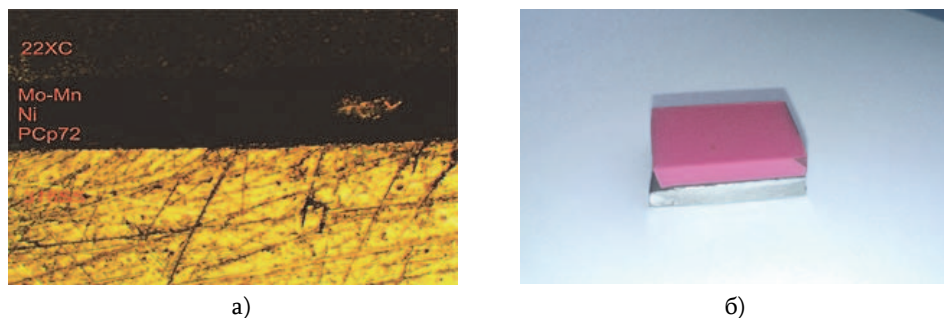


Рис. 3: а - микроструктура соединения керамики 22ХС со сталью 316; б - вид соединения керамики 22ХС со сталью 316 (отсутствие мениска)

Для ускорения дегазации системы и возможности получения сверхвысокого вакуума применяют процесс Bake-out [4]. Суть этого процесса заключается в локальном или полном нагреве вакуумного тракта до температуры в пределах 100...250 °С. Сложные компоненты системы, такие как металлокерамические соединения, испытывают значительные нагрузки за счет разности коэффициентов термического расширения. Поэтому актуальным является вопрос определения такой оптимальной температуры процесса Bake-out для металлокерамических соединений, которая бы не приводила к повреждению или даже разрушению соединения.

Для анализа данной задачи было проведено моделирование процесса с использованием метода конечных элементов [5]. В качестве типовой детали было принято трехкомпонентное соединение – керамика-ковар-нержавеющая сталь. Общий вид модели представлен на рис.4.

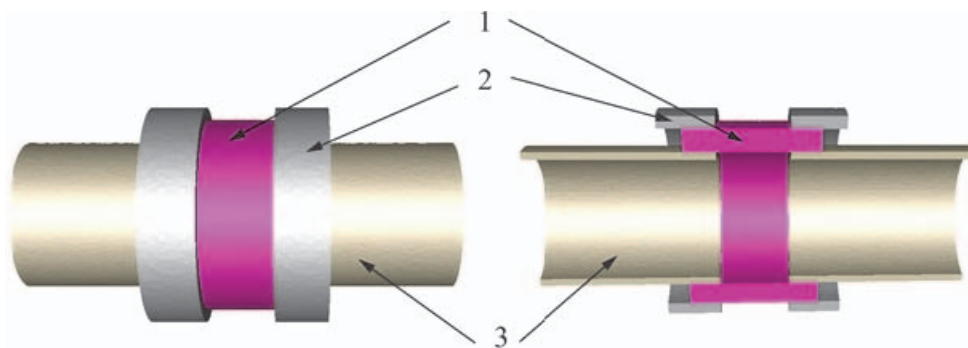


Рис. 4. Общий вид модели металлокерамического соединения: 1 – керамика 22ХС, 2 – ковар, 3 – нержавеющая сталь

Моделирование проводилось с плавным нагревом в течение 600 с на видимых поверхностях соединения.

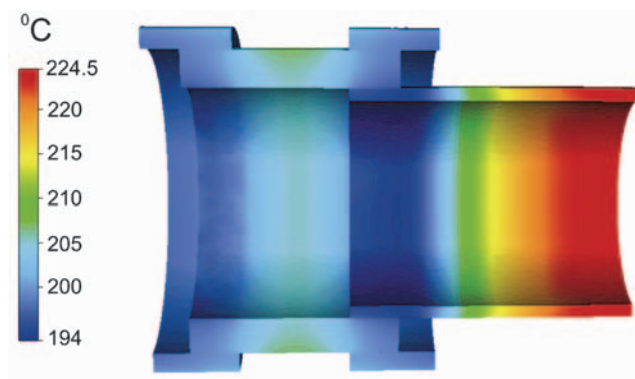


Рис. 5. Температурное поле в соединении после продолжительного нагрева 120 с

Температурное поле соединения представлено на рис. 5. Для наглядности одна из нержавеющей труб была скрыта. Как видно из рисунка, основной разогрев элементов осуществляется по видимым частям, а передача тепла на невидимые части - за счет теплопроводности. За счет разности температурных характеристик материалов величина конечной температуры различная.

На рис. 6 представлено распределение интенсивности напряжений в элементах.

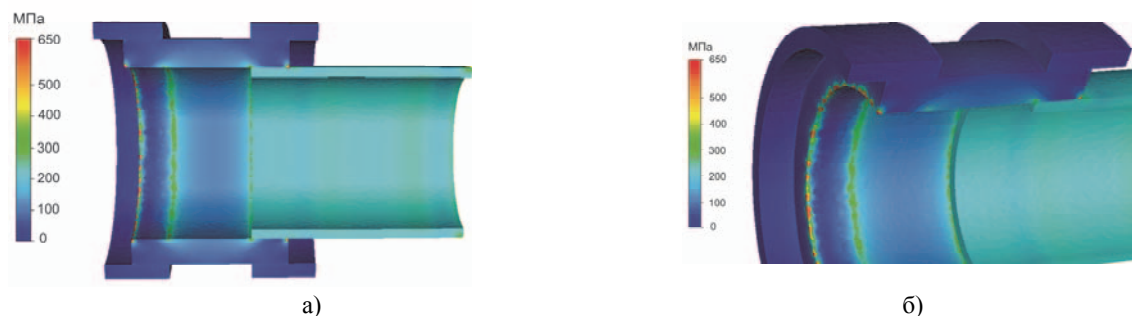


Рис.6. Распределение интенсивности напряжений в соединении: а – общий вид, б – на поверхности керамики

Как видно из рисунка, на поверхности керамики за счет интенсивного расширения нержавеющей трубы возникают значительные напряжения, что является следствием разности коэффициентов термического расширения керамики нержавеющей стали. Следует отметить, что на контакте керамики с коваром значительных напряжений не наблюдается вследствие близости значений коэффициентов термического расширения. Общий механизм воздействия нержавеющей трубы на керамику представлен на рис.7.

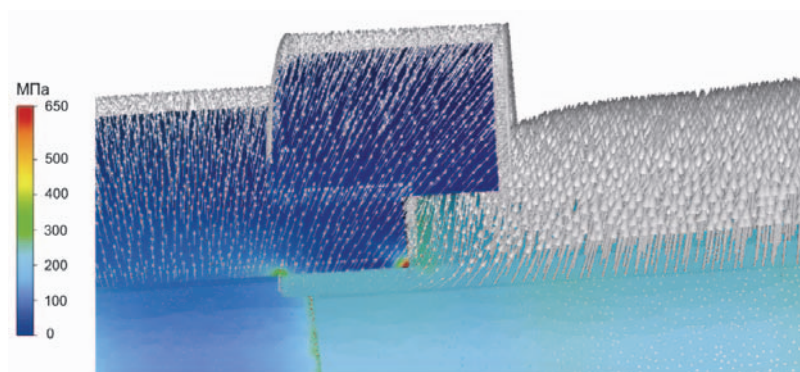


Рис.7. Векторы линейных перемещений в соединении

Результаты расчетов за весь период нагрева соединения в критических точках (точках максимальной интенсивности напряжений) на керамике представлены на рис. 8.

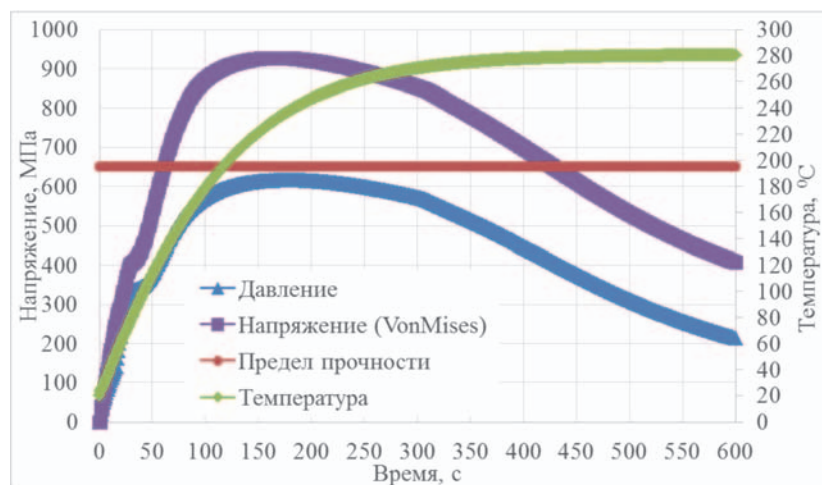


Рис. 8. Среднее изменение напряжений и температуры в критических точках керамики в зависимости от расчетного времени нагрева

Как видно из рисунка, с ростом температуры величина интенсивности напряжений в критических точках на поверхности керамики повышается. При этом она достигает своего максимума при температуре 232 °C, после чего начинает снижаться. Это можно объяснить снижением предела текучести нержавеющей стали с повышением температуры. Исходя из данных о пределе прочности керамики в 650 МПа, можно сделать вывод о максимально допустимой температуре процесса Bake-out для данного типа соединения, которая составляет 134 °C. После превышения данного порога температуры появляется высокая вероятность повреждения соединения или его разрушения за счет образования трещин на поверхности керамики.

Одним из направлений предотвращения разрушения металлокерамических высоковакуумных соединений при использовании процесса Bake-out является плавность или ступенчатость повышения температуры. Но данная задача требует дополнительных исследований.

В условиях вакуумной лаборатории на сверхвысоковакуумном стенде были проведены испытания металлокерамического соединения. Температура испытания составляла 130 °C, длительность откачки - 46 часов. В результате был получен вакуум $7 \cdot 10^{-9}$ торр.

Выводы

1. Разработан стенд для сверхвысоковакуумного испытания узлов ускорителя, который позволяет получить максимальный вакуум $7 \cdot 10^{-9}$ торр.
2. Расчетным путем определена максимально допустимая температура Bake-out процесса для металлокерамических соединений, которая составляет 134 °C.

Литература

1. Батыгин В. Н. Вакуумно-плотная керамика и ее спаи с металлами / Под ред. Н. Д. Девяткова. - М.: Энергия, 1973. – 408 с.

2. Vacuum Apparatus for Thermal Testing of Electronic Equipment / **Vardan Sh. Avagyan, Vahe A. Danielyan, Arture A. Gevorgyan, et al** // Proceedings of IVESC-ICEE-2014. - Saint-Petersburg, Russia, 2014. - P. 25.
3. Advanced Research Electron Accelerator Laboratory Based on Photocat Hode RF Gun / **B. Grigoryan, G. Amatuni, V. Avagyan, et al** // Proceedings of IPAC2011. - San Sebastián, Spain, 2011. - P. 1066 – 1068.
4. **Конюшков Г.В., Конюшков В.Г., Авагян В.Ш.** Специальные методы сварки плавлением в электронике: Учебное пособие для бакалавров. – М., 2014. – С. 34-38.
5. **Hablanian M.H.** High-vacuum technology a practical guide. - 2nd ed., rev. and expanded. - New York, 1997. – 406 p.
6. **Махненко В.И.** Расчетные методы, исследование кинетики сварочных напряжений и деформации. - Киев: Наукова думка, 1976.- 320 с.

20.04.2017.

**Վ.Վ. Վարդանյան, Վ.Ս. Դեկտիարով, Վ.Ա. Դանիելյան, Վ.Շ. Ավագյան,
Ա.Ա. Գևորգյան, Տ.Հ. Մկրտչյան**

ՄԵՏԱՂ-ԿԵՐԱՄԻԿԱ ՋՈՂՄԱՆ ԿԱՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ԵՎ ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄԸ ԳԵՐԲԱՐՁՐ ՎԱԿՈՒՈՒՄԱՅԻՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Ներկայացված է արագացուցիչների տարբեր հանգույցների գերբարձր վակուումային փորձարկումների համար նախագծված և պատրաստված ստենդ: Տրված են տարբեր մեթոդներով միացված նյութերի ջերմային փորձարկումների համար նախատեսված հիմնական պահանջները: Հաշվարկային եղանակով որոշվել է վակուումահերմետիկ մետաղ-կերամիկա միացությունների զազահեռացման ջերմաստիճանի օպտիմալ մակարդակը: Փորձնական եղանակով իրականացվել է կերամիկայի (22ХС) և մետաղների (կովարի և չժանգոտվող պողպատ 12Х18Н10Т) միացումը՝ Mo-Mn + Ni մետաղապատման եղանակի հիման վրա, և մետաղագիտական հետազոտությամբ ուսումնասիրվել է միացման տիրույթը: Փորձնական եղանակով իրականացվել է նաև ստացված մետաղ-կերամիկա միացությունների զազահեռացումը վակուումային ստենդում՝ $7 \cdot 10^{-9}$ տորր վակուումի և 130°C ջերմաստիճանի պայմաններում:

Առանցքային բառեր. ջերմային փորձարկումներ, գերբարձր վակուում, կերամիկա, զոդում, մետաղապատում:

**V.V. Vardanyan, V. S. Dekhtyarov, V.A. Danielyan, V.Sh. Avagyan,
A.A. Gevorgyan, T.H. Mkrtchyan**

INVESTIGATION AND TESTING OF BRAZED METAL-CERAMIC ZONES IN ULTRA HIGH VACUUM CONDITIONS

A test stand that was designed and fabricated for Ultra High Vacuum (UHV) experiments of accelerator various joints is presented. The main requirements for a thermal testing of materials, connected by different methods, are given. The optimal temperature level for vacuum tight metal-ceramic joints' outgassing was determined by calculations. Ceramics (22ХС) with metals (kovar and stainless steel 12Х18Н10Т) were experimentally joined based on the metallization method. At the same time the outgassing of the obtained metal-ceramic joints in the vacuum test stand at $7 \cdot 10^{-9}$ Torr vacuum and 130°C temperature was accomplished.

Keywords: thermal testings, Ultra High Vacuum (UHV), ceramics, brazing, metallization.

Варданын Ваагн Ваникович – аспирант, Фонд “КЕНДЛ”, Институт синхротронных исследований
Дехтярев Владимир Сергеевич – к.т.н., Фонд “КЕНДЛ”, Институт синхротронных исследований
Даниелян Ваге Александрович – аспирант, Фонд “КЕНДЛ”, Институт синхротронных исследований
Авагян Вардан Шаваршович – д.т.н., Фонд “КЕНДЛ”, Институт синхротронных исследований
Геворгян Артур Ашотович – с.н.с., Фонд “КЕНДЛ”, Институт синхротронных исследований
Мкртчян Тигран Гайкович – м. н. с., Фонд “КЕНДЛ”, Институт синхротронных исследований

Г.С. Караян, А.Г. Чибухчян

**ВЛИЯНИЕ СДВИГА ФАЗЫ ИМПУЛЬСА НА ФУНКЦИЮ ВИГНЕРА ДЛЯ
ОПТИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА КЕРРА**

Вычислена и исследована функция Вигнера для нелинейного диссипативного резонатора Керра под воздействием внешнего поля, когда поле накачки является последовательностью импульсов при постоянном сдвиге фаз относительно друг друга. Рассчитаны функции Вигнера при значениях сдвига фаз $\pi/2$, $\pi/4$, $\pi/8$. Установлено, что сдвигом фаз можно “включать-выключать” корреляцию двух осцилляторов Керра.

Ключевые слова: функция Вигнера, резонатор Керра, метод диффузии квантового состояния, состояние Фока, эффект Керра.

Введение. Бурное развитие обработки квантовой информации, квантовых компьютеров и квантовых расчетов выдвигает все новые задачи с точки зрения как физического осуществления, так и создания алгоритмов. В связи с этим растет “дерево исследований”. Одна ветвь этого дерева связана с использованием систем кубитов Керра в нелинейном резонаторе. Методы квантовой томографии состояния становились эффективным инструментом экспериментаторов и теоретиков. Одним из наиболее полезных примеров такого томографического метода является распределение фазового пространства функции Вигнера [1,2].

Как известно, метод диффузии квантового состояния (ДКС) [3–7] является эффективным для вычисления не только усредненных по ансамблю различных физических величин, но и квантовых распределений. К ним относятся, в первую очередь, распределение вероятности количества фотонов (или распределение чисел осцилляторов) $P(n)$, а также совместное распределение по координатам и импульсам системы, т.е. функция Вигнера $W(x,p)$. Будучи квантовым распределением в фазовом пространстве, а следовательно, носителем информации одновременно о координате и импульсе системы, функция Вигнера является наиболее часто используемой характеристикой сжатого состояния света. В связи с этим в настоящей работе поставлена цель рассмотреть влияние относительного сдвига фаз в последовательности импульсов внешнего поля на функцию Вигнера одно-, двух- и трехфотонного состояний Фока для керровского нелинейного резонатора. Эта задача без учёта сдвига фаз рассмотрена Г.Ю. Крюкчяном и его группой [8]. Поставленная здесь задача является продолжением работы [8].

Теория. Рассмотрим нелинейный осциллятор Керра в нелинейном резонаторе. Как и в работе [8], гамильтониан таких систем задаем соотношением

$$H = \Delta \alpha^+ \alpha + \chi (\alpha^+)^2 \alpha^2 + \hbar f(t) (\Omega \alpha^+ + \Omega^* \alpha), \quad (1)$$

но, в отличие от [8], в выражение последовательности импульсов внешнего поля $f(t)$ учитываем также сдвиг фазы $e^{i\varphi}$, то есть

$$f(t) = \sum e^{-(t-t_0-n\tau)^2/T^2} e^{i\varphi}. \quad (2)$$

В (1) a^+ и a - операторы рождения и уничтожения; $\Delta = \omega_0 - \omega$ - расстройка резонанса от собственной частоты осциллятора; Ω - константа связи пропорционально амплитуде внешнего поля; χ - коэффициент нелинейности; τ - расстояние между двумя последовательными импульсами; φ - сдвиг фазы между ними.

В данной статье нормируем функцию Вигнера следующим образом:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{d^2 \alpha}{\pi} W(\alpha) = 1, \quad (3)$$

где $x = \text{Re} \alpha$, $y = \text{Im} \alpha$ - безразмерные переменные координаты импульса.

Функция Вигнера задается с помощью матрицы плотности

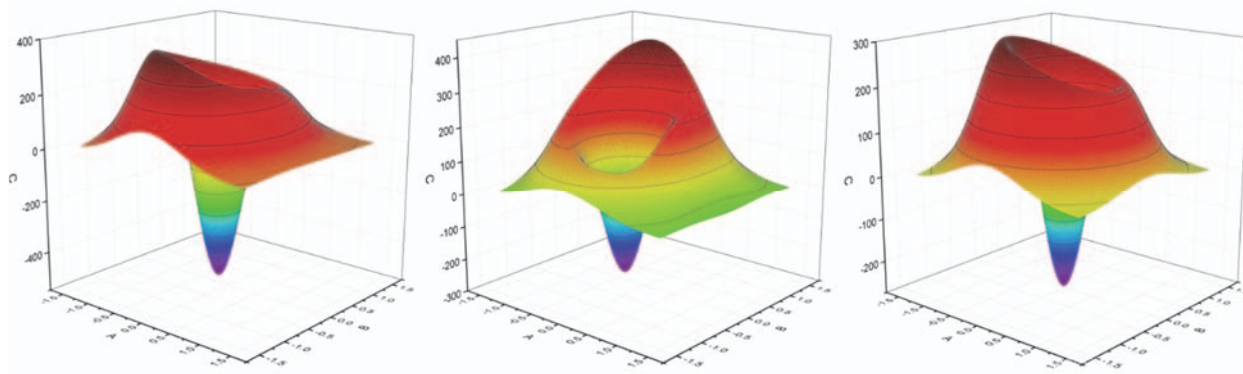
$$W(r, \theta) = \sum_{n,m} \rho_{nm}(t) W_{mn}(r, \theta). \quad (4)$$

Выражение (4) для функции Вигнера имеет упрощенный вид и, как показывают численные расчеты, приводит к точным результатам, т.е. приближенно соответствует общеизвестным выражениям для функции Вигнера, которые могут быть вычислены также другими методами. С другой стороны, с помощью такого метода можно сравнительно получить приблизительный результат для квантовых систем, анализ которых очень затруднителен даже известными численными методами, включая стандартный метод ДКС. Энергетические уровни осциллятора задаются следующим соотношением:

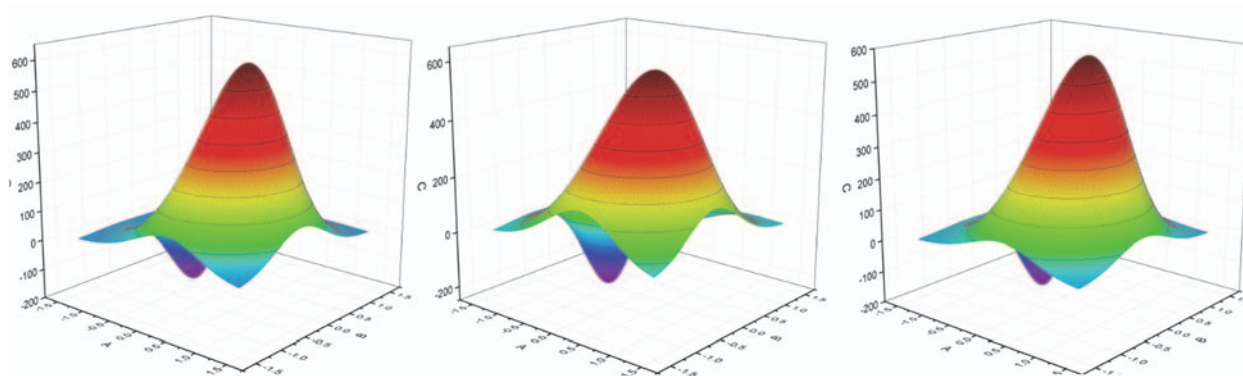
$$E_n = E_0 + \hbar\omega_0 n + \chi n(n-1), \quad (5)$$

где $n = 0, 1, 2, 3 \dots$. Для того чтобы получить однофотонную блокаду, необходимо осуществить переход $|0\rangle \rightarrow |1\rangle$, т.е. выбрать соответствующую резонансную частоту внешнего поля для этого перехода. Для этого выбираем следующие параметры поля: $T\gamma = 0.4, \tau\gamma = 5.5, \Omega\gamma = 6, \chi = 15$. Учитывая формулу (5), можем сказать, что разница энергетических уровней $|0\rangle \rightarrow |k\rangle$ задается формулой $k\hbar\omega_k = E_{k0}$, и если рассмотрим случай $k = 1$, то получим $E_{10} = \hbar\omega_0$, следовательно, $\omega_1 = \omega_0$.

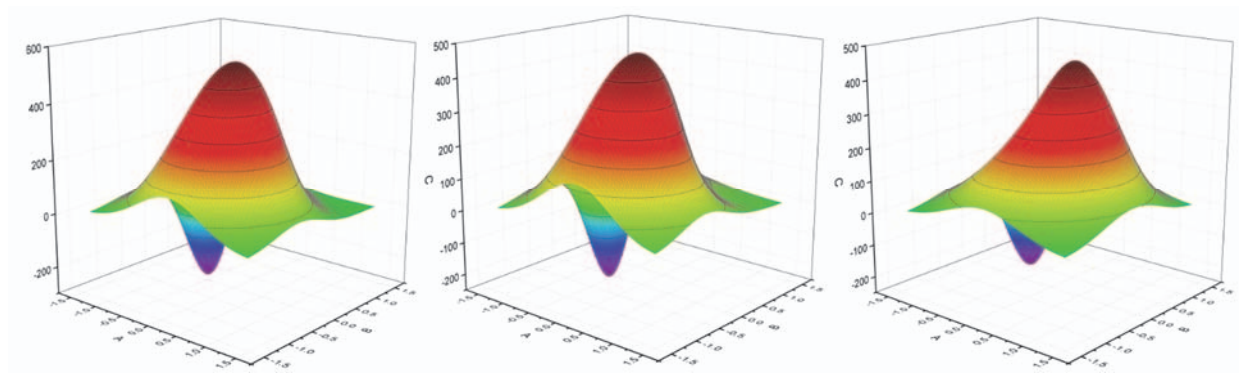
На рис 1-9 в графическом виде приведены результаты расчетов функции Вигнера для разных случаев состояния Фока.



a)



б)



в)

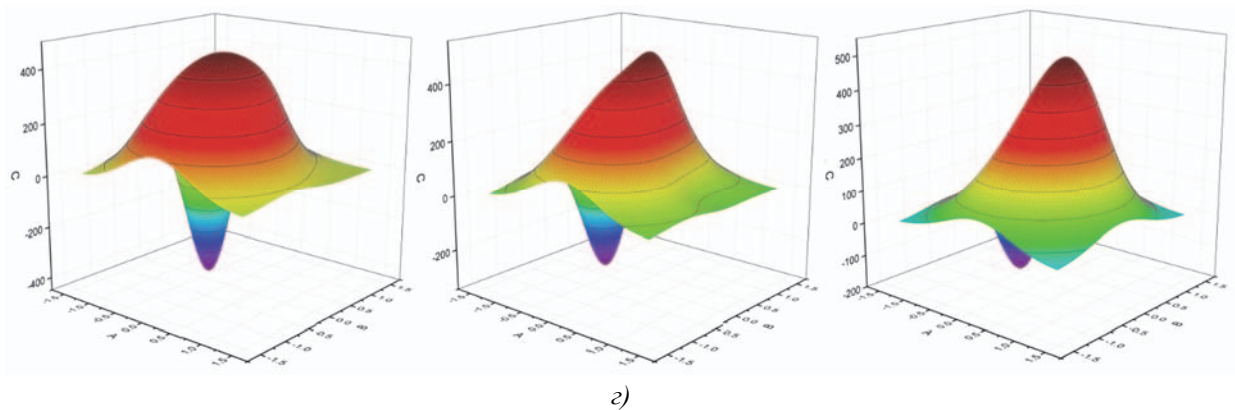


Рис. 1. Временная эволюция однофотонного состояния Фока при сдвиге: а- $\varphi = 0$, б- $\varphi = \pi/2$, в- $\varphi = \pi/4$, г- $\varphi = \pi/8$

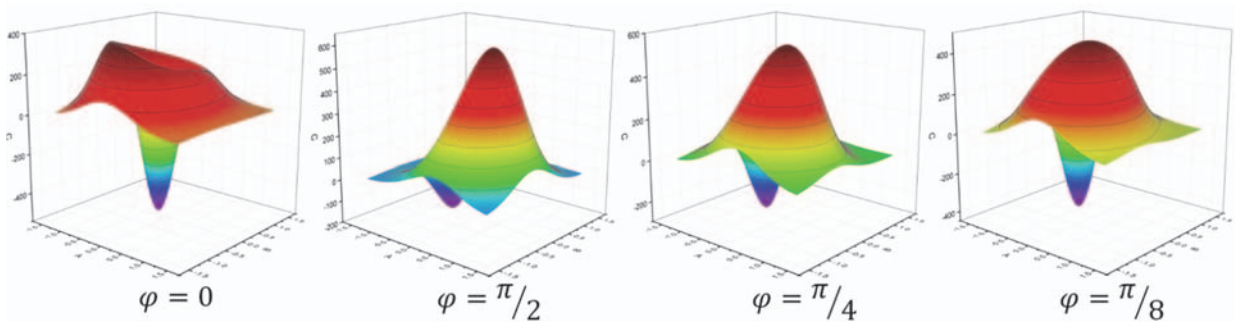


Рис. 2. Влияние фазы импульса на однофотонную функцию Вигнера в одно и то же время, но для разных фаз

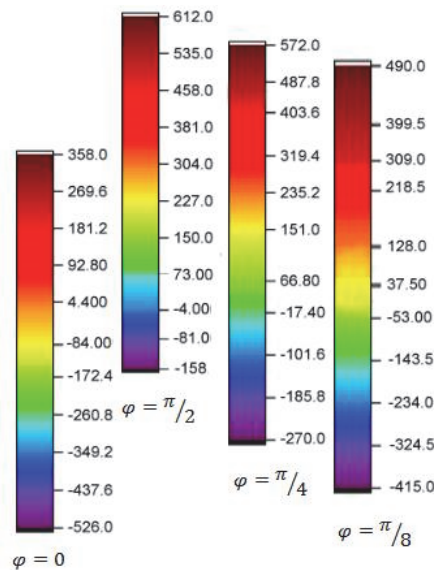
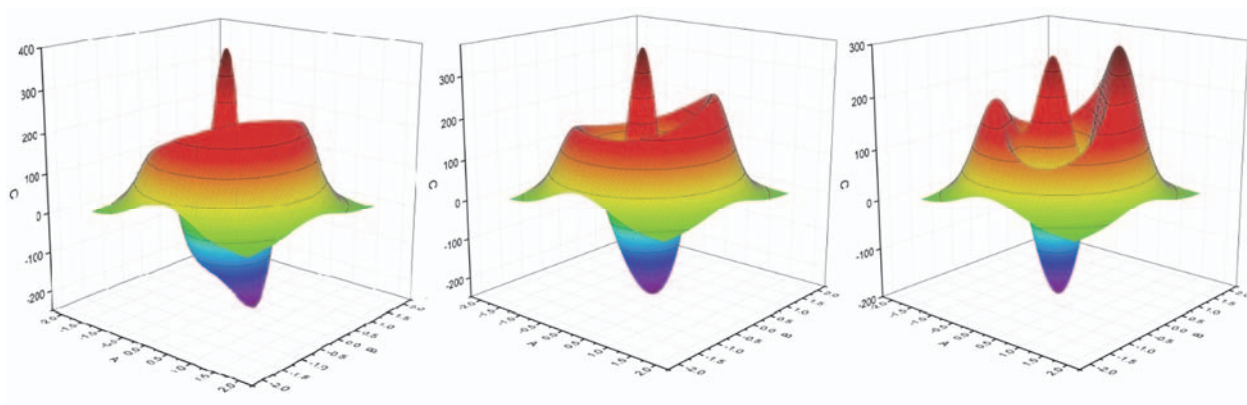
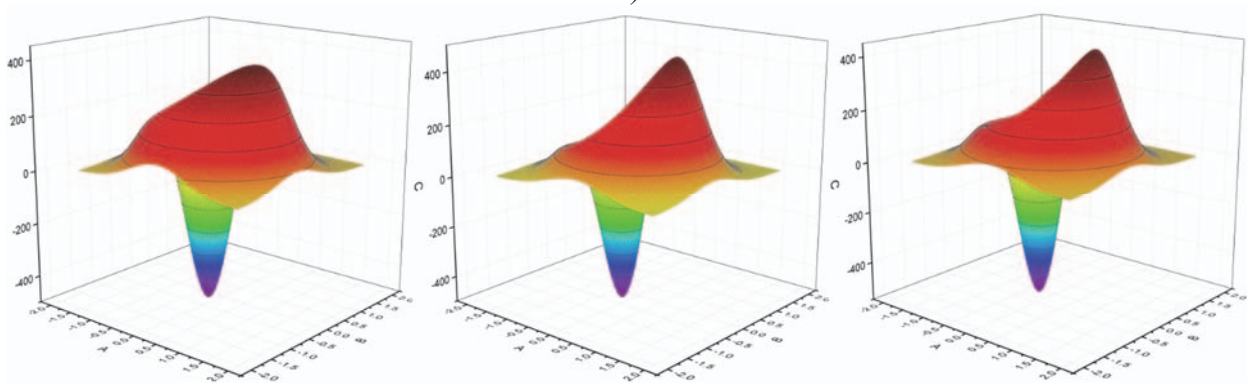


Рис. 3. Изменение шкалы, описывающей однофотонную функцию Вигнера при сдвиге фаз $0, \pi/2, \pi/4, \pi/8$

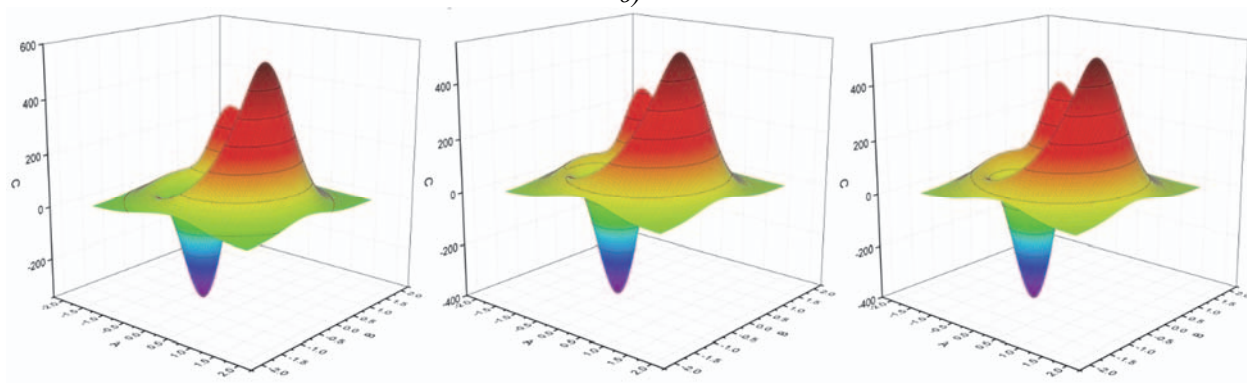
Рассмотрим временную эволюцию функции Вигнера для двухфотонного состояния Фока. Для того чтобы получить двухфотонную блокаду, необходимо осуществить переход $|0\rangle \rightarrow |2\rangle$, т.е. выбрать соответствующую резонансную частоту внешнего поля для этого перехода. Для второго состояния Фока параметры поля равны $T\gamma = 0,4$, $\tau\gamma = 5,5$, $\Omega\gamma = 12$, $\chi = 30$. Учитывая формулу (5), рассматривая случай $k = 2$, получим $E_{20} = 2\hbar\omega_0 + 2\chi$, следовательно, $\omega_2 = \omega_0 + \chi$.



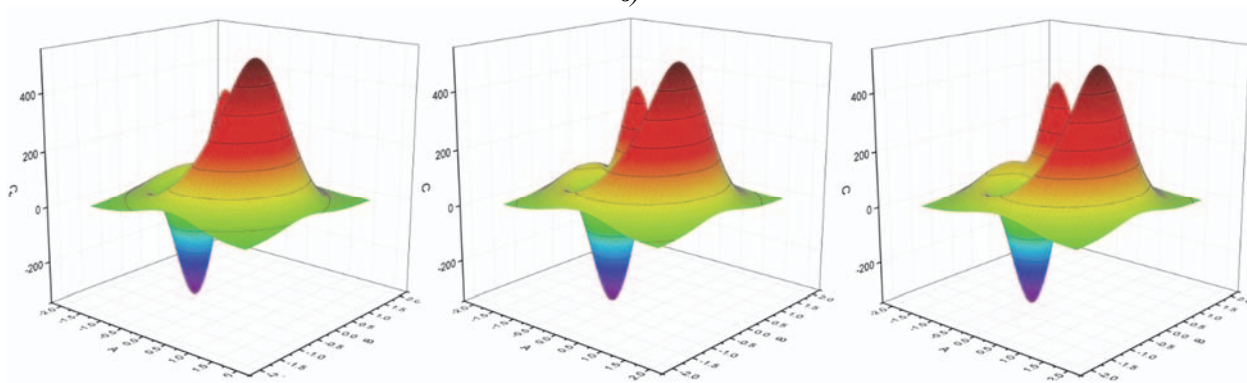
a)



б)



в)



г)

Рис. 4. Временная эволюция двухфотонной функции Вигнера при сдвиге: а- $\varphi = 0$, б- $\varphi = \pi/2$, в- $\varphi = \pi/4$, г- $\varphi = \pi/8$

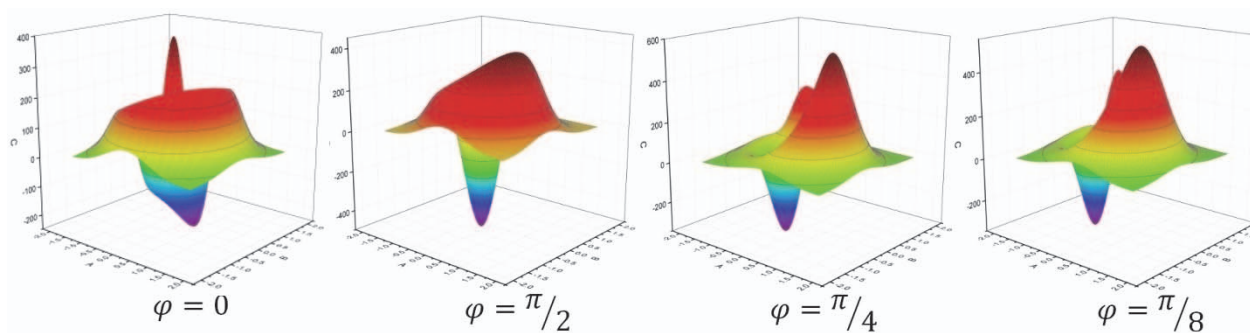


Рис. 5. Влияние фазы импульса на двухфотонную функцию Вигнера в одно и то же время, но для разных фаз

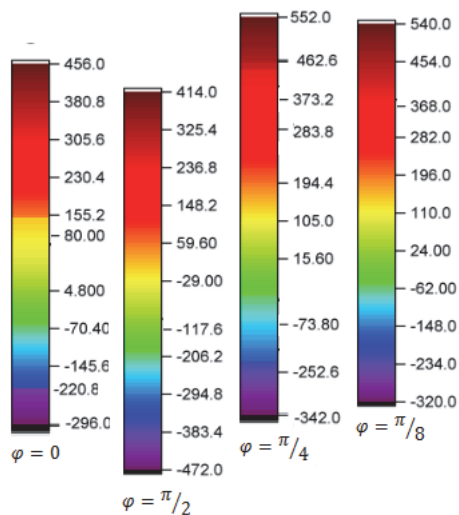
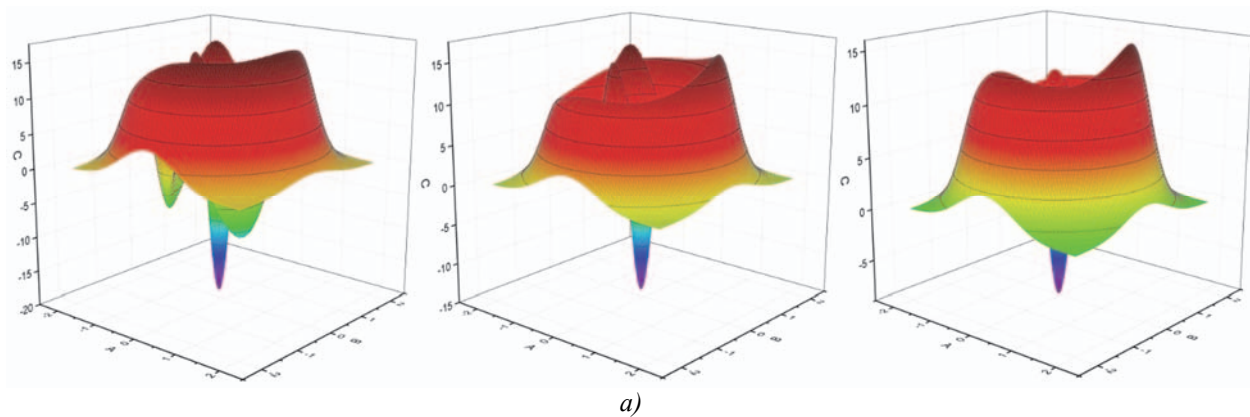


Рис. 6. Изменение шкалы, описывающей двухфотонную функцию Вигнера при сдвиге фаз 0, $\pi/2$, $\pi/4$, $\pi/8$

Рассмотрим функции Вигнера для трехфотонного состояния Фока. Для того чтобы получить трехфотонную блокаду, необходимо осуществить переход $|0\rangle \rightarrow |3\rangle$, т.е. выбрать соответствующую резонансную частоту внешнего поля для этого перехода. Для второго состояния Фока параметры поля равны $T\gamma = 0,4$, $\tau\gamma = 5,5$, $\Omega\gamma = 12$, $\chi = 11$. Учитывая формулу (5) и рассматривая случай $k = 3$, получим $E_{30} = 3\hbar\omega_0 + 6\chi$ и, следовательно, $\omega_2 = \omega_0 + 2\chi$.



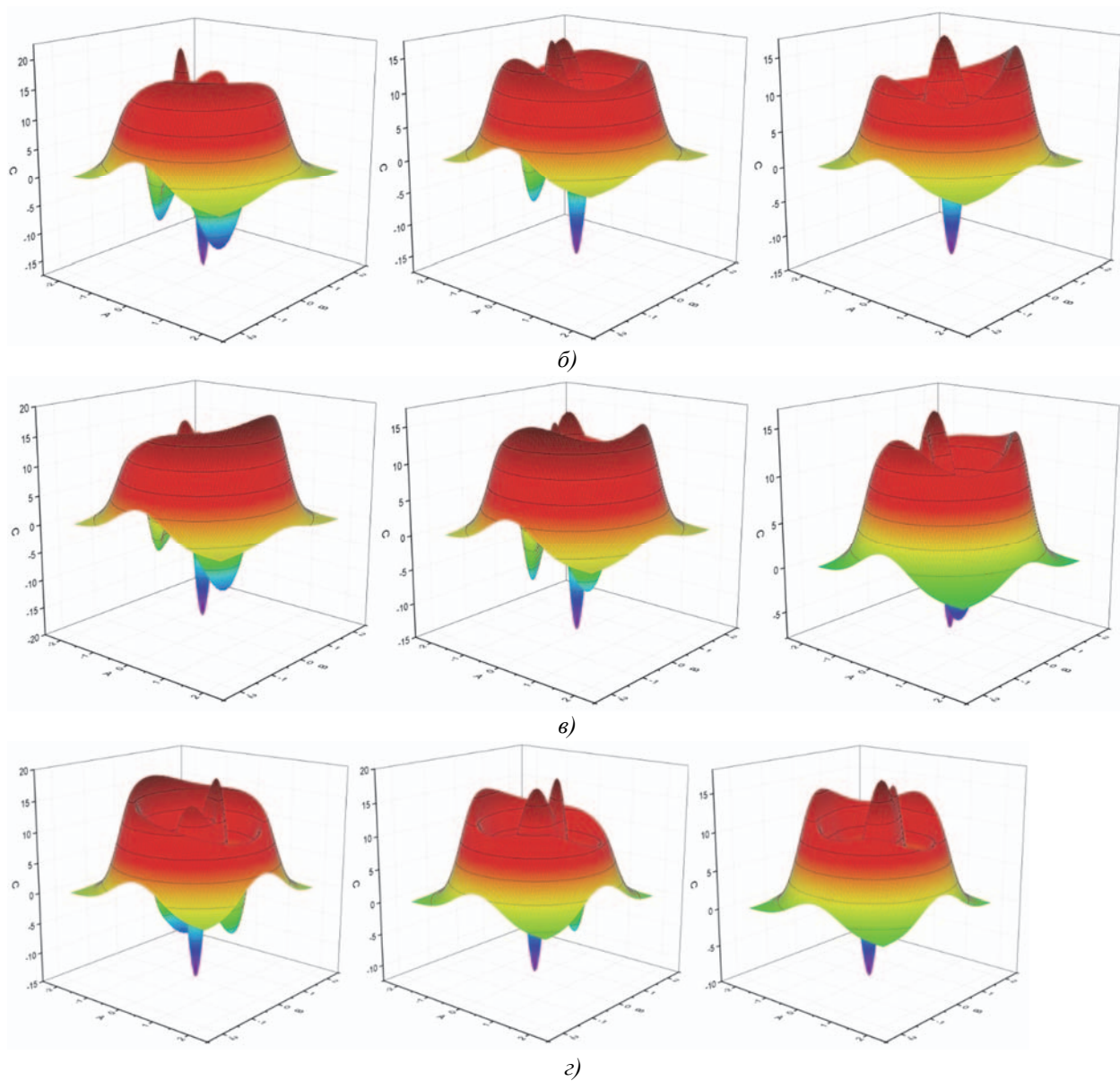


Рис. 7. Временная эволюция трехфотонной функции Вигнера при сдвиге: а- $\varphi = 0$, б- $\varphi = \pi/2$, в - $\varphi = \pi/4$, г- $\varphi = \pi/8$

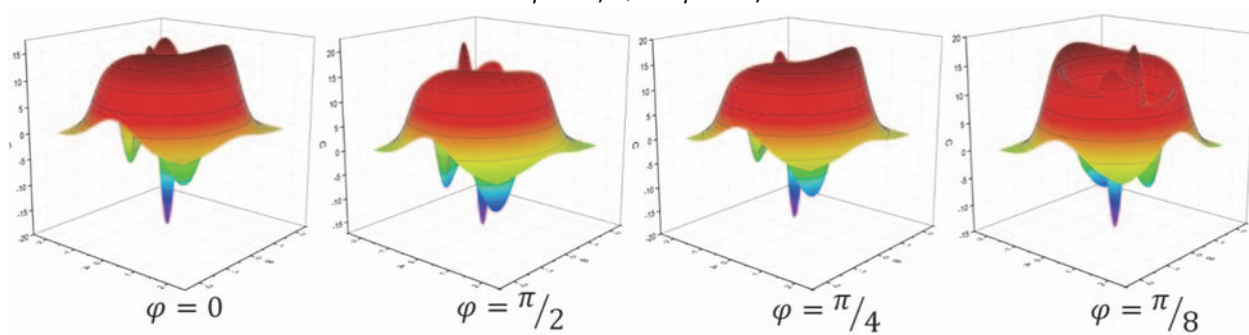


Рис. 8. Влияние фазы импульса на трехфотонную функцию Вигнера в одно и то же время, но для разных фаз

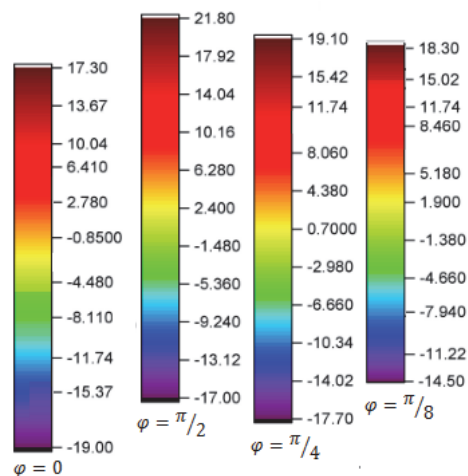


Рис. 9. Изменение шкалы, описывающей трехфотонную функцию Вигнера при сдвиге фаз $0, \pi/2, \pi/4, \pi/8$

Аналогичным способом исследуется также функция Вигнера для комбинированной системы двух кубитов Керра.

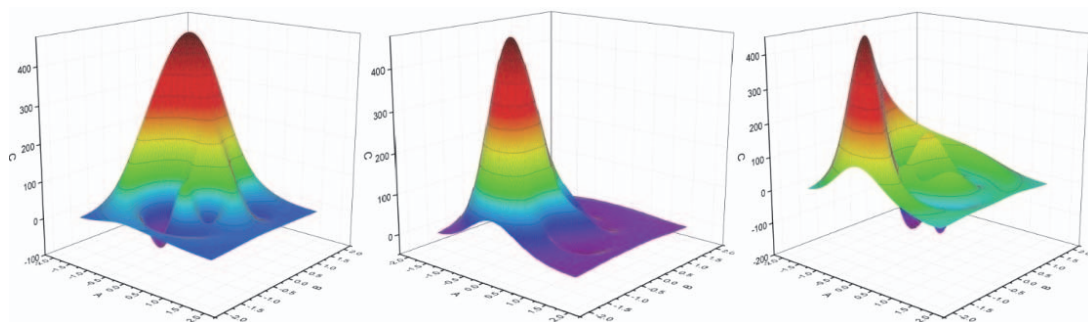


Рис. 10. Временная эволюция функции Вигнера для комбинированной системы двух кубитов Керра при $\varphi = 0$

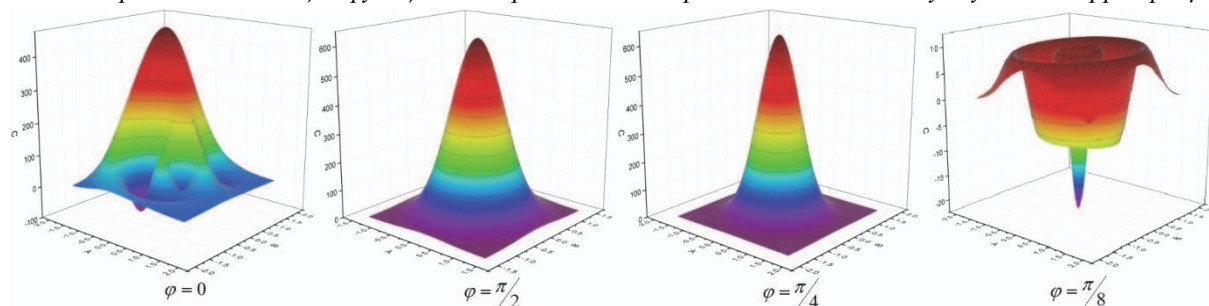


Рис. 11. Влияние фазы импульса для комбинированной системы функции Вигнера в одно и то же время, но для разных фаз

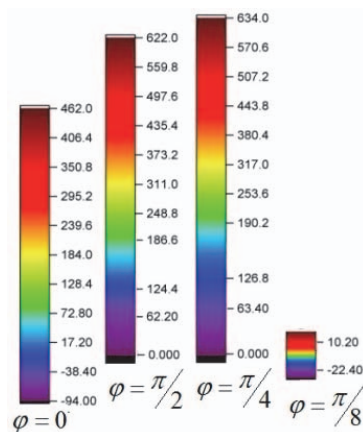


Рис. 12. Изменение шкалы, описывающей функцию Вигнера для комбинированной системы двух кубитов при сдвиге фаз $0, \pi/2, \pi/4, \pi/8$

Из результатов численных исследований значения функции Вигнера следует, что влияние сдвига фаз импульсов существенно, так как относительное изменение составляет 71; 33 и 26% для однофотонного, двухфотонного и трехфотонного импульсов соответственно. Численное исследование функции Вигнера когерентно коррелированной системы ячеек Керра показывает, что влияние сдвига фаз существенно также для управления в системе корреляцией.

Заключение. В последовательности управляющих импульсов рассмотрены сдвиги фаз по углам $\pi/2$, $\pi/4$, $\pi/8$ при тех же параметрах, что и в работе [9], для случая без учета сдвига. Численное рассмотрение показывает, что сдвиг фаз в последовательности управляющих импульсов приводит к изменению значения, формы, размера и конфигурации функции Вигнера. Убывание относительного изменения функции Вигнера с ростом числа фотонов в импульсе обусловлено аналогичным поведением соответствующих вероятностей. Кроме того, так как графическое представление функции Вигнера наглядно показывает порог появления-исчезновения неклассического поведения света, то полученные здесь результаты позволяют для нужного фоковского состояния кубитов Керра определить соответствующий сдвиг фаз импульсов. В частности, сравнение рис. 11 и 10 показывает, что в комбинированной системе двух кубитов Керра “неклассичность” и квантовая корреляция полностью отсутствуют при сдвиге фаз на углы $\pi/2$ и $\pi/4$, а при угле $\pi/8$ - они появляются. Это свойство связанных нелинейных осцилляторов с учётом диссипации на зеркалах резонатора является очень полезным при обработке информации в квантовых компьютерах. Таким образом, сдвиг фаз в импульсах можно использовать в качестве дополнительного управляющего параметра.

Литература

1. Манько О.В. Томографическое представление квантовой механики и квантование на основе звездочного произведения // Теоретическая физика. - 2008. - 9. - С. 101-113.
2. Геворгян Т.В., Крючкян Г.Ю. Параметрическое возбуждение осцилляторных состояний и симметрия в фазовом пространстве // Известия НАН Армении. Физика. - 2013. - Т. 48, №3, - С.161-167.
3. Gisin N., Percival I.C. Quantum state diffusion, localization and quantum dispersion entropy // J. Phys. A 26. - 1993. - P. 2236.
4. Gisin N. and Percival I.C. The quantum state diffusion picture of physical processes // J.Phys. A 26. -1993. - P. 2245.
5. Gisin N. and Percival I.C. Wave-function approach to dissipative processes: are there quantum jumps? // Phys. Lett. A 167. - 1992. - P. 315.
6. Gisin N. and Percival I.C. The quantum-state diffusion model applied to open systems // J.Phys. A 25. - 1992. - P. 5677.
7. Quantum state diffusion theory and a quantum jump experiment / N. Gisin, P.L Knight, I.C. Percival, et al // J. Modern Optics. - 1993. - 40 (9). - P. 1663.
8. Hovsepyan G.H., Shahinyan A.R., Kryuchkian G.Yu. Multiphoton blockades in pulsed regimes beyond stationary limits // Phys. Rev. A. -2014. - 90. - P. 2-7.

10.04.2017.

Հ.Ս. Կարայան, Ա.Գ. Չիբուխչյան

ՔԵՐՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՌԵԶՈՆԱՏՈՐԻ ՀԱՄԱՐ ՎԻԳՆԵՐԻ ՖՈՒՆԿՑԻԱՅԻ ՎՐԱ ԻՄՊՈՒԼՍԻ ՓՈՒԼԱՅԻՆ ՇԵՂՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ

Հաշվարկվել և հետազոտվել է Վիգների ֆունկցիան Քերրի ոչ գծային դիսիպատիվ ռեզոնատորի համար, որը գտնվում է իմպուլսների հաջորդականությամբ տրված արտաքին դաշտի ազդեցության տակ, որոնք միմյանց նկատմամբ ունեն հաստատուն փուլային շեղում: Հաշվարկվել է Վիգների ֆունկցիան $\pi/2$, $\pi/4$, $\pi/8$ փուլային շեղումների դեպքում: Պարզվել է, որ փուլային շեղումը կարող է <<միացնել- անջատել>> երկու Քերրի օսցիլյատորների կոռելյացիան:

Առանցքային բառեր. Վիգների ֆունկցիա, Քերրի ռեզոնատոր, քվանտային վիճակի դիֆուզիայի մեթոդ, Ֆոկի վիճակ, Քերրի էֆեկտ:

H.S. Karayan, A. G. Chibukhchyan

THE IMPACT OF THE PHASE DEVIATION OF PULSES ON THE WIGNER'S FUNCTION FOR THE KERR OPTICAL RESONATOR

The Wigner function for a Kerr nonlinear dissipative resonator is calculated and investigated under the influence of an external field when the pump field is a sequence of pulses with a constant phase shift relative to each other. The Wigner functions are calculated for the values of the phase shift $\pi/2$, $\pi/4$, $\pi/8$. It is established that the phase shift can "turn on / off" the correlation of two Kerr oscillators.

Keywords: Wigner function, Kerr resonator, quantum state diffusion method, Fock state, Kerr effect.

Караян Гамлет Суменович - чл.-корр. НАН РА, профессор ЕГУ
Чибухчян Артуш Григорович – аспирант, ЕГУ

С.О. Симонян, А.В. Меликян

АЛГЕБРА МАТРИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ОБЛАСТИ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Рассмотрены основные операции алгебры матричных вычислений в области так называемых дифференциальных преобразований, в общем случае отличающихся от аналогичных операций алгебры скалярных вычислений в той же области.

Ключевые слова: интегральные преобразования, дифференциальные преобразования, алгебра скалярных вычислений, алгебра матричных вычислений.

Введение. Многочисленные разновидности интегральных преобразований, применяемые с целью упрощения вычислительных процедур по решению различных научно-технических задач, достаточно хорошо известны (в частности, [1-5]). Известны также их определенные достоинства и недостатки. В числе последних можно отметить следующий основной недостаток: как при переходе из области оригиналов в область изображений, так и при обратном переходе используются достаточно трудоемкие операции интегрирования. Упрощения вычислительных процедур по решению этих задач достигают также использованием дифференциальных преобразований (в частности, [6,7]). При этих преобразованиях переход из области оригиналов в область изображений осуществляется на основе сравнительно простой операции - дифференцирования, а обратный переход - суммирования. В частности, дифференциально-тейлоровские (ДТ) преобразования имеют вид

$$X(K) = \frac{H^K}{K!} \cdot \frac{d^K x(t)}{dt^K} \Big|_{t=t_v}, \quad x(t) = \sum_{K=0}^{\infty} \left(\frac{t-t_v}{H} \right)^K \cdot X(K),$$

где $X(K)$ - дискрет (изображение) оригинала $x(t)$ или некоторая числовая функция целочисленного аргумента $K = 0, \infty$; H - масштабная постоянная; t_v - центр аппроксимации.

Математический аппарат. При скалярных оригиналах $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ и изображающих T -функциях, т.е. дифференциальных изображениях $X(K)$, $Y(K)$, $Z(K)$, $K = 0, \infty$, основные свойства ДТ-преобразований хорошо известны (см. [6, стр. 14-23]). Однако, как показывают исследования, при матричных операциях часть этих свойств сохраняется, а часть - принципиально отличается от соответствующих свойств. Остановимся на них, обозначив матричные оригиналы через $X(t)$, $Y(t)$, $Z(t)$, а их изображающие матричные T -функции - через $X(K)$, $Y(K)$, $Z(K)$ соответственно. Кратко изложим эти свойства.

1. Нулевые матричные дискреты изображений $X(0)$, $Y(0)$, $Z(0)$ равны начальным значениям оригиналов $X(t)$, $Y(t)$, $Z(t)$ в центре аппроксимации $t = t_v$, т.е.

$$\begin{aligned} X(0) &= X(t) \Big|_{t=t_v}, \\ Y(0) &= Y(t) \Big|_{t=t_v}, \\ Z(0) &= Z(t) \Big|_{t=t_v}. \end{aligned} \tag{1}$$

2. Конечные значения оригиналов $X(t)$, $Y(t)$, $Z(t)$ при $t_v = 0$, $t = H$ равны суммам дискретов изображений, т.е.

$$\begin{aligned} X(H) &= \sum_{K=0}^{\infty} X(K) = X(0) + X(1) + X(2) + \dots, \\ Y(H) &= \sum_{K=0}^{\infty} Y(K) = Y(0) + Y(1) + Y(2) + \dots, \\ Z(H) &= \sum_{K=0}^{\infty} Z(K) = Z(0) + Z(1) + Z(2) + \dots. \end{aligned} \tag{2}$$

3. Конечные значения производных от оригиналов $X(t)$, $Y(t)$, $Z(t)$ по t через дискреты изображающих функций при $t_v = 0$ выражаются следующим образом:

$$\left[\frac{dX(t)}{dt} \right]_{t=H} = \frac{1}{H} \cdot (X(1) + 2 \cdot X(2) + 3 \cdot X(3) + \dots) = \frac{1}{H} \cdot \sum_{K=0}^{\infty} (K+1) \cdot X(K+1),$$

$$\left[\frac{d^2 X(t)}{dt^2} \right]_{t=H} = \frac{1}{H^2} \cdot (2 \cdot X(2) + 6 \cdot X(3) + 12 \cdot X(4) + \dots) = \frac{1}{H^2} \cdot \sum_{K=0}^{\infty} (K+1) \cdot (K+2) \cdot X(K+2), (3)$$

.....

$$\left[\frac{d^m X(t)}{dt^m} \right]_{t=H} = \frac{1}{H^m} \cdot \sum_{K=0}^{\infty} \frac{(K+m)!}{K!} X(K+m).$$

Аналогичные соотношения можно получить и для $Y(t)$, $Z(t)$.

4. При умножении оригинала $X(t)$ на постоянную C имеем

$$C \cdot X(t) \xrightarrow{\quad} \begin{cases} C \cdot X(K) = X(K) \cdot C, & \text{если } C - \text{скаляр,} \\ C \cdot X(K) \neq X(K) \cdot C, & \text{если } C - \text{матрица и } C \text{ и } X(K) - \text{не перестановочны.} \end{cases} (4)$$

5. При алгебраической сумме оригиналов имеем алгебраическую сумму их изображений, т.е.

$$Z(t)_{mxn} = X(t)_{mxn} \pm Y(t)_{mxn} \xrightarrow{\quad} Z(K)_{mxn} = X(K)_{mxn} \pm Y(K)_{mxn}. (5)$$

6. При произведении оригиналов имеем конечную алгебраическую свертку их изображений, т.е.

$$\begin{aligned} Z(t)_{mxp} &= X(t)_{mxn} \cdot Y(t)_{npx} \xrightarrow{\quad} Z(K)_{mxp} = X(K)_{mxn} * Y(K)_{npx} = \\ &= \sum_{l=0}^K X(l) \cdot Y(K-l) = \sum_{l=0}^K X(K-l) \cdot Y(K-l) \neq Y(K) * X(K) = \\ &= \sum_{l=0}^K Y(l) \cdot X(K-l) = \sum_{l=0}^K Y(K-l) \cdot X(l) \end{aligned} (6)$$

(если, конечно, матрицы $X(t)$ и $Y(t)$ не перестановочны), откуда:

при $K=0$:

$$Z(0)_{mxp} = X(0)_{mxn} \cdot Y(0)_{npx} \neq Y(0) \cdot X(0); (6a)$$

при $K=1$:

$$\begin{aligned} Z(1)_{mxp} &= X(1) \cdot Y(0) + X(0) \cdot Y(1) = [X(1) \mid X(0)]_{mx2n} \cdot \left[\begin{array}{c} Y(0) \\ \hline Y(1) \end{array} \right]_{2npx} = [X(0) \mid X(1)]_{mx2n} \cdot \left[\begin{array}{c} Y(1) \\ \hline Y(0) \end{array} \right]_{2npx} \neq \\ &\neq Y(0) \cdot X(1) + Y(1) \cdot X(0) = [Y(0) \mid Y(1)] \cdot \left[\begin{array}{c} X(1) \\ \hline X(0) \end{array} \right] = [Y(1) \mid Y(0)] \cdot \left[\begin{array}{c} X(0) \\ \hline X(1) \end{array} \right]; \end{aligned} (66)$$

при $K=2$:

$$Z(2)_{mxp} = X(2) \cdot Y(0) + X(1) \cdot Y(1) + X(0) \cdot Y(2) = [X(2) \mid X(1) \mid X(0)]_{mx3n} \cdot \left[\begin{array}{c} Y(0) \\ \hline Y(1) \\ \hline Y(2) \end{array} \right]_{3npx} =$$

$$= [X(0) \mid X(1) \mid X(2)] \cdot \left[\begin{array}{c} Y(2) \\ \hline Y(1) \\ \hline Y(0) \end{array} \right] \neq$$

$$\neq Y(0) \cdot X(2) + Y(1) \cdot X(1) + Y(2) \cdot X(0) = [Y(0) \mid Y(1) \mid Y(2)] \cdot \left[\begin{array}{c} X(2) \\ \hline X(1) \\ \hline X(0) \end{array} \right] =$$

$$= [Y(2) \mid Y(1) \mid Y(0)] \cdot \begin{bmatrix} X(0) \\ X(1) \\ X(2) \end{bmatrix}; \quad (6в)$$

⋮

при $K=K$:

$$\begin{aligned} Z(K)_{mxp} &= X(K) \cdot Y(0) + X(K-1) \cdot Y(1) + \dots + X(1) \cdot Y(K-1) + X(0) \cdot Y(K) = \\ &= [X(K) \mid X(K-1) \mid \dots \mid X(1) \mid X(0)]_{mx(K+1) \cdot n} \cdot \begin{bmatrix} Y(0) \\ Y(1) \\ \vdots \\ Y(K-1) \\ Y(K) \end{bmatrix}_{(K+1) \cdot nxp} = \\ &= [X(0) \mid X(1) \mid \dots \mid X(K-1) \mid X(K)]_{mx(K+1) \cdot n} \cdot \begin{bmatrix} Y(K) \\ Y(K-1) \\ \vdots \\ Y(1) \\ Y(0) \end{bmatrix}_{(K+1) \cdot nxp} \neq \\ &\neq Y(0) \cdot X(K) + Y(1) \cdot X(K-1) + \dots + Y(K-1) \cdot X(1) + Y(K) \cdot X(0) = \\ &= [Y(0) \mid Y(1) \mid \dots \mid Y(K-1) \mid Y(K)] \cdot \begin{bmatrix} X(K) \\ X(K-1) \\ \vdots \\ X(1) \\ X(0) \end{bmatrix} = \\ &= [Y(K) \mid Y(K-1) \mid \dots \mid Y(1) \mid Y(0)] \cdot \begin{bmatrix} X(0) \\ X(1) \\ \vdots \\ X(K-1) \\ X(K) \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (6г)$$

Объединив соотношения (6а)-(6г) по определению матричных дискретов $Z(0)$, $Z(1)$, $Z(2)$, ..., $Z(K)$, приходим к следующему гиперматрично-гипервекторно-блочному представлению:

$$\begin{bmatrix} Z(0) \\ Z(1) \\ Z(2) \\ \vdots \\ Z(K) \end{bmatrix}_{(K+1)mxp} = \begin{bmatrix} X(0) & 0 & \dots & 0 \\ X(1) & X(0) & \dots & 0 \\ X(2) & X(1) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X(K) & X(K-1) & \dots & X(0) \end{bmatrix}_{(K+1)mx(K+1) \cdot n} \cdot \begin{bmatrix} Y(0) \\ Y(1) \\ Y(2) \\ \vdots \\ Y(K) \end{bmatrix}_{(K+1) \cdot nxp}, \quad (7а)$$

или в компактной записи:

$$Z(\bullet) = X(\bullet) \cdot Y(\bullet). \quad (7б)$$

Нетрудно убедиться, что определения матричных дискретов $Z(0)$, $Z(1)$, $Z(2)$, ..., $Z(K)$ можно достичь и применением следующего гиперматрично-блочного представления с фундаментальными гиперматричными нижнетреугольно-блочными избыточными структурами:

$$\begin{bmatrix} Z(0) & 0 & \dots & 0 \\ Z(1) & Z(0) & \dots & 0 \\ Z(2) & Z(1) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z(K) & Z(K-1) & \dots & Z(0) \end{bmatrix}_{(K+1)mx(K+1) \cdot p} = \begin{bmatrix} X(0) & 0 & \dots & 0 \\ X(1) & X(0) & \dots & 0 \\ X(2) & X(1) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X(K) & X(K-1) & \dots & X(0) \end{bmatrix}_{(K+1)mx(K+1) \cdot n} \times \\
\times \begin{bmatrix} Y(0) & 0 & \dots & 0 \\ Y(1) & Y(0) & \dots & 0 \\ Y(2) & Y(1) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y(K) & Y(K-1) & \dots & Y(0) \end{bmatrix}_{(K+1)nx(K+1) \cdot p}, \quad (8a)$$

или в компактной записи:

$$Z(\bullet) = X(\bullet) \cdot Y(\bullet). \quad (8б)$$

Очевидно, это представление обладает достаточно высокой избыточностью при определении матричных дискретов $Z(0), Z(1), \dots, Z(K)$ (содержит $(K+1)$ соотношений по определению $Z(0)$, K соотношений по определению $Z(1)$, $(K-1)$ соотношений по определению $Z(2), \dots$, два соотношения по определению $Z(K-1)$ и, наконец, одно соотношение по определению $Z(K)$). Таким образом, избыточность представления (8a) (или (8б)) равна $((K+1) + K + (K-1) + \dots + 2 + 1) - (K+1) = 0,5 \cdot K \cdot (K+1)$.

Замечание 1. Представление (8a) (или (8б)) конструктивно эффективнее представления (7a) (или (7б)) с точки зрения параллельного программирования [8], несмотря на его избыточность.

Замечание 2. Фундаментальные гиперматричные нижнетреугольно-блочные избыточные структуры типа $Z(\bullet)$, $X(\bullet)$, $Y(\bullet)$ впервые были использованы в работе [8] при определении однопараметрических обобщенных обратных матриц Мура-Пенроуза.

7. При возведении матрицы-оригинала $X(t)$ в квадрат (что, естественно, может иметь место лишь только при $m = n = p$, т.е. при квадратных матрицах), т.е. при $Y(t) = X^2(t)$, имеем конечную алгебраическую свертку

$$Y(t) = X^2(t) \quad \underline{=} \quad X(K) * X(K) = \sum_{l=0}^K X(K-l)X(l) = \sum_{l=0}^K X(l)X(K-l) \quad (9)$$

(частный случай пункта 6 при $X(t)_{mxm} = Y(t)_{mxm}$), откуда:

при $K=0$:

$$Y(0) = X^2(0); \quad (9a)$$

при $K=1$:

$$Y(1) = X(1) \cdot X(0) + X(0) \cdot X(1); \quad (9б)$$

при $K=2$:

$$Y(2) = X(2) \cdot X(0) + X(1) \cdot X(1) + X(0) \cdot X(2); \quad (9в)$$

$\vdots$

при $K=K$:

$$Y(K) = X(K) \cdot X(0) + X(K-1) \cdot X(1) + \dots + X(1) \cdot X(K-1) + X(0) \cdot X(K). \quad (9г)$$

Аналогично, объединение соотношений (9a)-(9г) по определению матричных дискретов $Y(0), Y(1), Y(2), \dots, Y(K)$ приводит к следующему гиперматрично-гипервекторно-блочному представлению:

$$\begin{bmatrix} Y(0) \\ Y(1) \\ Y(2) \\ \vdots \\ Y(K) \end{bmatrix}_{(K+1)mxm} = \begin{bmatrix} X(0) & 0 & \dots & 0 \\ X(1) & X(0) & \dots & 0 \\ X(2) & X(1) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X(K) & X(K-1) & \dots & X(0) \end{bmatrix}_{(K+1) \cdot mx(K+1) \cdot m} \cdot \begin{bmatrix} X(0) \\ X(1) \\ X(2) \\ \vdots \\ X(K) \end{bmatrix}_{(K+1) \cdot mxm}, \quad (10a)$$

или в компактной записи:

$$Y(\cdot) = X(\bullet) \cdot X(\cdot). \quad (10б)$$

Точно так же гиперматрично-блочное представление с фундаментальными гиперматричными нежнестреугольно-блочными избыточными структурами имеет вид

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} Y(0) & 0 & \cdots & 0 \\ Y(1) & Y(0) & \cdots & 0 \\ Y(2) & Y(1) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y(K) & Y(K-1) & \cdots & Y(0) \end{bmatrix}_{(K+1) \cdot mx(K+1) \cdot m} = \begin{bmatrix} X(0) & 0 & \cdots & 0 \\ X(1) & X(0) & \cdots & 0 \\ X(2) & X(1) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X(K) & X(K-1) & \cdots & X(0) \end{bmatrix}_{(K+1) \cdot mx(K+1) \cdot m}^2 = \\
 & = \begin{bmatrix} X(0) & 0 & \cdots & 0 \\ X(1) & X(0) & \cdots & 0 \\ X(2) & X(1) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X(K) & X(K-1) & \cdots & X(0) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X(0) & 0 & \cdots & 0 \\ X(1) & X(0) & \cdots & 0 \\ X(2) & X(1) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X(K) & X(K-1) & \cdots & X(0) \end{bmatrix} = \\
 & = \begin{bmatrix} X^2(0) & 0 & \cdots & 0 \\ X(1) \cdot X(0) + X(0) \cdot X(1) & X^2(0) & \cdots & 0 \\ X(2) \cdot X(0) + X^2(1) + X(0) \cdot X(2) & X(1) \cdot X(0) + X(0) \cdot X(1) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{l=0}^K X(l) \cdot X(K-l) & \sum_{l=0}^{K-1} X(l) \cdot X(K-l) & \cdots & X^2(0) \end{bmatrix}_{(K+1) \cdot mx(K+1) \cdot m} \quad (11a)
 \end{aligned}$$

Последнее представление также с избыточностью $0,5 \cdot K \cdot (K+1)$, очевидно, полностью совпадает с вышеприведенными последовательными рекуррентными соотношениями (9а)-(9г) по определению матричных дискретов $Y(0), Y(1), Y(2), \dots, Y(K)$. Таким образом, имеет место следующее представление в компактной записи:

$$Y(\bullet) = X^2(\bullet). \quad (11б)$$

8. При возведении матрицы-оригинала $X(t)$ в куб (что также может иметь место при $m = n = p$, т.е. при квадратных матрицах), т.е. $Y(t) = X^3(t)$, имеем конечную алгебраическую свертку

$$Y(t) = X^3(t) \underline{\quad} X(K) * X(K) * X(K) = \sum_{l=0}^K X(K-l) \sum_{q=0}^l X(l-q) X(q), \quad (12)$$

откуда:

при $K=0$:

$$Y(0) = X^3(0); \quad (12a)$$

при $K=1$:

$$Y(1) = X(1) \cdot X(0) \cdot X(0) + X(0) \cdot X(1) \cdot X(0) + X(0) \cdot X(0) \cdot X(1); \quad (12б)$$

при $K=2$:

$$Y(2) = X(2) \cdot X(0) \cdot X(0) + X(0) \cdot X(2) \cdot X(0) + X(0) \cdot X(0) \cdot X(2) + \\ + X(1) \cdot X(1) \cdot X(0) + X(1) \cdot X(0) \cdot X(1) + X(0) \cdot X(1) \cdot X(1); \quad (12в)$$

$\vdots$

при $K=K$:

$$Y(K) = X(K) \cdot X(0) \cdot X(0) + X(0) \cdot X(K) \cdot X(0) + X(0) \cdot X(0) \cdot X(K) + \dots + \\ + X(K-1) \cdot X(1) \cdot X(0) + X(K-1) \cdot X(0) \cdot X(1) + \dots + \\ + X(1) \cdot X(K-1) \cdot X(0) + X(1) \cdot X(0) \cdot X(K-1) + \dots + \\ + X(0) \cdot X(1) \cdot X(K-1) + X(0) \cdot X(K-1) \cdot X(1). \quad (12г)$$

Нетрудно убедиться, что объединение соотношений (12а)-(12г) по определению матричных дискретов $Y(0), Y(1), Y(2), \dots, Y(K)$ приводит к аналогичному гиперматрично-блочному представлению с фундаментальными гиперматричными нижнестреугольно-блочными избыточными структурами вида

$$\begin{aligned}
& \begin{bmatrix} Y(0) & 0 & \cdots & 0 \\ Y(1) & Y(0) & \cdots & 0 \\ Y(2) & Y(1) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y(K) & Y(K-1) & \cdots & Y(0) \end{bmatrix}_{(K+1) \times m(K+1)-m} = \begin{bmatrix} X(0) & 0 & \cdots & 0 \\ X(1) & X(0) & \cdots & 0 \\ X(2) & X(1) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X(K) & X(K-1) & \cdots & X(0) \end{bmatrix}_{(K+1) \times m(K+1)-m}^3 = \\
& = \begin{bmatrix} X(0) & 0 & \cdots & 0 \\ X(1) & X(0) & \cdots & 0 \\ X(2) & X(1) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X(K) & X(K-1) & \cdots & X(0) \end{bmatrix}_{(K+1) \times m(K+1)-m}^2 \cdot \begin{bmatrix} X(0) & 0 & \cdots & 0 \\ X(1) & X(0) & \cdots & 0 \\ X(2) & X(1) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X(K) & X(K-1) & \cdots & X(0) \end{bmatrix}_{(K+1) \times m(K+1)-m} = \\
& = \begin{bmatrix} X^2(0) & 0 & \cdots & 0 \\ X(1) \cdot X(0) + X(0) \cdot X(1) & X^2(0) & \cdots & 0 \\ X(2) \cdot X(0) + X^2(1) + X(0) \cdot X(2) & X(1) \cdot X(0) + X(0) \cdot X(1) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{l=0}^K X(l) \cdot X(K-l) & \sum_{l=0}^{K-1} X(l) \cdot X(K-l) & \cdots & X^2(0) \end{bmatrix}_{(K+1) \times m(K+1)-m} \cdot \begin{bmatrix} X(0) & 0 & \cdots & 0 \\ X(1) & X(0) & \cdots & 0 \\ X(2) & X(1) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X(K) & X(K-1) & \cdots & X(0) \end{bmatrix}_{(K+1) \times m(K+1)-m} = \\
& = \begin{bmatrix} X^3(0) & 0 & \cdots & 0 \\ X(1) \cdot X^2(0) + X(0) \cdot X(1) \cdot X(0) + X^2(0) \cdot X(1) & X^2(0) & \cdots & 0 \\ X(2) \cdot X^2(0) + X^2(1) \cdot X(0) + \\ + X(0) \cdot X(2) \cdot X(0) + X(1) \cdot X(0) \cdot X(1) + \\ + X(0) \cdot X^2(1) + X^2(0) \cdot X(2) & X(1) \cdot X^2(0) + X(0) \cdot X(1) \cdot X(0) + \\ + X^2(0) \cdot X(1) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{l=0}^K X(K-l) \sum_{m=0}^l X(l-m) \cdot X(m) & \sum_{l=0}^{K-1} X(K-l) \sum_{m=0}^l X(l-m) \cdot X(m) & \cdots & X^3(0) \end{bmatrix}_{(K+1) \times m(K+1)-m}, \quad (13a)
\end{aligned}$$

т.е. приходим к вышепредставленным последовательным рекуррентным соотношениям (12а)-(12г) по определению матричных дискретов $Y(0), Y(1), Y(2), \dots, Y(K)$. Таким образом, и здесь правомочно представление в компактной записи

$$Y(\bullet) = X^3(\bullet). \quad (136)$$

Следовательно, путем индукции можно прийти к следующему соотношению общего вида:

$$Y(t) = X^q(t) \quad \underline{\text{или}} \quad Y(\bullet) = X^q(\bullet). \quad (14)$$

Замечание 3. При любом значении показателя q любой элемент $Y(K)$, $K = \overline{0, \infty}$ гиперматрицы $Y(\bullet)$ состоит из суммы $0,5 \cdot (K+1) \cdot (K+2)$ слагаемых всевозможных комбинаций произведений матричных дискретов $X(K)$, $K = \overline{0, \infty}$. При этом каждое слагаемое образуется q сомножителями, причем сумма целочисленных аргументов матричных дискретов-сомножителей каждого слагаемого равна K , а сумма показателей матричных дискретов-сомножителей каждого слагаемого равна q . Эти обстоятельства могут служить важными контрольными условиями правильности выполненных вычислительных операций.

Замечание 4. Фундаментальные гиперматричные нижнетреугольно-блочные избыточные структуры вида (14) остаются инвариантными относительно любого количества дискретов K и любого значения показателя q .

9. Операция T -дифференцирования для матриц $X(t)$ аналогична операции T дифференцирования для скалярных переменных $x(t)$ (см. [6, стр.18]), т.е.

$$\frac{dX(t)}{dt} \stackrel{\cdot}{=} \mathcal{D}X(K) = \frac{K+1}{H} \cdot X(K+1),$$

где символ $\mathcal{D}$ – знак T –производной. Это свойство следует из того известного факта, что производная от однопараметрической функциональной матрицы $X(t)$ равна матрице, каждый элемент которой равен производной соответствующего элемента исходной матрицы $X(t)$ по аргументу t . Таким образом, получение изображения $\mathcal{D}X(K)$ производной матрицы $X(t)$ сводится к замене в $X(K)$ дискретного аргумента K на $K+1$ и умножению результата на величину $(K+1)/H$.

10. Изображения производных высшего порядка от матрицы $X(t)$ по аргументу t также, в соответствии с (см. [6, стр. 18]), будут определяться по выражению

$$\frac{d^m X(t)}{dt^m} \stackrel{\cdot}{=} \mathcal{D}^m X(K) = \frac{(K+m)!}{K! \cdot H^m} \cdot X(K+m),$$

где m – натуральное число; $\mathcal{D}^m$ – символ T –производной m –го порядка. В частном случае:

при $m=2$:

$$\frac{d^2 X(t)}{dt^2} \stackrel{\cdot}{=} \mathcal{D}^2 X(K) = \frac{K! \cdot (K+1) \cdot (K+2)}{K! \cdot H^2} \cdot X(K+2) = \frac{(K+1)(K+2)}{H^2} \cdot X(K+2);$$

при $m=3$:

$$\begin{aligned} \frac{d^3 X(t)}{dt^3} \stackrel{\cdot}{=} \mathcal{D}^3 X(K) &= \frac{K! \cdot (K+1) \cdot (K+2) \cdot (K+3)}{K! \cdot H^3} \cdot X(K+3) = \\ &= \frac{(K+1)(K+2)(K+3)}{H^3} \cdot X(K+3) \end{aligned}$$

и т.д.

11. Операция T -интегрирования для матриц $X(t)$ в пределах от $t=0$ до t также аналогична операции T -интегрирования для скалярных переменных $x(t)$ (см. [6, стр 19]), т.е.

$$\int_0^t X(\tau) \cdot d\tau \stackrel{\cdot}{=} \int X(K) = \frac{H}{K} \cdot X(K-1),$$

где символ $\int$ - знак T -интеграла. Это свойство следует из того известного факта, что интеграл от однопараметрической функциональной матрицы $X(t)$ равен матрице, каждый элемент которой равен интегралу соответствующего элемента исходной матрицы $X(t)$ по аргументу t . Таким образом, получение изображения $\int$ интеграла матрицы $X(t)$ сводится к замене в $X(K)$ дискретного аргумента K на $(K-1)$ и умножению результата на величину H/K . К тому же, поскольку интеграл в левой

части при $t=0$ имеет нулевое значение, то здесь следует полагать, что $\frac{X(K-1)}{K} \Big|_{K=0} = 0$. Если этого

не делать, то в общем случае изображение интеграла от матрицы $X(t)$ в пределах от $t=0$ до t необходимо представить в виде

$$\int_0^t X(\tau) \cdot d\tau \stackrel{\cdot}{=} \int X(K) = \frac{H}{K} \cdot X(K-1) - H \cdot \left(\frac{X(K-1)}{K} \right) \Big|_{K=0} \cdot \mathcal{B}(K),$$

где $\mathcal{B}(K)$ - тейлоровская единица [6].

12. Применяя для изображения неопределенного интеграла от матрицы $X(t)$ тот же символ $\int$, получим представление

$$\int_0^t X(\tau) \cdot d\tau \stackrel{\cdot}{=} \int X(K) = \frac{H}{K} \cdot X(K-1) + c \cdot \mathcal{B}(K),$$

где c - некоторая неизвестная (неопределенная) постоянная.

13. Для изображений кратных интегралов, в частности для повторного интегрирования, имеем

$$\int_0^t \int_0^t X(\tau) \cdot d\tau^2 \stackrel{\cdot}{=} \int \int X(K) = \frac{H^2}{K \cdot (K-1)} \cdot X(K-2),$$

а для n – кратного интегрирования -

$$\underbrace{\int_0^t \dots \int_0^t X(\tau) \cdot d\tau^n}_{n \text{ раз}} = \underbrace{\int_0^t \dots \int_0^t X(K)}_{n \text{ раз}} = \frac{H^n \cdot X(K-n)}{K \cdot (K-1) \cdot \dots \cdot (K-n+1)},$$

причем при $K < n$ все члены должны приниматься равными нулю.

14. Операция вычисления определенного интеграла от матрицы $X(t)$ в пределах от $t = t_a$ до $t = t_b$, по аналогии со скалярным случаем (см.[6,стр 23]), приводит к следующему выражению:

$$\int_{t_a}^{t_b} X(t) \cdot dt = H \cdot \sum_{K=0}^{\infty} \left[\left(\frac{t_b}{H} \right)^{K+1} - \left(\frac{t_a}{H} \right)^{K+1} \right] \cdot \frac{X(K)}{K+1},$$

где $X(K) \stackrel{\sim}{=} X(t)$.

15. Интегральные свертки однопараметрических матриц $Y(t-\tau)$ и $X(\tau)$ в области T -изображений, по аналогии с интегральными свертками скалярных функций (см.[6, стр. 21]), имеют вид

$$Z(t) = \int_0^t Y(t-\tau) \cdot X(\tau) \cdot d\tau \stackrel{\sim}{=} \sum_{l=0}^{K-1} \frac{l!(K-1-l)!}{K!} \cdot Y(K-1-l) \cdot X(l),$$

где $Y(K) \stackrel{\sim}{=} Y(t)$, $X(K) \stackrel{\sim}{=} X(t)$.

Заключение. Следуя работе [6], удовлетворимся вышепредставленными операциями матричных вычислений в области дифференциальных преобразований.

Литература

1. Думачев В.Н., Пьянков О.В. Математика. Операционное исчисление и его приложения. - Воронеж: ВИ МВД России, 2007. - 192с.
2. Конторович М.И. Операционное исчисление и процессы в электрических цепях. - М.:Сов. радио, 1975. - 319с.
3. Лурье А.И. Операционное исчисление и его приложение к задачам механики. - М.; Л.: ГИТТЛ, 1961. - 433 с.
4. Мелникова И.Н., Фастовец Н.О. Теория функций комплексного переменного. Операционное исчисление.- М.: Изд. центр РГУ, 2015. - 92с.
5. Старков В.Н. Операционное исчисление и его применения.-СПб.: Изд-во СПб. гос. ун-та, 2000. - 65с.
6. Пухов Г.Е. Дифференциальные преобразования и математическое моделирование физических процессов. - Киев: Наукова думка, 1986. - 159с.
7. Симонян С.О., Аветисян А.Г. Прикладная теория дифференциальных преобразований. – Ереван: Изд-во ГИУА “Чартарагер”, 2010. - 361с.
8. Симонян С.О. Параллельные вычислительные методы определения параметрических обобщенных обратных матриц // Известия Томского политехнического университета. Сер. ”Управление, вычислительная техника и информатика”. - Томск, 2013. - Т.323, №5. - С.10-15.

03.03.2017.

Ս.Ս. Սիմոնյան, Ա.Վ. Մելիքյան ՄԱՏՐԻՑԱՅԻՆ ՀԱՇՎԱՐԿՆԵՐԻ ՀԱՆՐԱՀԱՇԻՎԸ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ՁԵՎԱՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՏԻՐՈՒՅԹՈՒՄ

Դիտարկվել են մատրիցային հաշվարկների հանրահաշվի հիմնական գործողությունները այսպես կոչված դիֆերենցիալ ձևափոխությունների տիրույթում, որոնք, ընդհանուր առմամբ, տարբերվում են նույն տիրույթում սկալյար հաշվարկների հանրահաշվի նմանատիպ գործողություններից:

Առանցքային բառեր. ինտեգրալային ձևափոխություններ, դիֆերենցիալ ձևափոխություններ, սկալյար հաշվարկների հանրահաշիվ, մատրիցային հաշվարկների հանրահաշիվ:

S.H. Simonyan, A.V. Melikyan THE ALGEBRA OF MATRIX CALCULATIONS IN THE FIELD OF DIFFERENTIAL TRANSFORMATIONS

The basic operations of the algebra of matrix calculations in the field of the so-called differential transformations are considered, which, in general, are different from similar operations of the algebra of scalar calculations in the same field.

Keywords: integral transformations, differential transformations, algebra of scalar calculations, algebra of matrix calculations.

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 ՍԱՐՔԱՇԽՆՈՒԹՅՈՒՆՎ.Վ. Բունիաթյան, Վ.Կ. Բեգոյան, Հ.Հ. Հովնիկյան, Ա.Լ. Մանուկյան,
Տ.Վ. ՎանդունցՄԵՏԱՂ-ՖԵՌՈԷԼԵԿՏՐԻԿ ԿՈՆՏԱԿՏԻ I-V ԲՆՈՒԹԱԳՐԻ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ
ԾԱԿՄԱՆ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԻ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Տեսականորեն վերլուծվել են մետաղ-ֆեռոէլեկտրիկ կոնտակտի I-V բնութագրերը և ծակման երևույթները ֆեռոէլեկտրական թաղանթում թթվածնի վականսիաների առկայության և թաղանթի դիէլեկտրիկ թափանցելիության՝ էլեկտրական դաշտից ոչ գծային կախվածության ռեժիմում: Հիմնավորվել է, որ թթվածնային վականսիաների առաջացրած էլեկտրոնային թակարդային մակարդակների խտության աճմանը զուգընթաց ծակման լարումը մեծանում է:

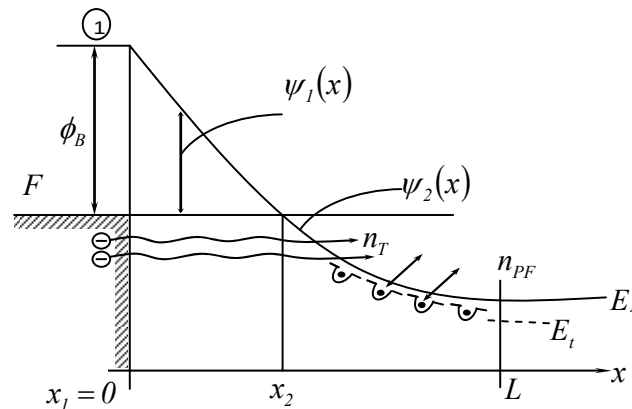
Առանցքային բառեր. ֆեռոէլեկտրական թաղանթ, թթվածնային վականսիա, էլեկտրոնային գրավման մակարդակներ, Պուլ-Ֆրենկելի իոնացում:

Ներածություն: Դեռևս անցած դարի 60-ական թվականներին հաստատվել էր, որ դիէլեկտրիկական թաղանթների հաղորդականությունը, մետաղի հետ դրանց կոնտակտների I-V բնութագրերը և արտաքին գործոններին ցուցաբերած արձագանքը կախված է ոչ միայն մետաղական կոնտակտից (էլեկտրոդ-կաթոդից) մեկուսիչ ներարկվող էլեկտրոնային փնջի թափանցման և հոսքի մեխանիզմների բնույթից, այլև թաղանթում առկա խառնուկների ու արատների առաջացրած էլեկտրոնային թակարդային մակարդակների պարամետրերից [1-3]: Տարբեր տեսակի կոնտակտներում, համասեռ ու անհամասեռ, միաբյուրեղ և կոմպոզիցիոն թաղանթներում, հաղորդականության ձևավորման և հոսանքի հոսքի մեխանիզմների հետազոտությունները ներկայումս չեն կորցրել իրենց կարևորությունը: Դա պայմանավորված է նրանով, որ ժամանակակից միկրոէլեկտրոնային սարքերի երկրաչափական չափերի թափանցումը դեպի նանոմետրական տիրույթ և չափային քվանտային նոր երևույթների առաջացումը, գերբարակ թաղանթների հատկությունների կտրուկ փոփոխությունները, ուժեղ էլեկտրական դաշտերի ձևավորումը (մասշտաբավորման միջակայքից դուրս) էապես կարող են ազդել հոսանքի տեղափոխման մեխանիզմների վրա և դրսևորվել նոր առանձնահատկություններով: Օրինակ, վերջին տասնամյակներում, ԿՄՕԿ միկրոէլեկտրոնային տեխնոլոգիաների զարգացմանը զուգընթաց, աճել է հետաքրքրությունը մեծ դիէլեկտրիկ թափանցելիությամբ նյութերի, մասնավորապես, ֆեռոէլեկտրական թաղանթների նկատմամբ (*high k*, *PZT*, *BST* և այլն) որպես փականներ, որոնք, շնորհիվ իրենց մի շարք օգտակար ու շահեկան պարամետրերի, բացի ավանդական ԳԲՀ պասիվ տարրերում կիրառման, լայն օգտագործման հեռանկարներ են բացում նաև ակտիվ սարքերում, հատկապես *SRAM*, *DRAM* հիշող տարրերում կիրառման համար [4-6]: Թաղանթների երկրաչափական չափերի՝ նանոմետրական տիրույթ թափանցմանը զուգընթաց մեծանում է լիցքակիրների թունելավորման հավանականությունը և կորստյան հոսանքները, ԿՄՕԿ-տրանզիստորների ենթաշեմային հոսանքները, նվազում են աղմկակայունությունն ու ռադիացիոն կայունությունը, որոնք ԿՄՕԿ տեխնոլոգիայի հիմնական առավելություններից էին: Մյուս կողմից՝ ֆեռոէլեկտրական նյութերի պարամետրերի՝ ջերմաստիճանից և էլեկտրական դաշտի լարվածությունից ունեցած ոչ գծային կախվածությունները կարող են և սահմանափակող գործոն հանդիսանալ ակտիվ սարքերում դրանց կիրառման համար, և, միաժամանակ, հիմք դառնալ այդ հատկությունների նոր օգտակար կիրառումների:

Սույն աշխատանքում առաջարկվել է ուժեղ էլեկտրական դաշտերի ազդեցության ռեժիմում մետաղ-ֆեռոէլեկտրիկ կոնտակտի ենթամակերևութային շերտում և, այնուհետև թաղանթով հոսանքի տեղափոխման (հոսման) ընթացքում առաջացող էլեկտրաֆիզիկական երևույթների (*I-V* բնութագրերի,

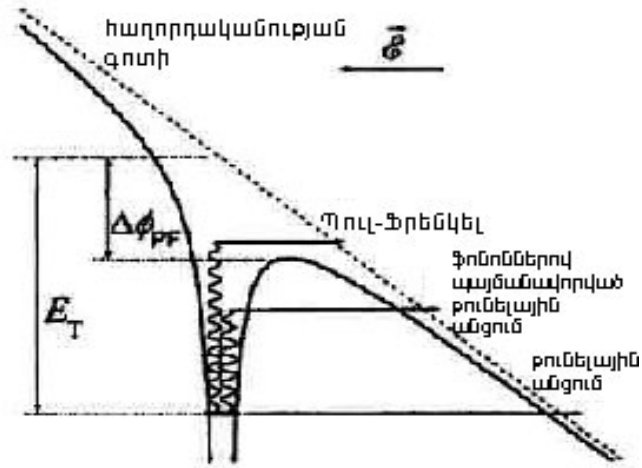
էլեկտրական ծակման) ուսումնասիրման նոր մոտեցում, երբ թաղանթում առկա թթվածնային վականսիաներն առաջացնում են էլեկտրոնային թակարդային գրավման մակարդակներ: Մոդելը հնարավորություն է տալիս գնահատել կոնտակտի ծակման դաշտի մեծությունն ու դրա կախվածությունը ջերմաստիճանից և թաղանթում առկա էլեկտրոնային թակարդային մակարդակների պարամետրերից:

Սողել Դիցուք ունենք մետաղ-ֆեռոէլեկտրիկ կոնտակտը, որի էներգիական ուրվագիծը մետաղին մեծ բացասական պոտենցիալ կիրառելիս կունենա նկ.1-ում պատկերված տեսքը: Նման էներգիական դիագրամի հիմնավորումը հետևյալն է՝ ֆեռոէլեկտրական թաղանթների (նյութերի) կառուցվածքային, էլեկտրոնային սպեկտրների, էներգիական գոտիական կախվածությունների բազմաթիվ տեսական և փորձնական ուսումնասիրություններով [4-9] հաստատվել է, որ ֆեռոթաղանթներում կառուցվածքային ամենահաճախ հանդիպող և գրեթե անխուսափելի արատը թթվածնի վականսիաներն են: Թթվածնի վականսիաները, կախված իրենց էլեկտրական ակտիվացիայի վիճակից (չեզոքացված, միակի կամ երկակի դրականորեն լիցքավորված), կարող են էապես ազդել ֆեռոթաղանթի դիէլեկտրիկական հատկությունների, հաղորդականության ձևավորման և հոսանքների տեղափոխման երևույթների [4-9] վրա: Հաստատվել է [3], որ թթվածնի վականսիաները կարող են առաջացնել և՛ կառուցվածքային, և՛ էլեկտրական դեֆորմացիաներ, հանդես գալ որպես լրացուցիչ բնեղացման պատճառ: Բացի այդ, հաստատված տեսակետ է, որ թթվածնի «լիցքավորված» վականսիաները ցուցաբերում են դոնորային խառնուրդներին հատուկ վարք և ֆեռոէլեկտրիկին «օժտում» n -տիպի կիսահաղորդչի հատկություններով [7-9]: Ընդ որում, թթվածնի վականսիաներն առաջացնում են համապատասխան էներգիական մակարդակներ (որոնք կարող են լինել ինչպես ծածկոդ-*shallow*, այնպես էլ խորը-*deep*), որ այդ մակարդակները հանդես են գալիս որպես էլեկտրոնային թակարդներ, այսինքն՝ յուրաքանչյուր թթվածնի վականսիա համապատասխանության մեջ է դրվում թակարդային որևէ մակարդակի հետ, որը չեզոք է, երբ այն զբաղված է էլեկտրոնով և լիցքավորված դրական, երբ այն թափուր է: Բացի այդ, պարզվել է նաև, որ թթվածնի վականսիաների խտությունը միջոտ անհամեմատ մեծ է լինում կառուցվածքային անհամասեռության տիրույթում, մետաղական կոնտակտների մոտ, քան դրանից հեռու տիրույթում [7-9]: Հիմնվելով վերոհիշյալի վրա՝ առաջարկվող մոդելում ընդունվում է, որ մետաղի հետ ֆեռոէլեկտրիկի մերձակերևության շերտում առկա է թթվածնի վականսիաների մեծ խտություն (N_t), որոնք ֆեռոէլեկտրիկին «օժտում» են n -տիպի կիսահաղորդչի հատկությամբ, այդ արատներին համապատասխանող մակարդակների էներգիական հեռավորությունը հաղորդական գոտու հատակից E_t է, մետաղին կիրառված է բավականաչափ մեծ բացասական պոտենցիալ, և, որ մետաղից դեպի ֆեռոէլեկտրիկի հաղորդական գոտի էլեկտրոնները կթափանցեն թունելավորման միջոցով: Արդյունքում կունենանք նկ.1-ում պատկերված էներգիական ուրվագիծը:



Նկ.1. Մետաղ-ֆեռոէլեկտրիկ կոնտակտի էներգիական ուրվագիծը (մետաղին կիրառված է մեծ բացասական պոտենցիալ)

Մոդելի մյուս առանձնահատկությունը հետևյալն է. քանի որ կոնտակտի ենթամակերևույթային շերտում կա ուժեղ էլեկտրական դաշտ և թակարդներում գրավված էլեկտրոններ, ապա այստեղ կարող է տեղի ունենալ թակարդային մակարդակների էլեկտրաստատիկ իոնացում Պուլ-Ֆրենկել մեխանիզմով (նկ.2)[10-12]: Այսպիսով, ընդունվում է, որ մետաղից թաղանթ թունելավորված n_T էլեկտրոններից բացի, հաղորդական գոտում կառաջանան ազատ էլեկտրոններ n_{pF} խտությամբ պուլֆրենկելյան իոնացման արդյունքում, և այդ էլեկտրոնները կտեղափոխվեն թաղանթով՝ ձևավորելով արդյունաբար հոսանքը: Ընդունելով թաղանթի երկարությունը մկմ կարգի՝ կօգտվենք դրեյֆային մոտավորությունից՝ համարելով, որ էլեկտրոնները շարժվում են իրենց հագեցման արագությամբ մոտ արագություններով:



Նկ. 2. Պոտենցիալ արգելքի նվազումը $\Delta\Psi_{pF}$ էլեկտրոնների համար կիրառված դաշտի ազդեցության տակ և թակարդից էլեկտրոնների տեղափոխման հնարավոր մեխանիզմները [10,11]

Մոդելի երրորդ առանձնահատկությունն այն է, որ, հաշվի առնելով ֆեռոէլեկտրական նյութերի դիէլեկտրիկի թափանցելիության՝ էլեկտրական դաշտի լարվածությունից ունեցած ոչ գծային կախվածությունը, ընդունվում է, որ ուժեղ դաշտի տիրույթում $\varepsilon(E)$ -ն փոխվում է հետևյալ օրենքով՝ $\varepsilon(E) = \varepsilon_r(1 + AE^2)^{-1}$ [3,4-8], որտեղ $\varepsilon_r = \varepsilon_0\varepsilon(0)$, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-14}$ Ֆ/սմ վակուումի դիէլեկտրիկի հաստատունն է, $\varepsilon(0)$ -ն ֆեռոէլեկտրիկի բարձրահաճախական դիէլեկտրիկի թափանցելիությունն է զրոյական դաշտում, օրինակ, $SrTiO_3$ -ի համար՝ $\varepsilon(0) \cong 300$, $A = 0,45 \cdot 10^{-11}$ սմ²Վ²: Ընդունելով, որ մետաղից ֆեռոէլեկտրիկի թաղանթ թափանցած էլեկտրոնների հոսքը տեղի է ունենում թունելային մեխանիզմով, հոսանքի խտության համար կունենանք [13]

$$j_T = \frac{q^3 \varphi_1^2}{4\hbar \Phi_B L^2} \exp \left[-\frac{4L(2m^* \Phi_B^3)^{1/2}}{3\hbar q \varphi_1} \right], \quad (1)$$

որտեղ q -ն էլեկտրոնի տարրական լիցքն է, $\hbar$ -ը՝ Պլանկի հաստատունը, Φ_B -ն՝ մետաղ-ֆեռոէլեկտրիկ արգելքի էներգիական բարձրությունը (eV), L -ը՝ պոտենցիալ արգելքի և ֆեռոէլեկտրիկի աղքատացած շերտի արդյունաբար լայնությունը (սմ), φ_1 -ը գործակից է, որը բնորոշում է պոտենցիալ ընթացքը արգելքում (կամ $\psi_1(x)$ պոտենցիալի դիքությունը), m^* -ը էլեկտրոնի արդյունաբար զանգվածն է:

Եթե պոտենցիալ արգելքի $x_1 < x < x_2$ տիրույթում բացակայում է տարածական լիցքը (A^0 -ի կարգի է), ապա Լապլասի հավասարման լուծումը հանգեցնում է [14]

$$\psi_1(x) = \Phi_B - \frac{q\varphi_1 x}{L}$$

արդյունքին (նկ.1): Պոտենցիալ արգելքի ներսում x կետը (հարթությունը), որում հակառակ շեղման ռեժիմում $\psi_1(x)$ պոտենցիալը հավասարվում է Ֆերմի մակարդակի էներգիային, կորոշենք $\psi_1(x_2) = 0$ պայմանից և կստանանք՝

$$x_2 = \frac{\Phi_B L}{q\varphi_1},$$

x_2 -ից մինչև L (աջ գտնվող) տիրույթում, ընդունելով, որ թթվածնի վականսիաներին «համապատասխանող» թակարդային մակարդակներում գրավված էլեկտրոնների խտությունը n_t է, թունելավորմամբ պայմանավորված էլեկտրոնների խտությունը՝ n_T , իսկ պուլֆրենկելյան մեխանիզմով առաջացած էլեկտրոնների խտությունը՝ n_{pF} , Պուասոնի հավասարման համար $(L - x_2)$ տիրույթում $\psi_1(x)$ պոտենցիալի համար կստանանք՝

$$\frac{d^2\psi_2(x)}{dx^2} = -\frac{q^2}{\varepsilon(E)}(n_T + n_{pF} + n_t): \quad (2)$$

Եթե ընդունենք, որ մինչև թունելավորումը ֆեռոէլեկտրիկում ազատ էլեկտրոնների խտությունը անտեսելու աստիճանը փոքր է, ապա թակարդային մակարդակների և հաղորդական գոտու միջև էլեկտրոնային անցումների հավասարակշռությունը պայմանավորված կլինի հիմնականում թունելավորված n_T էլեկտրոններով ($n_T \gg n_{pF}$): Ընդունելով, որ ենթամակերևութային շերտում տեղի է ունենում պուլֆրենկելյան իոնացում, ապա դրեյֆային մոտավորությամբ արդյունաբար հոսանքի խտության համար կունենանք՝

$$j = -\mu(n_T + n_{pF}) \cdot \frac{d\psi_2(x)}{dx}, \quad (3)$$

որտեղ μ -ն էլեկտրոնների շարժունությունն է:

Ֆեռոէլեկտրիկի հաղորդական գոտու և թակարդային մակարդակների միջև էլեկտրոնների փոխանակման (գրավման՝ r_1 և էմիսիայի՝ r_2 արագությունների), հավասարակշռային (հաստատված) վիճակի արտահայտություններից թակարդներում գրավված էլեկտրոնների n_t խտության համար կստանանք՝

$$r_1 = n_T N_t (1 - f_d) S_n, \quad r_2 = N_t f_d \vartheta \exp\left(-\frac{E_t}{kT}\right) \exp\left(\beta_{pF} E^{\frac{1}{2}}\right),$$

որտեղ f_d -ն թակարդներում էլեկտրոնների բաշխման ֆունկցիան է, որը ենթարկվում է Ֆերմիի-Դիրակի բաշխմանը, $\beta_{pF} = 2\beta_S$, $\beta_S = \left(\frac{q}{kT}\right) \left(\frac{q}{\pi\varepsilon(E)}\right)^{\frac{1}{2}}$, [15], $f_d = \frac{S_n n_T}{S_n n_T + b}$, $S_n = \sigma V_{th}$, σ -ն թակարդի գրավման լայնական հատույթի մակերեսն է ($u l^2$), V_{th} -ը՝ էլեկտրոնների միջին ջերմային արագությունը ($u l / q$), k -ն Բոլցմանի հաստատունը, T -ն՝ բացարձակ ջերմաստիճանը,

$$b = \vartheta \exp\left(-\frac{E_t}{kT}\right) \exp\left(\beta_{pF} E^{\frac{1}{2}}\right),$$

E -ն դաշտի լարվածությունն է $(L - x_2)$ տիրույթում:

Թակարդից էլեկտրոնի էմիսիայի r_2 արագությունը կախված է զբաղված թակարդային կենտրոնների խտությունից և էլեկտրոնների ռելաքսացիայի τ ժամանակից, որը տրվում է [1,2,10]

$$\tau = \left(\frac{1}{\vartheta}\right) \exp\left[\frac{E_t - \Delta\psi_{pF}}{kT}\right]$$

արտահայտությամբ, որտեղ ϑ -ն «արձակման» հաճախությունն է, $\Delta\psi_{pF}$ -ն թակարդի պոտենցիալ արգելքի նվազման չափն է պուլֆրենկելյան մեխանիզմով՝

$$\Delta\psi_{PF} = \beta_{pF} k T E^{\frac{1}{2}} :$$

Արդյունքում, թակարդներում գրավված էլեկտրոնների n_t խտության համար կունենանք՝ $n_t = N_t f_d$, որտեղ N_t -ն թակարդների ընդհանուր խտությունն էր: Եթե ընդունենք, որ $S_n n_T > b$, ապա՝

$$f_d \cong \frac{S_n n_T}{b}, \quad n_t = \frac{S_n n_T N_t}{b} :$$

Թակարդներից արձակված n_{pF} խտության համար [13,14] ունենք՝

$$n_{pF} = \theta n_t,$$

որտեղ

$$\theta = \left(\frac{N_c}{N_t} \right) \exp \left[- \frac{(E_t - \Delta E_t)}{kT} \right],$$

$$n_{pF} = \frac{\theta S_n N_t n_T}{b},$$

N_c -ն հաղորդական գոտում վիճակների արդյունաբար խտությունն է, հետևաբար, Պուասոնի հավասարումը կընդունի հետևյալ տեսքը՝

$$\frac{d^2 \psi_2(x)}{dx^2} = - \frac{q^2}{\varepsilon(E)} \left[n_T + (\theta + 1) \frac{S_n N_t}{b} n_T \right] = - \frac{q^2 n_T \xi(E_t)}{\varepsilon(E)}, \quad (4)$$

որտեղ՝ $\xi(E_t) = 1 + (1 + \theta) \frac{N_t S_n}{b}$:

Հոսանքի խտության հավասարումից ունենք՝

$$j = -\mu \left(n_T + \frac{\theta N_t S_n}{b} n_T \right) \frac{d\psi_2(x)}{dx} = -\mu n_T \alpha \frac{d\psi_2(x)}{dx}, \quad (5)$$

$$\alpha = 1 + \frac{\theta N_t S_n}{b} = \xi(E_t) - \frac{N_t S_n}{b} = \xi(E_t) - f_d :$$

(4) հավասարումից որոշենք n_T -ն և տեղադրենք j -ի արտահայտության մեջ, կստանանք

$$j = \left(1 - \frac{f_d}{\xi(E_t)} \right) \cdot \frac{\mu \varepsilon(E)}{q^2} \cdot \frac{d^2 \psi_2(x)}{dx^2} \cdot \frac{d\psi_2(x)}{dx} = \frac{(\xi(E_t) - f_d)}{\xi(E_t)} \cdot \frac{\mu \varepsilon(E)}{q^2} \cdot \frac{d^2 \psi_2(x)}{dx^2} \cdot \frac{d\psi_2(x)}{dx}, \quad (6)$$

(6) հավասարման առաջին ինտեգրումից կստանանք ($x_2 - L$ միջակայքում)

$$\frac{d^2 \psi_2(x)}{dx^2} \cdot \frac{d\psi_2(x)}{dx} = \frac{q^2 j z}{\mu \varepsilon(E)},$$

$$z = \frac{\xi(E_t)}{\xi(E_t) - f_d}, \quad \left(\frac{d\psi_2(x)}{dx} \right)^2 = \frac{2q^2 j z x}{\mu \varepsilon(E)} = C_1,$$

երբ $x = x_2 = 0$ $\frac{d\psi_2(x)}{dx} = \frac{\varphi_2 q}{L}$, որտեղ φ_2 ինտեգրման հաստատունը կրնորոշի $\psi_2(x)$ -ի դիքությունը (ընթացքն այնպես, ինչպես φ_1 -ը բնորոշում էր Ψ_1 -ի ընթացքը):

Արդյունքում կստանանք՝

$$\left(\frac{d\psi_2(x)}{dx}\right)^2 = \frac{q^2 \varphi_2^2}{L^2} + \frac{2q^2 jzx}{\mu \varepsilon(E)}, \quad (7)$$

Ֆերմիի մակարդակը կաթողում ընդունելով որպես զրոյական մակարդակ՝ (7) հավասարումից կստանանք (x_2 -ից x տիրույթում ինտեգրման արդյունքում)՝

$$\psi_2(x) = \int_{x_2}^x \left(\frac{q^2 \varphi_2^2}{L^2} + \frac{2q^2 jzx}{\mu \varepsilon(E)}\right)^{3/2} - \left(\frac{q^2 \varphi_2^2}{L^2} + \frac{2q^2 jzx_2}{\mu \varepsilon(E)}\right)^{3/2} : \quad (8)$$

Օգտվելով x_2 կետում (հարթությունում) պոտենցիալի և դաշտի անընդհատության արտահայտություններից՝

$$\psi_1(x_2) = \psi_2(x_2), \quad \frac{d\psi_1}{dx} \Big|_{x=x_2} = \frac{d\psi_2}{dx} \Big|_{x=x_2},$$

կստանանք՝

$$-\frac{q\varphi_2}{L} = -\frac{q}{L} \left(\varphi_2^2 + \frac{2jq^2zx_2L^2}{\mu \varepsilon(E)}\right)^{1/2},$$

այսինքն՝

$$\varphi_2^2 = \varphi_1^2 - \frac{2jq^2zx_2L^2}{\mu \varepsilon(E)}, \quad (9)$$

(8)-ից և (9)-ից կստանանք՝

$$\psi_2(x) = -\frac{\mu \varepsilon(E)q}{3jz} \left(\frac{\varphi_1}{L}\right)^3 \left\{ \left[1 + \frac{2jzL^2}{\mu \varepsilon(E)\varphi_1^2} (x - x_2)\right]^{3/2} - 1 \right\} : \quad (10)$$

Հաշվի առնելով, որ անոդի մոտ հաղորդական գոտու շեղումը կիրառված U լարման տակ կազմում է՝

$$\psi_1(0) = \psi(L) + qU,$$

կստանանք φ_1 -ի կախումը U լարումից, որը բնորոշում էր ֆեռոէլեկտրիկի հաղորդական գոտու հասակի ծոման (պոտենցիալ արգելքի դիքության) ընթացքը՝

$$qU = \Phi_B + \frac{\mu \varepsilon(E)q}{3jz} \left(\frac{\varphi_1}{L}\right)^3 \left\{ \left[1 + \frac{2jzL^2}{\mu \varepsilon(E)\varphi_1^2} (L - x_2)\right]^{3/2} - 1 \right\} : \quad (11)$$

Ուղղանկյուն փակագծի արտահայտությունը (11)-ում վերածենք շարքի և սահմանափակվենք առաջին երեք անդամով, հաշվի առնելով, որ $x_2 = \frac{\Phi_B L}{q\varphi_1}$, առաջին մոտավորությամբ կստանանք՝

$$U\varphi_1 \cong \varphi_0\varphi_1 + a \left(1 - \frac{2\varphi_0}{\varphi_1}\right), \quad a = \frac{jzL^3}{2\mu \varepsilon(E)}, \quad (U - U_0)\varphi_1^2 - a\varphi_1 + 2a\varphi_0 = 0,$$

$$\varphi_{1,2} = \frac{a}{2(U-\varphi_0)} \left[1 \pm \sqrt{1 - \frac{8\varphi_0(U-\varphi_0)}{a}} \right]: \quad (12)$$

Ընդունենք $U \gg \varphi_0$,

$$\varphi_{1,2} = \frac{a}{2U} \left[1 \pm \sqrt{1 - \frac{8\varphi_0 U}{a}} \right]: \quad (13)$$

Եթե տեղադրենք (12)-ը (1)-ում, կստանանք թունելավորման j_T հոսանքի կախվածությունը կիրառված U լարումից: Ավելի ճշգրիտ վերլուծության համար, համաձայն (13)-ի, ունենք արդյունաբար j հոսանքի, U լարման և φ_1 գործակցի կախվածությունը:

Եթե ընդունենք $j \cong j_T$, ապա

$$j \cong \frac{q^2 a^2 \left[1 \pm \sqrt{1 - \frac{8\varphi_0 U}{a}} \right]}{16\hbar\varphi_0 L^2 U^2} \exp \left[-\frac{4L(2m^* \Phi_B^2)^{1/2}}{3\hbar q \varphi_1} \right]:$$

Այնուհետև, ընդունելով, $\varphi_1 \cong \frac{a}{2U}$, j -ի համար կստանանք՝

$$j \cong \frac{64\hbar^2 \varphi_0 U^2 \varepsilon^2(E) \mu^2}{q^2 z^2 L^4} \exp \left\{ \frac{16(2m^* \Phi_B^3)^{\frac{1}{2}} U \varepsilon(E) \mu}{3\hbar q j z L^2} \right\}: \quad (14)$$

Եզրակացություններ. Ըստ (14)-ի, $j \sim E^2 \exp(E)$, այսինքն, ինչպես նշված է [S.Sze]-ում, թակարդներից էլեկտրոնների իոնացման մեխանիզմին (Պուլ-Ֆրենկել) բնորոշ կախումն էր, որը թունելային երևույթ է և անկախ է ջերմաստիճանից: (14)-ում z -ը բնորոշում է թթվածնի վականսիաների առկայությունը և ազդեցությունը հոսանքի խտության վրա. Հետևում է, որ այլ հավասար պայմաններում թթվածնի վականսիաների առկայությունը հանգեցնում է թունելավորված հոսանքի, կամ՝ ավելի ճշգրիտ, թաղանթով անցնող հոսանքի նվազման և կիրառված լարումից բարդ կախվածության:

Եթե թթվածնի վականսիաները բացակայում են ($\xi(E_t) = 1$, $\theta = 0$, $f_d = 0$, $z = 1$),

$$j \cong \frac{64\hbar^2 \varphi_0 U^2 \varepsilon^2(E) \mu^2}{q^2 L^4} \exp \left\{ \frac{16(2m^* \Phi_B^3)^{\frac{1}{2}} U \varepsilon(E) \mu}{3\hbar q j L^2} \right\}, \quad (15)$$

հետևաբար վականսիաների առկայության դեպքում հոսանքը կնվազի z^2 անգամ:

Եթե (1) արտահայտությունը վերածենք շարքի և սահմանափակվենք առաջին երկու անդամով՝

$$j_T \cong \frac{q^3 \varphi_1^2}{4\hbar \Phi_B L^2} \left[1 - \frac{4L(2m^* \Phi_B^3)^{\frac{1}{2}}}{3\hbar q \varphi_1} \right], \quad (16)$$

և առաջին մոտավորությամբ ընդունենք՝

$$\varphi_1 \cong \frac{a}{2(U - U_0)} \cong \frac{a}{2EL} \cong \frac{a}{2U},$$

$$j_T \cong \frac{q^2 j^2 z^2 L^6}{4\hbar \varphi_0 4E^2 L^4 4\varepsilon^2(E) \mu^2} \cong \frac{q^2 j^2 L^2 \xi^2(E_t)}{64\hbar \varphi_0 \varepsilon^2(E) \mu^2 E^2},$$

և ընդունենք $j_T \approx j$, այսինքն, երբ կոնտակտում գերակշռում է թունելավորման հոսանքը և այն սկսում է ցուցաբերել բացասական դիմադրություն, առաջին մոտավորությամբ, դա համարենք որպես էլեկտրական ծակման “սկիզբ”, այսինքն, $j_T \approx j$ պայմանին համապատասխանող դաշտի լարվածության համար կստանանք՝

$$E_B \cong \left\{ \frac{q^2 j_T L^2 \xi^2(E_t)}{64 \hbar \varphi_0 \varepsilon^2(E) \mu^2} \right\}^{1/2} \cong \frac{q L \xi(E_t)}{8 \varepsilon(E) \mu} \sqrt{\frac{j_T}{\hbar \varphi_0}} : \quad (17)$$

Ըստ (17)-ի հետևում է, որ այլ հավասար պայմաններում, թթվածնի վականսիաների առկայությունը հանգեցնում է դաշտի լարվածության աճի, այսինքն, եթե գնահատենք կոնտակտների ծակման լարման (դաշտի) տեսանկյունից՝ ծակման դաշտի լարվածությունը թթվածնի վականսիաների առկայության դեպքում կլինի ավելի մեծ, քան դրանց բացակայության դեպքում՝ $\xi(E_t)$ անգամ, իսկ հաշվի առած նաև $\varepsilon(E) = \varepsilon_r \beta^{-1}$, որտեղ $\beta = (1 + A E^2)$ կախումը, կհետևի, որ ծակման դաշտի լարվածությունը թթվածնի վականսիաների բացակայության և փոքր դաշտերի համեմատությամբ կաճի $\beta \xi(E_t) > 1$ անգամ:

Ամենամոտավոր գնահատմամբ՝

$$\frac{[E_{B,\beta \neq 1}, \xi(E_t) \neq 1]}{[E_{B,\beta = 1}, \xi(E_t) = 1, (N_t = 0, \varepsilon = \varepsilon_r)]} \cong \beta \xi(E_t):$$

Ծակման դաշտի լարվածության ջերմաստիճանային կախվածության համար, առաջին մոտավորությամբ, եթե անտեսենք $\mu(T)$, $N_c(T)$, φ_1 , Φ_B -ի ջերմաստիճանային կախվածությունները, այսինքն հիմնական ներդրում կունենան $\xi(E_t, T)$ -ն և $\varepsilon(E, T)$ կախումները: Սրանք ունեն նույն ուղղությամբ ազդեցություն $E_B(T)$ կախման մեջ, քանի որ, ինչպես հայտնի է $\varepsilon(E, T)$ -ն ջերմաստիճանի աճից նվազում է, $\xi(E_t)$ -ն նույնպես նվազում է և, արդյունքում, ջերմաստիճանի աճը պետք է հանգեցնի ծակման լարման (դաշտի) էական նվազման:

Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՆ ԳՊԿ-ի կողմից տրամադրվող ֆինանսական աջակցության շնորհիվ՝ № SCS 16YR-2B041 գիտական թեմայի շրջանակներում:

Գրականություն

1. **Lampert M., Mark P.** Current Injection in Solid.- Academ.Press, New-York and London, 1970.- 416 p.
2. **Milnes A.G.** Deep Impurities in Semiconductors. - John Wiley & Sons, New-York, 1977.- 546 p.
3. Dielectric model of point charge defects in insulating paraelectric perovskites / **V.V. Buniatyan, N.W. Martirosyan, A.Vorobiev, et al** // Journal of Applied Physics.- 2011. – 110. - P. 094110-1-11.
4. Ferroelectric Materials for Microwave Tunable applications / **A.K. Tagantsev, V.O. Sherman, K.F. Astafiev, et al** // J. of Electroceramics. - 2003. - P.11-66.
5. **Gevorgian S., Vorobiev A. and Deleniv A.** Ferroelectrics in Microwave Devices, Circuits and Systems. - Springer, London, 2009. - 386 p.
6. **Lee S.Y. and Kim K.** Future 1T1C FRAM technologies for highly reliable, high density FRAM // IEDM Tech. Dig. - 2002.- P.547–550.
7. Ferroelectric thin films: review of materials, properties, and applications./ **N. Setter, D. Damjanovic, L. Eng, et al** // J. Appl. Phys.-2006.-100.-P.051606-66.
8. **Robertson J.** Energy levels of point defects in SrTiO₃ and related oxides // J.Appl. Phys.-2003.-Vol 93, N2.- P.1054-1059.
9. **Gerblinger J. and Meixner H.** Electrical conductivity of sputtered films of strontium titanate // J. Appl. Phys.- 1990. - V.67, №12. - P. 7453-7459.
10. **Pulfrey D.L., Shousha A.H. and Young L.** Electronic Conduction and Space Charge in Amorphous Insulating Films // J. Appl. Phys.-1970.-Vol.41, №7.- P.2834-2838.

11. Metal-ferroelectric-metal structures with Schottky contacts. Analysis of the experimental current-voltage and capacitance-voltage characteristics of $\text{Pb}(\text{Zn,Ti})\text{O}_3$ thin films / **L.Pintilie. and I. Boerasu, M.J.M. Gomes, et al** // J.Appl.Phys. -2005.- Vol.98.- P.124104.
12. **Mitrofanov O. and Manfa M.** Pool-Frenkel electron emission from the traps in AlGaN // GaN transistors. J. Appl. Phys.- 2004.- V.95. - P. 6414-6419.
13. **Frank R.I., Simmons J.G. Space.** Charge effects on emission-limited current flow in insulators // J.Appl. Phys.-1967.-Vol.38.-P.832-839.
14. **Simmons J.G.** Tunneling Phenomena in Solids / Ed by E. Burstein and S. Lundqvist.- Plenum Press, New-York, 1969. -286p.
15. **Sze S.M. and Kwok Ng. K.** Physics of Semiconductor Devices. - A John Wiley & Sons, Inc., Publish, 2007.- 816p.

20.03.2017.

В.В. Буниатян, В.К. Бегоян, Г.А. Овникян, А.Л. Манукян, Т.В. Вандунц

ОСОБЕННОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК I-V И ЯВЛЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОБОЯ КОНТАКТА МЕТАЛЛ-ФЕРРОЭЛЕКТРИК

Теоретически проанализированы характеристики I-V и явления электрического пробоя контакта металл-ферроэлектрик при наличии кислородной вакансии в ферроэлектрической пленке и в режиме нелинейной зависимости диэлектрической проницаемости ферроэлектрика от электрического поля. Обосновано, что с увеличением плотности электронных уровней захвата, создаваемого кислородной вакансией, увеличивается напряжение пробоя.

Ключевые слова: ферроэлектрическая пленка, кислородная вакансия, электронные уровни захвата, ионизация Пуля-Френкеля.

V.V. Buniatyan, V.K. Begoyan, H.H. Hovnikyan, A.L. Manukyan, T.V. Vandunts

THE FEATURES OF THE I-V CHARACTERISTIC AND BREAKDOWN PHENOMENA OF METAL-FERROELECTRIC CONTACT

The I-V characteristics and breakdown phenomena feature of the metal-ferroelectric contact is studied theoretically for the regime of presence of the oxygen vacancies and non-linear dependence of dielectric permittivity of ferroelectric thin film on electric field. It is stated that with the increase of oxygen vacancies conditioned by electronic trap levels densities, the breakdown voltage is increased.

Keywords: ferroelectric thin film, oxygen vacancy, electronic trappings, Pool-Frenkel ionization.

Բունիաթյան Վահե Վազգենի – տ.գ.դ., պրոֆեսոր (ՀԱՊՀ)

Բեգոյան Վարդգես Կորյունի – տ.գ. թ. (ՀԱՊՀ)

Հովսիկյան Հրայր Հայկի – մագիստրոս (ՀԱՊՀ)

Մանուկյան Արամ Լևոնի – ասպիրանտ (ՀԱՊՀ)

Վանդունց Տիգրան Վալերիկի – տ.գ. թ., դոց., Գորիսի պետական համալսարան

О.Н. Гаспарян, Т.Н. Оганесян

**К ВЫВОДУ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С МАХОВИЧНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ**

Изучены вопросы вывода упрощенных уравнений в пространстве состояний углового движения по одной оси малых космических летательных аппаратов (МКА) с маховичной системой управления для случая, когда маховик установлен не на валу исполнительного двигателя, а на выходе редуктора с заданным коэффициентом передачи. Дан вывод соответствующей передаточной функции МКА с маховиком. Рассмотрен численный пример расчета маховичной системы управления МКА.

Ключевые слова: космический летательный аппарат, маховичная система управления, упрощенные уравнения движения, передаточная функция.

Введение. Маховичные системы управления относятся к наиболее распространенным системам управления малыми космическими аппаратами (МКА) [1-3]. Эти системы, в силу своей простоты и надежности, высоких качественных и эксплуатационных характеристик, питания от электрических источников энергии и т.д., особенно широко применяются в спутниках связи, а также в геодезических, метеорологических и других типах спутников [1].

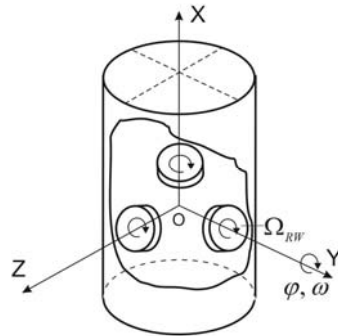


Рис. 1. Маховичная система управления МКА

На рис. 1 схематически показана трехосная маховичная система управления МКА. В таких системах внутри МКА устанавливаются три маховика, вращение которых относительно корпуса МКА обеспечивается при помощи двигателей постоянного тока, хотя возможно применение и других типов электродвигателей. Оси вращения маховиков при этом направлены вдоль трех главных осей инерции МКА. При вращении маховика приложенный к нему момент действует с обратным знаком на корпус МКА, что создает возможность управления угловым движением МКА относительно центра масс. В общем случае угловое движение МКА описывается нелинейными динамическими уравнениями Эйлера. Однако при малых угловых скоростях МКА в уравнениях Эйлера можно пренебречь гироскопическими членами, а также другими членами, содержащими произведения угловых скоростей, что приводит к существенному упрощению этих уравнений [1].

В статье дается вывод приближенных уравнений движения МКА с маховичной системой управления в пространстве состояний, а также вывод соответствующих передаточных функций. В качестве исполнительных двигателей приняты электродвигатели постоянного тока с независимым возбуждением от постоянных магнитов. В отличие от описанных в литературе уравнений движения подобных систем [1,2], где считается, что маховик установлен непосредственно на валу двигателя, ниже предполагается, что маховик установлен на выходе механического редуктора с заданным коэффициентом передачи q .

1. Уравнения движения в пространстве состояний и передаточные функции МКА с маховиком, установленным на выходе редуктора. При выводе уравнений движения в пространстве состояний предполагается, что угловые отклонения и угловые скорости МКА вокруг взаимно перпендикулярных осей X, Y, Z малы, и поэтому в точных уравнениях движения можно пренебречь произведениями угловых скоростей, а также считать, что угловые скорости по осям X, Y, Z равны производным соответствующих углов. При данных предположениях уравнения движения МКА вокруг центра масс существенно упрощаются, так как угловые движения вокруг осей X, Y, Z можно рассматривать независимо друг от друга [1]. Кроме того, поскольку упрощенные уравнения движения трехосной маховичной системы управления МКА по осям X, Y, Z идентичны, будем далее опускать индексы, указывающие на оси вращения.

Обозначим через φ и $\omega = d\varphi / dt$ угол поворота и угловую скорость МКА вокруг выбранной оси относительно инерциальной системы координат, а через Ω_{RW} - относительную (относительно корпуса МКА) угловую скорость маховика относительно корпуса МКА. Допустим, маховик установлен на выходе редуктора исполнительного двигателя постоянного тока с независимым возбуждением от постоянных магнитов. Момент инерции МКА обозначим через J , а момент инерции маховика - через I_{RW} . Тогда, обозначив через I_M момент инерции ротора двигателя с приведенным моментом инерции редуктора, а через Ω_M - относительную угловую скорость вращения двигателя, полный момент количества движения (кинетический момент) МКА с маховиком вокруг выбранной оси можно записать в виде

$$H = J\omega + I_M(\omega + \Omega_M) + I_{RW}(\omega + \Omega_{RW}). \quad (1)$$

Если обозначить передаточное число редуктора через q , то относительные угловые скорости вращения ротора двигателя и маховика будут связаны следующими соотношениями:

$$\Omega_{RW} = \frac{1}{q}\Omega_M, \text{ или } \Omega_M = q\Omega_{RW}. \quad (2)$$

Согласно теореме об изменении кинетического момента [1], имеем

$$\frac{dH}{dt} = J\frac{d\omega}{dt} + I_M\frac{d\omega}{dt} + I_Mq\frac{d\Omega_{RW}}{dt} + I_{RW}\frac{d\omega}{dt} + I_{RW}\frac{d\Omega_{RW}}{dt} = M_{out}, \quad (3)$$

где M_{out} - момент внешних сил, действующих на МКА относительно выбранной оси, или

$$(J + I_M + I_{RW})\frac{d\omega}{dt} + (I_Mq + I_{RW})\frac{d\Omega_{RW}}{dt} = +M_{out}, \quad (4)$$

откуда также имеем

$$J\frac{d\omega}{dt} = -\left[(I_M + I_{RW})\frac{d\omega}{dt} + (I_Mq + I_{RW})\frac{d\Omega_{RW}}{dt}\right] + M_{out}. \quad (5)$$

Член в квадратных скобках в правой части (5) обусловлен динамической реакцией маховика и ротора двигателя, связанных через редуктор.

Если обозначить через i ток якоря двигателя, а через c_M - коэффициент передачи по моменту (это конструктивный параметр двигателя) [4], то уравнение движения маховика относительно инерциального пространства можно записать в виде

$$I_M\left(\frac{d\omega}{dt} + \frac{d\Omega_M}{dt}\right) + M_{RW} = c_M i, \quad (6)$$

где

$$M_{RW} = \frac{1}{q}I_{RW}\left(\frac{d\omega}{dt} + \frac{d\Omega_{RW}}{dt}\right) \quad (7)$$

- динамический момент сопротивления маховика, приведенный к валу (ротору) двигателя.

Отметим, что в уравнении (6) для простоты пренебрегаются моменты сухого (кулоновского) и вязкого трений на валу двигателя, а также индуктивность цепи якоря.

Подставив (7) в (6), получим уравнение движения маховика в виде

$$\left(I_M + \frac{1}{q}I_{RW}\right)\frac{d\omega}{dt} + \left(qI_M + \frac{1}{q}I_{RW}\right)\frac{d\Omega_{RW}}{dt} = c_M i \quad (8)$$

или в эквивалентной форме:

$$(qI_M + I_{RW})\frac{d\omega}{dt} + (q^2I_M + I_{RW})\frac{d\Omega_{RW}}{dt} = qc_M i. \quad (9)$$

Ток i якоря двигателя в данном случае с учетом (2) определяется выражением

$$i = \frac{U - c_E \Omega_M}{r} = \frac{1}{r}U - \frac{c_E}{r}q\Omega_{RW}. \quad (10)$$

Подставив (10) в (9), найдем

$$(qI_M + I_{RW})\frac{d\omega}{dt} + (q^2I_M + I_{RW})\frac{d\Omega_{RW}}{dt} = q\frac{c_M}{r}U - q^2\frac{c_E c_M}{r}\Omega_{RW}. \quad (11)$$

Итак, получены два взаимосвязанных уравнения (4) и (11), описывающих динамику МКА с маховичной системой управления.

Введем вектор состояний y со следующими переменными:

$$y_1 = \varphi, \quad y_2 = \omega, \quad y_3 = \Omega. \quad (12)$$

Тогда, исключая путем стандартных преобразований из уравнения (11) производную $d\Omega_{RW}/dt$, а из уравнения (11) производную $d\omega/dt$, получим с учетом обозначений (12) следующую систему трех дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\begin{aligned} \frac{dy_1}{dt} &= y_2, \\ \frac{dy_2}{dt} &= -C_1 U + C_2 y_3 + C_3 Mout, \\ \frac{dy_3}{dt} &= -L_2 y_3 + L_1 U - L_3 Mout, \end{aligned} \quad (13)$$

где

$$C_1 = q\frac{A_0 c_M}{C_0 r}, \quad C_2 = q^2\frac{A_0 c_E c_M}{C_0 r}, \quad C_3 = \frac{1}{C_0}, \quad (14)$$

$$L_0 = (q^2 I_M + I_{RW}) - \frac{(I_M q + I_{RW})^2}{(J + I_M + I_{RW})}, \quad L_1 = \frac{q c_M}{L_0 r}, \quad L_2 = \frac{q^2 c_E c_M}{L_0 r}, \quad L_3 = \frac{(I_M q + I_{RW})}{L_0 (J + I_M + I_{RW})}.$$

Систему уравнений (13) можно записать в матричной форме

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= Ay + B_1 U + B_2 Mout, \\ \varphi &= Cy, \end{aligned} \quad (15)$$

где матрица A и векторы B_1, B_2, C даются выражениями

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \\ 0 & 0 & -L_2 \end{bmatrix}, \quad B_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ -C_1 \\ L_1 \end{bmatrix}, \quad B_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ C_3 \\ -L_3 \end{bmatrix}, \quad C = [1 \ 0 \ 0]. \quad (16)$$

Укажем, что МКА с маховиком как объект управления по входу U (напряжению на входе электродвигателя) является неуправляемым, так как детерминант матрицы управляемости

$$Contr = [B_1 \ AB_1 \ A^2 B_1] \quad (17)$$

для матрицы A и вектора B_1 в (16) равен нулю. Это отражает тот факт, что внутренние силы не могут изменить момент количества движения замкнутой механической системы, т.е. невозможно за счет одного управления U привести к нулю (при ненулевых начальных значениях) одновременно угловые скорости ω и Ω_{RW} [1,2].

Передаточная функция МКА с маховиком, где выходом является угол поворота МКА φ , а входом - напряжение U на входе электродвигателя, определяется через матрицу A и векторы B_1 и C в (16) известным выражением [5]

$$W(s) = C(sI - A)^{-1} B_1, \quad (18)$$

где I - единичная матрица размера 3×3 .

На практике при заданных числовых матрицах и векторах A , B_1 и C проще пользоваться стандартными функциями пакета *Control System Toolbox* в системе MATLAB [5]. В частности, в нашем случае эта функция имеет вид

$$W = \text{balreal}(\text{tf}(\text{ss}(A, B_1, C, 0))), \quad (19)$$

где функция *balreal* служит для исключения избыточных нулей, возникающих во многих случаях при переходе от уравнений в пространстве состояний к передаточным функциям.

2. Пример. Рассмотрим маховичную систему управления МКА по одной оси со следующими параметрами: $J = 10000 \text{ c}^2/\text{M}^2$; $I_{RW} = 300 \text{ z}\cdot\text{c}\cdot\text{M}^2/\text{M}^2$. В качестве электродвигателя выберем двигатель фирмы Махон RE-25 с редуктором 1:5 и с параметрами: $I_M = 0,0107 \text{ z}\cdot\text{c}\cdot\text{M}^2/\text{M}^2$; $\Omega_{xx} = 9500 \text{ об/мин}$; $M_{\text{ном}} = 267 \text{ z}/\text{M}^2$; $C_M = 234 \text{ z}\cdot\text{c}\cdot\text{M}^2/\text{M}^2/\text{A}$; $C_E = 0,0235 \text{ B}\cdot\text{c}$; $r = 2,0 \text{ Ом}$.

Передаточная функция МКА с маховиком $W(s) = W_{MKA}(s)$ (18) при этом равна

$$W_{MKA}(s) = -\frac{0,05846}{s(0,2358s + 1)}. \quad (20)$$

Знак “минус” в передаточной функции $W_{MKA}(s)$ (20) отражает тот факт, что при подаче положительного напряжения на вход электродвигателя и вращении ротора в положительном направлении МКА будет вращаться в противоположном (отрицательном) направлении. Как видно из (20), МКА с маховиком является объектом с астатизмом первого порядка по отношению к углу поворота МКА φ .

В качестве передаточной функции датчика рассогласования (ошибки) принята следующая функция:

$$W_{\text{SENSOR}}(s) = \frac{250}{0,02s + 1}. \quad (21)$$

Расчеты по стандартным методикам [4] показывают, что при вводе в систему регулятора с передаточной функцией

$$W_{PD}(s) = 2 + \frac{50s}{s + 100} = \frac{52s + 200}{s + 100} \quad (22)$$

замкнутая система является устойчивой и имеет следующие запасы устойчивости по амплитуде и фазе: Gain Margin = 24.9 dB, Phase Margin = 52.5 degrees.

Диаграмма Найквиста скорректированной системы управления МКА с маховиком показана на рис. 2, где пунктирными линиями показана амплитудно-фазовая характеристика (АФХ) нескорректированной системы (рис. 2а).

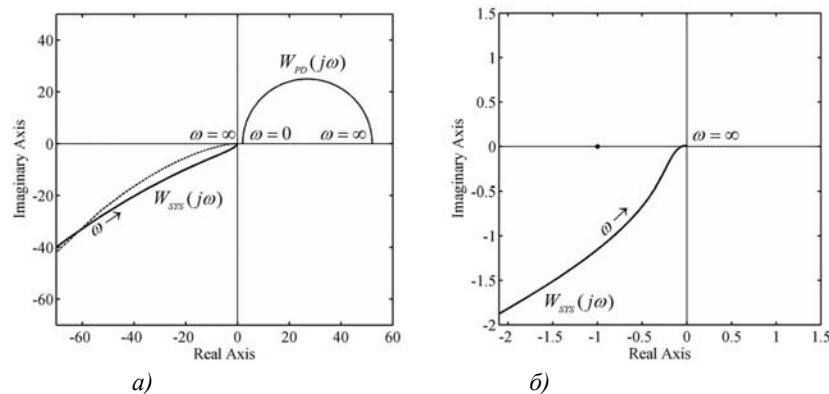


Рис. 2. Диаграмма Найквиста скорректированной системы управления МКА с регулятором (22): а – общий вид; б – АФХ скорректированной системы в увеличенном масштабе

Заклучение. Дан вывод упрощенных уравнений углового движения МКА с маховичной системой управления для случая, когда маховик установлен на выходе редуктора исполнительного двигателя постоянного тока с независимым возбуждением от постоянных магнитов. Приведено выражение для определения передаточной функции МКА с маховиком при помощи стандартных функций, входящих в состав пакета *Control System Toolbox* в системе MATLAB. Рассмотрен численный пример расчета маховичной системы управления МКА.

Литература

1. **Wie B.** Space Vehicle Dynamics and Control.- Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics. - 2008. -2nd ed. -966p.
2. **Forbes J.R. and Damaren C.J.** A Geometric Approach to Spacecraft Attitude Control Using Magnetic and Mechanical Actuation // Journal of Guidance, Control and Dynamics. -2010. - Vol. 33, No. 2. - P. 590-595.
3. **Hoevenaars A.G.L., Engelen S. and Bouwmeester J.** Model-Based Discrete PID Controller for CubeSat Reaction Wheels Based on COTS Brushless DC Motors // Proceedings of the 1st IAA Conference on Dynamics and Control of Space Systems.- Porto, Portugal, 2012. - P. 1-15.
4. **Dorf R.C., Bishop R.** Modern Control Systems. - Addison-Wesley Publishing Co., Reading, MA, 2007. -1046p.
5. Control System Toolbox User's Guide.- The MathWorks, Inc., South Natic, 2014. - 617 p.

01.03.2017.

Օ.Ն. Գասպարյան, Տ.Ն. Հովհաննիսյան

ԹԱՓԱՆՎԱՅԻՆ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՎ ՏԻԵԶԵՐԱԿԱՆ ՓՈՔՐ ԹՈՂՈՂ ՍԱՐՔԻ ՇԱՐԺՄԱՆ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ԴՈՒՐԱԲԵՐՄԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Ուսումնասիրված են որոշ հարցեր, որոնք առնչվում են վիճակների տարածությունում թափանցիկ կառավարման համակարգով փեզերական փոքր թռչող սարքերի (ՏԹՍ) մեկ առանցքով անկյունային շարժման պարզեցված հավասարումների դուրսբերմանը, այն դեպքում, երբ թափանցիկ միացված է ոչ թե անմիջապես կապարողական շարժիչի լիսեռին, այլ տրված փոխանցման գործակցով պարուպափոխանցիչի ելքին: Դուրս է բերված համապատասխան ՏԹՍ-ի փոխանցման ֆունկցիան: Դիտարկվել է թափանցիկ կառավարման համակարգով ՏԹՍ-ի հաշվարկի թվային օրինակ:

Առանցքային բառեր. փեզերական թռչող սարք (ապարատ), թափանցիկ կառավարման համակարգ, շարժման պարզեցված հավասարումներ, փոխանցման ֆունկցիա:

O.N. Gasparyan, T.N. Hovhannisyan

ON DERIVATION OF EQUATIONS OF MOTION FOR SMALL SPACECRAFT WITH FLYWHEEL CONTROL SYSTEM

Some issues concerning the simplified equations in the state space of angular motion in one axis of small spacecraft (ICA) with the flywheel control system for the case when the flywheel is not installed on the shaft of the actuating motor, but on the output of gear with a predetermined transmission ratio are studied. Derivation of the corresponding transfer function of the ICA with the flywheel is given. A numerical calculation example of ICA flywheel control system is considered.

Keywords: spacecraft, flywheel control system, simplified equations of motion, transfer function.

Գասպարյան Օլեգ Նիկոլաևիչ - докт. техн. наук, профессор (НПУА)

Օգանեսյան Թարոն Ներսիսի - аспирант (НПУА)

ՀՏԴ 621.382

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ, ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ ԵՎ
ԳԻՏԱԿԱՆ ՍԱՐՔԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

Կ.Գ. Այվազյան, Դ.Վ. Աղաբեկյան, Վ.Յու. Աղդալյան

ԱՐԵՎԻՆ ՀԵՏԵՎՈՂ ԼՈՒՍԱԶԳԱՅՈՒՆ ՏՎԻՉ

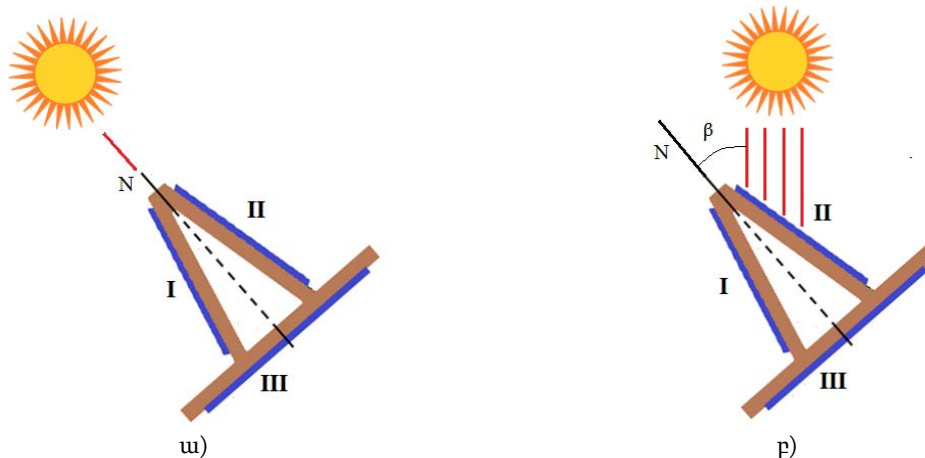
Մշակվել է երեք արևային էլեմենտների հիման վրա պարզագույն կառուցվածքով արևին հետևող լուսազգայուն տվիչ: Դաշտային պայմաններում արևային կայանի վրա փորձարկումները ցույց են տվել, որ այն իր շահագործման արդյունավետությամբ չի զիջում ֆոտոտրանզիստորային տվիչին:

Առանցքային բառեր. լուսազգայուն տվիչ, արևային էլեմենտ, արևին հետևում:

Արևային կայանների աշխատանքային արդյունավետությունն էականորեն պայմանավորված է շահագործման օպտիմալ ռեժիմներով և պայմաններով՝ ապահովելով կայանների հնարավոր հզորության առավելագույն օգտագործումը: Այն ենթադրում է մի շարք խնդիրների լուծում, որոնցից է նաև արևային ճառագայթման հոսքի առավելագույն ընկալումը:

Հնարավոր առավելագույն լուսաընկալում, հետևաբար նաև՝ էներգետիկական հզորություն, ապահովելու համար արևային կայանների մարտկոցների լուսաընկալող մակերևույթները պետք է ճիշտ կողմնորոշված լինեն Երկրի կողմերի նկատմամբ և ունենան որոշակի թեքություն՝ հորիզոնի նկատմամբ: Այդ նպատակով հաճախ իրականացվում է արևային կայանների միառանցք (ազիմուտային) կամ երկառանցք արևին հետևում, օգտագործելով արևին հետևող լուսազգայուն տվիչներ և պատող սարքակազմ [1-3]: Որպես լուսազգայուն տվիչներ կիրառվում են տարատեսակ լուսազգայուն տարրերի (ֆոտոռեզիստոր, ֆոտոդիոդ, ֆոտոտրանզիստոր, արևային էլեմենտ և այլն) հիման վրա կառուցված կոնստրուկցիաներ, որոնք միմյանցից տարբերվում են այդ տարրերի քանակով, թեքության անկյունով և տեղաբաշխմամբ [4, 5]:

Մեր կողմից մշակվել և դաշտային պայմաններում փորձարկվել է արևային էլեմենտների (ԱԷ) հիման վրա պարզագույն կառուցվածքով արևին հետևող լուսազգայուն տվիչ: Լուսազգայուն տվիչի առաջարկված կառուցվածքը բերված է նկ. 1-ում: Այն բաղկացած է թեք և հորիզոնական մետաղական միջնորմների վրա տեղակայված միանման ԱԷ-ներից, որոնցից երկուսը դիմային են (I և II ԱԷ-ները), իսկ մյուսը՝ թիկունքային (III): Դիմային ԱԷ-ները նախատեսված են արևի դիրքի որոշման համար, իսկ թիկունքայինը՝ ցրված ճառագայթման ազդեցության բացառման և առավելության արևային կայանի գործարկման համար: Միջնորմները ծառայում են որպես ջերմացրիչ և հոսանքահաղորդիչ:

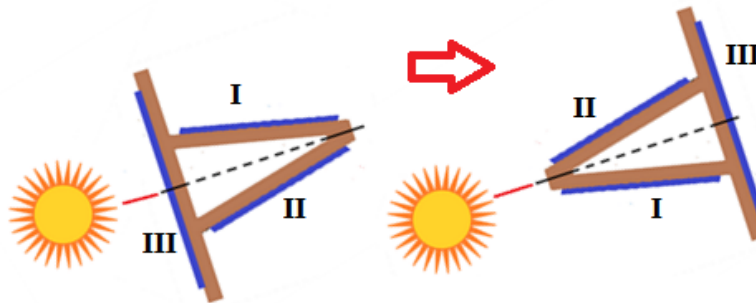


Նկ. 1. Լուսազգայուն տվիչի կառուցվածքը և դիրքերը արևային ճառագայթների անկման ուղղության նկատմամբ.
ա- զուգահեռ, բ - շեղված

Լուսազգայուն տվիչի աշխատանքի էությունը հետևյալն է: ԱԷ-ների էլեկտրաֆիզիկական պարամետրերը կախված են դրանց վրա ընկնող արևային ճառագայթման հոսքից: Տվյալ պահին առավելագույն էլեկտրաֆիզիկական պարամետրեր ունեցող ԱԷ-ից արևային կայանի պտտող սարքակազմին տրվում է ազդանշան: Դիմային I կամ II ԱԷ-ներից ազդանշան ստանալու դեպքում իրականացվում է կայանի որոշակի աստիճանով պտտում համապատասխանաբար՝ աջ կամ ձախ: Թիկունքային III ԱԷ-ի ազդանշանով պտտող սարքակազմն արևային կայանին պտտում է 180°-ով՝ արևմուտքից դեպի արևելք:

Երբ տվիչի անվանական N առանցքը համընկում է արևային ճառագայթների ուղղահայաց անկման ուղղության հետ (նկ. 1,ա), դիմային ԱԷ-ները կունենան միևնույն էլեկտրաֆիզիկական պարամետրեր: Այս դեպքում արևային կայանի պտտող սարքակազմին գործարկման ազդանշան չի տրվում, և արևային կայանը չի փոխում իր դիրքը: Երբ տվիչի անվանական առանցքը շեղված է արևային ճառագայթների ուղղահայաց անկման ուղղությունից որոշակի β անկյան տակ (նկ. 1,բ), դիմային ԱԷ-ների էլեկտրաֆիզիկական պարամետրերը միմյանցից կտարբերվեն, որի արդյունքում պտտող սարքակազմի միջոցով կայանը որոշակի աստիճանով կպտտվի աջ կամ ձախ: Արդյունքում օրվա ընթացքում տեղի կունենա արևային կայանի անընդհատ արևին հետևում:

Թիկունքային ԱԷ-ի վրա ընկնում է միայն ցրված ճառագայթման հոսքը, որը միշտ ավելի փոքր է, քան դիմային ԱԷ-ների վրա ընկնող ուղիղ ճառագայթման հոսքը: Այն ավելի մեծ չի լինի նաև այն դեպքում, երբ վերջիններս գտնվում են ստվերում, օրինակ, երբ երկինքը պատված է ամպերով: Դա նշանակում է, որ օրվա ընթացքում թիկունքային ԱԷ-ից կայանի պտտող սարքակազմին ազդանշան չի տրվում: Օրվա վերջում բոլոր ԱԷ-ներն էլ կունենան գրեթե միևնույն էլեկտրաֆիզիկական պարամետրեր, որի արդյունքում արևային կայանը գիշերվա ընթացքում կգտնվի անշարժ վիճակում՝ թեքված դեպի արևմուտք: Առավոտյան ծագող արևի ճառագայթման հոսքը կընկնի թիկունքային ԱԷ-ի վրա (նկ. 2, ձախ կողմ): Հետևաբար, այս ԱԷ-ի էլեկտրաֆիզիկական պարամետրերը կգերազանցեն դիմային ԱԷ-ների էլեկտրաֆիզիկական պարամետրերին, իսկ պտտող սարքակազմն անմիջապես արևային կայանին կպտտի է 180°-ով՝ արևմուտքից դեպի արևելք (նկ. 2, աջ կողմ), և կհաստատվի արևին հետևելու ռեժիմը միայն դիմային ԱԷ-ների օգնությամբ:



Նկ. 2. Լուսազգայուն տվիչի դիրքերն արևածագին

Ընդհանրացնելով լուսազգայուն տվիչի աշխատանքն ըստ ԱԷ-ներից ստացվող ազդանշանների՝ կարող ենք ներկայացնել հետևյալ աղյուսակի տեսքով:

Աղյուսակ

Լուսազգայուն տվիչի աշխատանքը

I ԱԷ	0	0	0	1	1
II ԱԷ	0	0	1	0	1
III ԱԷ	0	1	0	0	0
Օրվա ժամանակահատվածը	Գիշեր	Արևածագ	Ցերեկ	Ցերեկ	Ցերեկ
Պտտող սարքակազմին տրվող հրամանը	Անշարժ	180°-ով	Աջ	Ձախ	Անշարժ

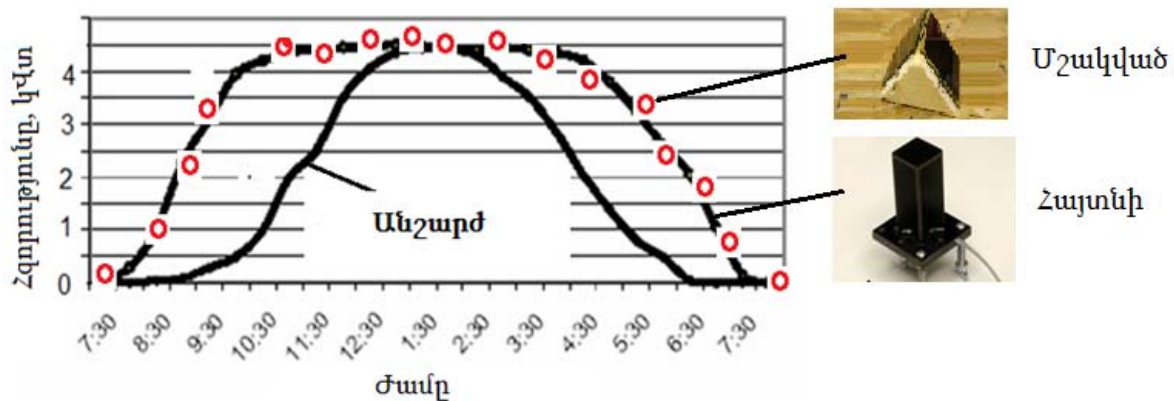
Լուսազգայուն տվիչը պատրաստվել է չինական արտադրության 0,25 Վտ (10 Վ X 25 մԱ) հզորությամբ 35 X 55 մմ² չափսերով բազմաբյուրեղային ԱԷ-ների հիման վրա: Օհմական հպակները թիկունքային մակերևույթին էին: Որպես պտտող սարքակազմին ազդանշան ձևավորող էլեկտրաֆիզիկական պարամետր ընտրվել է ԱԷ-ի կարճ միացման հոսանքը՝ I_{sc} -ն: Այն համարվում է ԱԷ-ի ամենազգայուն պարամետրն արևային ճառագայթման հոսքի նկատմամբ և, կախված β և դիմային ԱԷ-ների միջև եղած α անկյուններից, արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով [1].

$$I_{sc} = I_n \cos \left(90 - \frac{\alpha}{2} + \beta \right),$$

որտեղ I_n -ն ԱԷ-ի կարճ միացման հոսանքն է, երբ $\beta=0$.

Լուսազգայուն տվիչի հետազոտությունները կատարվել են դաշտային պայմաններում “Բարվա” ինովացիոն կենտրոնի փորձակայանում տեղակայված 5,0 կՎտ դրվածքային հզորությամբ արևային կայանի վրա, որը համալրված էր գերմանական արտադրության արևին հետևող ֆոտոտրանզիստորային տվիչով և երկառնացք պտտման սարքակազմով [6]:

Արևային կայանի հզորության չափման արդյունքներն օրվա կտրվածքով մշակված և հայտնի լուսազգայուն տվիչների կիրառման դեպքերում ցույց են տրված նկ. 3-ում:



Նկ. 3. Արևային կայանի հզորության չափման արդյունքներն օրվա կտրվածքով մշակված և հայտնի լուսազգայուն տվիչների կիրառման դեպքերում

Նկ. 3-ից հետևում է, որ.

- մշակված ԱԷ-ով լուսազգայուն տվիչն իր շահագործման արդյունավետությամբ չի զիջում պատրաստի ֆոտոտրանզիստորային տվիչին,
- արևին հետևման սկզբունքի կիրառումը հանգեցնում է արևային կայանի օրական արտադրված էլեկտրական էներգիայի քանակության մոտ 35...40 % մեծացմանը:

Գրականություն

1. Այվազյան Կ.Գ. Բարձր արդյունավետությամբ արևային էլեմենտներ և կայաններ. - Եր.: Գասպրինտ, 2016. – 198 էջ:
2. Այվազյան Կ.Գ., Խաչատրյան Մ.Գ. Հովհաննիսյան Ա.Ս. Արևային կայանների լուսաընկալման վերլուծություն // ՀԱՊՀ Լրաբեր. - 2016.- Մաս 1.- էջ 356-361:
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. Jing-Min Wang, Chia-Liang Lu. Design and Implementation of a Sun Tracker with a Dual-Axis Single Motor for an Optical Sensor-Based Photovoltaic System // Sensors.- 2013. –13. - P. 3157-3168.
5. Lee C.Y., Chou P.C., Chiang C.M., Lin C.F. Sun Tracking Systems: A Review // Sensors. – 2009.- 9.- P. 3875-3890.
6. Buniatyan V.V., Vardanyan A.A. Performances of Solar Water Pumping Station with Solar Tracker // Proc. of NAS and SEUA. Ser. TN.- 2011. –64, № 1.- P. 99-103. 20.03.2017.

К.Г. Айвазян, Д.В. Агабекян, В.Ю. Агдалян

СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ

Разработан светочувствительный датчик простой конструкции на основе трех солнечных элементов для слежения за Солнцем. Испытания в полевых условиях на солнечной станции показали, что по своей эксплуатационной эффективности он уступает фототранзисторному датчику.

Ключевые слова: светочувствительный датчик, солнечный элемент, слежение за Солнцем.

K.G. Ayvazyan, D.V. Aghabekyan, V.Yu. Aghdalyan

LIGHT-SENSITIVE SENSOR FOR THE SUN TRACKING

A light-sensitive sensor of a simple design based on three solar cells has been developed for the Sun tracking. Field tests at the solar station have shown that it is not inferior to the phototransistor sensor by its operational efficiency.

Keywords: light-sensitive sensor, solar cell, the Sun tracking.

Այվազյան Կարեն Գագիկի - տեխնիկական գիտությունների թեկնածու (ՀՀԱ)

Աղաբեկյան Դավիթ Վալերի - ասպիրանտ (ՀԱՊՀ)

Աղալյան Վոլոդյա Յուրիկի - մագիստրանտ (ՀԱՊՀ)

ՀՏԴ 681.518

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ, ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ ԵՎ
ԳԻՏԱԿԱՆ ՍԱՐՔԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

Գ.Հ. Սարգսյան, Գ.Ն. Խորենյան

ՎԵՐ ՍԵՐՎԵՐԻ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ ԵՎ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ
ԻՆՏԵՐԱԿՏԻՎ ԳՈՐԾԻՔԱՄԻՋՈՑԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Հետազոտվել են վեբ սերվերները, դիտարկվել են Apache-սերվերի անվտանգության և կառավարման խնդիրները: Ուսումնասիրության հիման վրա մշակվել է վեբ սերվերի կառավարման ինտերակտիվ գործիք - վահանակ՝ պարզ և հարմար ինտերֆեյս ադմինիստրատորի համար, որը հնարավորություն կտա հետևել, հսկել, կառավարել սերվերի հարցումները ռեալ ժամանակում: Ներկայացվել են խոցելիության դեմ պաշտպանության միջոցներ:

Առանցքային բառեր. վեբ սերվեր, Apache, կառավարում, խոցելիություն, կառավարման ինտերակտիվ ծրագրային գործիք, ադմինիստրատոր, SS:

Ներածություն: Տեղեկատվական տեխնոլոգիաների առկա զարգացումները և ամպային տեխնոլոգիաների արդիականությունը խթանել են տարատեսակ առցանց ծառայությունների մատուցումը: Ժամանակակից կազմակերպությունները՝ ելնելով բիզնեսի հարաճուն պահանջներից, առաջատար ուղղություններ են համարում տեղեկատվության հավաքագրման, մշակման և պահպանման խնդիրները: Վեբ հավելվածների ստեղծումը ժամանակակից միտումներից մեկն է և կազմա-կերպությունները, կիրառելով հավելվածները, ներկայացնում են տարբեր ծառայություններ՝ էլեկտրոնային տեսքով հավաքագրում, մշակում և պահում են ֆինանսական, առողջապահական կամ այլ բնույթի տեղեկատվություն՝ վստահեցնելով օգտատերերին նրանց անվտանգության և ապահովության մեջ:

Վեբ հավելվածի անվտանգության ապահովման հարցը դառնում է արդիական և հրատապ, իսկ առաջարկվող լուծումները համապիտանի չեն բոլոր դեպքերի համար: Խոցելիության աճը պահանջում է նոր լուծումներ:

Խնդրի դրվածքը: Արդիական է դիտարկել ժամանակակից վեբ սերվերի կառավարման հիմնախնդիրները, դասակարգելով առկա խոցելիությունները, համադրելով առկա լուծումները և դիտարկված ինտերակտիվ ծրագրային գործիքները: Մշակել և ստեղծել ծրագրային գործիքամիջոց, որն իր մեջ կհամատեղի վեբ սերվերի կառավարման, հետևման, հսկման և անվտանգության ապահովման հնարավորությունները մեկ կամ մի քանի ադմինիստրատորների համար:

Հետազոտվող նյութը: Այսօր շուկայում առկա վեբ սերվերները բազմաթիվ են: Ըստ ինտերնետային հարցումների և առաջատար կազմակերպությունների հետազոտությունների առաջատար դիրքում Apache-ն է, որը զբաղեցնում է շուկայի 40%-ը: Հիմնվելով հետազոտությունների վրա, հաշվի առնելով այն, որ Apache-ն ընգրկված է գրեթե բոլոր ամպային տեխնոլոգիական պլատֆորմներում, և սպասարկվող կայքերի քանակը, ինչպես նաև կոնֆիգուրացիոն և կիրառական պարզությունը, Վեբ-սերվերների կառավարման ինտերակտիվ ծրագրային գործիքը մշակվեց Apache-ի համար [1-3]:

Իրականացված են հետազոտություններ, որոնք ցույց տվեցին, որ վեբ համակարգերի գրեթե 62%-ը պարունակում է բարձր մակարդակի ռիսկի խոցելիություններ: Որքան բարձր է վեբ հավելվածի ֆունկցիոնալությունը, այնքան բարդ է նրա կոդը, և այնքան այն խոցելի է, ինչ էլ կարող է հանգեցնել անվտանգության լուրջ խնդիրների: Համաձայն հետազոտությունների՝ խոցելիությունների մոտ 69%-ը կրում է սերվերային բաղադրիչը: Ընդ որում, այս խոցելիությունների քանակական բաշխվածությունը կախված է նաև սպասարկող սերվերի տեսակից: Եվ համաձայն դիտարկված հետազոտությունների՝ չնայած շուկայում զբաղեցրած առաջատար դիրքին, նաև ամենախոցելիին Apache-ն է: Ելնելով հենց այս դրույթից՝ վեբ սերվերների համար ստեղծված կառավարման գործիքը մշակված է Apache-ի համար՝ համատեղելով կառավարումը և անվտանգության վերահսկումը [3]:

Ցավոք, ծառայություններ մատուցողները հաճախ չեն ներգրավվում ամպային ինֆորմացիոն համակարգերի ծառայություններում, օրինակ Microsoft-ի Azure կամ IBM-ի Watson-ում և չեն օգտվում ներկայացված համակարգերի կենտրոնացված կառավարման անվտանգության համակարգում ֆինանսական կամ համակարգի ոչ ամբողջական տիրապետման դեպքում, փորձի պակասության կամ այդ ծառայություններից խուսափելու պատճառով, որից բխում է անբավարար անվտանգությունը: Մեր իրականացրած հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ հավելվածների մեծամասնությունը պարունակում է բարձր մակարդակի ռիսկի խոցելիություններ [1,4,5]:

Վեբ սերվերի կառավարման վահանակը – ինտերակտիվ ծրագրային գործիքամիջոցն ադմինիստրատորին տալիս է սերվերի կայքերի անվտանգություն խոցելիությունների հայտնաբերման, հսկման և կառավարման հնարավորություն, տեսնելով հարցման արդյունքը, տարվա կտրվածքով խոցելիությունների քանակական վիճակագրությունը և այլն: Բացի այդ ստեղծվեց սերվերային դիտարկված ամենավտանգավոր և տարածված խոցելիությունները վերահսկելու, հետևելու և հայտնաբերելու հնարավորություն:

Ներկայացվում է մշակված ծրագրային գործիքը:

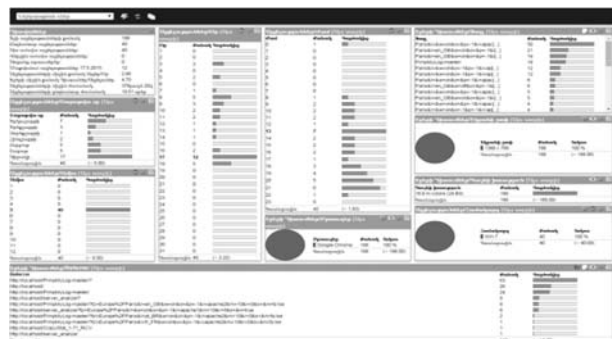
Վեբ սերվերի կառավարման ինտերակտիվ համակարգը վեբ ինտերֆեյս է, որի մուտքը միայն գրանցմամբ է: Հաջողությամբ մուտք գործելուց հետո ադմինիստրատորը պետք է անցնի կոնֆիգուրացիոն փուլերով, որոնցից յուրաքանչյուրում տեղակայված են լռելայն կարգավորումներ: Նա կարող է փոփոխել կարգավորումները կամ ընդունել լռելայն: Առաջին փուլը Apache-ի լոգավորման ֆայլերի կարգավորումների փուլն է, իսկ հաջորդը՝ քիթ-ի լոգավորման ֆայլերի ճանապարհի կարգավորումն է: Այնուհետև ադմինիստրատորը մուտք է գործում կառավարման վահանակի գլխավոր էջ: Գլխավոր էջում վեբ սերվերի կայքերի օգտատերերի բոլոր հարցումները բերված են աղյուսակով: Հարցումները բերված են մասնատված տեսքով՝ տալով ինֆորմացիա, հարցման ժամանակի, օգտատիրոջ IP հասցեների, հարցման տիպի, հարցման մարմնի, սերվերից ստացվող պատասխանի կոդի, պատասխանի չափի մասին: Ադմինիստրատորը հնարավորություն ունի ընտրելու ցուցադրվող հարցումները ըստ Apache-ի հարցումների 3 հիմնական տիպերի:

Եթե ադմինիստրատորն ընտրում է 1 տարբերակը, ապա աղյուսակում հայտվում են միայն այն հարցումները, որտեղ գրանցվել են սխալներ, օրինակ `mod_dumpio` մոդուլը: Հարցումների ցուցադրման 3-րդ տարբերակի ընտրման դեպքում ադմինիստրատորը կարող է նաև տեսնել Php ծրագրային կոդում առաջացած սխալները՝ ըստ ժամանակի, տիպի, ֆայլի և սխալի տողի: Նոր հարցումների ծագման դեպքում աղյուսակները ավտոմատ թարմացվում են: Ադմինը կարող է անջատել աղյուսակի սյունակները, փոփոխել թարմացումների ժամանակը և այլն: Վահանակը տալիս է նաև հարցումների տարբեր ֆորմատներով դուրս բերման հնարավորություն օրինակ CSV, JSON, JSON կանոնակարգված ֆորմատով, RSS և XML:

Վահանակում կա ծանուցման ակտիվացման հնարավորություն, որի ակտիվացման դեպքում ադմինիստրատորը իր համակարգչի էկրանին ծանուցման տեսքով տեղեկանում է՝ կայքերի նոր հարցումների առաջացման դեպքում:

Վահանակն ունի կառավարման հիերարխիկ և ճկուն կառուցվածք: Այն հնարավորություն է տալիս միևնույն սերվերի ադմինիստրատիվ կառավարմամբ զբաղվել միաժամանակ մի քանի ենթաադմիններ, որոնց ստեղծում և վերահսկում է մեկ սուպերադմինը: Կա ենթաադմինների հարցումների տեսանելիության տիրույթը սահմանափակելու հնարավորություն: Վահանակում կա ենթաադմինների պատմության էջ, որտեղ սուպերադմինը կարող է հետևել ենթաադմինների գործողություններին:

Վահանակում հաջորդ խոշոր բաժինը սերվերի կայքերի այցելությունների վիճակագրության դիտման էջն է (նկ.1): Ադմինիստրատորը կարող է տեսնել սերվերի կայքերի շատ լայն գործոններով վիճակագրությունը գրաֆիկորեն:

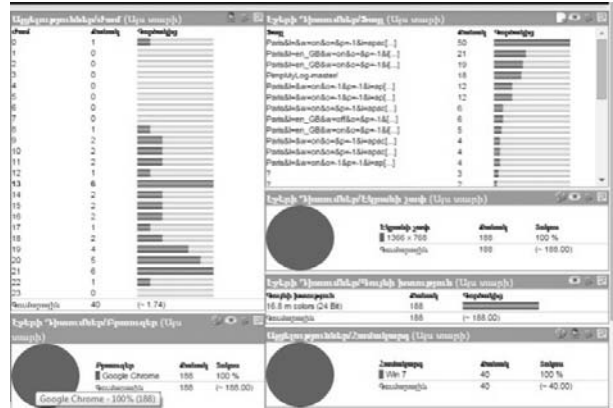


Նկ.1. Կայքերի այցելությունների վիճակագրության դիտման էջ

Սա հնարավորություն է տալիս ադմինիստրատորին հետևել սերվերի կայքերի այցելուների ամենաշատ դիտված կայքերը, կայքերի էջերը և քանակները, այցելուների բրաուզերները, էկրանների չափերը, տեսնել կայքերի օգտատերերի քանակական խտությունը՝ կախված բազմաթիվ գործոններից:

Էջը բաժանված է բլոկների, որտեղ բերված են կայքերի տարբեր վիճակագրական տվյալներ, որոնք բաշխվել են համաձայն ժամանակի բաժանումների և մի շարք այլ պարամետրերի: Ադմինիստրատորը կարող է գրաֆիկորեն տեսնել բլոկի համեմատական վիճակագրությունը, կարող է թարմացնել և այլն: Յուրաքանչյուր բլոկում օրացույցի տեսքով բերված սեղմակոճակի միջոցով կարելի է գտել տվյալ բլոկը ըստ ժամանակային տարբեր բաղադրիչների:

Բլոկներում բերված է այցելությունների քանակական վիճակագրությունը, որն օգտակար է սերվերի կայքերի այցելությունների դիտման և հետևման համար: Այն իրականացված է ըստ ժամանակի չափորոշիչների՝ ժամ, օր, շաբաթ, ամիս և այլն: Առանձնացված է վեբ սերվերի կայքերի այցելությունների վիճակագրությունը: Բլոկներից մեկը դիտված էջերի ֆայլերի համեմատական վիճակագրության բլոկն է: Այն ներկայացնում է դիտված էջերը քանակական գործակիցներով և գրաֆիկորեն ներկայացնում դրանց քանակական դասկարգումը, ընդ որում, ադմինիստրատորը կարող է դասավորել ըստ աճման կարգի: Բերված է բլոկներից մեկը՝ էջերի դիտումների քանակական բլոկը (նկ.2): Այսպիսով, ադմինիստրատորը կարող է տեսնել կայքերի այցելությունների շաբաթական, օրական, տարեկան, ամսական և այլ ժամանակային միջակայքի վիճակագրությունը՝ գտել դրանք, համեմատել կամ գումարել:



Նկ.2. Էջերի դիտումների քանակական էջը

Վահանակն ունի կարևորագույն խոշոր բաժին՝ սերվերային անվտանգության խոցելիությունների վերահսկման, հետևման և կառավարման համար: Այս բաժնում բերված են մեր դիտարկված հետազոտությունների համաձայն սերվերային ամենատարածված և վտանգավոր խոցելիությունները, որոնք ըստ դիտարկված հետազոտությունների խոցելիությունների ցուցակում առաջատարներն են:

Վահանակում ադմինիստրատորը կարող է փնտրել ցանկացած ժամանակահատվածում սերվերում առկա համապատասխան խոցելիությամբ հարցումները՝ գործող մի շարք վալիդացիաներով:

Որոշման դաշտում, ժամանակացույցը նշելով, բերվում են ըստ ժամանակացույցի հայտնաբերված բոլոր համապատասխան խոցելությամբ օգտատերերի հարցումները: Ընդ որում, հայտնաբերված հարցումները բերվում են էջակալված աղյուսակով և, օրինակ, հայտնաբերված SQL խոցելիության հարցումների աղյուսակը:

Աղյուսակում խոցելիությունների հայտնաբերված հարցումները բերվում են ըստ հարցման օգտատիրոջ IP հասցեի, հարցման մարմնի, հարցման ժամանակի, սերվերից ստացված պատասխանի ստատուսի և պատասխանի չափի: Ընդ որում, հարցման հասցեի վրա դրված են հղումներ, որը հնարավորություն է տալիս ադմինիստրատորին անցնել հղումով և տեսնել խոցելի հարցման արդյունքը, փնտրել որոշակի



Նկ.3. Խոցելիության բլոկների էջը

ժամանակահատվածում առկա խոցելիությունները, տեսնել խոցելիություններից յուրաքանչյուրի վիճակագրությունը՝ տարվա կտրվածքով (նկ.3): Անցնելով խոցելիություններն ըստ ամիսների բաժնով՝ ադմինիստրատորը տեսնում է սերվերի համապատասխան խոցելիության համեմատական գրաֆիկական պատկերումը տարվա կտրվածքով:

Խոցելիության յուրաքանչյուր բաժնում բերված են դրանց դեմ պաշտպանության համար առկա ստանդարտ լուծումները և քայլերը: Այս քայլերն անհրաժեշտ են խոցելիություններից պաշտպանության համար և կծառայեն հատկապես սկսնակ ադմինիստրատորներին:

Բերված են նաև յուրաքանչյուր խոցելիության համար առկա պաշտպանության միջոցները, որոնք կարող են օգտակար լինել հատկապես սկսնակ ադմինիստրատորին:

Եզրակացություն: Մշակվել է վեբ սերվերի կառավարման ինտերակտիվ գործիք՝ պարզ և հարմար ինտերֆեյս ադմինիստրատորի համար, որը հնարավորություն է տալիս հետևել, հսկել, կառավարել սերվերի հարցումները, գտել, դուրս բերել տարբեր ֆորմատներով, ստանալ ծանուցումներ նոր հարցումների ստացման դեպքում: Ծրագրավորված կառավարման վահանակը ներկայացնում է սերվերի կայքերի այցելությունների վիճակագրությունը գրաֆիկորեն, կայքերի անվտանգությունը խոցելիությունների հայտնաբերման, հսկման և կառավարման հետ՝ ցուցադրելով տարվա կտրվածքով խոցելիությունների քանակական վիճակագրությունը:

Գրականություն

1. **Стьюарт Мак-Клар, Саумил Шах, Шприрай Шах** “Хакинг в Web: атаки и защита”. – М.: Вильямс, 2003. – 384 с.
2. <http://https://www.apache.org/>
3. **Хокинс С.** Администрирование Web-сервера Apache”. – М.: Вильямс, 2008. – 330 с.
4. **Соин Д.А.** Администрирование Unix-сервера и Linux-станций”. – СПб.: Питер, 2001. – 395 с.
5. <http://news.netcraft.com/archives/2014/04/02/april-2014-web-server-survey.html>
6. http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-apache_3

01.04.2017.

Г.О. Саргсян, Г.Н. Хоренян ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕБ-СЕРВЕРОВ И РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Разработан интерактивный инструмент - панель администратора для управления веб-сервером с простым и удобным интерфейсом, которая позволяет отслеживать, контролировать, управлять запросами сервера, а также уточнять, выявлять и получать уведомления о поступлении новых запросов. Информационная панель предоставляет статистику веб-сервера графически. Панель управления позволяет администратору обнаруживать уязвимости веб-сервера, контролировать и управлять каждым запросом, вести статистические данные, показывающие количество уязвимостей в год. В нем также представлены доступные средства против уязвимостей, которые могут быть большим подспорьем для начинающих администраторов.

Ключевые слова: веб-сервер, Apache, управление, уязвимость, интерактивный инструмент, программное обеспечение, администратор, IT.

G.H. Sargsyan, G.N. Khorenyan WEB SERVER SECURITY ISSUES AND MANAGEMENT OF INTERACTIVE TOOL

Interactive simple and convenient interface tool – a dashboard for administrators by web server management is developed, which allows to track, monitor, manage server requests, as well as to refine, bring out different formats to be notified of the receipt of new requests. The dashboard provides the web server statistics graphically. The dashboard gives the administrator the possibility to refine these statistics. vulnerabilities in web server detection, control and manage with each request for statistics showing the number of vulnerabilities per year. It also presents the available remedies for the vulnerability, which can be a great help especially for novice administrators.

Keywords: web server, Apache, management, vulnerability, interactive software tool, administrator, IT.

Սարգսյան Գոհար Հոսեֆի - տ.գ.թ., դոցենտ (ՀԱՊՀ)

Խորենյան Գայանե Նորայրի - Վեբ-ծրագրավորող (ԲետՔոնստրաքտ)

ՀՏԴ 681.3

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ, ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ ԵՎ
ԳԻՏԱԿԱՆ ՍԱՐՔԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ե.Ա. Մանասյան

ԿԵՆՍԱՐՔԱՆԱԿԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՊԱՀՊԱՆՄԱՆ ՑԱՆՑԱՅԻՆ
ԳՈՐԾԻՔԱՄԻՋՈՑՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ, ՀԱՄԵՄԱՏՈՒՄԸ ԵՎ ԱՌԱՋԱԴՐՈՒՄԸ

Կատարվել է հետազոտություն և ըստ տարբեր գործողությունների համեմատվել են տվյալների հենքերը՝ որպես կենսաբանական տվյալների պահպանման ցանցային գործիքամիջոցներ: Ըստ համեմատման արդյունքների, հիմնավորվել և առաջադրվել է Apache Cassandra տվյալների հենքը՝ որպես կենսաբանական տվյալների պահպանման ցանցային գործիքամիջոց՝ կարևորելով հենքի բարձր հասանելիությունը, մեծ արտադրողականությունը և գրիդ համակարգերում հեռահաղորդակցական ցանցի օգտագործմամբ աշխատելու հնարավորությունը:

Առանցքային բառեր. կենսաբանական տվյալներ, մեծ տվյալներ, տվյալների հենք Apache Cassandra, NoSQL, հեռահաղորդակցական ցանց:

Ներածություն. Առողջապահության պատմության ընթացքում հավաքագրվել են մեծ ծավալի տվյալներ հիվանդների մասին բժշկական գրանցումների կատարման և առողջապահական այլ տվյալների պահպանման շնորհիվ [1]: Այս տվյալների մեծ մասը գրանցվել է թղթային տարբերակով տեքստի ձևով, սակայն համաձայն ներկայիս միտումների՝ առողջապահության որակի բարձրացման նպատակով, նոր գրառումները հիմնականում կատարվում են թվային տարբերակով, իսկ հները՝ թվայնացվում [2, 3]: Արդիաառողջապահական համակարգերում պահպանվում են հիվանդների կենսաբանական տվյալները: Կենսաբանական տվյալ են հանդիսանում սրտի բախումները, միջերակային ճնշումը, արյան մեջ շաքարի պարունակությունը, ռենտգեն պատկերները, մատնահետքը, գենային տվյալները և այլն [4]: Կենսաբանական տվյալների մեծ մասը չափվում է՝ օրական 24 ժամ, շաբաթական 7 օր սկզբունքով: Սրանց պահպանման շնորհիվ հնարավոր է դառնում ստեղծել բժշկական որոշումների աջակցման, հիվանդությունների դիտարկման և այլ առողջապահական համակարգեր: Կենսաբանական տվյալները համարվում են մեծածավալ տվյալներ (Big Data), քանի որ դրանք կառուցավորված չեն, տարաբնույթ են և մեծաքանակ [2]: Կենսաբանական տվյալների հավաքագրումն ու վերլուծությունը կարող է բժշկական հաստատություններին տալ մի շարք առավելություններ: Այդ առավելություններից են հիվանդության հայտնաբերումը նախնական շրջանում կամ որոշ հիվանդությունների առաջացման կանխատեսումը, առողջապահական և ապահովագրական խարդախությունների բացահայտումը և այլն [5]: Այս ամենը նվազեցնում է առողջապահական ծախսերը, օրինակ, մեծածավալ տվյալների կիրառումը ԱՄՆ առողջապահության մեջ կարող է տարեկան շուրջ 300 միլիարդ դոլար խնայել [6]:

Կենսաբանական տվյալների ծավալը տարեցտարի մեծ արագությամբ աճում է և շուտով կչափվի գեթաբայթերով (10^{21} գիգաբայթ) և նույնիսկ՝ յոթաբայթերով (10^{24} գիգաբայթ), ինչը հանգեցնում է տվյալների պահման հետ կապված խնդիրների առաջացման և պահպանման ծախսերի աճի [2]:

Խնդրի դրվածքը: Հաշվի առնելով կենսաբանական տվյալների ծավալի կտրուկ աճը՝ անհրաժեշտ է հետազոտել այդ տվյալների պահպանման ցանցային գործիքամիջոցները, տալ դրանց հարաբերական գնահատականը և առաջադրել կենսաբանական տվյալների պահպանման համար առավել արդյունավետ: Խնդիրը լուծելու համար անհրաժեշտ է կատարել հետևյալ քայլերը.

1. հիմնավորել կենսաբանական տվյալներով հաճախ կատարվող գործողությունների խումբը,
2. հետազոտել տվյալների պահպանման միջոցները և ընտրել տվյալների հենքեր համեմատության համար,
3. կատարել ընտրված միջոցների համեմատում տարբեր քանակի քոմպյուտերների օգտագործմամբ,
4. առաջադրել ամենաարդյունավետ միջոցը կենսաբանական տվյալների պահպանման համար:

Կենսաբանական տվյալներով կատարվող գործողությունների առանձնահատկությունները:

Դիտարկված են տվյալներով կատարվող 4 գործողություն.

1. ներդնել(insert),
2. ընտրել(select),
3. թարմացնել(update),
4. ջնջել(delete):

Կենսաբանական տվյալներ հիմնականում ներդրվում են 2 եղանակով՝ մեկ գրառման ձևով (record) և խմբային գրառումներ ներդնելով (chunk): Մեկական գրառումներ ներմուծում են այն դեպքերում, երբ կենսաբանական մեկ չափում է կատարվում: Այդպիսի չափման օրինակ է զարկերակային ճնշումը:

Խմբային գրառման դեպքում մեկ գործողությամբ (by one operation) ներդրվում են մեծ քանակությամբ գրառումներ: Խմբակային գրառումներ ներդրվում են կենսաբանական տվյալների թվայնացման ժամանակ և տարբեր տիպի կենսաբանական տվյալներ հավաքագրող սարքերի կիրառման դեպքում, որոնց էլքը գրառումների խումբ է: Խմբակային գրառումներ են ներդրվում սրտի զարկերի քանակ չափող սարքերից տվյալներ ստանալիս: Այս տիպի գրառումների շնորհիվ բարձրացվում է առողջապահական համակարգերի արագագործությունը և էներգախնայողությունը: Խմբային գրառման դեպքում կարելի է մեկ գործողության ժամանակ հարյուրավոր գրառումներ կատարել:

Կենսաբանական տվյալների ընտրվում են 3 ձևով.

1. 1 գրառման ընտրում,
2. գրառումների որոնում (scan),
3. բոլոր գրառումների ընտրում:

1 գրառում ընտրելու օրինակ է հիվանդի ամենաուշ չափված զարկերակային ճնշման գրառման ընթերցումը:

Գրառումների որոնումը օգտագործվում է բժշկական համակարգերում ըստ տարբեր դաշտերի որոնման համար: Կենսաբանական տվյալներից գիտելիք (insight) ստանալու համար օգտագործվում են տարբեր տիպի մեծ տվյալների հետ աշխատելու համար նախատեսված միջոցներ, ինչպիսիք են Apache Spark-ը, Apache Hadoop-ը և այլն [2]: Այս միջոցների օգտագործման ժամանակ անհրաժեշտ է լինում ըստ տարբեր դաշտի կամ դաշտերի գրառումների որոնումը և բոլոր գրառումների ընտրում գործողությունը:

Քանի որ կենսաբանական տվյալների օգտագործմամբ հնարավոր է մեծ խնայողություններ անել և բարձրացնել առողջապահության որակը, դրանց կորուստը կհամարվի արդյունավետության նվազեցում: Անգամ տեղեկատվության սխալ լինելու դեպքում փոփոխություններ կատարելիս կամ տեղեկատվության թարմացում անելիս անհրաժեշտ է հինը պահպանել: Այդ պատճառով նման տիպի համակարգերում թարմացման և ջնջելու գործողությունները փոխարինվում են գրանցման գործողությամբ: Օրինակ, հիվանդի քաշը թարմացնելու համար ավելացվում է նոր գրառում նոր քաշով, իսկ կարդալիս ընթերցվում է վերջին գրանցվածը: Այս դեպքում հնարավոր է հասկանալ տարբեր տվյալների փոփոխությունը և անգամ այս փոփոխություններից որոշակի գիտելիք ստանալ:

Տվյալների պահպանման ցանցային գործիքամիջոցները: Քանի որ կենսաբանական տվյալները պատկանում են մեծ տվյալների տիպին, այսինքն՝ տարաբնույթ են, մեծածավալ և չկառուցավորված, ապա դրանց պահպանումը դասական ռելացիոն տվյալների հենքերով անհնարին է կամ ոչ արդյունավետ: Կենսաբանական տվյալների պահպանման առավել արդյունավետ միջոցներ են համարվում NoSQL տվյալների հենքերը [2]: NoSQL տվյալների հենքերի օգտագործումը թույլ կտա տեսականորեն անսահմանափակ ծավալի տվյալներ պահպանել, քանի որ հնարավոր է տվյալների բաշխում բազում քոմպյուտերների միջև և հնարավոր կլինի պահպանել չկառուցավորված տվյալներ [7]: NoSQL տվյալների հենքերի օգտագործմամբ կենսաբանական տվյալների պահպանումը կէժանանա, քանի որ սրանք հորիզոնական ընդլայնելի են (horizontally scalable), հետևաբար, մեծ արտադրողականություն ունեցող թանկ քոմպյուտերները կարելի է փոխարինել մի քանի ավելի էժաններով, որոնք միմյանց հետ կհամագործակցեն ցանցով:

Համաձայն աշխարհի մի շարք երկրների տվյալների պահպանման մասին օրենքների՝ արգելվում է այդ երկրների քաղաքացիների տվյալների պահպանումը երկրի սահմաններից դուրս, հետևաբար տվյալները պետք է պահպանված լինեն նույն երկրի կամ որոշ դեպքերում՝ քաղաքական միավորման սահմաններում: Սակայն միևնույն ժամանակ կենսաբանական տվյալները պետք է

հասանելի լինեն այլ երկրներին նույնպես, քանի որ այդ երկրների քաղաքացիները կարող են գտնվել իրենց երկրի սահմաններից դուրս և կենսաբանական տվյալներն օգտագործող համակարգերի օգտագործման անհրաժեշտություն կարող է առաջանալ: Խնդիրը լուծվում է գրիդհամակարգերի օգտագործմամբ: Գրիդերի օգտագործման դեպքում հնարավոր է ըստ տարբեր սկզբունքների տվյալները բաշխել, մասնավորապես այդ տվյալները կարող են բաշխվել օգտագործողի քաղաքացիությունը հաշվի առնելով: Արդյունքում կենսաբանական տվյալները կբաշխվեն տարբեր երկրներում, քաղաքական միավորումներում, անգամ մայրցամաքներում: Այսպիսի համակարգի հանգույցների միջև փոխհամագործակցությունն ապահովելու համար անհրաժեշտ է օգտագործել հեռահաղորդակցական ցանց:

Աղյուսակ 1-ում ներկայացված են համեմատման համար ընտրված NoSQL տվյալների հենքեր, դրանց անվանումը, տարբերակը, թողարկման ամսաթիվը և տիպը: Համեմատության համար օգտագործվել են հողվածի մշակման ժամանակ այդ տվյալների հենքերի ամենաթարմ տարբերակները: Ներկայացվածները ամենաշատ կիրառվող NoSQL տվյալների հենքն են, և բոլորն էլ անվճար են օգտագործման համար [8]: Տվյալների հենքերի համար հավասար մրցակցային պայմաններ ստեղծելու ժամանակ դրանց լռելյայն կոնֆիգուրացիաները փոփոխման չեն ենթարկվել:

Աղյուսակ 1

Ներկայացված NoSQL տվյալների հենքերի համառոտ նկարագիրը

Անվանում	Տարբերակ	Թողարկման ամսաթիվ	Տիպ
Apache Hbase	1.2.4	7.11.2016	Column oriented
Apache Cassandra	3.10	3.02.2017	Column oriented
MongoDB	3.5.2	26.01.2017	Document oriented
Couchbase	4.5	22.06.2016	Document oriented

Ընտրված տվյալների հենքերի համեմատումը: Ընտրված տվյալների հենքերը համեմատելու և գնահատելու համար պետք է ստեղծել հավասար պայմաններ դրանց թեստավորման համար: Դրանք պետք է տեղադրել միևնույն պարամետրերով քոմպյուտերների վրա և կատարել միևնույն տիպի գործողություններ: Այդ պատճառով թեստավորման համար ընտրվել է Amazon ընկերության AWS EC2 ծառայության m1.large անունով օրինակը (instance), որն ունի աղյուսակ 2-ում ներկայացված պարամետրերը:

Աղյուսակ 2

AWS EC2 m1.large-ի պարամետրերը

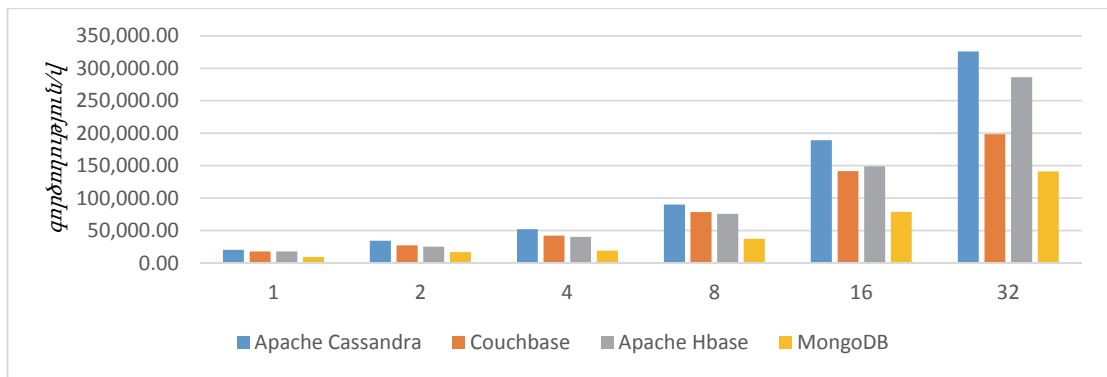
RAM	Հիշողություն	Հարթակ	Միջուկների քանակ
7.5 GB	850 GB	64 bit	2 EC2 վիրտուալ միջուկ

Տվյալների հենքերի համեմատության համար օգտագործվել են 6 խումբ քոմպյուտերներ. առաջին խումբը բաղկացած է մեկ, երկրորդը՝ 2, երրորդը՝ 4, չորրորդը՝ 8, հինգերորդը՝ 16 և վեցերորդը՝ 32 AWS EC2 ծառայության m1.large օրինակներից:

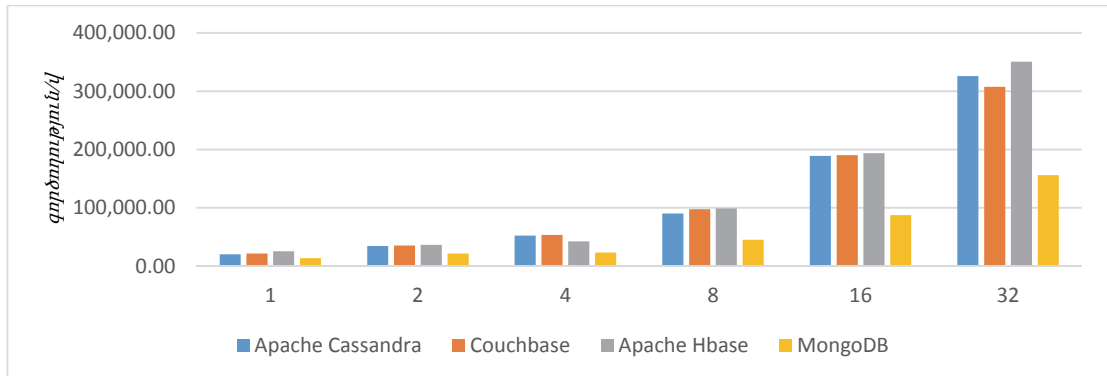
Նկ. 1-5-ում ներկայացված են համապատասխանաբար մեկ գրառում ներդնելու, խմբակային գրառումներ ներդնելու, մեկ գրառում ընտրելու, գրառումների որոնում և բոլոր գրառումների ընտրում գործողությունների թեստավորման արդյունքների հիստոգրամները:

Նկ. 4-ում պատկերված չեն Couchbase տվյալների հենքի ցուցանիշները, քանի որ այն չունի գրառումների որոնման հնարավորություն:

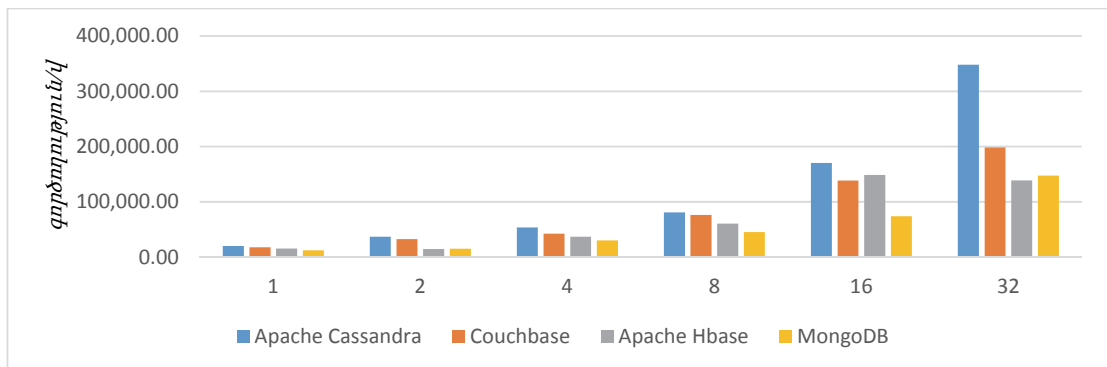
Համաձայն նկ. 1 և նկ.3-5-ի Apache Cassandra տվյալների հենքը թեստավորման արդյունքում ունեցել է ամենաբարձր ցուցանիշները: Համաձայն նկ. 2-ում պատկերված խմբակային գրառումներ ներդնելու թեստավորման արդյունքների՝ Apache Cassandra տվյալների հենքի արդյունքները քիչ են զիջում Apache HBase և Couchbase տվյալների հենքերի արդյունքներին: Ընդհանրական արդյունքով Apache Cassandra տվյալների հենքը ցույց է տվել առավել բարձր արտադրողականություն:



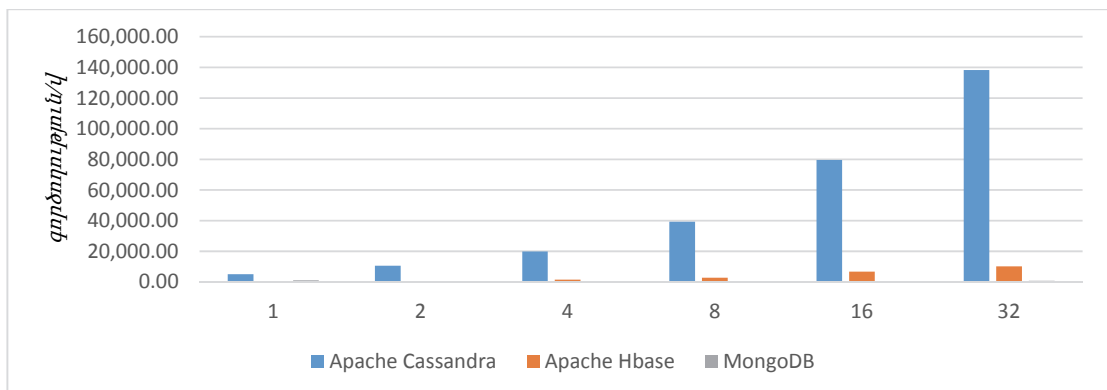
Նկ. 1. Մեկ գրառում ներդնելու գործողության թեստավորման արդյունքները



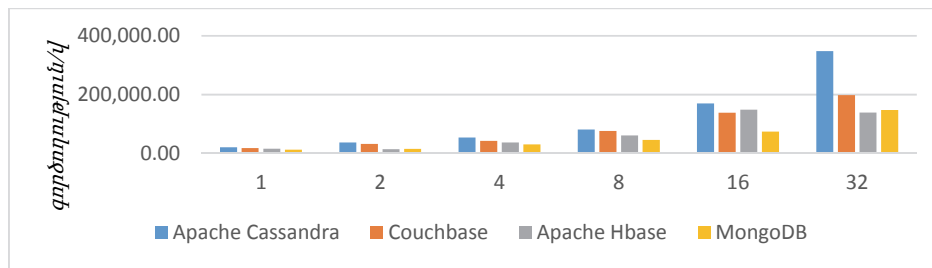
Նկ. 2. Խմբակային գրառումների ներդնելու թեստավորման արդյունքները



Նկ. 3. Մեկ գրառման ընտրելու գործողության թեստավորման արդյունքները



Նկ. 4. Գրառումների որոնման գործողության թեստավորման արդյունքները



Նկ. 5. Բոլոր գրառումների ընտրելու գործողության թեստավորման արդյունքները

Եզրակացություն: Հոդվածի մշակման ժամանակ կատարվել է.

1. կենսաբանական տվյալների պահպանման ցանցային գործիքամիջոցների հետազոտում,
2. NoSQL տվյալների հենքերի համեմատում և ընտրում,
3. կենսաբանական տվյալների հետ առավել հաճախ գործողությունների հիմնավորում,
4. կենսաբանական տվյալների պահպանման գործիքամիջոցների համեմատման արդյունքների վրա հիմնվելով, Apache Cassandra տվյալների հենքի առաջադրում՝ որպես կենսաբանական տվյալների պահպանման ցանցային գործիքամիջոց:

Համաձայն կատարված համեմատման՝ Apache Cassandra տվյալների հենքը առավել արդյունավետ ցանցային գործիքամիջոցն է կենսաբանական տվյալների պահպանման համար: Apache Cassandra տվյալների հենքը կարող է կիրառվել գրիդ համակարգերում՝ աշխարհագրական տարբեր կետերում գտնվող տվյալների կենտրոնների միջև հեռահաղորդակցական ցանցով կապ հաստատելու միջոցով:

Գրականություն

1. **Raghupathi W.** Data Mining in Healthcare // Healthcare Informatics: Improving Efficiency and Productivity. - 2010. - P. 211-223.
 2. **Raghupathi W., Raghupathi V.** Big data analytics in healthcare: promise and potential // Health Information Science and Systems. - 2014. - Vol. 2, issue 3. - P. 1-10.
 3. **Feldman B., Martin E.M., Skotnes T.** Big Data in Healthcare Hype and Hope. - Dr. Bonnie 360, 2012. - 56 p.
 4. Transforming Health Care through Big Data Strategies for leveraging big data in the health care industry /**M. Cottle, W. Hoover, S. Kanwal, et al.** - Institute for Health Technology Transformation, 2013. - 24 p.
 5. **Burghard C.** Big Data and Analytics key to accountable care success. - IDC Health Insights, 2012. - 9 p.
 6. Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity/**J. Manyika, M. Chui, B. Brown, et al.** - McKinsey & Company, 2011. - 156 p.
 7. **Stonebraker M.** SQL databases v. NoSQL databases // Communications of the ACM. - 2010. - Vol. 53, issue 4. - P. 10-11.
 8. **Pokorny J.** NoSQL databases: a step to database scalability in web environment // International Journal of Web Information Systems. - 2013. - Vol. 9, issue 1. - P 69-82.
- 13.03.2017.

Е.А. Манасян

ИССЛЕДОВАНИЕ, СРАВНЕНИЕ И ПРЕДЛОЖЕНИЕ СЕТЕВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Проведено исследование и сравнение в различных действиях сетевых инструментов для хранения биологических данных. На основе сравнительных результатов в качестве сетевого инструмента для хранения биологических данных выбрана база данных Apache Cassandra, которая является высокодоступной, высокопроизводительной и может работать в грид-системах с использованием телекоммуникационной сети.

Ключевые слова: биологические данные, большие данные, база данных Apache Cassandra, NoSQL, телекоммуникационная сеть.

Ye.A. Manasyan

RESEARCH, COMPARISON AND PROPOSITION OF NETWORK TOOLS FOR STORAGE OF BIOLOGICAL DATA

Research and comparison in different activities of network tools for storage of biological data are done. On the basis of comparison results, as a network tool for storage of biological data Apache Cassandra database is selected, which is highly available, highly productive and can operate in grid systems with a telecommunication network.

Keywords: biological data, big data, database Apache Cassandra, NoSQL, telecommunication network.

Մանասյան Ենգիբար Արթուրի – ասպիրանտ (ՀԱՊՀ)

ՀՏԴ 681.5.015.2

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ, ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ ԵՎ ԳԻՏԱԿԱՆ ՍԱՐՔԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

Մ.Կ. Բաղինյան

ՊԱՐԱՄԵՏՐԱԿԱՆ ՏԵՍՔԻ ԽԱՂԱՅԻՆ ՄՈՂԵԼՆԵՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ԾՐԱԳՐԵՐԻ ՓԱԹԵԹ

Ներկայացված է պարամետրական տեսքի խաղային մոդելների լուծման նպատակով մշակված կիրառական ծրագրերի փաթեթը: Ծրագիրն աշխատում է երկխոսային ռեժիմում, Python 3.6.0 ծրագրավորման միջավայրում և կիրառելի է բոլոր օպերացիոն համակարգերում: Խնդիրների լուծման գործընթացն ավտոմատացված է, օգտագործողը ներմուծում է միայն խաղային մոդելը և երկխոսային ռեժիմում ստանում խնդրի լուծումը աղյուսակների ու գրաֆիկների տեսքով:

Առանցքային բառեր. պարամետրական խաղային մոդել, կոոպերատիվ խաղ, դիֆերենցիալ ձևափոխություն, պարամետրական գծային ծրագրավորման խնդիր, կիրառական ծրագրային փաթեթ:

Ներածություն: Խաղային մոդելների լուծման կիրառական ծրագրերի փաթեթները [1-4] նախատեսված են ոչ պարամետրական տարրերով մոդելների լուծման համար: Դրանք հնարավորություն չեն ընձեռում լուծել պարամետրական տարրերով խաղային մոդելներ: Պարամետրական տարրեր տիպի խնդիրների՝ պարամետրական հավասարումների համակարգեր, մատրիցային հավասարումներ, մաթեմատիկական ծրագրավորման խնդիրներ, լուծման համար դիֆերենցիալ ձևափոխությունների կիրառմամբ մշակված մեթոդների [5] հիման վրա ստեղծվել են կիրառական ծրագրերի փաթեթներ [6-15]: Ներկայացվում է խաղային մի քանի տիպերի մոդելների լուծման համար դիֆերենցիալ ձևափոխությունների կիրառմամբ մշակված կիրառական ծրագրերի փաթեթը:

Կիրառական փաթեթի նկարագրություն: Փաթեթը նախագծվել է ժամանակակից Python 3.6.0 լեզվի ծրագրային միջավայրում [16-18], որն ունի արդյունավետ ու արագագործ գրադարաններ (numpy, scipy) մաթեմատիկական հաշվարկների համար: Պարամետրական ֆունկցիաների գրաֆիկների կառուցման համար օգտագործվել է Python Mathplotlib գրաֆիկական գրադարանը: Փաթեթը նախագծվել է ֆունկցիոնալ և օբյեկտակողմնորոշված ծրագրավորման կանոններով: Ծրագրային կոդը բաժանվել է տրամաբանական միավորների՝ ֆունկցիաների, դասերի, ինչը թույլ է տվել հեշտությամբ և նվազագույն փոփոխություններով այն ներդնել մեկ այլ համակարգում՝ որպես առանձին մոդուլ:

Ծրագրային փաթեթը նախատեսված է երկկողմ 3 տիպի խաղային մոդելների լուծման համար՝

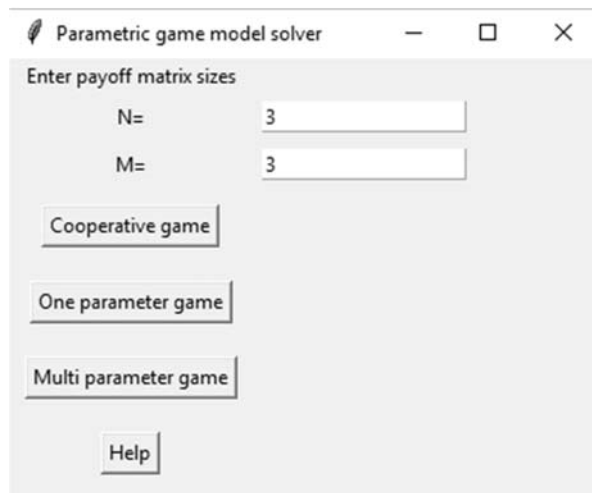
- միապարամետրական խաղային մոդելներ,
- բազմապարամետրական խաղային մոդելներ,
- կոոպերատիվ խաղային մոդելներ:

Աղյուսակում ներկայացված են կիրառական փաթեթի աշխատանքն ապահովող հիմնական դասերն ու ֆունկցիաները:

Փաթեթը թողարկելուց հետո բացվում է նկ. 1-ում ներկայացված պատուհանը: Պատուհանի վերին հատվածում օգտագործողն ընտրում է խաղային մոդելի վճարման մատրիցի չափողականությունները և համապատասխան խաղային մոդելը ընտրելուց հետո տեղափոխվում այդ խնդրի լուծման պատուհան: “Help” բաժնում կարելի է ծանոթանալ կիրառական փաթեթից օգտվելու կանոններին և պարամետրերի ներմուծման ու արտածման կարգին:

Հիմնական ֆունկցիաները և դասերը

Դասերը	Ֆունկցիաները	Գործողությունները
Main_gui Help_gui Parametric_right_part_gui Extended_report_gui Cooperative_gui Multiparametric_gui	create_one_parameter_window() create_multi_parameter_window() create_cooperative_wondow() create_help_wondow() on_press() get_x_b() get_x_1()	Ապահովում են գրաֆիկական միջավայրը, տվյալների ներմուծում/արտածումը, անհրաժեշտ գործիքների պատկերումը
Simplex_basic Simplex_parametric_right Multiparametric cooperative optimization_util	Prepare_matrix_for_simplex() Find_departing_row() Find_entering_column() Find_next_table() Simplex_mher() Parametric_simplex_solution() Parametric_simplex() Optimality_matrix_for_simplex() Exponential_matrix() Get_matrix_b() Cooperative_matrix()	Իրականացնում են խաղային մոդելներից անցումը մաթեմատիկական ծրագրավորման մոդելների, լուծում են պարամետրական գծային ծրագրավորման խնդիրները օպտիմալության ու թույլատրելիության միջակայքերի որոշմամբ
Transformation_util	Item_transform() Differential_transform() Differential_vector() Multiply_image_values() Divide_image_values() Set_matrix_parameter()	Իրականացնում են պարամետրական տարրերի ուղիղ և հակադարձ (թեյլորյան, էքսպոնենցիալ) ձևափոխությունները



Նկ. 1. Գլխավոր պատուհանը

Միապարամետրական խաղային մոդելների լուծման հիմնական պատուհանը պատկերված է նկ. 2-ում: Այստեղ կառուցվում է խաղային մատրիցը և պատուհանի վերին մասում արտածվում են նախորդ քայլում ներմուծված վճարման մատրիցի չափողականությունները՝ օրինակ $N=3$ և $M=3$: Այնուհետև ներմուծվում են անհրաժեշտ դիսկրետների K քանակը, “approximation center t ”

մոտարկման կենտրոնը, խաղի վճարումների մատրիցը (նկ. 2, A հատված)՝ սահմանափակումների աջ մասի համար հիմք ընդունելով t պարամետրը՝ ներմուծվում են ազատ անդամների պարամետրական արտահայտությունները (նկ. 2, B հատված)՝ համաձայն python լեզվի կանոնների և թույլատրելի գրելաձևի: Ընդհանուր դեպքում պարամետրական արտահայտություններով կարող են նկարագրվել նաև վճարման մատրիցի տարրերը: Փաթեթը հնարավորություն է ընձեռում լուծել և՛ վճարումների մատրիցի, և՛ սահմանափակումների աջ մասի վեկտորի պարամետրական տարրերով խնդիրները:

Խնդրի լուծման արդյունքները դիտելու համար անհրաժեշտ է սեղմել “solve” կոճակը, որից հետո բացվում է նկ. 3-ում պատկերված պատուհանը: Պատուհանում պարամետրական տեսքերով արտաձևվում են խաղի գինը (նկ. 3, A հատված) և ստրատեգիաներն ընտրելու հավանականությունները (նկ. 3, B հատված): “draw graph” կոճակը սեղմելուց հետո օգտագործողը բացվող նոր պատուհանում կարող է տեսնել համապատասխան ֆունկցիայի գրաֆիկը՝ t պարամետրից կախված (նկ. 4):

Parametric game model solver

N = 3 K = 2 Parameter to work with = t

M = 3

approximation center t = 0

179.95	156.12	90
89.95	179.87	155
180	156	177

A

right side vector

<= -0.1504*t + 1.1504

<= -0.1504*t + 1.1504

<= -0.1504*t + 1.1504

B

Solve

Նկ. 2. Միապարամետրական խաղային մոդելների ներմուծման պատուհան

game model solution

V(t) $1/(-0.000933930731328203*t + 0.00714357655132956)$ A

X2(t) $(-0.000737700660480432*t + 0.00564262526473862)/(-0.000933930731328203*t + 0.00714357655132956)$

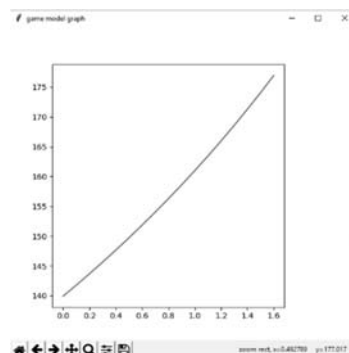
X3(t) $(-9.0526251541435e-7*t + 6.9242951976912e-6)/(-0.000933930731328203*t + 0.00714357655132956)$

X1(t) $(-0.000195324808332358*t + 0.00149402699139324)/(-0.000933930731328203*t + 0.00714357655132956)$

B

draw V(t) graph

Նկ. 3. Միապարամետրական խաղային մոդելների լուծման արտաձևման պատուհան



Նկ. 4. Խաղի գնի ֆունկցիայի գրաֆիկի արտաձևման պատուհանը

Բազմապարամետրական խաղային մոդելների ներմուծման պատուհանը պատկերված է նկ. 5 -ում:

Multi Parametric game model solver

N = 5 K1 = 2

M = 5 K2 = 2

approximation center d= 2.5

approximation center t= 106

Enter parametric game model below

$(0.196/t^{**2} + 39.764/d^*)$	$(0.1/t^{**2} + 13.456/d^{**2})$	$(0.144/t^{**2} + 30.276/d^{**})$	$(1.024/t^{**2} + 97.684/d^*)$	$(0.144/t^{**2} + 21.664/d^*)$
$(0.196/t^{**2} + 51.844/d^*)$	$(0.1/t^{**2} + 81.616/d^{**2})$	$(0.144/t^{**2} + 30.276/d^{**})$	$(1.024/t^{**2} + 13.124/d^*)$	$(0.144/t^{**2} + 21.664/d^*)$
$(0.196/t^{**2} + 13.124/d^*)$	$(0.1/t^{**2} + 81.616/d^{**2})$	$(0.144/t^{**2} + 30.276/d^{**})$	$(1.024/t^{**2} + 157.924/d^*)$	$(0.144/t^{**2} + 21.664/d^*)$
$(0.196/t^{**2} + 30.164/d^*)$	$(0.1/t^{**2} + 74.016/d^{**2})$	$(0.144/t^{**2} + 183.636/d^*)$	$(1.024/t^{**2} + 97.684/d^*)$	$(0.144/t^{**2} + 83.264/d^*)$
$(0.196/t^{**2} + 68.564/d^*)$	$(0.1/t^{**2} + 85.456/d^{**2})$	$(0.144/t^{**2} + 30.276/d^{**})$	$(1.024/t^{**2} + 97.684/d^*)$	$(0.144/t^{**2} + 21.664/d^*)$

Solve

A

Նկ. 5. Բազմապարամետրական խաղային մոդելի ներմուծման պատուհան

Պատուհանում ներմուծվում են խաղային մատրիցի չափողականությունը (N, M), դիսկրետների քանակները (K1, K2), պարամետրերի մոտարկման կենտրոնները (“approximation center d”, “approximation center t”), պարամետրական խաղային մատրիցը (նկ. 5, A հատված): “Solve” կոճակը սեղմելուց հետո օգտագործողը տեղափոխվում է լուծման արտապատկերման պատուհան, որտեղ էլ ներկայացվում են խաղի գնի և խառը ստրատեգիաների ֆունկցիոնալ տեսքերը:

Փաթեթի միջոցով հնարավոր է լուծել կոոպերատիվ խաղային մոդելներ, մասնավորապես բանտարկյալի երկընտրանքի խնդիրը [19], որի վճարումների մատրիցը ներմուծվում է համագործակցելու կամ չհամագործակցելու մատրիցներով, օրինակ

	C	D
C	40,40	10,50
D	50,10	15,15

որտեղ $\{C, D\}$ -ն հնարավոր ստրատեգիաների բազմությունն է՝ C(Cooperate)-ն համագործակցելու, D(Defect)-ն՝ չհամագործակցելու:

Խաղացողների միջև համագործակցելու հնարավորությունը գնահատելու համար անցում է կատարվում [20]-ում նկարագրված ձևափոխված վճարման մատրիցի:

$$P_A(i, j)_f = P_A(i, j)_0 * e^{-\text{sympathy} [P_A(i, j)_0 - P_B(i, j)_0]}, \quad (1)$$

որտեղ $P_A(i, j)_f$ -ն A խաղացողի ձևափոխված շահույթն է i-րդ ստրատեգիան ընտրելիս, երբ հակառակորդն ընտրում է j-րդ ստրատեգիան: $P_A(i, j)_0$ -ն A խաղացողի չձևափոխված ստանդարտ շահույթն է i-րդ ստրատեգիան ընտրելիս, երբ հակառակորդն ընտրում է j-րդ ստրատեգիան: $P_B(i, j)_0$ -ն B խաղացողի չձևափոխված ստանդարտ շահույթն է i-րդ ստրատեգիան ընտրելիս, երբ հակառակորդն ընտրում է j-րդ ստրատեգիան, $\text{sympathy} \in [0, 1]$ պարամետրը պատասխանատու է խաղացողների միջև համագործակցություն ապահովելու համար: Որքան այն մոտ է 0-ին, այնքան խաղացողների միջև համագործակցելու հավանականությունը փոքր է, և հակառակը՝ 1-ին մոտ արժեքների դեպքում ունենք A և B խաղացողների համագործակցության մեծ հավանականություն: Նկարագրված կոոպերատիվ խաղային մոդելի մասնավոր դեպքի լուծման համար նախատեսված պատուհանը պատկերված է նկ. 6-ում: Պատուհանում ներմուծվում են պարամետրական խաղային

մոդելի $P_A(i,j)_0$, $P_B(i,j)_0$ տարրերը առաջին (նկ. 6, A հատված) և երկրորդ (նկ. 6, B հատված) խաղացողների համար, դիսկրետների քանակը՝ k, “sympathy” պարամետրը: “Solve” կոճակի սեղմելուց հետո օգտագործողը տեսնում է նկ. 7-ում պատկերված պատուհանը, որում արտածվում են արդեն ձևափոխված կոոպերատիվ խաղային մատրիցի տարրերը և յուրաքանչյուր տարրի համար ֆունկցիայի տեսքը գրաֆիկորեն դիտելու “draw item graph” կոճակը:

Նկ. 6. Կոոպերատիվ խաղային մոդելի ներմուծման պատուհան

Նկ. 7. Կոոպերատիվ խաղային մոդելի լուծման արտածման պատուհան

Եզրակացություն: Մշակվել է պարամետրական տեսքի խաղային մոդելների լուծման կիրառական ծրագրերի փաթեթ: Օգտագործողի համար մշակվել են պատուհաններ, որտեղ մոդելները ներմուծվում են առանց նախնական փոփոխությունների՝ պարամետրական տեսքերով: Ծրագիրը մշակվել է Python 3.6.0 լեզվի գրադարանների կիրառմամբ: Խնդիրները լուծվել են դիֆերենցիալ ձևափոխությունների վրա հիմնված ալգորիթմներով:

Գրականություն

1. <http://gambit.sourceforge.net/gambit15/gui.html>
2. <http://banach.lse.ac.uk/>
3. <http://userwww.sfsu.edu/langlois/>
4. <http://mmiras.webs.uvigo.es/TUGlab/>
5. **Симонян С.О., Аветисян А.Г.** Прикладная теория дифференциальных преобразований: Монография. – Ереван: Издательство ГИУА "Чартарагет", 2010.–364с.
6. **Simonyan S.H., Avetisyan A.G.** An Application Program Package for Solving Finite Problems Based on Differential-Taylor Transformation //International Conference on "Application of critical Technologies for the Need's of Society".- Yerevan, 1995.
7. **Симонян С.О., Аветисян А.Г.** Пакет прикладных программ для решения конечных задач на основе использования дифференциально-тейлоровских преобразований // Сб. статей "Вопросы повышения эффективности систем управления технологическими процессами"/ Международная федерация по автоматическому управлению. – Ереван, 1996. -С. 53-58.
8. Пакет прикладных программ для решения некоторых задач линейных нестационарных систем управления / **С.О. Симонян, А.Г. Аветисян, А.В. Меликян и др.** // Труды Международной научно-технической

- конференции “Технология и техника автоматизации”. - 2008.- С. 180-182.
9. **Gyulzadyan L.S., Avetisyan A.G.** An applied software package for solving problems of parametric mathematical programming // Proceedings of SEUA. Series: Information technologies, electronics, radio engineering. – 2014. - Issue 17, vol. 2. – P. 30-36.
 10. **Бадалян Г.А.** Разработка методов определения нескольких инвариантов неавтономных систем и автоматизация вычислительных процедур: Автореф. дис. ... к.т.н. -Ереван, 2006.-21 с.
 11. **Бадалян Л.А.** Разработка методов определения псевдообратных нестационарных матриц и автоматизация вычислительных процедур: Автореф. дис. ... к.т.н. -Ереван, 2007.-21 с.
 12. **Казарян Д.А.** Решение задач оптимального управления с многоточечными краевыми условиями с применением дифференциальных преобразований: Автореф. ... к.т.н.-Ереван, 2010. - 22 с.
 13. **Кучатян О.С.** Разъяснение и обеспечение наблюдаемости линейных неавтономных систем управления при помощи дифференциальных преобразований: Автореф. дис. ... к.т.н. -Ереван. 2008.-22 с.
 14. **Кюрегян А.Л.** Разработка дифференциально-падеевских моделей решения конечных задач и создание пакета прикладных программ: Автореф. дис. ... к.т.н. -Ереван. 2002.-20 с.
 15. **Avinyan V.R.** An application package for solution of parametric matrix equations based on differential transforms // Proceedings of Engineering Academy of Armenia.-2015.- Vol.12, N 2. – P.170-174.
 16. **Dufour B.** A Comprehensive Introduction to Python Programming and GUI Design Using Tkinter.- McGill School of Computer Science, 2016. - 77p.
 17. **Halterman Richard L.** Learning to program with Python.-2011. -283 p.
 18. **Bressert E.** SciPy and NumPy: Optimizing and boosting your Python Programming, 2013. -55p.
 19. **Grinberg M., Hristova E., Borisova M.** Cooperation in Prisoner’s Dilemma game: Influence of Social Relations // Department of Cognitive Science and Psychology. - New Bulgarian University, Dec. 14, 2014.
 20. **Chernoblskiy A., Vineet D., Agostino C.** Modeling Learning and Cooperation in Iterative Games.-University of Arizona, January 2013. – 12 p.

14.04.2017.

М.К. Багинян

ПАКЕТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ИГРОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Представлен пакет прикладных программ для решения задач параметрических игровых моделей. Пакет работает в интерактивном режиме в среде Python 3.6.0 и применим для всех видов операционных систем. Процесс решения задач автоматизирован, пользователь вводит только игровую модель и с помощью таблиц и графиков получает решение в интерактивном режиме.

Ключевые слова: параметрическая игровая модель, кооперативная игра, дифференциальные преобразования, задача параметрического линейного программирования, пакет прикладных программ.

М.К. Baghinyan

AN APPLIED SOFTWARE PACKAGE FOR SOLVING PARAMETRIC GAME MODELS

An applied package of programs for solving parametric game models is presented. The package works in interactive mode, in Python 3.6.0 environment and is applicable for all kinds of operating systems. The process of solving problems is automated, the user only imports game model and gets the solution in interactive mode by means of data tables and graphics.

Keywords: parametric game mode, cooperative game, differential transform, parametric linear programming problem, applied software package.

Բաղինյան Մհեր Կարենի - ասպիրանտ, ՀԱՊՀ

ՀՏԴ 621.382.13

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ, ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ ԵՎ
ԳԻՏԱԿԱՆ ՍԱՐՔԱՇԽՆՈՒԹՅՈՒՆ

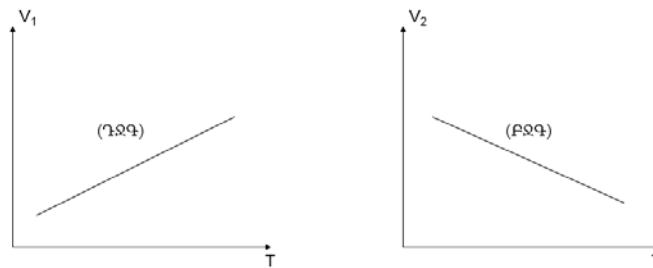
Ա.Հ. Շիշմանյան

ՓՈԽԱՆՁԱՏՎՈՂ ՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐՈՎ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻՑ ԱՆԿԱՆ
ԵՆԱԿԱՅԻՆ ԼԱՐՄԱՆ ԱՂԲՅՈՒՐ

Առաջարկված է ջերմաստիճանից անկախ հենակային լարման աղբյուր (ՀԼԱ), որտեղ ռեզիստորները փոխարինված են փոխանջատվող ունակություններով: Դրա շնորհիվ էականորեն փոքրանում են ՀԼԱ-ի մակերեսը և շեղումները, սակայն մեծանում է սպառվող հոսանքը: ՀԼԱ-ն կարող է օգտագործվել անալոգաթվային և թվաանալոգային ձևափոխիչներում, օպերացիոն ուժեղարարներում, սնուցման և այլ հանգույցներում, որտեղ պահանջվում է մեծ ճշտություն և փոքր մակերես:

Առանցքային բառեր. ջերմաստիճանից անկախ հենակային լարման աղբյուր, ռեզիստոր, փոխանջատվող ունակություն, անալոգաթվային ձևափոխիչ, թվաանալոգային ձևափոխիչ, օպերացիոն ուժեղարարներ:

Ներածություն: Ջերմաստիճանից անկախ հենակային լարում ստացվում է դրական (ԴՋԳ) և բացասական ջերմաստիճանային գործակցով (ԲՋԳ) հենակային լարումների (նկ.1) գումարով [1]:



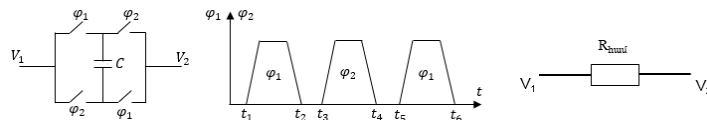
Նկ. 1. ԴՋԳ-ով և ԲՋԳ-ով հենակային լարումներ

$$V_{\text{հեն}} = \alpha_1 V_1 + \alpha_2 V_2: \quad (1)$$

Ընտրելով համապատասխան α_1 և α_2 գործակիցներ՝ կստանանք զրոյական ջերմաստիճանային կախվածությամբ հենակային լարում: Դրական և բացասական ջերմաստիճանային կախվածությամբ լարումներ ստանալու հիմքում ընկած են հետևյալ երկու երևույթը.

- երկբևեռ տրանզիստորի բազա-էմիտեր լարումն ունի բացասական ջերմաստիճանային կախվածություն [2],
- երկու երկբևեռ տրանզիստոր, որոնք աշխատում են տարբեր հոսանքի խտություններով, դրանց բազա-էմիտեր լարումների տարբերությունն ունի դրական ջերմաստիճանային կախվածություն [2]:

Հայտնի է, որ եթե կենդենսատորը փոխանջատիչների օգնությամբ պարբերաբար լիցքավորվի և լիցքաթափվի, ապա այդ սխեման կարող է կիրառվել որպես ռեզիստոր [3] (նկ. 2):



Նկ. 2. Փոխանջատվող կոնդենսատորը որպես ռեզիստոր

Ստանանք այդ համարժեք դիմադրության արժեքը: t_1 -ից t_2 ժամանակում V_1 կետից V_2 տեղափոխվող լիցքը՝

$$\Delta q_1 = C(V_1 - V_2): \quad (2)$$

Հաջորդ փոխանջատումը ստացվում է t_3 -ից t_4 ժամանակահատվածում և այդ ընթացքում լիցքը կլինի՝

$$\Delta q_2 = C(V_2 - V_1) - C(V_1 - V_2) = 2C(V_2 - V_1): \quad (3)$$

t₅-ից t₆ ժամանակահատվածում տեղափոխվող լիցքը

$$\Delta q_3 = C(V_1 - V_2) - C(V_1 - V_2) = 2C(V_1 - V_2): \quad (4)$$

Քանի որ t₆-ից t₂ ժամանակը փոխանջատման T պարբերությունն է, միջին հոսանքը այդ պարբերության ընթացքում կլինի՝

$$I_{\text{միջին}} = (\Delta q_3 - \Delta q_2)/(t_6 - t_2) = 4C(V_1 - V_2)/T, \quad (5)$$

որտեղից էլ ստացվում է համարժեք դիմադրության արժեքը՝

$$R_{\text{համարժեք}} = (V_1 - V_2)/I_{\text{միջին}} = T/4C = 1/4fC: \quad (6)$$

Առաջարկվող կառուցվածքը: Առաջարկվող սխեմայում, ի տարբերություն [1]-ի սխեմայի, ռեգիստորները փոխարինված են փոխանջատվող ունակություններով, որոնք ավելի փոքր մակերես են զբաղեցնում և ունեն ավելի մեծ ճշտություն (նկ. 3):

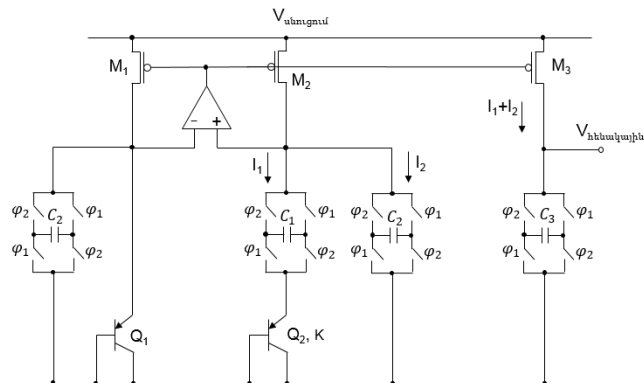
I₁-ը դրական ջերմաստիճանային գործակցով հոսանքն է, իսկ I₂-ը՝ բացասական ջերմաստիճանային գործակցով հոսանքը:

$$I_1 = 4fC_1V_T \ln(k), \quad (7)$$

$$I_2 = 4fC_2V_{TP}: \quad (8)$$

Գումարային հոսանքը C₃ փոխանջատվող ունակության վրա կստեղծի ջերմաստիճանից անկախ լարում:

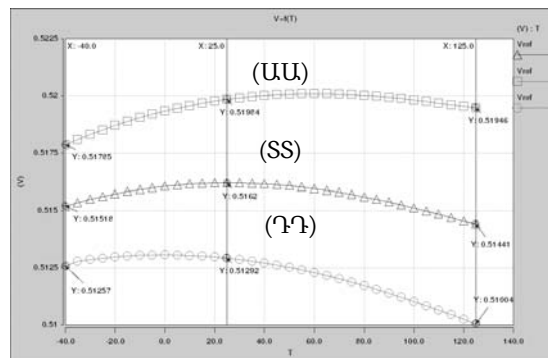
$$V_{\text{հենակային}} = (I_1 + I_2)/(fC_3) = 4C_1V_T \ln \frac{(k)}{C_3} + 4C_2V_{TP}/C_3: \quad (9)$$



Նկ. 3. Փոխանջատվող ունակություններով ջերմաստիճանից անկախ ՀԼԱ

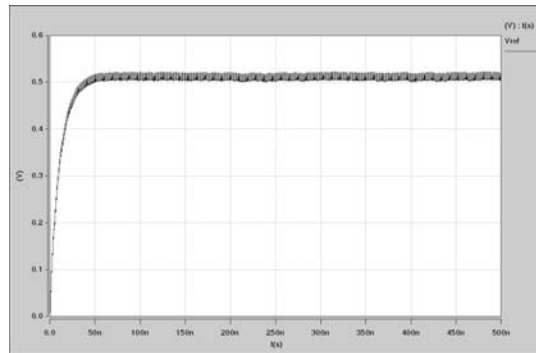
Մոդելավորման արդյունքները: Առաջարկվող սխեման նախագծվել է <<Սինտիսիս Արմենիա>> ընկերության Ուսումնական դեպարտամենտի «SAED32nm» գրադարանով [4] և մոդելավորվել է <<Սինտիսիս>> ընկերության HSPICE ծրագրային գործիքով [5]:

Նկ. 4-ում բերված է հենակային լարման կախվածությունը ջերմաստիճանից տիպային-տիպային (SS), արագ-արագ (UU) և դանդաղ-դանդաղ (ԴԴ) տեխնոլոգիական գործընթացների դեպքում:



Նկ. 4. Հենակային լարման կախվածությունը ջերմաստիճանից

Նկ. 5-ում պատկերված է սխեմայի հենակային լարման հաստատման ժամանակը:



Նկ. 5. Սխեմայի հաստատման ժամանակը

Աղյուսակ 1-ում բերված են հենակային լարման նվազագույն և առավելագույն արժեքները, ինչպես նաև շեղումը:

Աղյուսակ 1

Հենակային լարման արժեքները տարբեր գործընթացներում

Տեխնոլոգիական գործընթաց	$V_{\text{հեն.,մին.}}$ (մՎ)	$V_{\text{հեն.,մաքս.}}$ (մՎ)	Շեղում (մՎ)
SS	514,41	516,2	1,79
ԱԱ	514,41	520,09	2,25
ԴԴ	510,04	513,06	3,02

Ստորև բերված է առաջարկվող սխեմայի և [6]-ում առաջարկվող սխեմայի պարամետրերի համեմատության աղյուսակը:

Աղյուսակ 2

Համեմատական աղյուսակ

Պարամետր	[6]-ում օգտագործվող սխեմա	Առաջարկվող սխեմա
Մնուցման լարում	1,8 Վ	1,8 Վ
Տեխնոլոգիա	32 նմ	32 նմ
Հենակային լարում, S, 25°C	725 մՎ	516 մՎ
Սպառվող հոսանք	76 մկԱ	107 մկԱ
Ջերմաստիճանային գործակից	13 ppm/°C	1.61 ppm/°C
Ջերմաստիճանային տիրույթ	-40°C...100°C	-40°C...125°C

Եզրակացություն: Առաջարկված է փոխանջատվող ունակությունների կիրառմամբ ջերմաստիճանից անկախ ՀԼԱ: Այն [6]-ում առաջարկվող սխեմայի համեմատ ունի ավելի փոքր շեղումներ և քանի որ չի պարունակում ռեզիստորներ, հետևաբար՝ ունի փոքր մակերես: Ի տարբերություն [6]-ի սխեմայի, սպառում է ավելի շատ հոսանք:

Գրականություն

1. **Baker, R. J.** CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation // IEEE Press Series on Microelectronic Systems. - 3rd Edition. - 2010.- P. 1208.
2. **Razavi B.** Design of CMOS Integrated Circuits. - McGraw-Hill Education. - 2nd Edition. - 2016. - 800 p.
3. **Allen Ph. E., Holberg D. R.** CMOS Analog Circuit Design // The Oxford Series in Electrical and Computer Engineering, -3rd edition. Oxford University Press, 2011.- P. 784
4. <https://www.synopsys.com/Community/UniversityProgram/Pages/default.aspx>

5. HSPICE Application Manual, Synopsys Inc., 2016.
6. **Anjani Kumar Singh, Pratosh Kumar Pal, Manisha Pattanaik** A wide temperature range voltage bandgap reference generator in 32nm CMOS technology // Communication Technologies (GCCT). – 2015. - P. 696-699.

27.02.2017.

А.Г. Шишманиян

НЕЗАВИСИМЫЙ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ИСТОЧНИК ОПОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫМИ КОНДЕНСАТОРАМИ

Предложен независимый от температуры источник опорного напряжения (ИОН), где резисторы заменены переключаемыми конденсаторами. Благодаря этому значительно уменьшаются площадь и отклонение ИОН, но увеличивается расход тока. Такой ИОН может использоваться в аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователях, операционных усилителях, источниках питания и в других блоках, где требуются большая точность и маленькая площадь.

Ключевые слова: независимый от температуры источник опорного напряжения, резистор, переключаемые конденсаторы, аналого-цифровой преобразователь, цифроаналоговый преобразователь, операционный усилитель.

A.H. Shishmanyen

A SWITCHED-CAPACITOR BANDGAP VOLTAGE REFERENCE

A bandgap voltage reference where resistors are replaced by switched-capacitors is proposed. That considerably reduces the area and variation of bandgap voltage reference but increases the consumption of the current. Such bandgap voltage reference can be used in analog-to-digital and digital-to-analog converters, operational amplifiers, power supplies and other blocks that require high accuracy and small area.

Keywords: bandgap voltage reference, resistor, switched-capacitors, analog-to-digital converter, digital-to-analog converter, operational amplifiers.

Շիշմանյան Արամ Հրանտի – Եվրոպական տարածաշրջանային ակադեմիա – ասպիրանտ, <<Մինոփսիս>> ՓԲԸ, Անալոգային և խառը ազդանշանային սխեմաներ նախագծող ճարտարագետ

А.Г. Айвазян

РЕАЛИЗАЦИЯ ПЕРЕДАЧИ ГОЛОСА В СЕТИ LTE

Технология Long-Term Evolution (LTE) является стандартом беспроводной высокоскоростной передачи данных и основана на GSM/UMTS сетевых технологиях. Поддержка сервисов для передачи голоса в сети LTE не предусмотрена. В данной работе проведен сравнительный анализ VoLGA и CSFB технологий реализации передачи голоса в сети LTE, определены их особенности, отмечены преимущества и недостатки.

Ключевые слова: сеть, Long Term Evolution, передача голоса, CSFB, VoLGA.

Введение. LTE (Long Term Evolution – эволюция в долгосрочной перспективе) - технология, разработанная для развития уже существующих сетей второго (2G) и третьего (3G) поколений, одновременно являясь платформой для стандартов связи четвертого поколения (4G) [1, 2]. Основными целями разработки технологии LTE являются снижение стоимости передачи данных, увеличение скорости передачи данных, возможность предоставления широкого спектра услуг по более низкой цене, повышение гибкости сети и использование уже существующих систем мобильной связи.

Технология LTE применяется в диапазоне частот 2,5...2,7 ГГц с шириной полосы пропускания от 1,4 до 20,0 МГц, что позволит объединить операторов связи, обладающих различными полосами пропускания. LTE обеспечивает теоретическую пиковую скорость передачи данных до 326,4 Мбит/с от базовой станции (BaseStation, BS) к пользователю и до 172,8 Мбит/с в обратном направлении. Для сравнения, 2G сети теоретически способны обеспечить пиковую скорость передачи данных 56...114 кбит/с, а 3G сети обеспечивают скорость передачи данных до 3,6 Мбит/с. Радиус действия базовой станции LTE составляет 5 км, но при необходимости может достигать и до 100 км при достаточном поднятии антенны [3]. При этом оборудование LTE позволит одновременно поддерживать не менее 200 активных соединений на каждую 5 МГц ячейку, а также появится возможность поддержки соединений для абонентов, движущихся со скоростью до 350 км/ч.

Несмотря на множество достоинств технологии LTE, у нее, как и у любой другой пакетной технологии, есть важный недостаток – она не приспособлена для передачи голоса и SMS сообщений, которые до сих пор являются основным источником доходов операторов сотовой связи. Однако, благодаря отличным характеристикам технологии LTE (малые задержки и высокая скорость), с каждым годом появляются новые и разнообразные подходы для предоставления голосовых услуг в сети LTE. По этой причине сотовые компании ищут наиболее оптимальные технологии переброски голосового трафика в LTE, а также из LTE в традиционную сеть GSM или Универсальную Мобильную Телекоммуникационную Систему (Universal Mobile Telecommunications System, UMTS).

В данной работе проведен сравнительный анализ основных подходов и технологий реализации передачи голоса в сети LTE, определены их особенности, отмечены преимущества и недостатки.

Технологии. В 2009 г. Ассоциация GSM объявила о создании рабочей группы по разработке спецификаций, направленных на стандартизацию передачи голоса и SMS в LTE сетях на базе платформы передачи мультимедийного содержимого на основе протокола IP (IP Multimedia Subsystem, IMS). При этом предлагалось шесть подходов, обеспечивающих оказание голосовых и SMS услуг в LTE-сетях [4]:

- технология Circuit Switch Fall-Back (CSFB) на основе коммутации каналов с резервированием;

- технология Voiceover LTE Generic Access (VoLGA) на основе передачи речи с коммутацией каналов поверх сети с пакетной коммутацией;
- технология быстрого внедрения голоса поверх LTE, предложенная Nokia Siemens Network (Fast Track Voiceover LTE);
- технология передача речи и сообщений поверх мультимедийной IP-подсистемы (Voice and SMS over IP Multimedia Subsystem, VoSoIMS);
- технология MSCTAS/IMS, разработанная компаниями Mavenir Systems и Acme Packet;
- решение на основе OneVoice-инициативы с использованием платформы IMS.

Анализ ситуации на рынке телекоммуникационных услуг показывает, что наиболее перспективными и широко используемыми являются первые две технологии [5-7].

Упрощенная архитектура сети CSFB приведена на рис.1, где приняты следующие обозначения: MME (Mobility Management Entity) – узел управления мобильностью; HSS (Home Subscriber Server) – сервер абонента; SGSN (Serving GPRS Support Node) – сервисный узел поддержки GPRS; GGSN (Gateway GPRS Support Node) – шлюзовый узел поддержки пакетного трафика; RNC (Radio Network Controller) – контроллер сети радиодоступа; MSC (Mobile Switching Center) – центр коммутации мобильной связи; BSC (Base Station Controller) - контроллер базовой станции сети GSM; RNC (Radio Network Controller) - контроллер радиосети 3G.

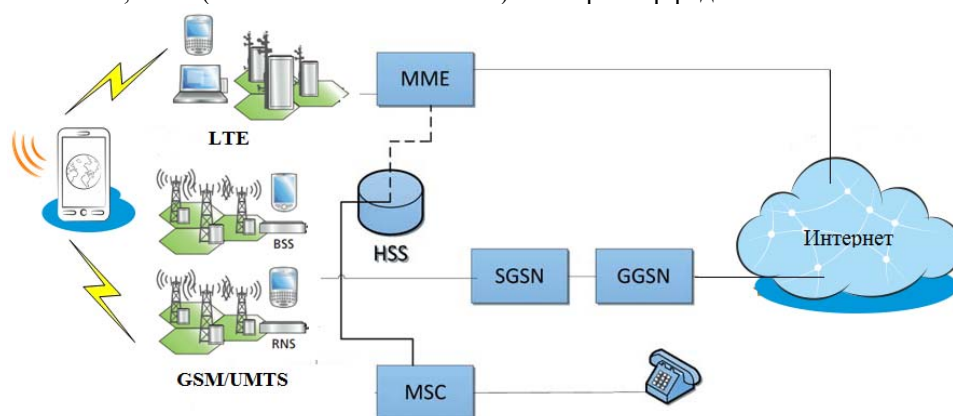


Рис. 1. Упрощенная архитектура сети CSFB

Суть технологии CSFB состоит в том, что абонентское устройство, работающее в сети LTE, на время осуществления исходящего или приема входящего голосового вызова переключается в сеть более раннего поколения (UMTS или GSM). На это время сессия передачи данных через LTE либо приостанавливается с восстановлением после завершения вызова, либо также переходит в GSM/UMTS. Очевидно, что для работы CSFB обязательно перекрытие радиосетей LTE и GSM/UMTS. Также необходима поддержка CSFB на абонентском оборудовании и на MSC.

Архитектура VoLGA приведена на рис. 2, где SGW (Serving Gateway) – обслуживающий шлюз; PGW (Packet Data Gateway) – шлюз пакетной передачи данных; VANC (VoLGA Access Network Controller) - шлюз доступа сетевого контроллера.

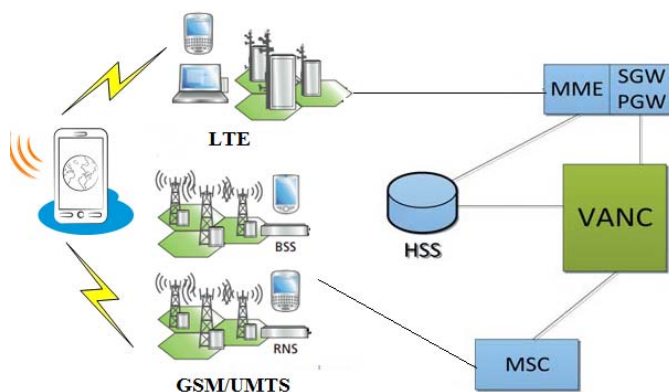


Рис. 2. Упрощенная архитектура сети VoLGA

VoLGA технология также полностью использует существующие стандарты и инфраструктуру сетей GSM/UMTS. Базовым элементом технологии VoLGA является сетевой контроллер VANC, который предназначен для одновременной передачи голоса и данных. На стороне LTE сегмента сети он подключается к PGW и работает как любой другой внешний узел, осуществляя обмен пакетами с мобильными устройствами абонентов. На стороне GSM/UMTS сегмента сети VANC соединяется с коммутатором MSC и служит для него как BSC или как RNC. В этом случае абоненты VoLGA представляются коммутатору MSC обычными абонентами GSM/UMTS.

Сравнение и анализ. Операторы сотовой связи заинтересованы в продвижении "своего" или принятого за образец варианта реализации передачи голоса в сети LTE. Различия в реализации поддержки голоса в сети LTE - один из факторов, задерживающих их широкое распространение по всему миру [6].

CSFB технология позволяет операторам использовать существующие коммутаторы при условии их ограниченной модернизации. Абонентам же предоставляется полный набор традиционных услуг, доступных с MSC, включая базовые голосовые вызовы и дополнительные виды обслуживания, доставку SMS, вызовы с предварительной оплатой и интеллектуальные услуги. Однако технология CSFB имеет несколько недостатков. Затраты на модернизацию узлов управления мобильностью MME и MSC для поддержки CSFB могут оказаться весьма значительными. Необходимость переключения в GSM/UMTS приводит к заметному увеличению задержки установления голосовых соединений как при исходящих, так и при входящих вызовах. Так, для мобильных сетей 2G нормальное значение времени установления голосового соединения составляет 3,58 с. После перехода к первому этапу внедрения сетей 4G с использованием CSFB данная задержка может возрастать до 6...7,5 с, а в случае международного роуминга и в других случаях, предполагающих дополнительные временные задержки, – до 15...25 с. Вследствие приостановки сессии передачи данных или снижения скоростей до уровня GSM/UMTS у абонента может создаться впечатление, что во время голосового вызова сессия передачи данных прерывается. Для работы CSFB необходимо перекрытие радиосетей LTE и GSM/UMTS, а также требуется поддержка CSFB на абонентском оборудовании и на MSC.

К достоинствам технологии VoLGA относится возможность назначения качества сервиса для обеспечения гарантированной полосы пропускания между оператором и абонентом. Кроме того, данная технология позволяет приспособить существующую инфраструктуру сетей GSM/UMTS/LTE и в значительной степени переиспользовать текущее оборудование 2G/3G сетей. Из недостатков данной технологии отметим наличие дополнительного элемента - VANC. Для работы в сети VoLGA естественным требованием является поддержка процедур и протоколов VoLGA на абонентских устройствах. Технология не является стандартизированной и не поддерживается и, очевидно, не будет поддерживаться двумя ведущими производителями оборудования - Ericsson и Nokia-Siemens Networks. В настоящее время VoLGA использует только один оператор - T-Mobile.

VoLGA и CSFB технологии - попытка предоставить голосовые сервисы в сети LTE путем использования существующего оборудования и отработанных годами механизмов интерконнекта. Технология VoLGA сложна в реализации по сравнению с CSFB. Для ее внедрения необходимо новое оборудование, в то время как для CSFB - только модернизация существующего оборудования. Основным недостатком CSFB технологии является задержка перед установлением голосового соединения.

Таким образом, в настоящее время наиболее оптимальным и конкурентоспособным подходом реализации голоса в сети LTE является использование CSFB технологии. В долгосрочной перспективе необходимо выработать единое решение, позволяющее устранить недостатки различных технологий. Таким общим решением может быть доработка абонентского устройства, позволяющего обеспечивать автоматическое распознавание и подключение к различным системам доступа LTE/GSM/UMTS. Для сотовой компании такой эволюционный принцип обеспечит плавный переход к сети следующего поколения и позволит сохранить абонентов, пользующихся сетью предыдущего поколения.

Լիտերատուրա

1. **Chris G.G., Myasar R.T.** LTE and LTE-A Interworking and Interoperability with 3GPP and non-3GPP Wireless Networks // J. of Emerging Trends in Computing and Information Sciences. - 2013.- V.4, № 8. - P.649-656.
2. **Ali M.A., Barakabitze A.A.** Evolution of LTE and Related Technologies towards IMT-Advanced // Int. J. of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering.- 2015.- V.5, №1.- P. 13-22.
3. **Ochang P., Irving P.** Evolutionary Analysis of GSM, UMTS and LTE Mobile Network Architectures // World Scientific News.- 2016.- V. 54.- P. 27-39.
4. **Тихвинский В.О.** LTE: потенциал новой технологии с точки зрения новых услуг // CONNECT.- 2011.- № 5.- С. 2-5.
5. **Бочкова Н.И., Ярлыкова С.М.** Сравнительный анализ решений по передаче голоса в мобильных сетях широкополосного доступа // TComm: Телекоммуникации и транспорт.-2013.-Т. 7, №7.- С. 16-19.
6. **Poikselka M., Holma H., Hongisto J., Kallio J., Toskala A.** Voice over LTE: VoLTE.-Chichester: John Wiley & Sons, 2012.- 266 p.
7. **Jouihri Y., Guennoun Z.** Solutions Comparison towards Voice Services Implementation for Operators Starting LTE Deployment //Communications and Network.- 2012.-V. 4.- P. 122-128.

12.03.2017.

Ա.Գ. Այվազյան

ՁԱՅՆԻ ՓՈԽԱՆՑՄԱՆ ԻՐԱԿԱՆԱՑՈՒՄԸ LTE ՑԱՆՑՈՒՄ

Long-Term Evolution (LTE) տեխնոլոգիան տվյալների անլար գերարագ փոխանցման ստանդարտ է, որը հիմնված է GSM/UMTS ցանցային տեխնոլոգիաների վրա: LTE ցանցում ձայնային ծառայությունների փոխանցման համար աջակցություն չի նախատեսված: Աշխատանքում կատարվել է LTE ցանցում ձայնի փոխանցման իրականացման VOLGA և CSFB տեխնոլոգիաների համեմատական վերլուծություն, նշվել են դրանց առանձնահատկությունները, առավելությունները և թերությունները:

Առանցքային բառեր. ցանց, Long Term Evolution, ձայնի փոխանցում, CSFB, VoLGA:

A.G. Ayvazyan

IMPLEMENTATION OF VOICE TRANSMISSION IN LTE NETWORK

Long-Term Evolution (LTE) technology is the standard for wireless high-speed data transmission, based on GSM / UMTS network technologies. Support for voice transmission services on the LTE network is not defined. In this paper, a comparative analysis of VoLGA and CSFB technologies for voice transmission in the LTE network has been carried out, their features have been identified, advantages and disadvantages have been noted.

Keywords: network, Long Term Evolution, voice transmission, CSFB, VoLGA.

Այվազյան Արմեն Գագիկովիչ - Nokia-Siemens Network Co., радиоинженер

T.A. Hakhverdyan

POWER SWITCH PLANNING TECHNIQUE FOR POWER GATING DESIGNS

One of the methods for decreasing leakage power consumption is called power gating, which requires to temporarily switch off the power of the blocks that are not needed in the given operational mode, by inserting power gating switches. Since the number and the location of the power switches may have great influence on timing, area and IR drop of the design, an effective and smart approach is required while inserting the power gating switches. A new method for power switch placement, which determines location and coordinates the power switches is introduced. Experimental results demonstrate that the proposed method yields better timing characteristics for the circuit without needing more power switches as compared to other techniques.

Keywords: low power design, power switch placement, IR-drop, power gating.

Introduction. As the microelectronics manufacturing technologies constantly shrink in size, the exponential increase of leakage power becomes a serious issue. For 65nm and below technology nodes the leakage power component contributes more than 50% to the overall power consumption. For smaller technologies, the number becomes even higher. This issue is even more crucial for mobile battery powered SoC (System-On-Chip) designs where power is limited by the capacity of the battery [1, 2].

One of the low power techniques for decreasing power consumption is power gating. The basic strategy of power gating is to provide two modes: an active and a low power. The goal is to switch between these modes at the appropriate time and in the appropriate manner to minimize power consumption with minor impact on performance. So power gating consists of selectively powering off some blocks in the chip while keeping power on for the other blocks. The aim of power gating is to minimize leakage current by turning off supply voltage in a low-power domain with power switches (Fig. 1).

The most basic form of power gating control, and the one with the lowest long-time leakage power, is an externally switched power supply. On-chip CPU (Central Processing Unit) has a devoted off-chip power supply; that is, this supply provides power only to the CPU. It is possible to shut down this power supply and reduce the leakage in the CPU to substantially zero. This approach, though, also takes the longest time and requires the most energy to restore power to a gated block.

Internal power gating, where internal switches are used to control power in blocks, can be a better solution when powering down blocks for a short time. Unlike a block that is always turned on, the power-gated block receives its power through a power-switching network. The power gating controller controls the power switches that provide power to the gated block.

Principles of the Power Switching. There are two approaches of power gating: fine grain and coarse grain.

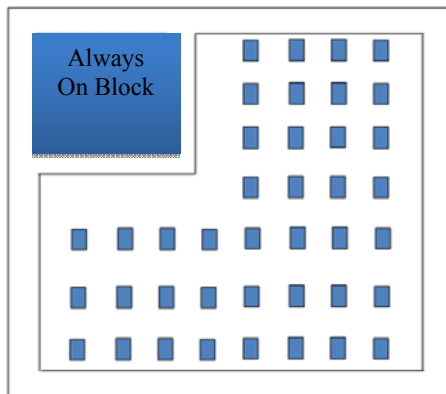


Fig. 1. Power gating design

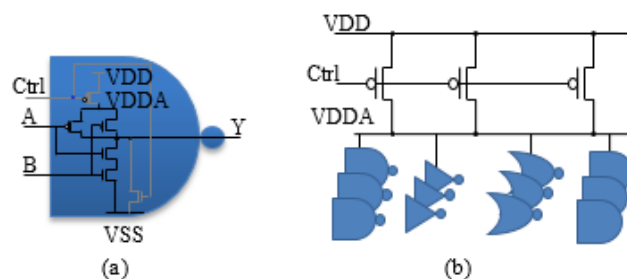


Fig. 2. Fine grain (a) and coarse grain (b) power gating

In fine grain power gating the switch is placed locally inside of each standard cell in the library. Since this switch must supply the worst case current required by the cell, it must be sufficiently large so that it will not have negative impact on performance. The area overhead of each cell is significant (of the 2x-4x the size of the original cell). An example of a fine grain NAND gate is shown in Fig. 2 (a). The key advantage of fine grain power gating is that the timing impact of the IR drop across the switch and the behavior of the clamp are easy to characterize as they are contained within the cell.

In coarse grain power gating (Fig. 2 (b)), a block of gates has its power switched by a collection of switch cells. The sizing of a coarse grain switch network is more difficult than a fine grain switch. But coarse grain gating designs have significantly less penalty than fine grain [3, 4].

1. Power switches placement methodologies. Before performing the logic cell placement and routing, the following actions should be accomplished:

1. Choose and place power switches.
2. Create power mesh.

Modern Place and Route tools can place power switches in a uniform way.

- a) If the power switches are used in functional blocks, then switches are placed in the standard cells rows, as shown in Fig. 3 (a). Both vertical and horizontal distances between the power switches are defined by the user.
- b) Also power switches can be placed like a checkerboard pattern, as shown in Fig. 3 (b). In this case both vertical and horizontal distances between the power switches also are set by the user.

a, b) Advantages:

1. Gives more IR drop controllability, since the area of power switches has less resistance.
2. Satisfies required maximum IR drop value using less switches, as compared with ring placement.

a, b) Disadvantages:

1. The placement area for standard cells becomes smaller, because power switches are placed with standard cells in the same rows.
2. It is hard or in some cases impossible to implement with IP macros.
3. Makes routing more complicated.

- c) Ring placement of power switches, as shown in Fig. 3 (c). In this case power switches are placed around the functional unit. It is also possible to make ring placement by local approach.

c) Advantages:

1. Ease of implementation of the power supply circuit.
2. Implementation with IP macros, without changing inner structure of IP.

c) Disadvantages:

Big IR drop, basically in the center of core. To avoid this, sometimes power switches with big drive are used, but in some cases it is impossible to get required results.

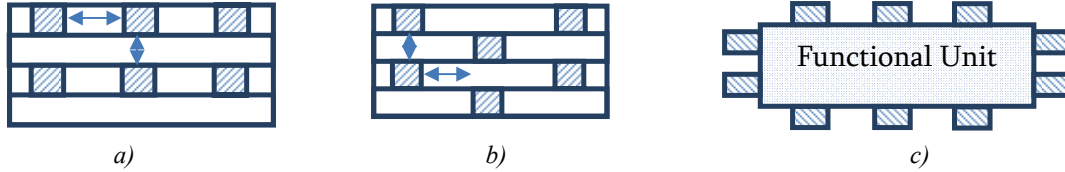


Fig. 3. Power switches placement methodologies. a – standard, b - checkerboard-like, c - ring

3. **Proposed Method of Power Switches Placement.** In power gated designs standard cells are connected with power mesh via power switches, which have resistance and therefore introduce IR drop. Timing parameters of logic cell depend on the value of power supply, so if the power switches are placed incorrectly or aren't optimized correctly, they can introduce major timing violations [5, 6]. Thus, all deviations from the actual values of the power supply should be evaluated at all the stages of the design flow and should be considered during timing analysis. Usually during the implementation of power gating, the evaluation and estimation of IR drop and timing analysis are performed separately, using different EDA tools (PrimeRail and PrimeTime, in case of Synopsys [7, 8]), but both tools are using shared data which is transferred from one tool to the other.

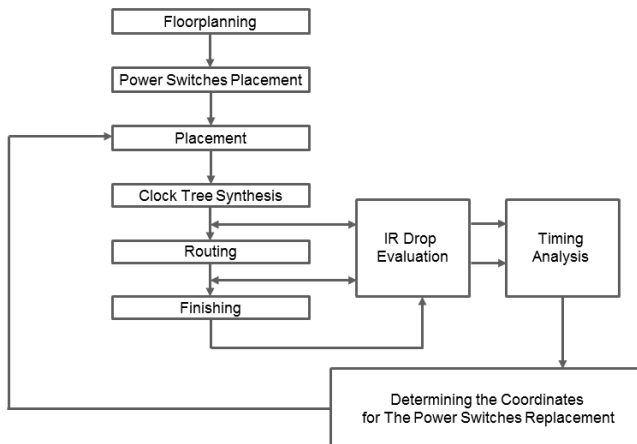


Fig. 4. The Proposed Stages of Power Gated IC Physical Implementation

This article proposes a new approach for implementing the placement of power switches according to the following criteria:

1. Implement placement by logic cell rows.
2. Classify each logic gate according to the value of the delay of the timing path, where it belongs.
3. Optimize the coordinates of each power switch, according to the class of its closest logic cells.
4. Approach method should not impact on power/ground mesh.

During timing analysis, it is required to calculate the maximum static IR drop on power mesh and power switches. The stages of physical implementation of power gated IC with the application of the proposed method are shown in Fig. 4.

In order to classify the logic cells, the following steps should be performed:

- Analyze timing for the initial distribution of power switches and determine the maximum timing delay for each timing path in which power switches are included.
- Determine the closest group of cells for each power switch.
- Determine the maximum and the sum of timing deviations for each group of cells.
- Classify each cell by the following way.

$$K_i = T_i / \Sigma T_i$$

K_i – The classification coefficient, T_i – The maximum value of the timing delay for the timing path, wherein the i -th element is included.

After determination of K_i for each element, the replacement coordinates of power switches are calculated according to the following formula:

$$X = \Sigma (X_i \cdot K_i)$$

X_i – The coordinate for i -th logic cell for current group, X – The replacement coordinate for power switches.

For the implementation and measurement of the power switches replacement coordinates according to the aforementioned classification was written a script via Tcl language.

3. Simulation Results. Experiments have been carried out on 24-bit multiplier. The Verilog description of the circuit includes 2 modules (TOP - The main block, with real (VDDP) supply voltage, mult24 - The secondary block, with virtual (VDD) supply voltage that is connected to the real supply via power switches).

The operating conditions are as follows: Process – SS, Temperature- 125°C, Supply voltage - 0.81V.

In order to analyze the effect of the power switch placement on the timing parameters the placement was implemented with a different number of power switches with different distances.

Physical implementation was done by the following steps: floorplanning, power switches placement, power planning, logic cells placement, clock tree synthesis, routing [9-11].

Table 1

The power values with different numbers of power switches with different distances

Power switches count/distances	Dynamic power (mW)	Static power (uW)	Total power (mW)
132/30um	2.5273	86.7909	2.6141
198/22um	2.8407	87.3500	2.9277
330/35um	3.0416	88.5570	3.2271

As shown in Table 1, increasing number of power switches causes an increase of power consumption, since the power switches have leakage power and switching/dynamic power. The placement of 24 bits multiplier design for different number of power switches are shown in Fig. 5 (all power switches are highlighted).

The power supply value is set to 0.81V, which means that the place and route tool sets 0.81V value to power supply during timing calculation. However, since the power mesh and power switches introduce some IR drop, the real power supply is less than 0.81V on power rails. The ground net also has resistance; hence IR drop will increase the value of ground supply of cells. As power and ground supply values are deviated from the ideal values, the timing parameters also will deviate. 5 worst IR drop values for the ground, real and virtual power supplies for different number of power switches are shown in Table 2.

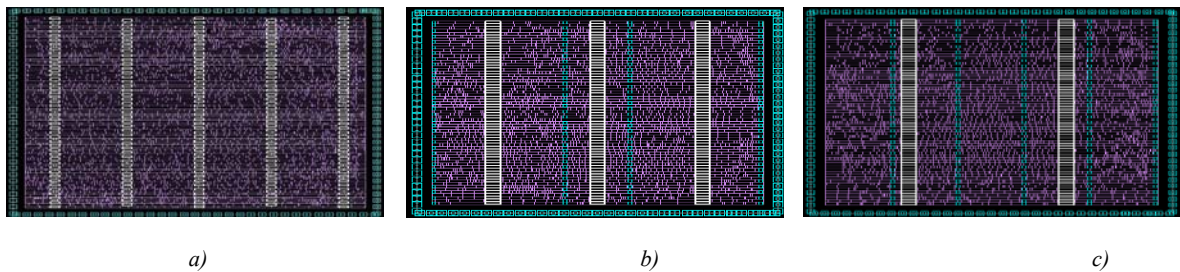


Fig. 5. Initial placed power switches for 24-bits multiplier

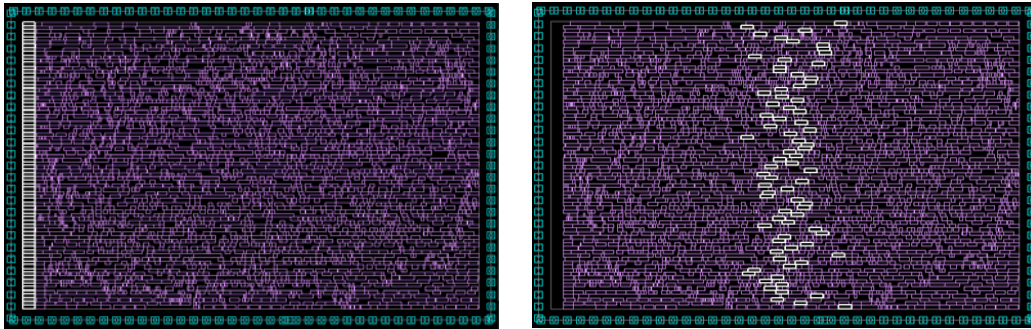
The IR drop analysis on power mesh was performed using Synopsys PrimeRail tool. Tool calculates the real values of power supply in each part of power mesh and returns IR drop information as output, which is annotated to PrimeTime for more accurate estimation of static timing parameters, and 5 worst timing delays are shown in Table 2.

Table 2

5 worst cases of IR drop and timing delay				
Power switches count	VDDP (mW)	VDD(mW)	VSS(mW)	Timing delay (ns)
330 (a)	4.358	9.788	4.204	1.5932
	4.132	9.654	4.201	1.5553
	3.913	9.063	4.168	1.5315
	3.867	8.959	4.072	1.5122
	3.740	8.555	4.053	1.4588
198 (b)	4.058	13.578	4.199	1.6105
	3.994	13.564	4.194	1.6223
	3.813	12.048	4.157	1.6428
	3.767	11.986	4.068	1.6701
	3.540	11.875	4.049	1.6885
132 (c)	4.020	45.116	4.197	1.7330
	3.968	45.075	4.158	1.7457
	3.770	45.000	4.126	1.7929
	3.727	44.883	4.055	1.8335
	3.498	43.535	4.038	1.8488

As shown in Table 2, increasing the number of power switches causes decrease of the timing delays, since the distance between logic cells and power switches is reduced and as a result the IR drop is decreasing. So, as a result, for each logic cell the power supply value is increased and timing delay is improved. The placement of power switches closer to logic cell causes improvement of the timing parameters for that cell.

1. All power switches were placed in the start of the rows as shown in Fig. 6 (a).
2. Then the proposed method was applied. The power switches placement results are shown in Fig. 6 (b).



a) b)
Fig. 6. Standard (a) and Proposed (b) Methods of Power Switches Placement

After power switch replacement the IR drop values for the ground, real and virtual power supplies and 5 worst timing delay is shown in Table 3.

Table 3

5 worst cases of IR drop/ timing delays after power switches replacement				
	VDDP (mW)	VDD(mW)	VSS(mW)	5 worst timing delays (ns)
Standard Method of Power Switches Placement	4.734	80.482	3.452	1.7084
	4.404	80.469	3.424	1.7174
	4.373	80.463	3.414	1.7236
	4.312	80.457	3.401	1.7250
	4.311	80.452	3.39	1.7484
Proposed Method of Power Switches Placement	4.734	31.750	3.452	1.6469
	4.404	30.103	3.424	1.6538
	4.373	30.091	3.414	1.6568
	4.312	30.010	3.401	1.6595
	4.311	29.989	3.390	1.6780

Conclusions. IR drop in power mesh and power switches affect the timing parameters of the circuits. Different placement strategies for the same circuit are resulted in different timing parameters. Increasing power switch count and decreasing distance between them, while keeping the core area the same, causes the timing parameters to improve. The proposed methodology is effective for optimization of power switches placement in power gating design, without impacting on the regular placement of the power and ground mesh. It improves the circuits timing parameters, decreases IR drop (~60%) while keeping the number of power switches the same.

Acknowledgements. Design was implemented using SAED 32/28nm EDK [12] developed by Synopsys Armenia Educational Department. Synopsys tools Design compiler and IC Compiler are provided by Synopsys Armenia Educational Department.

References

1. Roy K., Prasad S.C. Low-Power CMOS VLSI Circuit Design. - Wiley. - 2000. - 376 p.
 2. Keting M., Flynn D., Aitken R., Gibbons A., Shi K. Low Power Methodology Manual For System-on-Chip Design. - Synopsys, Inc. & ARM Limited. -2007. - 297 p.
 3. Hakhverdyan T., Melikyan V., Gevorgyan A., Babayan D., Manukyan S. Low Power OpenRISC Processor with Power Gating, Multi-VTH and Multi-Voltage Techniques // East West Design and Test Symposium (EWDTS). -2016, -P. 33-36.
 4. Babayan D., Babayan E., Petrosyan P., Kagramanyan E., Hakhverdyan T. 1.9 GHz 1.05V 16-bit RISC Core for High Density and Low Power Operation in 28nm Technology // East West Design and Test Symposium (EWDTS). -2016, -P. 459-462.
 5. De V., Borkar S. Technology and design challenges for low power and high performance // International Symposium on Low Power Electronics and Design. - San Diego, 1999. - P. 163-168.
 6. Jovanović B., Damnjanović M., Petković P. Low-power design of digital signal processing block for integrated power meter // LIH Konferencija ETRAN //Vrnjačka Banja. -2009. - P. 15-18.
 7. <http://www.synopsys.com/Tools/Implementation/SignOff/Pages/PrimeRail.aspx>
 8. <http://www.synopsys.com/Tools/Implementation/SignOff/Pages/PrimeTime.aspx>
 9. Shi K., Howard D. Sleep Transistor Design and Implementation – Simple Concepts Yet Challenges To Be Optimum // Automation and Test International Symposium on Hsinchu. -2009 - P.1-4.
 10. Liu J.-H., Zeng J.-K., Hong A.-S. Process-Variation Statistical Modeling for VLSI Timing Analysis // 9th International Symposium on Quality Electronic Design. – Washington, 2008. - P. 730-733.
 11. Goldman R., Bartleson K., Wood T., Watson A., Melikyan V., Babayan E., Hakhverdyan T. IC Design Course Based on the Synopsys DesignWare ARC 600 Processor Core and 32/28nm Educational Design Kit // Interdisciplinary Engineering Design Education Conference (IEDEC). – 2014. - P.66-69.
 12. Goldman R., Bartleson K., Wood T., Kranen K., Melikyan V., Babayan E. 32/28nm Educational Design Kit: Capabilities, deployment and future // In Microelectronics and Electronics (PrimeAsia) // 2013 IEEE Asia Pacific Conference on Postgraduate Research in IEEE. – 2013. - P. 284-288.
- 10.03.2017.

S.Ա. Հախվերդյան ՄԱՄԱՆ ՇՐՋԱՓԱԿՄԱՆ ՄԵՋ ԿԻՐԱՌՎՈՂ ԱՆՋԱՏՈՂ ՏՐԱՆԶԻՍՏՈՐՆԵՐԻ ՏԵՂԱԴՐՄԱՆ ՄԵԹՈԴ

Կորստային էներգասպառման նվազեցման մեթոդներից է հզորության շրջափակման մեթոդը: Մեթոդի հիմքում ընկած է որոշակի ժամանակահատվածներում տվյալների մշակմանը չմասնակցող ենթահանգույցների սնուցման դոդից դրանց անջատման գործընթացը՝ օգտագործելով անջատող տրանզիստորներ (US): Քանի որ US-ների քանակը և գտնվելու տեղը կարող են մեծ ազդեցություն ունենալ նախազծի ժամանակային պարամետրերի, ինչպես նաև զբաղեցրած մակերեսի և, իհարկե, լարման անկման արժեքի վրա, անհրաժեշտ է արդյունավետ և խելացի մոտեցում US-երի ներմուծման համար: Ներկայացվում է նոր մեթոդ US-երի տեղաբաշխման համար, որով որոշվում է US-երի գտնվելու տեղը: Փորձնական արդյունքներից երևում է, որ առաջարկված մեթոդով սխեմայի ժամանակային պարամետրերն ավելի լավ են ստացվում առանց լրացուցիչ US-երի՝ համեմատած այլ մեթոդների:

Առանցքային բառեր. ցածր էներգասպառմամբ նախազծում, անջատող տրանզիստորների տեղաբաշխում, լարման անկում, հզորության շրջափակում:

T.A. Ахвердян МЕТОД РАЗМЕЩЕНИЯ ОТКЛЮЧАЮЩИХ ТРАНЗИСТОРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ В БЛОКИРОВКЕ ПИТАНИЯ

Одним из методов уменьшения статического энергопотребления является блокировка питания. Согласно этому методу, необходимо временно отключить блоки, используя отключающие транзисторы (ОТ) для блокировки питания. Поскольку количество и местоположение ОТ могут иметь большое влияние на временные параметры, а также на размер площади и размер падения напряжения в схеме, требуется эффективный подход для размещения отключающих транзисторов. Представлен новый метод размещения ОТ, который определяет местоположение ОТ. Экспериментальные результаты показывают, что предложенный метод, по сравнению с другими методами, дает более высокие временные характеристики схемы без дополнительных ОТ.

Ключевые слова: проектирование с низким энергопотреблением, размещение отключающих транзисторов, падение напряжения, блокировка питания.

Hakhverdyan Tigran Arayik - Ph.D. Student of YSU, ASIC Physical Design II Engineer at Synopsys Armenia CJSC

UDC 343.34

MILITARY-ENGINEERING PROBLEMS AND POLITICAL ASPECTS OF COLLECTIVE SECURITY

V.S. Davtyan, A.R. Harutyunyan, L.E. Samvelyan

METHODOLOGICAL MODEL OF A COMPREHENSIVE STUDY OF THE ENERGY SECURITY OF THE NAGORNO-KARABAKH REPUBLIC

An attempt to form a methodological model for a comprehensive interdisciplinary study of the energy security problems of the Nagorno-Karabakh Republic is made. The main components of the model that allow diagnosing the problems of energy security of the NKR at the system level with the issuance of the corresponding forecasts are determined. Particular attention is paid to the choice of a theoretical platform. The advantages of the constructivist approach are shown; the necessity of considering the problem also from the structuralism positions is justified. The proposed model assumes the necessary study of the problems of the NKR energy security in the legal, resource-infrastructure, historical geopolitical and socio-philosophical planes.

Keywords: Nagorno-Karabakh Republic, energy, security, methodological model, interdisciplinary.

States, which lack international recognition always face more hurdles in terms of an ability to represent themselves as mighty states in the domain of International Relations. There are several indicators of such states: economic, geographic, technologies-related ones, but this paper is aimed at exploring the issue of energy security as one of the fundamental components of the national security of a state, which is also a sign of a well-functioning state. The main objective of the paper is to identify the most challenging factors influencing the formation of energy security system of the Nagorno-Karabakh Republic. Thus, the comprehensive study of the energy security of Nagorno-Karabakh is proposed. Hence, the issue of energy security of the Nagorno-Karabakh Republic will be analyzed from different perspectives.

Energy security, as one of the crucial components of the national security of a state, is a subject to a number of threats. It is due to different political, economic and technical reasons. These threats can be both internal and external: internal threats mostly have technical character or are rooted in a wrong management, while external ones are caused primarily by political, geopolitical and geoeconomic issues.

In the framework of the comprehensive study of the Nagorno-Karabakh Republic energy security, the most problematic factors affecting the formation of the energy security system should be identified. It is necessary to conduct a comprehensive analysis of the energy system while defining its most powerful and well-functioning elements. It is necessary to conduct the detailed monitoring of NKR energy supply system via field studies and examination of archival materials. Hence, we propose a comprehensive methodological model of the energy security of Nagorno-Karabakh. The model consists of the following basic components:

- Theoretical framework
- Methodological framework
- Legislative framework
- Resource framework
- Historical-geopolitical framework
- Socio-philosophical framework.

Theoretical framework

There are currently three major definitions of energy security used in the economics literature. These definitions inter-supplement each other:

- energy security - the belief that there will be the required amount and quality of energy necessary for the given economic conditions;
- energy security - the state of protection of the vital "energy interests" of an individual, society and state from internal and external threats;
- energy security - the degree of protection of the country (region), its people, society, state and economy in normal conditions and emergency situations happening due to the lack of high-quality and affordable energy resources, as well as immunity from the stability threat to fuel and energy supplies [1].

On these conceptual principles, the energy security of the NKR should be assessed. Moreover, the comprehensive study should be conducted based on certain principles outlined by D. Yergin, the American expert on energy security, and can be applied to the NKR power system:

- diversification;
- high-quality and timely information;
- cooperation among supplying countries and consumer countries;
- stability of the infrastructure and the supply chain;
- consistently functioning markets;
- energy efficiency;
- ensuring the flow of investments;
- development of new technologies [2].

Constructivism should be applied as a basic theory of a comprehensive study, in which the security issue is reflected as a concept, developed by B. Buzan and O. Weaver, the representatives of the Copenhagen school. According to this concept, the security policy is a justification for authorized actors (i.e. government) to take necessary measures to protect the public in case of threats.

The classics of this concept, B. Buzan, O. J. Weaver and J. de Wilde, point out five key sectors regularly exposed to securitization: the military, the environment, the economy, the social sector and politics [3]. These sectors are synthesized and mutually supportive. However, both the concept of securitization and the theory of constructivism ignore one of the most important problems - the role of mankind in the process of constructing the vectors of the security system establishment, including energy security. Along with this, it is also necessary to conduct a study of some issues faced by the energy security of NKR in the framework of structuralism.

Methodological framework

The methodology of the study should be based on a complex approach, including the analysis of the scientific and normative literature, study of modern domestic and foreign practice of the energy security and the identification of the political components' influence on it. The study should also use system-functional method, content analysis, and factor analysis, followed by an evaluation of the most rational models of ensuring the energy security of Armenia and the formation of its energy policy. The historical method should also be applied to the study of the NKR energy security issues in the process of its formation and development.

Legislative framework

The comprehensive study of the energy security system on Nagorno-Karabakh first should focus on the legal basis of the energy sector's functioning process; it should study the legal and normative acts regulating the energy sphere of NKR in detail in order to identify the most problematic factors. Particular attention should be paid to the "Law on Energy of NKR" [4] and "Law on Energy Efficiency and Renewable Energy of NKR" [5] as a basis of the republic's energy policy. Within the legislative framework, it is necessary to study the basic principles of the state's energy saving and renewable energy policies, as well as mechanisms for their implementation, aimed at:

- strengthening the economic and energetic independence of NKR;
- increasing the degree of economic and energy security of the NKR, power system reliability;
- creating new industries and organizing services that promote energy efficiency and renewable energy development;
- reducing the anthropogenic impacts on the environment and human health [6].

Resource framework

The development of renewable energy, as one of the promising and pragmatic areas of energy security both at the local and global levels, is at the same time an important step towards the democratization and humanization of the contemporary energy system of the world. There is no doubt that the desire for autonomy of the state power system and the pursuit of the maximization of the self-sufficiency level is an inevitable process. This process eventually will include the majority of the contemporary states, as far as they share the opinion that energy security and energy independence are the key intertwined components of the sustainable future. In this regard, the monitoring and evaluation of the NKR energy resources should be included in the comprehensive study in order to determine their potential for becoming an independent and self-sufficient energy system. The importance of renewable energy resources and water resources, in particular, should be emphasized. However, renewable energy is not just an energy sphere, which functions by certain economic and industrial laws; it is to some extent a result of public consciousness, striving for a balance between the inevitable anthropocentrism and nature-oriented eco-centrism. This process will eventually affect the work of the administrative centers and institutions. This is why it is important to conduct a conceptual assessment of the readiness of the NKR society to have "green energy".

Historical-geopolitical framework

Alongside with the above-mentioned activities, it is important to fulfill analysis of the geopolitical factors influencing the formation of the NKR energy security. In particular, it is necessary to examine in detail the impact of regional conflicts (Nagorno-Karabakh conflict) on the establishment and functioning of the republic's energy security. Furthermore, special attention should be paid to the geopolitical processes in the South Caucasus region and their impact on the energy security of the NKR. In particular, the emphasis should be put on the South Caucasus "energy wars" or "pipeline wars" (1990-2000s) that are directly affecting the functioning of NKR energy system. Actions of Azerbaijan, aimed at putting Armenia and NKR in an energy and transport blockade, should also be discussed in detail. The issues of Armenia's membership in the Eurasian Economic Union and possible consequences of this choice for the security of NKR should also be considered.

Socio-philosophical framework

When discussing the renewable energy in Nagorno – Karabakh Republic, we pointed out that it was important to conduct a conceptual assessment of the readiness of the NKR society to new "energy challenges." In this regard, it is important to acknowledge that as one of the most complex components

of the multi-layer system of state and national security, energy security requires a deep and multi-level study within not only the traditionally adopted framework of economic, technical, natural and political sciences but also in philosophy with the appropriate methodological apparatus. It is obvious that there is a lack of socio-philosophical aspects of the energy security in the contemporary scientific knowledge.

To support the above-mentioned thesis we should refer to F. Aguero who calls to distance from the concepts of national or state security. Instead, he offers to put our efforts in building a system of "human security" [7]. However, this approach is not popular in practice today but it concentrates the set of principles of contemporary political, economic, spiritual, and social life: anthropocentrism, ecocentrism, democratization and so on. Thus, it is necessary to determine the methods of construction of the "human security" system that should also include the subsystem of "human energy security," directly related to the culture of consumption.

To sum up, the issue of energy security of the Nagorno-Karabakh Republic is revealed from different perspectives. Also, it is explored that complex, system-functional, and historical methodologies are needed to research the issue. Additionally, we came to the point that the importance of renewable energy resources and water resources, in particular, should be emphasized and it is important to conduct a conceptual assessment of the readiness of the NKR society to have "green energy". From the geopolitical and legislative perspectives, it seems to be important to pay special attention to the geopolitical processes in the South Caucasus region and their impact on the energy security of the NKR and focus on the legal basis of the energy sector's functioning process. And finally, the determination of the methods of construction of "human security" system plays a crucial role in this comprehensive study.

This work was supported by the RA MES State Committee of Science, in the frames of the research project № 16YR-5F072.

References

1. **Карпетян К.** Роль Армении в обеспечении энергетической безопасности Южного Кавказа // 21-й век: Информационно-аналитический журнал. – Ереван, 2009. – 2 (10). – С. 3-27.
2. **Yergin D.** The Fundamentals of Energy Security, Testimony: Hearing on "Foreign Policy and National Security Implications of Oil Dependence", Committee on Foreign Affairs US House of Representatives. - March 22, 2007.
3. **Buzan B., Weaver O., de Wild J.** Security: A New Framework for Analysis. - Lynne Rienner Publishers, Inc., 1998. – 47 p.
4. Law on Energy of NKR. - October 30, 2002 (in Arm.).
5. Law on Energy Efficiency and Renewable Energy of NKR. - May 25, 2005 (in Arm.).
6. **Давтян В.С., Арутюнян А.Р., Самвелян Л.Э.** Энергетическая безопасность Нагорного Карабаха и некоторые вопросы государственного строительства // Вестник Инженерной академии Армении. – Ереван, 2017. – Т. 14, N 1. – С. 158-162.
7. **Aguero F.** Legacies of Transitions: Institutionalization, the Military, and Democracy in South America // Mershon International Studies Review. – 1998. - N.2 (42). – P. 387-404.

12.04.2017.

Վ.Ս. Դավթյան, Ա.Ռ. Հարությունյան, Լ.Է. Սամվելյան

ԼԵՌՆԱՅԻՆ ՂԱՐԱՔԱՂԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱԼԻ ՌԻՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՄԵԹՈԴԱԲԱՆԱԿԱՆ ՄՈԴԵԼԸ

Փորձ է արվել ստեղծել Լեռնային Ղարաքաղի Հանրապետության էներգետիկ անվտանգության հիմնախնդիրների համալիր միջառարկայական ուսումնասիրության մեթոդաբանական մոդել: Սահմանվել են մոդելի հիմնական բաղադրիչները, որոնք համակարգային մակարդակով հնարավորություն են տալիս ԼՂՀ էներգետիկ անվտանգության կանխորոշում անել՝ տալով համապատասխան կանխատեսումներ: Առանձնահատուկ ուշադրություն է դարձված տեսական հարթակի ընտրության հարցին: Ներկայացվել են կառուցողական մոտեցման առավելությունները, հիմնավորվել է հարցի՝ կազմաբանական դիրքերից ուսումնասիրության անհրաժեշտությունը: Առաջարկվող մոդելը ենթադրում է ԼՂՀ էներգետիկ անվտանգության խնդիրների ուսումնասիրությունը իրավական, ռեսուրսային-էնթալպետիկա-տեխնոլոգիական, պատմաաշխարհաքաղաքական և սոցիալ-փիլիսոփայական տիրույթներում:

Առանցքային բառեր. Լեռնային Ղարաքաղի Հանրապետություն, էներգետիկա, անվտանգություն, մեթոդաբանական մոդել, միջառարկայականություն:

В.С. Давтян, А.Р. Арутюнян, Л.Э. Самвелян

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАГОРНО-КАРАБАХСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Предпринята попытка формирования методологической модели комплексного междисциплинарного исследования проблем энергетической безопасности Нагорно-Карабахской Республики. Определены основные компоненты модели, позволяющие на системном уровне диагностировать проблемы энергетической безопасности НКР с выдачей соответствующих прогнозов. Особое внимание уделено выбору теоретической платформы. Показаны преимущества конструктивистского подхода, обоснована необходимость рассмотрения проблемы также со структуралистских позиций. Предлагаемая модель предполагает необходимое исследование проблем энергетической безопасности НКР в правовой, ресурсно-инфраструктурной, историко-геополитической и социально-философской плоскостях.

Ключевые слова: Нагорно-Карабахская Республика, энергетика, безопасность, методологическая модель, междисциплинарность.

Davtyan Vahe – PhD in Political Science, Associate Professor at Russian-Armenian University

Harutyunyan Armen – senior lecturer at Russian-Armenian University

Samvelyan Liana – master student at American University of Armenia

ТАДЕВОСЯН ГРАНТ ХАЧИКОВИЧ

(К юбилею со дня рождения)

**ДЕЙСТВИТЕЛЬНОМУ ЧЛЕНУ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ АРМЕНИИ,
ПРЕДСЕДАТЕЛЮ ПРАВЛЕНИЯ - ГЕНЕРАЛЬНОМУ ДИРЕКТОРУ
ЗАО “ГАЗПРОМ-АРМЕНИЯ” ГРАНТУ ХАЧИКОВИЧУ ТАДЕВОСЯНУ - 55 ЛЕТ**



Грант Хачикович Тадевосян родился 30 апреля 1962 г.

В 1968–1978 гг. учился и окончил Ереванскую школу № 24. В 1978–1983 гг. учился и с отличием окончил инженерно-строительный факультет Ереванского политехнического института им. К. Маркса по специальности “Тепло-газоснабжение и вентиляция”.

С 1983 по 1985 гг. работал в институте “Армкоммунпроект” в качестве инженера. В 1985–1986 гг. работал в Госкомгазе Армянской ССР в качестве инженера, старшего инженера, ведущего инженера. В 1986–1989 гг. - ведущий инженер “ГосАгропром” АрмССР, параллельно в 1987 г. учился в Москве во Всесоюзной высшей школе управления.

В 1989–1992 гг. - главный специалист РПО “Армагросервис” Министерства сельского хозяйства РА. В 1992–1999 гг. работал в Государственном концерне “Армгазпром” в качестве инженера, начальника отдела, заместителя начальника управления, начальника управления, параллельно в 1995г. в США прошел обучение по современным методам управления.

С 1999 по январь 2011 гг. - начальник Технического управления ЗАО “АрмРосгазпром”. В мае 2010 г. указом Президента РА награжден медалью “Анания Ширакаци”. С февраля 2011 г. - заместитель Генерального директора - главный инженер ЗАО “АрмРосгазпром”. С 2014 г. - заместитель Генерального директора - главный инженер ЗАО “Газпром Армения”, член Правления. С октября 2016 г. - ИО Генерального директора ЗАО “Газпром Армения”. В октябре 2016 г. Электроэнергетический Совет СНГ присвоил ему почетное звание “Заслуженный энергетик СНГ” за заслуги в развитии электроэнергетики государств-участниц СНГ. С 25 октября 2016 г. - Председатель Правления - Генеральный директор ЗАО “Газпром Армения”.

По случаю 25-летия Международной инженерной академии и Инженерной академии Армении юбиляру вручена медаль ордена МИА “Инженерная слава”.

Также в связи с 55-летием со дня рождения Грант Хачикович награжден нагрудным знаком Международной инженерной академии “Инженерная доблесть”.

Президиум Инженерной академии Армении, редакционный совет Вестника Инженерной академии Армении и все инженерное сообщество поздравляют юбиляра и желают ему крепкого здоровья, семейного благополучия, неисчерпаемой энергии и высокого настроения. Продолжайте и дальше служить блестящим примером для молодого поколения ученых и организаторов, формируя тем самым гарантированное успешное будущее своего государства!

**ՀՀ ԿԳՆ Գիտության պետական կոմիտե
Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան
ՀԱՊԿ ինստիտուտի Հայաստանի ազգային ներկայացուցչություն
Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիա
Հայաստանի երիտասարդական հիմնադրամ**

ՄԻՋԱԶԳԱՅԻՆ ԳԻՏԱԺՈՂՈՎ--IY

**Վարչական շրջանի շրջակա միջավայրի մոնիթորինգ և աղտոտիչների թունավորության
գնահատում**

Հոկտեմբերի 23-24, 2017

Հայաստանի Հանրապետություն, Երևան

Կազմկոմիտե.

Մարուխյան Ոստանիկ – Կազմկոմիտեի պատվավոր նախագահ, ՀԱՊՀ ռեկտոր
Թորոսյան Գագիկ – Կազմկոմիտեի նախագահ ՀԱՊՀ, ՔԿ և ԲՏ ամբիոնի վարիչ
Թորոսյան Նվեր – Կազմկոմիտեի փոխնախագահ ՀԱՊԿ ինստիտուտի տնօրեն
Մինասյան Սերգեյ – ՀՀԱ նախագահ
Գրիգորյան Արեգ – ՀԱՊՀ պրոռեկտոր
Դավթյան Վահան – Բնապահպանության նախարարություն
Թադևոսյան Արտաշես – ՀԱՊՀ, ՔՏ և ԲՃ ֆակուլտետի դեկան
Ղազարյան Մերի – ՀԱՊՀ, ՋԷ և ՇՄՊ ամբիոնի վարիչ
Սաղաթեյան Ռուբեն – Նախիտե ԳԱՄ գլխավոր տնօրեն
Շահբազովա Աիդա – ՀԱՊԿ ինստիտուտ
Չարխիֆալակյան Լարիսա – ՀԱՊՀ, ԷՈՏ և Կ ամբիոնի դոցենտ
Քոչարյան Հասմիկ – ՀԱՊՀ, ՔԿ և ԲՏ ամբիոնի դոցենտ

Քարտուղարություն.

Քոչարյան Հասմիկ / պատասխանատու քարտուղար/
Գալոյան Աշոտ
Գևորգյան Հասմիկ
Պետրոսյան Մարինե

Գիտական ծրագիրը կկենտրոնացվի վարչական շրջանների էկոլոգիական վիճակի
հետազոտման ընթացիկ ձեռքբերումների վրա:

Կքննարկվեն հետևյալ հարցերը.

- Էկոլոգիա և շրջակա միջավայրի վիճակի վերահսկում
 - Աղտոտիչների թունավորության գնահատում
 - Էկոլոգիական անվտանգություն
 - Էկոլոգիական ռիսկեր
 - Արտակարգ իրավիճակներից հետո էկոլոգիական միջավայրի քանակական և որակական գնահատում
 - Արտակարգ իրավիճակներում շրջակա միջավայրի մոնիթորինգ
 - Մոնիթորինգի տեխնիկական միջոցները և տեխնոլոգիաները
 - Ջրային ռեսուրսների վերահսկում մոնիթորինգային տվյալների հիման վրա
- Գիտաժողովի աշխատանքային լեզուներն են. հայերեն, ռուսերեն, անգլերեն:

Բոլոր ներկայացված նյութերը կքննարկվեն կոմիտեի կողմից, որին իրավունք է վերապահվում ընտրել հոդվածները:

Թեզիսների ձևակերպման կանոնները.

- Թեզիսների ներկայացման վերջնաժամկետ. 30 օգոստոսի, 2017թ., ՀԱՊՀ, 1-ին մասնաշենք, ՔՏ և ԲՃ ֆակուլտետ, ՔԿ և ԲՏ ամբիոն, Հասմիկ Քոչարյան, էլեկտրոնային հասցե hasqocharyan@mail.ru:
- Թեզիսները ներկայացնել անգլերեն լեզվով:
- Անհրաժեշտ է ներկայացնել հետևյալ տվյալները. թեզիսի վերնագիրը, կազմակերպության անվանումը, քաղաքը, երկիրը և բոլոր հեղինակների էլեկտրոնային հասցեները:
- Նախապատվությունը բանավոր զեկույցում կամ ստենդային ներկայացում (խնդրում ենք ուշադրություն դարձնել. նույն հեղինակը կարող է ներկայացնել երեք թեզիսից ոչ ավելի, որոնցից մեկը կարող է լինել բանավոր):
- Թեզիսի վերնագիրը (առավելագույնը 150 նիշ՝ ներառյալ բացատները):
- Թեզիսների ծավալը պետք է կազմի 2000 նիշից ոչ ավելի՝ ներառյալ բացատները, առանց գրաֆիկների և աղյուսակների:

Թեզիսների ընդունման մասին հաղորդագրությունը կուղարկվի 2017թ.: Բոլոր ընդունված թեզիսները կտպագրվեն թեզիսների ժողովածուի մեջ առանց խմբագրական ուղղումների:

Հոդվածները ընդունվում են մինչև 30 հոկտեմբերի 2017թ.-ի նշված էլեկտրոնային հասցեներով: Այդ ժամկետից հետո ստացված հայտերը և հոդվածները չեն ընդունվի:

Հոդվածների ներկայացման կանոնները

Հոդվածները ներկայացվում են հայերեն, ռուսերեն կամ անգլերեն լեզվով: Ռուսերենի և անգլերենի տառատեսակը՝ Times New Roman (տառաչափ 11), միջտողային հեռավորությունը՝ 1, էջի ձևաչափը՝ A4, աշխատանքային դաշտը՝ 165x252 մմ; ձախից՝ 25 մմ, վերևից՝ 20 մմ, աջից՝ 20 մմ, ներքևից՝ 25 մմ:

Առաջին էջի վերևի տողի ձախ անկյունում նշվում է ՀՏԴ ըստ ստանդարտի (նվազագույնը 6 թիվ), իսկ աջ կողմում՝ մեծատառերով ժողովածուի բաժինը (ամբողջ տողը - bold, չափը՝ 11): Մեկ տող ներքև, կենտրոնում նշվում է հեղինակների ա.հ. և ազգանունը (մեծատառերով՝ bold, չափը 11): Երկու տող ներքև, կենտրոնում մեծատառերով նշվում է հոդվածի վերնագիրը -bold, չափը՝ 12), ևս երկու տող ներքև՝ սեղմագիրը հոդվածի լեզվով առանցքային բառերով (Italic, չափը՝ 10): Երկու տող ներքև տրվում է հոդվածի հիմնական տեքստը: Նոր տողը տրվում է 10 մմ խորքից:

Մաթեմատիկական և քիմիական բանաձևերը ձևակերպվում են Microsoft Equation, Italic, 11 տառաչափով: Բանաձևերը բերվում են նոր տողի վրա, կենտրոնում, անհրաժեշտության դեպքում համարակալվում են նույն տողի աջ անկյունում փակագծերում:

Գրական հղումները նշվում են հոդվածից հետո տեքստում նշված հերթականությամբ. [1],[2],:

Այնուհետև բերվում է սեղմագիրը անգլերեն լեզվով:

Մեկ տող ներքև բերվում են՝ հեղինակների ազգանունը, անունը և հայրանունը, գիտական աստիճանը, կոչումը, կազմակերպության կրճատ անվանումը, որտեղ նա աշխատում է, հեռախոսահամարը:

A4 ձևի վրա 2 օրինակից տպված և 3,5 ձևաչափով սկավառակի վրա հոդվածը ներկայացնել պատասխանատու քարտուղարին: Խմբագրման գործընթացը հեշտացնելու համար խնդրում ենք մեկ օրինակը տպել 12 տառաչափով և 1,5 միջտողային հեռավորությամբ:

Государственный комитет по науке МОН РА
Национальный политехнический университет Армении
Армянское национальное представительство Института ОДКБ
Инженерная академия Армении
Молодежный фонд Армении

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ-IV
Мониторинг окружающей среды административного региона и оценка токсичности
загрязнителей
23 - 24 октября 2017 года
Ереван, Республика Армения

Оргкомитет:

Марухян Востаник – почетный председатель оргкомитета, ректор НПУА
Торосян Гагик – председатель оргкомитета, НПУА, зав. кафедрой ХБ и ПТ
Торосян Нвер – зам. председателя оргкомитета, директор Института ОДКБ
Минасян Сергей – президент ИАА
Григорян Арег – проректор НПУА
Давтян Ваан – Министерство экологии РА, начальник Главного управления водных ресурсов
Казарян Мери - НПУА, зав. кафедрой ТЭ и ООС
Кочарян Асмик - НПУА, доцент кафедры ХБ и ПТ
Сагателян Рубен – генеральный директор НПО “Наирит”
Тадевосян Аргашес – НПУА, декан факультета ХТ и ПИ
Чархифалакян Лариса – НПУА, доцент кафедры ЭОТ и У
Шахбазова Аида – Институт ОДКБ

Секретариат:

Кочарян Асмик (ответственный секретарь)
Галоян Ашот
Геворгян Асмик
Петросян Марине

Научная программа будет сосредоточена на текущих достижениях в области исследования экологического состояния административных районов.

Будут обсуждаться следующие вопросы:

- Экология и контроль состояния окружающей среды
- Оценка токсичности загрязнителей
- Экологическая безопасность
- Экологические риски
- Качественная и количественная оценка экологической обстановки после чрезвычайных ситуаций
- Мониторинг окружающей среды в чрезвычайных ситуациях
- Технические средства и технологии мониторинга
- Контроль водных ресурсов на основе данных мониторинга.

Рабочие языки конференции: армянский, русский, английский.
Оргкомитет оставляет за собой право отбора статей.

Правила оформления тезисов:

Крайний срок подачи тезисов: 30 августа 2017 года, НПУА, 1-й корпус, факультет ХТ и ПИ, кафедра ХБ и ПТ, Кочарян Асмик. Электронный адрес: hasqocharyan@mail.ru.

Тезисы должны быть представлены на английском языке.

Нужно будет ввести следующие данные:

- Название, учреждение, город, страна и адрес электронной почты всех авторов.
- Предпочтение: устное выступление или в виде стенда (Пожалуйста, обратите внимание: одним и тем же автором может быть представлено не более трех тезисов, один из которых может быть в виде устного представления).
- Название тезисов (макс. 150 знаков, включая пробелы).
- Текст тезисов должен содержать не более 2000 символов, включая пробелы, без графиков или таблиц.

Уведомления о принятии тезисов будут отправлены по электронной почте. Все принятые тезисы будут опубликованы в сборнике тезисов без редакторской правки.

Статьи принимаются до 30 октября 2017 года по указанной электронной почте. Заявки и статьи, полученные после этой даты, не будут приняты.

Правила представления статей

Статьи представляются на армянском, русском и английском языках. Шрифты: русский и английский - Times New Roman (размер 11) межстрочный интервал – 1; формат страницы – А4, рабочее поле – 165x252 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.

Литературные источники в тексте указываются после статьи и представляются в сквозной последовательности: [1],[2],

Далее приводится аннотация на английском языке.

На одну строку ниже даются: Фамилия, Имя, Отчество автора(ов), уч. степень, звание, сокращенное название организации, где работает автор, № телефона.

Статью, напечатанную на формате А4, в 2 экземплярах, а также на лазерном диске, представляют ответственному секретарю сборника. Для облегчения процесса окончательного редактирования рекомендуется один экземпляр статьи напечатать размером шрифта 12 и межстрочным интервалом 1,5.

State Committee of Science of the Republic of Armenia
National Polytechnic University of Armenia /Foundation/
Armenian National Representative Office of CSTO Institute
Engineering Academy of Armenia
Youth Foundation of Armenia

INTERNATIONAL CONFERENCE -IY

Monitoring of administrative region environment & pollutants toxicity evaluation

October 23 – 24, 2017

Yerevan, Republic of Armenia

Organization Committee:

Marukhyan Vostanik– Honorary head of Organization committee, rector of NPUA
Torosyan Gagik– Head of Organization committee, NPUA
Torosyan Nver – Vice-Head of Organization committee, CSTO institute
Minasyan Sergey –President of EAA
Charkhifalakyan Larisa– NPUA
Davtyan Vahan – Ministry of Ecology of RA
Grigoryan Areg– Vice-rector of NPUA
Ghazaryan Meri – NPUA
Kocharyan Hasmik– NPUA
Saghatelyan Rouben – President of “NairitPlant CJSC”
Shakhbazova Aida – CSTO institute
Tatevosyan Artashes– NPUA, dean of ChT and EE faculty

Secretariat:

Kocharyan Hasmik/executive secretary/
Galoyan Ashot
Gevorgyan Hasmik
Petrosyan Marine

Scientific program will focus on current advances in the research of the ecological state of administrative regions.

Researchers and expert scientists from research institutes and industry will present their recent findings and visions within the following subject areas:

- Ecology and Control of Environmental State
- Evaluation of the toxicity of pollutants
- Ecological Safety
- Ecological Risks
- Qualitative and Quantitative Estimate of Environmental State after Emergencies
- Water Monitoring in Emergency Situations
- Technical Means and Technologies of Monitoring
- The Control of Water Resources, Based on Monitoring Data

The languages of the conference are **Armenian, Russian, English.**

All submitted materials will be presented for discussion by the steering committee, which reserves the right to select articles.

Abstract submission guidelines:

Deadline for submission of abstracts: August 30, 2017, NPUA, housing 1, Kocharyan Hasmik, e-mail address: hasqocharyan@mail.ru>

Abstracts must be submitted in English. You will need to enter the following data: Name, institution, city, country and e-mail address of all authors.

Identification of presenter (the e-mail address of the presenter will be the contact address for all future communications).

Preference for oral speech or poster presentation (Please note: A maximum of three abstracts per presenter can be submitted, of which only one can be requested to be an oral presentation).

Title of abstract (max. 150 characters incl. spaces).

" - Text (max. 2000 characters incl. spaces, no graphics or tables. Special characters can be obtained from the abstract body field). Please check the spelling carefully. Once the abstract has been submitted, editing is no longer possible and the abstract will be reproduced from your online submission. Text that is copied & pasted from Microsoft Word will lose its initial formatting. Please format your abstract body with the available menu items of the editor.

Abstracts may be selected for oral or for poster presentation and notification on acceptance will be e-mailed by August 30, 2017. All accepted abstracts will be published in the abstract book.

The papers are accepted until October 30, 2017 in electronic form. Application and articles received after that date will not be accepted.

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 - 166x252 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]...

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.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Կոստմյան Ս.Է. Պրոֆեսոր Արմախոսյան ԿԱՐՄԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳ	177
Խաչատրյան Հ.Խ., Խաչատրյան Ա.Խ. ԱԶԳԱՅԻՆ ՖԻՆԱՆՍԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ԿԱՐԳԱՎՈՐՄԱՆ ՔԱՂԱՔԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՄԵԹՈԴԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ՁԵՎԱՎՈՐՈՒՄԸ ԳԼՈՐԱԼԱՑՄԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ	181
Խալաթյան Ա.Ս. ՀՀ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱՅԻ ՈԼՈՐՏԻ ԿԱՐԳԱՎՈՐՄԱՆ ԴԱՇՏԻ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ՏԱՐԱԾԱՇՐՋԱՆԱՅԻՆ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ՇՈՒԿԱՅԻՆ ԻՆՏԵԳՐՎԵԼԻՍ	186
Ադիլխանյան Հ.Յու. ՀՀ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱՅԻ ՈԼՈՐՏԻ ՀԱՎԱՍԱՐԱԿՇՈՎԱԾ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՁԵՎԱՎՈՐՈՒՄԸ	191
Նանյան Ա.Ա. ՖԻՆԱՆՍԱԿԱՆ ՌԻՍԿԻ ՃՇԳՐՏՄԱՆ ՄՈԴԵԼԻ ՄԱՍԻՆ	195
Գալստյան Ա.Գ., Հարոյան Լ.Հ., Մելիք-Փարսադանյան Վ.Ա. ՄԱՔՈԼԻԻ ԴՅՈՒՐԱՅԻՆՈՒԹՅԱՆ ՄԻ ՔԱՆԻ ՀԱՏԿՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ	200
Բարդախյան Վ.Գ. ՈՉ ՀՍՏԱԿ ՊԱՏԱՀԱԿԱՆ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՉ ՀՍՏԱԿ ԽՏՈՒԹՅԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐ	207
Հովհաննիսյան Ա.Թ., Մինասյան Գ.Մ. ՎԵՐԱՄԲԱՐՁ ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԻ ՀԵՌԱԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳ	211
Պետրոսյան Վ.Գ., Վարդանյան Ա.Մ. ՋՋԷՌ-440 ԷՆԵՐԳԱԲԼՈԿԿՆԵՐԻ ՇՈԳԵԳԵՆԵՐԱՏՈՐՆԵՐԻ ԿՈԼԵԿՏՈՐՆԵՐԻ ԽՈՂՈՎԱԿՆԵՐԻ ԵՎ ԱՆՑՈՒՄԱՅԻՆ ՕՂԱԿԻ ՀԱՆԳՈՒՅՑՆԵՐԻ ՄԱՅՈՐԴԱՅԻՆ ՌԵՍՈՒՐՍԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ	215
Թադևոսյան Հ.Ս., Մանուկյան Պ.Ս., Խաչատրյան Մ.Լ., Մանուկյան Ա.Պ. ՀԱՂՈՐԴՄԱՆ ԳԾԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱՊԵՍ ՇԱՀԱՎԵՏ ՀԱՏՈՒՅԹՆԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ	219
Այվազյան Գ.Ե., Բարսեղյան Ռ.Ն., Վարդանյան Ա.Հ. ԿԵՆՍԱԶԱՆԳՎԱԾԻՑ ՍԻՆԹԵԶԳԱԶԻ ՍՏԱՅՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆԱԲԵՐԱԿԱՆ ԳԱԶԻՖԻԿԱՏՈՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ	226
Առաքելյան Վ.Պ. ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԱԿՏԻՎ ՀՁՈՐՈՒԹՅԱՆ ԿՈՐՈՒՍՏՆԵՐԻ ՆՈՐ ԲԱՆԱՁԵՎ ՄՈԴԻՖԻԿԱՑՎԱԾ Z-ՄԱՏՐԻՑԻ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅԱՄԲ	231
Մանուկյան Ա.Պ. 0.4 ԿՎ ԴՈՂԵՐԻ ԼԱՐՄԱՆ ՇԵՂՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄՊԱՌԻՉՆԵՐԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՎՐԱ	234
Ջախարյան Գ.Ա. ՇԵՆՔԵՐԻ ԷՆԵՐԳԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐԵԼՎԱՄԱՆ ԼԱՎԱԳՈՒՅՆ ՌԱԶՄԱՎԱՐՈՒԹՅԱՆ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ՝ ՈՐՊԵՍ ԿԱՅՈՒՆ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ԿԱՐԵՎՈՐ ԳՈՐԾԻՔ	238
Գույումջյան Հ.Պ., Խաչատրյան Շ.Վ. ՍԵՎԱՆԻ ՕՖԻՈԼԻՏԱՅԻՆ ԳՈՏՈՒ ԳԱՔՐՈՒԴՆԵՐԻ ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԵՎ ՊԵՏՐՈԳՐԱՖԻԱԿԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ	242
Սահրադյան Ա.Ի., Բաղդասարյան Հ.Բ., Քոլոյան Մ.Ն. «AI-Zn» ՀԱՄԱՀԱԼՎԱԾՔԻՑ ՆՅՈՒԹԻ ՄԱՅՈՐԴԱՅԻՆ ԼԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ	249
Վարդանյան Վ.Վ., Դեկտիարով Վ.Ս., Դանիելյան Վ.Ա., Ավազյան Վ.Շ., Գևորգյան Ա.Ա., Մկրտչյան Տ.Հ. ՄԵՏԱՂ-ԿԵՐԱՄԻԿԱ ԶՈՂՄԱՆ ԿԱՐԻ ՀԵՏԱՁՈՏՈՒՄԸ և ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄԸ ԳԵՐԲԱՐՁՐ ՎԱԿՈՒՈՒՄԱՅԻՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ	254
Կարայան Հ.Ս., Զիբուխյան Ա.Գ. ՔԵՌԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՌԵԶՈՆԱՏՈՐԻ ՀԱՄԱՐ ՎԻԳՆԵՐԻ ՖՈՒՆԿՑԻԱՅԻ ՎՐԱ ԻՄՊՈՒԼՍԻ ՓՈՒԼԱՅԻՆ ՇԵՂՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ	260

Սիմոնյան Ս.Հ., Մելիքյան Ա.Վ. ՄԱՏՐԻՑԱՅԻՆ ՀԱՇՎԱՐԿՆԵՐԻ ՀԱՆՐԱՀԱՇԻՎԸ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ԶԵՎԱՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՏԻՐՈՒՅԹՈՒՄ	268
Բունիաթյան Վ.Վ., Բեգոյան Վ.Կ., Հովնիկյան Հ.Հ., Մանուկյան Ա.Լ., Վանդունց Տ.Վ. ՄԵՏԱՂ-ՖԵՌՈՒԷԼԵԿՏՐԻԿ ԿՈՆՏԱԿՏԻ I-V ԲՆՈՒԹԱԳՐԻ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԾԱԿՄԱՆ ԵՐԵՎՈՒԹՅՈՒՆԵՐԻ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ	276
Գասպարյան Օ.Ն., Հովհաննիսյան Տ.Ն. ԹԱՓԱՆԻՎԱՅԻՆ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՎ ՏԻԵԶԵՐԱԿԱՆ ՓՈՔՐ ԹՈՉՈՂ ՍԱՐՔԻ ՇԱՐԺՄԱՆ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ԴՈՒՐՍԲԵՐՄԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ	285
Այվազյան Կ.Գ., Աղաբեկյան Դ.Վ., Աղդալյան Վ.Յու. ԱՐԵՎԻՆ ՀԵՏԵՎՈՂ ԼՈՒՍԱԶԳԱՅՈՒՆ ՏՎԻՉ	290
Սարգսյան Գ.Հ., Խորենյան Գ.Ն. ՎԵՔ ՍԵՐՎԵՐԻ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ ԵՎ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ԻՆՏԵՐԱԿՏԻՎ ԳՈՐԾԻՔԱՄԻՋՈՑԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ	294
Մանասյան Ե.Ա. ԿԵՆՍԱՐԱՆԱԿԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՊԱՀՊԱՆՄԱՆ ՑԱՆՑԱՅԻՆ ԳՈՐԾԻՔԱՄԻՋՈՑՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ, ՀԱՄԵՄԱՏՈՒՄԸ ԵՎ ԱՌԱՋԱԴՐՈՒՄԸ	298
Բաղինյան Մ.Կ. ՊԱՐԱՄԵՏՐԱԿԱՆ ՏԵՍՔԻ ԽԱՂԱՅԻՆ ՄՈԴԵԼՆԵՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ԾՐԱԳՐԵՐԻ ՓԱԹԵԹ	303
Շիշմանյան Ա.Հ. ՓՈԽԱՆՋԱՏՎՈՂ ՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐՈՎ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻՑ ԱՆԿԱԽ ՀԵՆԱԿԱՅԻՆ ԼԱՐՄԱՆ ԱՂԲՅՈՒՐ	309
Այվազյան Ա.Գ. ՁԱՅՆԻ ՓՈԽԱՆՑՄԱՆ ԻՐԱԿԱՆԱՑՈՒՄԸ LTE ՑԱՆՑՈՒՄ	313
Հախվերդյան Տ.Ա. ՄՆՄԱՆ ՇՐՋԱՓԱԿՄԱՆ ՄԵՋ ԿԻՐԱՌՎՈՂ ԱՆՋԱՏՈՂ ՏՐԱՆՁԻՍՏՈՐՆԵՐԻ ՏԵՂԱԴՐՄԱՆ ՄԵԹՈԴ	317
Դավթյան Վ.Ս., Հարությունյան Ա.Ռ., Սամվելյան Լ.Է. ԼԵՌՆԱՅԻՆ ՂԱՐԱԲԱՂԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱԼԻՐ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՄԵԹՈԴԱԲԱՆԱԿԱՆ ՄՈԴԵԼԸ	322
Թադևոսյան Հրանտ Խաչիկի ԾՆԱՅԱՆ ԱՌԹԻՎ	327

СОДЕРЖАНИЕ

Косемян С.Э. СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬ- СКОГО СОСТАВА	177
Хачатрян О.Х., Хачатрян А.Х. ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ПОЛИТИКИ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ФИНАНСОВЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ	181
Халатян А.С. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ БАЗЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ РА ПРИ ИНТЕГРИРОВАНИИ В РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РЫНОК	186
Адилханян А.Ю. ФОРМИРОВАНИЕ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА АРМЕНИИ	191
Нанян А.А. О МОДЕЛИ КОРРЕКТИРОВКИ ФИНАНСОВОГО РИСКА	195
Галстян А.Г., Ароян Л.О., Мелик-Парсаданян В.А. О НЕСКОЛЬКИХ СВОЙСТВАХ ДЮРАЦИИ МАКОЛЕЯ	200
Бардахчян В.Г. НЕЧЁТКИЕ ФУНКЦИИ ПЛОТНОСТИ НЕЧЁТКИХ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН	207
Оганесян А.Т., Минасян Г.М. СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДЪЕМНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТОМ	211
Петросян В.Г., Варданян А.М. ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ К ПАТРУБКАМ КОРПУСОВ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ ЭНЕРГОБЛОКОВ ВВЭР-440	215
Тадевосян Г.М., Манукян П.С., Хачатрян М.Л., Манукян А.П. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СЕЧЕНИЙ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	219
Айвазян Г.Е., Барсегян Р.Н., Варданян А.А. РАЗРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННОГО ГАЗИФИКАТОРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА ИЗ БИОМАССЫ	226
Аракелян В.П. НОВАЯ ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕ- ТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОЙ Z-МАТРИЦЫ	231
Манукян А.П. ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ШИНАХ 0,4 кВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА РАБОТУ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	234
Захарян Г.А. ВЫБОР НАИЛУЧШЕЙ СТРАТЕГИИ УЛУЧШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ КАК ВАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ	238
Гуюмджян О.П., Хачатрян Ш.В. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГАББРОИДОВ СЕВАНСКОЙ ОФИОЛИТОВОЙ ЗОНЫ	242
Саградян А.И., Багдасарян Г.Б., Колоян М.Н. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛА ИЗ СПЛАВА “Al-Zn”	249
Дехтярев В.С., Варданян В.В., Даниелян В.А., Авагян В.Ш., Геворгян А.А., Мкртчян Т.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ПАЙКИ В СВЕРХВЫСОКАВАКУУМНЫХ УСЛОВИЯХ	254
Караян Г.С., Чибухчян А.Г. ВЛИЯНИЕ СДВИГА ФАЗЫ ИМПУЛЬСА НА ФУНКЦИЮ ВИГНЕРА ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА КЕРРА	260
Симонян С.О., Меликян А.В. АЛГЕБРА МАТРИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ОБЛАСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ	268

Бунятян В.В., Бегоян В.К., Овникян Г.А., Манукян А.Л., Вандунц Т.В. ОСОБЕННОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК I-V И ЯВЛЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОБОЯ КОНТАКТА МЕТАЛЛ-ФЕРРОЭЛЕКТРИК	276
Гаспарян О.Н., Оганесян Т.Н. К ВЫВОДУ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С МАХОВИЧНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ	285
Айвазян К.Г., Агабекян Д.В., Агдалян В.Ю. СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ	290
Саргсян Г.О., Хоренян Г.Н. ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕБ-СЕРВЕРОВ И РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО ИНСТРУМЕНТА	294
Манасян Е.А. ИССЛЕДОВАНИЕ, СРАВНЕНИЕ И ПРЕДЛОЖЕНИЕ СЕТЕВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ	298
Багинян М.К. ПАКЕТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ИГРОВЫХ МОДЕЛЕЙ	303
Шишманян А.Г. НЕЗАВИСИМЫЙ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ИСТОЧНИК ОПОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫМИ КОНДЕНСАТОРАМИ	309
Айвазян А.Г. РЕАЛИЗАЦИЯ ПЕРЕДАЧИ ГОЛОСА В СЕТИ LTE	313
Ахвердян Т.А. МЕТОД РАЗМЕЩЕНИЯ ОТКЛЮЧАЮЩИХ ТРАНЗИСТОРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ В БЛОКИРОВКЕ ПИТАНИЯ	317
Давтян В.С., Арутюнян А.Р., Самвелян Л.Э. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАГОРНО-КАРАБАХСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	322
Тадевосян Грант Хачикович К ЮБИЛЕЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ	327

CONTENTS

Kosemyan S.E. EVALUATION SYSTEM OF WORK EFFICIENCY OF TEACHING STAFF	177
Khachatryan H.Kh., Khachatryan A.Kh. FORMATION OF THE METHODOLOGY OF POLITICS OF STATE REGULATION OF NATIONAL FINANCIAL SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF GLOBALIZATION	181
Khalatyan A.S. THE ANALYSIS OF THE FEATURES OF REGULATORY FRAMEWORK IN THE ENERGY SECTOR OF RA WHILE INTEGRATING IN THE REGIONAL ENERGY MARKET	186
Adilkhanyan H.Yu. DEVELOPMENT OF BALANCED SCORECARD FOR ARMENIAN ENERGY SECTOR	191
Nanyan A.A. ON THE MODEL OF THE ADJUSTMENT OF FINANCIAL RISK	195
Galstian A.G., Haroyan L.H., Melik-Parsadanyan V.A. ON SOME PROPERTIES OF MACAULAY'S DURATION	200
Bardakhchyan V.G. FUZZY DENSITY FUNCTIONS OF FUZZY RANDOM VARIABLES	207
Hovhannisyan A.T., Minasyan G.M. DISTANT CONTROL SYSTEM OF LIFTING ELECTROMAGNET	211
Petrosyan V.G., Vardanyan A.M. ASSESSMENT OF THE RESIDUAL RESOURCE OF WELDED CONNECTIONS OF WELD COLLECTORS OF THE STEAM GENERATORS OF POWER UNIT VVER-440	215
Tadevosyan H.M., Manukyan P.S., Khachatryan M.L., Manukyan A.P. DEFINITION OF ECONOMIC SECTIONS OF ELECTRIC LINES	219
Ayvazyan G.Ye., Barseghyan R.N., Vardanyan A.H. DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL GASIFIER FOR GENERATION OF SYNGAS FROM BIOMASS ..	226
Arakelyan V.P. A NEW FORMULA OF ELECTRICAL POWER SYSTEM LOSSES OF ACTIVE POWER BY USING THE MODIFIED Z-MATRIX	231
Manukyan A.P. THE EFFECT OF DEVIATIONS OF BUS BAR VOLTAGE 0.4KV ON CONSUMERS' WORK	234
Zakharyan G.A. THE CHOICE OF THE BEST STRATEGY FOR IMPROVING THE RESIDENTIAL BUILDING ENERGY EFFICIENCY AS AN IMPORTANT TOOL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT	238
Guyumjyan H.P., Khachatryan Sh.V. GEOLOGICAL AND PETROGRAPHICAL FEATURES OF GABBROIDS OF THE SEVAN OPHIOLITE ZONE	242
Sahradyan A.I., Baghdasaryan H.B., Koloyan M.N. DETERMINATION OF RESIDUAL STRESSES AT PROCESSING THE ALLOY FROM THE MATERIAL "AL-ZN"	249
Vardanyan V.V., Dekhtyarov V. S., Danielyan V.A., Avagyan, V.Sh. Gevorgyan A.A., Mkrtchyan T.H. INVESTIGATION AND TESTING OF BRAZED METAL-CERAMIC ZONES IN ULTRA HIGH VACUUM CONDITIONS.....	254
Karayan H.S., Chibukhchyan A. G. THE IMPACT OF THE PHASE DEVIATION OF PULSES ON THE WIGNER'S FUNCTION FOR THE KERR OPTICAL RESONATOR	260
Simonyan S.H., Melikyan A.V. THE ALGEBRA OF MATRIX CALCULATIONS IN THE FIELD OF DIFFERENTIAL TRANSFORMATIONS	268

Buniatyan V.V., Begoyan V.K., Hovnikyan H.H., Manukyan A.L., Vandunts T.V. THE FEATURES OF THE I-V CHARACTERISTIC AND BREAKDOWN PHENOMENA OF METAL-FERROELECTRIC CONTACT	276
Gasparyan O.N., Hovhannisyan T.N. ON DERIVATION OF EQUATIONS OF MOTION FOR SMALL SPACECRAFT WITH FLYWHEEL CONTROL SYSTEM	285
Ayvazyan K.G., Aghabekyan D.V., Aghdalyan V.Yu. LIGHT-SENSITIVE SENSOR FOR THE SUN TRACKING	290
Sargsyan G.H., Khorenyan G.N. WEB SERVER SECURITY ISSUES AND MANAGEMENT OF INTERACTIVE TOOL	294
Manasyan Ye.A. RESEARCH, COMPARISON AND PROPOSITION OF NETWORK TOOLS FOR STORAGE OF BIOLOGICAL DATA	298
Baghinyan M.K. AN APPLIED SOFTWARE PACKAGE FOR SOLVING PARAMETRIC GAME MODELS	303
Shishmanyanyan A.H. A SWITCHED-CAPACITOR BANDGAP VOLTAGE REFERENCE	309
Ayvazyan A.G. IMPLEMENTATION OF VOICE TRANSMISSION IN LTE NETWORK	313
Hakhverdyan T.A. POWER SWITCH PLANNING TECHNIQUE FOR POWER GATING DESIGNS	317
Davtyan V.S., Harutyunyan A.R., Samvelyan L.E. METHODOLOGICAL MODEL OF A COMPREHENSIVE STUDY OF THE ENERGY SECURITY OF THE NAGORNO-KARABAKH REPUBLIC	322
Tadevosyan Hrant Khachik TO THE BIRTH ANNIVERSARY	327

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. Ազգաբնուն(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 í î ð ã ð è ý**), 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) **Ազգաբնուն 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. Ազգաբնուն, հոդվածի վերնագիրը** և համառոտագիրը:

Մեկ տող ներքև տրվում են հոդվածի հեղինակի(ների) **Ազգաբնուն(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 և ներմիջադասական 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