

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY  
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ISSN 1512-0996

უ რ ტ მ ე ბ ი  
TRANSACTIONS  
Т Р У Д Ы

№1(487)



თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ  
2013

### სარედაქციო კოლეგია:

ა. ფრანგიშვილი (თავმჯდომარე), ლ. კლიშიაშვილი (თავმჯდომარის მოადგილე), ზ. გასიტაშვილი (თავმჯდომარის მოადგილე), ა. აბრალავა, გ. აბრამიშვილი, ა. აბშილავა, თ. ამბროლაძე, ე. ბარათაშვილი, თ. ბაციკაძე, ჯ. ბერიძე, თ. გაბადაძე, ჯ. გახოკიძე, ო. გელაშვილი, ა. გიგინეიშვილი, აღ. გრიგოლიშვილი, ე. ელიზბარაშვილი, ს. ესაძე, ვლ. ვარდოსანიძე, უ. ზვიადაძე, ო. ზუმბურიძე, დ. თავხელიძე, ე. თევზაძე, მ. მესხი, ბ. იმნაძე, ი. კვესელავა, ტ. კვიციანი, თ. ლომინაძე, ი. ლომიძე, მ. მაცაბერიძე, თ. მეგრელიძე, ა. მოწონელიძე, ლ. მძინარიშვილი, დ. ნატროშვილი, ნ. ნაცვლიშვილი, შ. ნემსაძე, დ. ნოზაძე, გ. სალუკვაძე, ქ. ქოქრაშვილი, ე. ქუთელია, ა. შარვაშიძე, მ. ჩხეიძე, თ. ჯაგოდნიშვილი, ნ. ჯიბლაძე, თ. ჯიშკარიანი.

### EDITORIAL BOARD:

A. Prangishvili (chairman), L. Klimiashvili (vice-chairman), Z. Gasitashvili (vice-chairman), A. Abralava, G. Abramishvili, A. Abshilava, T. Ambroladze, E. Baratashvili, T. Batsikadze, J. Beridze, T. Gabadadze, J. Gakhokidze, O. Gelashvili, A. Gigineishvili, Al. Grigolishvili, E. Elizbarashvili, S. Esadze, Vl. Vardosanidze, U. Zviadadze, O. Zumburidze, D. Tavkhelidze, E. Tevzadze, M. Meskhi, B. Imnadze, I. Kveselava, T. Kvitsiani, T. Lominadze, I. Lomidze, M. Matsaberidze, T. Megrelidze, A. Motzonelidze, L. Mdzinarishvili, D. Natroshvili, N. Natsvlishvili, Sh. Nemsadze, D. Nozadze, G. Salukvadze, K. Kokrashvili, E. Kutelia, A. Sharvashidze, M. Chkheidze, T. Jagodnishvili, N. Jibladze, T. Jishkariani.

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. Прангишвили (председатель), Л. Климиашвили (зам. председателя), З. Гаситашвили (зам. председателя), А. Абралава, Г. Абрамишвили, А. Абшилава, Т. Амброладзе, Е. Бараташвили, Т. Бацикадзе, Дж. Беридзе, Т. Габададзе, Дж. Гахокидзе, О. Гелашвили, А. Гигинеишвили, Ал. Григолишвили, Э. Элизбарашвили, С. Эсадзе, Вл. Вардосанидзе, У. Звиаддзе, О. Зумбуридзе, Д. Тавхелидзе, Е. Тевзадзе, М. Месхи, Б. Имнадзе, И. Квеселова, Т. Квициани, Т. Ломинадзе, И. Ломидзе, М. Мацаберидзе, Т. Мегрелидзе, А. Моцонелидзе, Л. Мдзинаришвили, Д. Натрошвили, Н. Нацвлишвили, Ш. Немсадзе, Д. Нозадзе, Г. Салуквадзе, К. Кокрашвили, В. Кутелия, А. Шарвашидзе, М. Чхеидзе, Т. Джагоднишвили, Н. Джибладзе, Т. Джишкარიани.



საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2013

Publishing House “Technical University”, 2013

Издательский дом “Технический Университет”, 2013

<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>



Verba volant,  
scripta manent

# შინაარსი

## მშენებლობა

**დ. კუჭუხიძე.** კოაქსიალურად ჩაღბმული ცილინდრის მქონე ბრიბალკამერიან დანადგარში ბაზების მოძრაობის აეროდინამიკის შესახებ .....9

**დ. კუჭუხიძე.** ბრიბალკამერიან დანადგარში ბაზების მოძრაობის აეროდინამიკის შესახებ.....11

**ზ. ციხელაშვილი, გ. ჯერენაშვილი, შ. ციხელაშვილი, ა. გრიგოლიშვილი.** შავი ზღვის აუზის ქვეყნების ძირითადი ტერიტორიული მდინარეების წყლის დაბინძურების ხარისხის მონიტორინგ-კონტროლის ერთიანი ცენტრის შექმნის შესახებ .....15

## ენერგეტიკა და ტელეკომუნიკაცია

**დ. ჯაფარიძე ნ. კიკაბიძე.** საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის პროგნოზირება .....19

**ს. დადუნაშვილი.** ალამიანის თვითსრულყოფის ალგორითმები.....27

## სამთო-გეოლოგია

**ს. ფირალიშვილი, მ. სადუნიშვილი.** ენბურჰუმის წყალსაცავის აპროქსიმაციის ტექნოლოგია .....34

**ს. ფირალიშვილი, მ. სადუნიშვილი.** პოტენციალთა თეორიის პირდაპირი ამოცანის ამოხსნა წყალსაცავში წყლის დონის ცვალებადობისას.....38

**მ. მესხი, ვ. აბაშიძე, გ. ჭიაურელი, მ. სადუნიშვილი, თ. პაპავა.** ენბურჰუმის წყალსაცავში წყლის დონისა და კაშხლის დახრმომის მონაცემთა დროითი რიგების ანალიზი.....43

**მ. მესხი, ვ. აბაშიძე, გ. ჭიაურელი, თ. პაპავა.** ენბურჰუმის კაშხლის დინამიკური პროცესის მოდელირება გადაწყვეტილ ფუნქციით .....51

**ი. გუჯაბიძე, ზ. ლებანიძე, ა. გორილეიშვილი, რ. მუჯანაძე.** დიდბანიშვილის გვირაბების მშენებლობა სუსტ ქანებში .....57

**ნ. კიკნაძე, ნ. მექვაბიშვილი.** ჰიათურმანბანუმის საწარმოებში მომსახურე პერსონალის უსაფრთხოების დაცვის ბზები და საშუალებები.....61

## ძირითადი ტექნოლოგია, მეთაღურბია

**ს. კოპალეიშვილი, მ. ძეკონსკაია.** რამქშავას ბარდაქმნა მქორქულ სპირტულ დუდილში .....65

**ს. კოპალეიშვილი, მ. ძეკონსკაია.** ლიმონქშავას ბარდაქმნა საუქრების მიქრ მქორქულ სპირტულ დუდილში.....68

**ზ. საბაშვილი, დ. თავქელიძე, ზ. მჭედლიშვილი.** პლასმატრონის საქმნის ბაცივების ინტენსიფიკაციის შესაქმნელობები.....71

ი. ზედგენიძე, ა. სარუხანიშვილი, მ. კაპანაძე, მ. მშვილდაძე. უბორო, უფობორო მინანქრების ფოლადის ზედაპირთან შეჭიდულობის გუნება .....	74
--	----

**ტრანსპორტი, მანქანათმშენებლობა**

თ. მეგრელიძე, ვ. ღვინჯიანი, გ. ნადირაშვილი, გ. გუგულაშვილი, ე. სადალაშვილი. ძროხის რქისთან ღანამათის სახით სოიოს რქის შერების შესაძლებლობის შესწავლა.....	80
თ. მეგრელიძე, გ. ნადირაშვილი, ე. სადალაშვილი, ლ. პაპავა, გ. გუგულაშვილი. ცხოვრების დამჭრელი ახალი მქანოზმი.....	84
ბ. სოსელია, მ. ზუბიაშვილი, ნ. კიკნაძე. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ფუნქციონირება ქალაქის სოციალურ სივრცეში.....	88
მ. შვანგირაძე. ქარის გენერატორის ფრთებზე მოქმედი ძალები და გლუნავი მომენტები.....	91

**ბიზნესინჟინერინგი**

ნ. გამყრელიძე. ინტერსუბიექტურობა და ფრაქცი-სემანტიკური კლასი „ოჯახი“ .....	96
ნ. გამყრელიძე. ინტერსუბიექტურობა და სოციალური ბარემო ფრაქციოლოგიზმებში .....	98

**ინფორმატიკა, მართვის სისტემები**

მ. ახოზაძე, ნ. ვარძიაშვილი. სივრცული ეკონომიკური სისტემების ბანსაკუთრებული მდგომარეობები .....	103
ზ. ღურჭკაია, თ. ჯიჯავაძე, მ. ფანცულაია. ნერვული უჯრედის ელექტრული პოტენციალის კომპიუტერული მოდელირება.....	106
მ. ბერიძე, თ. ფალავა, ი. კალანდაძე, ქ. ბარამიძე, ნ. ესიავა. ოპტიკური ზემოქმედების გავლენა კვაზიდექტრიკული ჩანართების გაბნევის უნარზე პროტონებით დასხივებულ n-Si კრისტალებში .....	110

ავტორთა საძიებელი .....	114
ავტორთა საჭურაღებოდ .....	115

# CONTENTS

## BUILDING

<b>D. Kuchukhidze.</b> THE EMBEDDED WITH A COAXIAL CYLINDER HURRICANE CAMERA EQUIPMENT TO GAS FLOW AERODYNAMICS.....	9
<b>D. Kuchukhidze.</b> ABOUT THE AERODYNAMICS OF GASES FLOW IN THE HURRICANE GASES CAMERA EQUIPMENT .....	11
<b>Z. Tsikhelashvili, G. Jerenashvili, Sh. Tsikhelashvili, A. Grigolishvili.</b> ABOUT THE CREATION OF A SINGLE CENTER MONITORING-CONTROL OF MAIN TERRITORIAL RIVERS-WATER POLLUTION DEGREE OF THE COUNTRIES OF THE BLACK SEA BASIN .....	15

## ENERGETICS AND TELEKOMMUNIKATION

<b>D. Japaridze, N. Kikabidze.</b> FORECASTING OF AVERAGE WEIGHTED TARIFF OF PURCHASE ELECTRIC ENERGY OF GEORGIAN ELECTROENERGETICAL MARKET.....	19
<b>S. Dadunashvili.</b> ALGORITHMS OF SELF-PERFECTION OF THE PERSON .....	27

## MINING AND GEOLOGY

<b>S. Piralishvili, M. Sadunishvili.</b> APPROXIMATION TECHNOLOGY OF THE RESERVOIR ENGURI HPP.....	34
<b>S. Piralishvili, M. Sadunishvili.</b> ON THE SOLUTION OF THE DIRECT PROBLEM OF POTENTIAL THEORY AT 3 WATER RESERVOIR LEVEL CHANGE.....	38
<b>M. Meskhi, V. Abashidze, G. Chiaureli, M. Sadunishvili, T. Papava.</b> THE ANALYSIS OF TEMPORARY ROWS OF THE DATA OF WATER LEVEL IN THE RESERVOIR AND TILT INDICATOR OF ENGURI HYDRO ELECTRIC PLANT DAM .....	43
<b>M. Meskhi, V. Abashidze, G. Chiaureli, T. Papava.</b> MODELLING OF ENGURI DAM DYNAMIC PROCESS BY TRANSMISSION FUNCTION .....	51
<b>I. Gujabadze, Z. Lebanidze, A. Gocholeishvili, R. Mzhavanadze.</b> CONSTRUCTION OF TUNNELS WITH A LARGE CROSS-SECTION IN THE SOFT ROCKS.....	57
<b>N. Kiknadze, N. Mekvabishvili.</b> WAYS AND NEANS FOR DEFENCE OF THE SERVICE PERSONNELS SAFETY AT THE CHIATURMANGANES ENTERPRISES .....	61

## CHEMICAL TECHNOLOGY, METALLURGY

<b>S. Kopaleishvili, M. Dzekonskaia.</b> CONVERSION OF LACTIC ACID DURING SECONDARY ALCOHOLIC FERMENTATION .....	65
<b>S. Kopaleishvili, M. Dzekonskaia.</b> CONVERSION OF CITRIC ACID BY YEASTS DURING SECONDARY ALCOHOLIC FERMENTATION .....	68

<b>Z. Sabashvili, D. Tavkheldize, Z. Mchedlishvili. THE POSSIBILITIES OF PLASMATRON NOZZLE COOLING INTENSIFICATION .....</b>	<b>71</b>
<b>I. Zedgenidze, A. Sarukhanishvili, M. Kapanadze, M. Mshvildadze. INTERACTION OF BORONLESS AND FLUORINELESS ENAMELS TO THE STEEL SURFACE .....</b>	<b>74</b>
<b>TRANSPORT, MECHANICAL ENGINEERING</b>	
<b>T. Megrelidze, V. Gvachliani, G. Nadirashvili, G. Gugulashvili, E. Sadagashvili. STUDY OF THE POSSIBILITY OF SOY-BEAN MILK ADDITION IN COW-MILK.....</b>	<b>80</b>
<b>T. Megrelidze, G. Nadirashvili, E. Sadaghashvili, L. Papava, G. Gugulashvili. THE NEW MECHANISM FOR CUTTING THE BISCUITS ON PIECES .....</b>	<b>84</b>
<b>B. Soselia, M. Zubiashvili, N. Kiknadze. FUNCTIONING OF URBAN PUBLIC TRANSPORT IN THE SOCIAL SPACE .....</b>	<b>88</b>
<b>M. Shvangiradze. FORCES AND BENDING MOMENTS ACTING ON THE BLADE OF WIND TURBINE ROTOR.....</b>	<b>91</b>
<b>BUSINESS-ENGINEERING</b>	
<b>N. Gamkrelidze. INTERSUBJECTIVITY AND PHRASEO-SEMANTIC GROUP "FAMILY" .....</b>	<b>96</b>
<b>N. Gamkrelide. INTERSUBJECTIVITY AND SOCIAL ENVIRONMENT IN PHRASEOLOGISMS .....</b>	<b>98</b>
<b>INFORMATIC, MANAGING SYSTEMS</b>	
<b>M. Akhobadze, N. Vardziashvili. SPECIFIC CONDITIONS OF SPATIAL ECONOMIC SYSTEMS.....</b>	<b>103</b>
<b>Z. Gurtzkaia, T. Jijavadze, M. Fantsulaia. COMPUTER MODELLING OF THE ELECTRICAL POTENTIAL OF NERVOUS CELLS .....</b>	<b>106</b>
<b>M. Beridze, T. Pagava, I. Kalandadze, K. Baramidze, N. Esiava. INFLUENCE OF PHOTO-EXCITEMENT ON MOBILITY OF ELECTRONS INTO THE CRYSTALS RADIATED BY THE HIGH ENERGY PROTONS .....</b>	<b>110</b>
<b>AUTHORS INDEX .....</b>	<b>114</b>
<b>TO THE AUTHORS ATTENTION .....</b>	<b>117</b>

# СОДЕРЖАНИЕ

## СТРОИТЕЛЬСТВО

<b>Д.Г. Кучухидзе.</b> АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ КАРТИНА ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВ В ВИХРЕВОМ УСТРОЙСТВЕ С КОАКСИАЛЬНО ВСТАВЛЕННЫМ ЦИЛИНДРОМ .....	9
<b>Д.Г. Кучухидзе.</b> АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ КАРТИНА ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВ В ВИХРЕВОМ УСТРОЙСТВЕ .....	11
<b>З.И. Цихелашвили, Г.В. Джеренашвили, Ш.З. Цихелашвили, А.Р. Григолишвили.</b> О СОЗДАНИИ ЕДИНОГО ЦЕНТРА МОНИТОРИНГА-КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ РЕЧНЫХ ВОД СТРАН БАСЕЙНА ЧЕРНОГО МОРЯ .....	15

## ЭНЕРГЕТИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

<b>Д.А. Джапаридзе, Н.Т. Кикабидзе.</b> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОГО ТАРИФА ЗАКУПАЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ РЫНКЕ ГРУЗИИ .....	19
<b>С. А. Дадунашвили.</b> АЛГОРИТМЫ САМОСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА .....	27

## ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОЛОГИЯ

<b>С.Х. Пиралишвили, М.А. Садунишвили.</b> ТЕХНОЛОГИЯ АППРОКСИМАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩА ИНГУРИГЭС .....	34
<b>С.Х. Пиралишвили, М.А. Садунишвили.</b> РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ПОТЕНЦИАЛА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УРОВНЯ ВОДОХРАНИЛИЩА .....	38
<b>М.А. Месхи, В.Г. Абашидзе, Г.Г. Чиаурели, М.А. Садунишвили, Т.Г. Папава.</b> АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДАННЫХ УРОВНЯ ВОДЫ В ВОДОХРАНИЛИЩЕ И НАКЛОНОМЕРА ПЛОТИНЫ ИНГУРИГЭС .....	43
<b>М.А. Месхи, В.Г. Абашидзе, Г.Г. Чиаурели, Т.Г. Папава.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИНГУРСКОЙ ПЛОТИНЫ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИЕЙ .....	51
<b>И.К. Гуджабидзе, З.Т. Лебанидзе, А.Т. Гочолеишвили, Р.В. Мжаванадзе.</b> СТРОИТЕЛЬСТВО ТОННЕЛЕЙ С БОЛЬШИМ ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ В СЛАБЫХ ПОРОДАХ .....	57
<b>Н.Т. Кикнадзе, Н.З. Меквабишвили.</b> ПУТИ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА, РАБОТАЮЩЕГО НА ПРЕДПРИЯТИЯХ “ЧИАТУРМАРГАНЦА” .....	61

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, МЕТАЛЛУРГИЯ

<b>С.Г. Копалеишвили, М.Л. Дзеконская.</b> ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ ПРИ ВТОРИЧНОМ СПИРТОВОМ БРОЖЕНИИ .....	65
<b>С.Г. Копалеишвили, М.Л. Дзеконская.</b> ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ ДРОЖЖАМИ ПРИ ВТОРИЧНОМ СПИРТОВОМ БРОЖЕНИИ .....	68
<b>З. В. Сабашвили, Д.Д. Тавхелидзе, З. Т. Мчедлишвили.</b> ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОХЛАЖДЕНИЯ СОПЛА ПЛАЗМАТРОНА .....	71

<b>И.Г. Зедгенидзе, А.В. Саруханишвили, М.Б. Капанадзе, М.Дж. Мшвилдадзе. ПРИРОДА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕЗБОРНОЙ, БЕСФТОРИСТОЙ ЭМАЛИ С ПОВЕРХНОСТЬЮ СТАЛИ .....</b>	<b>74</b>
<b>ТРАНСПОРТ, МАШИНОСТРОЕНИЕ</b>	
<b>Мегрелидзе Т.Я., Гвачлиани В.В., Надирашвили Г.А., Гугулашвили Г.Л., Садагашвили Э.З. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЕВОГО МОЛОКА В ВИДЕ ДОБАВКИ В КОРОВЬЕ МОЛОКО .....</b>	<b>80</b>
<b>Т.Я. Мегрелидзе, Г.А. Надирашвили, Э.З. Садагашвили, Л.П. Папава, Г.Л. Гугулашвили. НОВЫЙ МЕХАНИЗМ ДЛЯ РЕЗКИ БИСКВИТОВ.....</b>	<b>84</b>
<b>Б.Л. Соселия, М.Г. Зубиашвили, Н.Т. Кикнадзе. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА В СОЦИАЛЬНОЙ СРЕДЕ ГОРОДА.....</b>	<b>88</b>
<b>М.Г. Швангирадзе. СИЛЫ И ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ЛОПАСТЬ РОТОРА ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ .....</b>	<b>91</b>
<b>БИЗНЕС-ИНЖЕНЕРИНГ</b>	
<b>Н.О. Гамкрелидзе. ИНТЕРСУБЪЕКТИВНОСТЬ И ФРАЗЕО - СЕМАНТИЧЕСКАЯ ГРУППА „СЕМЬЯ“ .....</b>	<b>96</b>
<b>Н.О. Гамкрелидзе. ИНТЕРСУБЪЕКТИВНОСТЬ И СОЦИАЛЬНАЯ СРЕДА ВО ФРАЗЕОЛОГИЗМАХ.....</b>	<b>98</b>
<b>ИНФОРМАТИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ</b>	
<b>М.Н. Ахобадзе, Н.Н. Вардзиашвили. ОСОБЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>103</b>
<b>З.Т. Гурцкаиа, Т.З. Джиджавадзе, М.З. Фанцулаиа. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НЕРВНЫХ КЛЕТОК .....</b>	<b>106</b>
<b>М.Г. Беридзе, Т.А. Пагава, И.Г. Каландадзе, К.К. Барамидзе, Н.А. Эсиава. ВЛИЯНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАССЕИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ КВАЗИДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ОБЛУЧЕННЫХ ПРОТОНАМИ КРИСТАЛЛАХ N-SI .....</b>	<b>110</b>
<b>ПЕРЕЧЕНЬ АВТОРОВ .....</b>	<b>114</b>
<b>К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ .....</b>	<b>119</b>



# სამშენებლო სექტორი

УДК 662.95

## АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ КАРТИНА ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВ В ВИХРЕВОМ УСТРОЙСТВЕ С КОАКСИАЛЬНО ВСТАВЛЕННЫМ ЦИЛИНДРОМ

Д. Г. Кучухидзе

Департамент водоснабжения, водоотведения, теплогазоснабжения и оснащения зданий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава 77

E-mail: natmakharoblidze@gmail.com

---

**Резюме:** На основании исследования системы уравнений Эйлера для функции тока получено квазилинейное уравнение, вычисленное для вихревой камеры с потенциальным течением; получены расчётные формулы скорости трёх составляющих в любой точке камеры.

**Ключевые слова:** аэродинамика; установка; движение; вихревая; топка; топливо; газозвоздушный поток.

---

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Радикальным методом уменьшения габаритов топков для водонагревателей является использование высокофорсированных топочных устройств, позволяющих в значительно меньших объемах сжигать газобразное топливо. К ним относятся топки с вихревыми и прямоочными струйными камерами и горизонтальными и вертикальными циклонными камерами, в которых интенсификация смесеобразования достигается закручиванием газо-воздушного потока с помощью завихрительных устройств или простым тангенциальным подводом газа и воздуха в вертикальных или горизонтальных вихревых камерах.

Вышеизложенное позволяет заключить, что наиболее перспективными для контактных водонагревателей являются высокофорсированные топочные устройства с меньшими потерями давления, а именно топочные устройства с горизонтальными и вертикальными вихревыми камерами.

Особенности работы вихревых топков определяются в основном их аэродинамикой. В вихревой камере

вследствие тангенциального подвода воздуха возникает устойчивое вращательное движение газового потока со сложным пространственным полем скоростей. Известно, что наибольшая из составляющих скоростей – тангенциальная. Кривые распределения полной и тангенциальной скоростей практически совпадают во всех сечениях вихревой камеры. Лишь в приосевой области течения имеется незначительное расхождение между полной и тангенциальной скоростями и заметное значение приобретает аксиальная составляющая. В соответствии с характером распределения тангенциальной скорости вихревой камеры условно выделяются две области течения: периферийная – приблизительно квазипотенциального вращения и центральная – приблизительно квазитвердого вращения, которая отражает лишь тенденции действительной картины течения. Распределение тангенциальной скорости по радиусу и статистическим давлением обеспечивает равновесие вращающегося потока.

Особенности аэродинамики вихревых камер обусловили то, что основными конструктивными параметрами, определяющими закономерности потока являются: отношение площадей сечения ввода воздуха и камеры ( $F_1/F_0$ ), отношение диаметров выходного отверстия камеры ( $d_2/d_0$ ), отношение диаметров входа воздуха и камеры ( $d_1/d_0$ ), отношение длины камеры к ее диаметру ( $L_0/d_0$ ) и ширины подвода воздуха к его высоте ( $b_1/l_1$ ).

### 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

С целью увеличения радиационной поверхности, улучшения организации движения газов, устранения циркуляции в вертикальном направлении и уменьше-

ния аэродинамического сопротивления, в центральной части топки водонагревателей коаксиально закрепляют цилиндрическую вставку. В этом случае

гидродинамическую задачу о потенциальном потоке в вихревом аппарате решаем следующим образом.

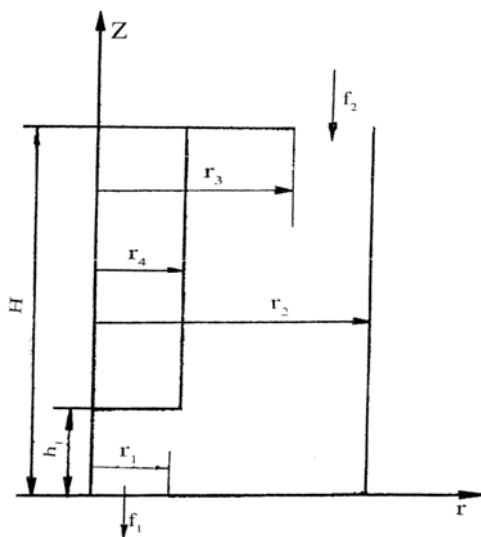


Рис.1

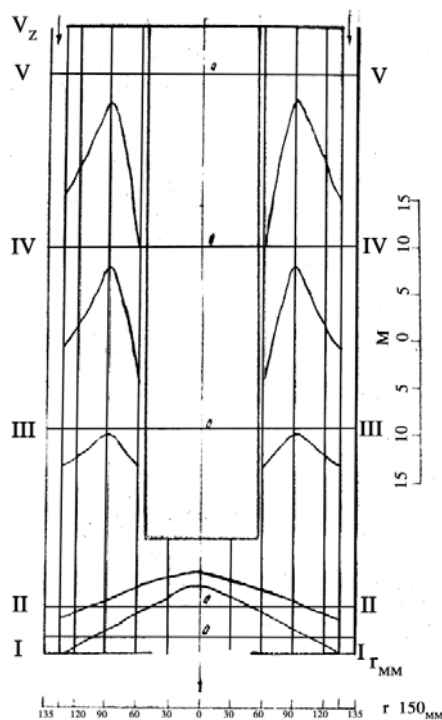


Рис.2. Эпюры распределения осевой составляющей скорости газа

Ввиду того что составляющие скорости в объеме аппарата не зависят от угловой координаты  $\phi$ , уравнение Эйлера для стационарного течения идеальной жидкости с учетом потенциальности движения потока представится в следующем виде:

$$\psi_{zz} + \psi_{rr} - \frac{1}{r}\psi_r = 0, \quad (1)$$

где  $\psi$  - функция тока.

Выражение (1) представляет собой однородное квазилинейное дифференциальное уравнение второго порядка.

Граничные условия для данного уравнения (1) согласно схеме, представленной на рисунке 1, можно представить в следующем виде:

- I.  $r=0; 0 \leq z \leq h_1; V_z=0;$
- II.  $z=0; 0 \leq r \leq r_1; V_z=-f_1; V_a=W_1;$
- III.  $z=0; r_1 \leq r \leq r_2; V_z=0;$
- IV.  $r=r_2; 0 \leq z \leq H_{21}; V_z=0;$
- V.  $r=r_2; 0 \leq z \leq H_{21}; v_r=0;$
- VI.  $z=H; r_3 \leq r \leq r_2; v_z=-f_1; v_z=0;$
- VII.  $z=H; h_1 \leq z \leq H_0; v_z=0;$
- VIII.  $z=h_1; 0 \leq r \leq r_4; v_z=0.$

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уравнением (1) определяются осевая радиальная и тангенциальная составляющие скорости соответственно по формулам:

$$v_z = \frac{1}{r_r} \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n (A_n \ell^{\frac{\mu_n z}{r_r}} + B_n \ell^{-\frac{\mu_n z}{r_r}}) I_0 \left( \frac{\mu_n r}{r_r} \right), \quad (2)$$

$$v_r = \frac{1}{r_r} \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n (A_n \ell^{\frac{\mu_n z}{r_r}} - B_n \ell^{-\frac{\mu_n z}{r_r}}) I_1 \left( \frac{\mu_n r}{r_r} \right), \quad (3)$$

$$v_\phi = \frac{c}{r}, \quad (4)$$

где  $c$  - экспериментальная константа,

$\mu_n$  - корни функции Бесселя первого рода.

Коэффициенты  $A_n$  и  $B_n$  определяются из граничных условий (I) – (УШ).

На рис. 2 представлен график осевой составляющей скорости в различных сечениях аппарата.

Полученное теоретическое решение качественно согласуется с экспериментальными данными, приведенными в работе (1).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Тонконогий А. В., Балфапаев Э., Копытков М. В. Аэродинамика циклонных камер с верхним выводом газов // В сб. «Проблемы теплоэнергетики и прикладной теплофизики», вып. 4. Алма-Ата, 2005 г.

**შპს 662.95**

**კოაქსიალურად ჩაღმზული ცილინდრის მქონე ბრიზალკამერიან დანადგარში გაზების მოძრაობის აეროდინამიკის შესახებ**

**დ. კუჭუხიძე**

წყალმომარაგების, წყალარინების, თბოაირმომარაგების და შენობების აღჭურვის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

**რეზიუმე:** ეილერის განტოლებათა სისტემის გამოკვლევით დენის ფუნქციისათვის მიღებულია კვაზიწრფივი განტოლება, რომელიც ამოხსნილია გრიგალკამერიან დანადგარში პოტენციური დინებისათვის, მიღებულია საანგარიშო ფორმულები სინქარის სამივე მდგენელისათვის კამერის ნებისმიერ წერტილში.

**საკვანძო სიტყვები:** აეროდინამიკა; მოძრაობა; სათბობი; გრიგალური; საცეცხლე; აირჰაერიანი ნაკადი.

**UDC 662.95**

**THE EMBEDDED WITH A COAXIAL CYLINDER HURRICANE CAMERA EQUIPMENT TO GAS FLOW AERODYNAMICS**

**D. Kuchukhidze**

Department of water-supply, drainage, heat-gas supply and equipment of building, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** On the basis of the system of Euler equation a quasilinear equation is obtained for the function of gas flow in vortex chamber with coaxially mounted cylinder.

Design formule are obtained for determination of velocity component in any point of the chamber.

**Key words:** aerodynamics; equipment motion; vortex heating; fuel; gas-air flow.

*მიღებულია დასაბეჭდად 15.01.13*

**УДК 662.95**

**АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ КАРТИНА ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВ В ВИХРЕВОМ УСТРОЙСТВЕ**

**Д. Г. Кучухидзе**

Департамент водоснабжения, водоотведения, теплогазоснабжения и оснащения зданий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава 77

E-mail: natmakharoblidze@gmail.com

**Резюме:** На основе исследования системы уравнений Эйлера получено квазилинейное уравнение для функции тока, которое вычислено для вихревой камеры с потенциальным течением; получены расчетные

формулы скорости трёх составляющих в любой точке камеры.

**Ключевые слова:** квазилинейное уравнение; скорость; график; течение; газ; эпюра.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Наиболее радикальным методом уменьшения габаритов топков для водонагревателей является использование высокофорсированных топочных устройств, позволяющих в значительно меньших объемах сжигать газообразное топливо. К ним относятся топки с вихревыми и прямоточными струйными камерами и горизонтальными и вертикальными циклонными камерами, в которых интенсификация смесеобразования достигается закручиванием газоздушного потока с помощью завихрительных устройств или простым тангенциальным подводом газа и воздуха в вертикальных или горизонтальных вихревых камерах.

Вышеизложенное позволяет заключить, что наиболее перспективными для контактных водонагревателей являются высокофорсированные топочные устройства с меньшими потерями давления, а именно топочные устройства с горизонтальными и вертикальными вихревыми камерами.

Особенности работы вихревых топков определяются в основном их аэродинамикой. В вихревой камере вследствие тангенциального подвода воздуха возникает устойчивое вращательное движение газового потока со сложным пространственным полем скоростей.

Из анализа работы [1] видно, что наибольшая из составляющих скоростей – тангенциальная. Кривые распределения полной и тангенциальной скоростей практически совпадают во всех сечениях вихревой камеры. Лишь в приосевой области течения имеется незначительное расхождение между полной и тангенциальной скоростями и заметное значение приобретает аксиальная составляющая. В соответствии с характером распределения тангенциальной скорости вихревой камеры условно выделяются две области течения: периферийная – приблизительно квазипотенциального вращения и центральная – приблизительно квазитвердого вращения, которая отражает лишь тенденции действительной картины течения. Распределение тангенциальной скорости по радиусу и статистическим давлением обеспечивает равновесие вращающегося потока. Оно имеет максимум у стенки камеры и уменьшается по направлению к ее оси.

### 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Аэродинамическая картина движения газов в вихревом устройстве весьма сложна. Математическое описание полей течения газов возможно общими дифференциальными уравнениями движения сплошных сред, т. е. уравнениями Навье-Стокса, которые полностью учитывают физические свойства газов. Од-

нако уравнения Навье-Стокса строго нелинейны и их аналитическое решение в настоящее время не представляется возможным.

С целью упрощения математического описания рассматриваемого процесса можно заменить его рассмотренной в гидродинамике моделью движения идеального газа. Несмотря на ряд допущений, модель идеального газа дает не только качественные данные, которые удовлетворительно подтверждаются опытом.

Ввиду того что скорость движения газов в вихревом устройстве значительно меньше скорости звука ( $Ma \leq 1$ ), сжимаемость газа можно не учитывать и его можно считать невесомым. Рассматриваем только стационарный режим движения газа в устройстве.

После принятых допущений для математического описания движения газа воспользуемся уравнениями Эйлера для стационарного течения идеальной жидкости. Имея в виду аксиальную симметрию задачи, считаем что

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial \varphi} = 0. \tag{1}$$

С учетом выражения (1), уравнение Эйлера введением функции тока

$$V_z = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r}; \quad V_r = -\frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial Z} \tag{2}$$

для потенциального потока приводится к виду (2):

$$\psi_{zz} + \psi_{rr} - \frac{1}{r} \psi_r = 0. \tag{3}$$

Выражение (3) представляет собой однородное квазилинейное дифференциальное уравнение.

На рис 1 (с учетом аксиальной симметрии, на схеме представлена только половина циклона) тангенциальный вход газа предусмотрен в верхней части (скорость  $f_2$ ), а выход – в нижней центральной части аппарата.

Согласно принятым обозначениям, приведенным на рис.1, с учетом особенностей движения газа в вихревом устройстве, граничные условия для уравнения (3) можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} r=0; & V_r=0; \\ 0 \leq r \leq r_1, & V_z=f_1; V_\varphi=\omega_1; \\ Z=0; & r_1 \leq r \leq r_2, V_z=0; \\ r=r_2; & V_r=0; \\ Z=h; & r_3 \leq r \leq r_2, V_z=-f_2; V_\varphi=-\omega_2; \\ Z=H. & \end{aligned}$$

На основе приведенных граничных условий формулируются граничные условия для функции тока.

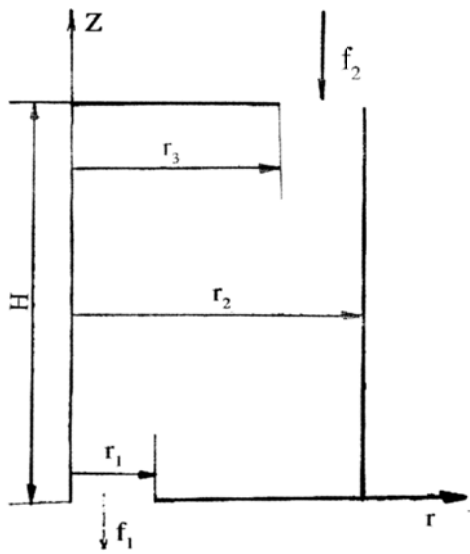


Рис.1. Схема вихревого устройства

Решение уравнения (3) связано с громоздкими вычислениями и требует применения ЭВМ. Поэтому нами задача решена аналитически для потенциальных потоков.

Осевая, радиальная и тангенциальная составляющие скорости газа потенциального потока определяются соответственно по формулам:

$$V_z = \frac{1}{r_2} \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n \left( A_n \exp\left\{ \frac{\mu_n Z}{r_2} \right\} + B_n \exp\left\{ -\frac{\mu_n Z}{r_2} \right\} \right) \times J_0\left( \frac{\mu_n r}{r_2} \right), \quad (4)$$

$$V_r = -\frac{1}{r_2} \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n \left( A_n \exp\left\{ \frac{\mu_n Z}{r_2} \right\} - B_n \exp\left\{ -\frac{\mu_n Z}{r_2} \right\} \right) \times J_1\left( \frac{\mu_n r}{r_2} \right), \quad (5)$$

$$V_\varphi = \frac{C}{r}, \quad (6)$$

где C – экспериментальная константа.

По формуле (4) подсчитаны значения осевой составляющей скорости в нескольких сечениях полового циклона. Результаты расчетов представлены на рис. 2.

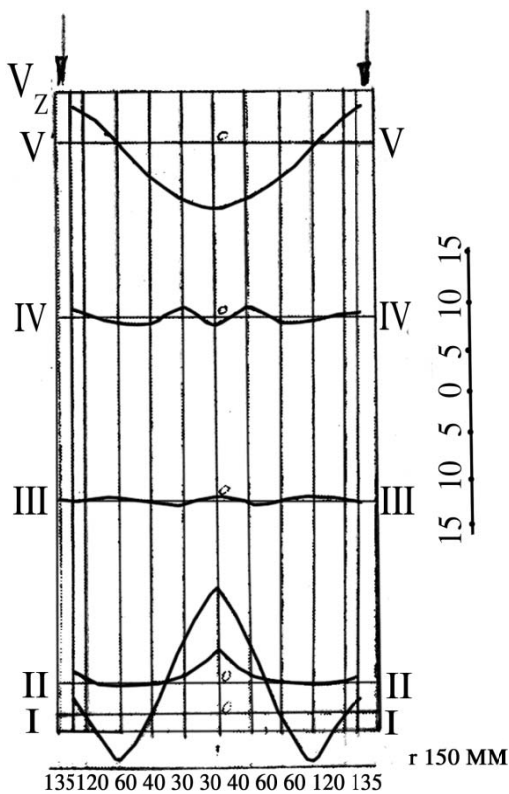


Рис.2. Эпюры распределения осевой составляющей скорости газа

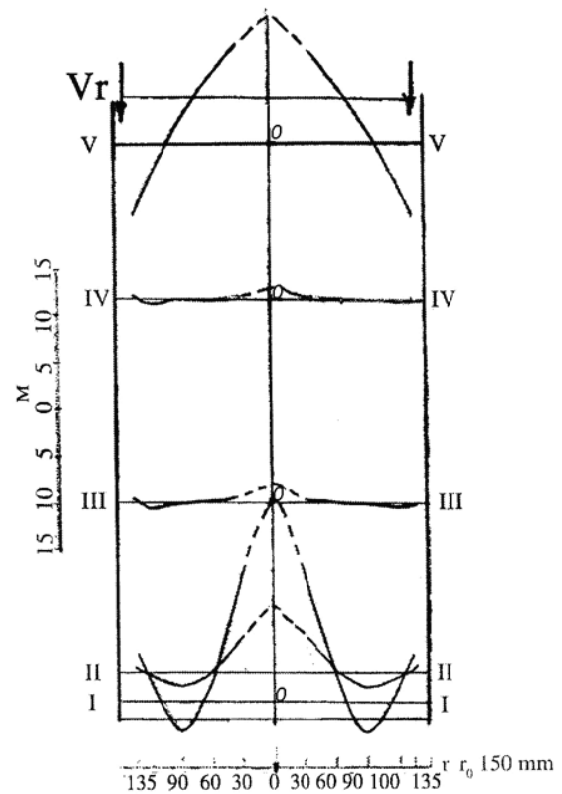


Рис.3. Эпюры распределения радиальной составляющей скорости газа

На рис. 3 приведены эпюры распределения радиальной составляющей скорости газа. Изменение ее направления не противоречит общему закону распределения. Наиболее отрицательные значения (в сторону оси камеры) радиальная составляющая принимает в тех точках объема, где осевая составляющая имеет значение.

Изменение направления радиальной составляющей в непосредственной близости от стенок камеры вызвано обратным потоком газа при ударе его на стенку.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видно из графика, осевая составляющая скорости несколько раз меняет свое направление. В верхней части циклона осевая составляющая скорости в центре аппарата направлена вниз, а в нижней части – вверх. Это указывает на дополнительную потерю энергии на паразитное движение газа, направленное против основного течения газа при выходе.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кучухидзе Д.Г., Ратиани Г.В., Чихладзе В.В. Труды ГПИ им. В. И. Ленина, №4 (214), 1979.

#### შაპ 662.95

#### ბრიზალკამერიან დანადგარში გაზების მოძრაობის აეროდინამიკის შესახებ

დ. კუჭუხიძე

წყალმომარაგების, წყალარინების, თბოაირმომარაგების და შენობების აღჭურვის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

**რეზიუმე:** ეილერის განტოლებათა სისტემის გამოკვლევის საფუძველზე დენის ფუნქციისათვის მიღებულია კვაზიწრფივი განტოლება, რომელიც ამოხსნილია გრიგალკამერიან დანადგარში პოტენციური დინებისათვის, მიღებულია საანგარიშო ფორმულები სიჩქარის სამივე მდგენელისათვის კამერის ნებისმიერ წერტილში.

**საკვანძო სიტყვები:** კვაზიწრფივი; განტოლება; სიჩქარე; გრაფიკი; ეპიურა; დინება.

#### UDC 662.95

#### ABOUT THE AERODYNAMICS OF GASES FLOW IN THE HURRICANE GASES CAMERA EQUIPMENT

D. Kuchukhidze

Department of water-supply, drainage, heat-gas supply and equipment of building, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** On the basis of the system of Euler equation a quasilinear equation is obtained for the function of gas flow in vortex chamber with coaxially mounted cylinder.

Design formulae are obtained for determination of velocity component in any point of the chamber.

**Key words:** quasilinear; equation; velocity; graph; gas; epure.

*მიღებულია დასაბუჯდად 15.01.13*



შპს 577.4:628.394

## შავი ზღვის აუზის ქვეყნების ძირითადი ტერიტორიული მდინარეების წყლის დაბინძურების ხარისხის მონიტორინგ-კონტროლის ერთიანი ცენტრის შემქმნის შესახებ

ზ. ციხელაშვილი, გ. ჯერენაშვილი, შ. ციხელაშვილი, ა. გრიგოლიშვილი

წყალმომარაგების, წყალარინების, თბოაირმომარაგებისა და შენობათა საინჟინრო აღჭურვის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: zaur\_tsikhe@mail.ru

**რეზიუმე:** შემოთავაზებულია მდინარეების წყლის დაბინძურების ხარისხის შეფასება-პროგნოზის და მონიტორინგ-კონტროლის ექსპერტული სისტემის აგების შესაძლებლობა, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს (საკითხის დასმის შემთხვევაში) შავი ზღვის აუზის ქვეყნების (საქართველო, თურქეთი, ბულგარეთი, რუმინეთი, რუსეთი, უკრაინა) ძირითადი ტერიტორიული მდინარეების (დუნაი და სხვა) წყლის დაბინძურების ხარისხის ოპერატიული მართვის ერთიანი ცენტრის შექმნისა და, შესაბამისად, ეკოლოგიურ-პრევენციული ღონისძიებების შემუშავების მიზნით.

**საკვანძო სიტყვები:** შავი ზღვის აუზის ქვეყნების ძირითადი ტერიტორიული მდინარეები; წყლის დაბინძურების ხარისხის მონიტორინგ-კონტროლი; ერთიანი ოპერატიული მართვის ცენტრი; დესკრიფციული მოდელირება; კომპიუტერულ-ექსპერტული სისტემა; ეკოლოგიურ-პრევენციული ხასიათის გადაწყვეტილებები.

### 1. შესავალი

კაცობრიობის მიერ განვითარებულმა სამეურნეო-ყოფითი ხასიათის საქმიანობამ პლანეტაზე გამოიწვია ბუნებრივი გარემოს (მიწის, ჰაერის, წყლის და სხვა) ანტროპოგენური და ტექნოგენური ხასიათის დაბინძურება, ეკოლოგიური წონასწორობის რღვევა და შექმნა თანამედროვე გლობალური ეკოლოგიური კრიზისის შეუქცევი პრეცედენტი (კლიმატის შეცვლა, გლობალური დათბობა, ოზონის შრის გამოფიტვა-შემცირება და სხვა) [1].

მეცნიერულად დადგენილია, რომ ბიოსფეროში ნოვითიერებათა ბიოლოგიური სინთეზისა და დაშლის ნაკადური მოვლენები დიდი სიზუსტით (პროცენტის მეთოდ ნაწილებში) ემთხვევა ერთმანეთს და ჩაკეტილი ბიოლოგიური ციკლების სისტემას ქმნის. ეს მოვლენები ექვემდებარება ლე-შატელიეს კანონს. სხვა შემთხვევებში ამ კანონის მოქმედების დარღვევა ამა თუ იმ გამოვლინებით ქმნის სხვადასხვა მასშტაბის ეკოლოგიურ კრიზისს.

გლობალური ეკოლოგიური კრიზისის ფორმირებაში დიდ გავლენას ახდენს წყლის გარემოს ეკოლოგიური სისტემების ანტროპოგენური და ტექნოგენური დაბინძურება. დღეს მსოფლიოში მილიარდზე მეტი ადამიანი მოკლებულია სუფთა სასმელი წყლით უზრუნველყოფას. ამ მიმართულებით შედარებით მძიმე სიტუაციაა აზია-წყნარი ოკეანის რეგიონში (ბანგოკი, ტაილანდი, სამხრეთ კორეა, იაპონია და სხვა) [1].

ცნობილია, რომ, დაბინძურების ფაქტორის მიხედვით, ეკოლოგიური უბედურების სიტუაციაში აღმოჩნდნენ აგრეთვე ვეროპის დიდი მდინარეები: რინი, ვლტავა, დუნაი და სხვა. მაგალითად, შავი ზღვის აუზის მდინარეებიდან ტრანსსასაზღვრო მდინარე დუნაიში (რომლის აუზში 80 მლნ. კაცი ცხოვრობს) წლის განმავლობაში ჩადის 3 ათასი ტონა ნიკელი, 14 ათასი ტონა მანგანუმი, 500 ტ თუთია, 36 ათასი ტონა ნავთობპროდუქტები, დიდი რაოდენობით ქლორი, ნიტრიტები, პესტიციდები. აღსანიშნავია, რომ წლების განმავლობაში მდ. დუნაის მდგომარეობა არ უმჯობესდება. დაბინძურების ანალოგიური სიტუაცია აღინიშნება შავი ზღვის სხვა მდინარეებში [1].

შავი ზღვის აუზის ქვეყნებისათვის, როგორცაა საქართველო, თურქეთი, ბულგარეთი, რუმინეთი, რუსეთი, უკრაინა, უპირატესად, მნიშვნელოვანია შავი ზღვის ტერიტორიული მდინარეების დაბინძურების ხარისხის შეფასება-პროგნოზის ერთიანი მონიტორინგ-კონტროლის ქმედითი ექსპერტული სისტემისა და, შესაბამისად, ოპერატიული მართვის ერთიანი ცენტრის შექმნა, რაც, საერთაშორისო მასშტაბით, ეკოლოგიურ-პრევენციული ღონისძიებების შემუშავებისა და რეალური გატარების პრეცედენტს შექმნის (თავად საჯარო სასაქონლოს გათვალისწინებით). აღნიშნული პრობლემის კომპლექსური გადაწყვეტა და განხორციელება არა მარტო აქტუალური, არამედ დროულიცაა.

### 2. ძირითადი ნაწილი

თანამედროვე მდგომარეობით, შავი ზღვა განიცდის მნიშვნელოვან ანტროპოგენურ და ტექნოგენურ დაბინძურებას მძიმე ლითონების მარილებით, ნავთობპროდუქტებით, ფენოლებით, ფოსფორისა და ვერცხლისწყლის შენაერთებით

და სხვა ორგანული ნივთიერებებით. ამას ემატება ნავთობპროდუქტებითა და ტოქსიკური ნივთიერებებით დატვირთული ტანკერების ავარიის შემთხვევები. შედეგად ადრე არსებული 26 სახეობის სარეწი თევზისგან დღეისათვის გადარჩენილია მხოლოდ 5, ხოლო დელფინების მილიონიანი პოპულაცია დაყვანილია 200 ათასამდე [1]. ამჟამად მდგომარეობა კვლავაც შეუქცევი დაბინძურების ტენდენციას ინარჩუნებს. აღნიშნულ კონტექსტში საკვლევი პრობლემის გადაწყვეტა საერთაშორისო მასშტაბით არა მარტო აქტუალური, არამედ დროულიცაა.

კვლავ დაბინძურების ინტენსიურ-შეუქცევი კერას ქმნის შავი ზღვის აუზის ქვეყნების (საქართველო, უკრაინა, ბულგარეთი, რუსეთი, რუმინეთი, თურქეთი) ძირითადი ტერიტორიული მდინარეები (დუნაი და სხვა).

ერთიანი ოპერატიული მართვის საინფორმაციო ცენტრი, მონიტორინგისა და ოპერატიული კონტროლის ამოცანების გადაწყვეტაში, ემყარება ჩვენ მიერ შემოთავაზებული ხელოვნური ინტელექტის (დესკრიფციულ-აღწერითი მოდელირების) თავისებურ ენას, რომლის საშუალებითაც აგებული იქნება ქმედითი ალგორითმული ბაზა ცენტრის კომპიუტერულ-ექსპერტული მართვის სისტემისათვის.

პრობლემა, ჩვენი აზრით, უნდა გადაწყდეს თანამედროვე ინტელექტუალური ტექნოლოგიებისა და მეთოდოლოგიურ-სისტემური მიდგომის საფუძველზე შედგენილი ერთიანი მონიტორინგ-კონტროლის საინფორმაციო სისტემის აგებით, რომელიც ზემოთ ჩამოთვლილი ქვეყნების მიერ მიღებული უნდა იქნეს საერთო ქმედებისათვის.

საკითხის დასმის შემთხვევაში, ერთიანი პრობლემის ფარგლებში, ჩვენ მიერ გათვალისწინებული იქნება: შავ ზღვაში ჩამდინარე მდინარეების, ექსტრემალური პირობების შესაბამისად, ნაკადისა და ზღვის ტალღების, აგრეთვე ნაპირგასწვრივი დინებების ურთიერთქმედების მექანიზმები; [2,3] შემუშავდება საკვლევი მდინარეების წყლის დაბინძურების ხარისხის შეფასება-პროგნოზის მოდელირების ალგორითმული ბაზა, მეთოდოლოგიური საკითხები და სხვა სისტემური ასპექტები საერთაშორისო სტანდარტების საფუძველზე, რომელიც შეიძლება საფუძველად დაედოს შავი ზღვის ტერიტორიული მდინარეების დაბინძურების ხარისხის შეფასება-პროგნოზის ერთიანი მონიტორინგ-კონტროლის ქმედითი ექსპერტული სისტემისა და, შესაბამისად, ოპერატიული მართვის ერთიანი ცენტრის შექმნას.

## მეთოდები

ერთიანი მონიტორინგ-კონტროლის საინფორმაციო სისტემის აგება ორგანიზაციულად ეფუძნება, მდინარის მახასიათებელი კვეთებიდან, ანტროპოგენური და ტექნოგენური წყაროების ზემოქმედებით, მანვე ქიმიური, რადიოაქტიური და სხვა ტოქსიკური ნივთიერებების არასანქცირებული გამოტყორცნის (ჩაშვების) შედეგად ტერიტორიული წყლების დაბინძურებას, დაკვირვების საწყისი მონაცემების ოპერატიულ მიღებას და ოპერატიული მართვის საინფორმაციო ცენტრში გადაცემას. ამ საწყისი ინფორმაციის საფუძველზე საანალიზო ინგრედიენტებისათვის მოხდება ტერიტორიული წყლების დაბინძურების ხარისხის შეფასებისა და პროგნოზის დესკრიფციული (აღწერითი) მოდელის აგება შავი ზღვის აუზის ტერიტორიული წყლების ეკოლოგიურ-პრევენციული გადაწყვეტილებების მიღების მიზნით.

მონიტორინგში გამოსაყენებელი ალგორითმული ბაზა მეთოდოლოგიურად ემყარება ჩვენ მიერ შემოთავაზებული ხელოვნური ინტელექტის ენას (დესკრიფციული მოდელირების ენას), როგორც წყლის დაბინძურების ხარისხის შეფასება-პროგნოზის აღწერის ინსტრუმენტულ საშუალებას [4-7]. დესკრიფციული მოდელირების შემოთავაზებული მიდგომა საშუალებას იძლევა აღწერილ იქნეს, საერთაშორისო სტანდარტის მონაცემების შესაბამისად, წყლის დაბინძურების ხარისხის მაჩვენებლები ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების დადგენილ ზღვრებში, როგორც დაბინძურების ფაქტიური მდგომარეობის შეფასება-პროგნოზის საზომ-შესადარებელი ტესტური საშუალება. პროცედურულად მდინარეებისთვის აგებული მოდელის ბაზაში ჩაისმება წყლის დაბინძურების ვექტორის ფაქტიურად მიღებული მონაცემები (მდინარის კვეთებიდან ერთდროულად მიღებული დაკვირვების საწყისი ინფორმაცია), რის შედეგადაც განისაზღვრება წყლის დაბინძურების ხარისხის ფაქტიური ხარისხობრივ-კრიტერიუმური მდგომარეობები (ცუდი  $d \in 0-0.37$ , შუალედური  $d \in 0.37-0.63$ , კარგი  $d \in 0.63-1.00$ , სადაც 0 დაბინძურების ხარისხის აბსოლუტურად ცუდ მდგომარეობას, ხოლო 1 – დაბინძურების ხარისხის აბსოლუტურად კარგ მდგომარეობას შეესაბამება). აღსანიშნავია, რომ იგივე სკალარული გრადაციების შესაბამისად განისაზღვრება დაბინძურების ხარისხის ინტეგრირებული მაჩვენებელი D. დაბინძურების ხარისხის ტენდენციის პროგნოზის მიზნით იგივე მოდელში შეყვანილი უნდა იქნეს წყლის დამაბინძურებელი ინგრედიენტების ჰიპოთეტური მა-



ტრიცის შესაბამისად შედგენილი მონაცემები. ამრიგად, შემოთავაზებული ალგორითმული ბაზა (დესკრიფციული ბაზური მოდელები) მუშაობს რეალურ დროში და არ იცვლება, რადგან თავსებადია წყლის საერთაშორისო სტანდარტის მუდმივ (ნორმატიულ) მონაცემებთან.

მდინარეების წყლის რეალური დაბინძურების ხარისხის დადგენაში შემოთავაზებული მოდელების დადებით მხარედ ჩაითვლება მისი გამოყენების ადეკვატურობა როგორც ცალკე მახასიათებელი აღებული ინგრედიენტის მიხედვით, ასევე ყველა ინგრედიენტისთვის. აღნიშნული მოდელების ბაზის გამოყენება საშუალებას იძლევა რეალურ დროში დაფიქსირებულ იქნეს მდინარეების წყლის დაბინძურების ხარისხის ფაქტიური ეკოლოგიური მდგომარეობა, შესაბამისად შემუშავებულ და მართულ იქნეს ამ მდინარეების მისაღები ეკოლოგიურ-პრევენციული ღონისძიებები (საჯარიმო სანქციების გათვალისწინებით).

მოდელების შემოთავაზებული მიდგომა შემოწმებულ იქნა სხვადასხვა საინჟინრო-საანალიზო პროცესის აღწერაში და პრაქტიკული გამოყენებისთვის მიღებულია ადეკვატური და დამაჯერებელი შედეგები [4-9], რაც საკვლევი პრობლემის გადაწყვეტის რეალურ გარანტიას იძლევა (მოდელების მიდგომა გამოყენებული იყო წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ამოცანებში; სამედიცინო-დიაგნოსტიკური სისტემა – ლეიკოზის აგებაში [8]; წყლის, როგორც სასურსათო ნედლეულის, დაბინძურების ხარისხის მოდელების ბაზაში [7] და სხვა).

ყოველივე ზემოთქმული, შავი ზღვის აუზის ქვეყნების ტერიტორიული მდინარეების დაბინძურების ხარისხის შეფასება-პროგნოზის ერთიანი მონიტორინგ-კონტროლის ექსპერტული სისტემისა და, შესაბამისად, ოპერატიული მართვის ერთიანი ცენტრის შექმნისა და ეკოლოგიურ-პრევენციული ღონისძიებების შემუშავების სისტემის აგების რეალურ საფუძველს იძლევა.

### 3. დასკვნა

შემოთავაზებულია მდინარეების წყლის დაბინძურების ხარისხის შეფასება-პროგნოზის და მონიტორინგ-კონტროლის ერთიანი ექსპერტული სისტემისა და, შესაბამისად, ოპერატიული მართვის ერთიანი ცენტრის აგების შესაძლებლობა, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს (საკითხის დასმის შემთხვევაში) შავი ზღვის აუზის ქვეყნების (საქართველო, თურქეთი, ბულგარეთი, რუმინეთი, რუსეთი, უკრაინა) ტერიტორიული მდინარეების წყლის დაბინძურების ხარისხის

ეკოლოგიურ-პრევენციული ღონისძიებების შემუშავებისა და რეაგირების მიზნით (საჯარიმო სანქციების გათვალისწინებით). აღნიშნული ცენტრი ორგანიზაციულად იფუნქციონირებს, რეალური დროის მასშტაბში ამ მიზნით შავი ზღვის აუზის ქვეყნების ძირითადი ტერიტორიული მდინარეების მახასიათებელი კვებებიდან მიღებული დაბინძურების მახასიათებელი ინგრედიენტების მიხედვით შედგენილი საინფორმაციო ვექტორით, რომლის საფუძველზე მოხდება ქმედითი ეკოლოგიურ-პრევენციული გადაწყვეტილებების მიღება და ოპერატიული რეაგირების ღონისძიებების დაგეგმვა (საჯარიმო სანქციების გათვალისწინებით). შესაბამისად, დაისახება მათი გატარების შესაძლებლობა.

### ლიტერატურა

1. Владимиров В.А., Измалков В.И. Катастрофы и экология. Москва, 2000.- 379 с.
2. Гвелесиანი Т.Л. Теория генерации волн в приложении к задачам гидроэкологии/ Под ред. акад. Ц.Е. Мирцхулава. Изд. "Универсал", 2009.
3. Gveliesiani T. Method of short-term prediction of river backwaters due to floods. Internat. Symposium "Floods and Modern Methods. of Control Measures", Tbilisi, Georgia, Sept. 2009.
4. Цхелашвили З.И., Прангишвили А.И., Чхенкели Б.Дж. Основы построения интеллектуальных систем управления пространственно-временными сетевыми потоками. Монография под редакцией В.В. Чавчанидзе. Тбилиси: Мецниереба, 1997.- 264 с.
5. Цхелашвили З.И., Цхелашвили И.З., Чхеიძე Н.В., Джапаридзе В.К. Мониторинг степени загрязнения поверхностных водных источников // Строительство. Тбилиси, 2006, с.56-67.
6. Чхеიძე Н.В., Цхелашვილი З.И. К вопросу разработки проекта снижения рисков и смягчения последствий при установлении чрезвычайных экологических ситуаций на трансграничной реке Чорохи на территории Грузии // Гидроинженерия, №1(1). Тбилиси, 2007, с. 89-94.
7. ზ. ციხელაშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, თ. გველეხიანი. წყლის, როგორც სასურსათო ნედლეულის, დაბინძურების ხარისხის დესკრიფციული მოდელების ბაზის გამოყენება // მოხსენება საერთაშორისო კონფერენციაზე, თბილისი, 2009.
8. Цхелашვილი З.И., Мchedlidze М.Г., Мосулишвили Н.Г., Чурადзе Б.Т. К вопросу создания медицинской системы Leukos с использованием метода нечетких оценок // Georgian engineering news №2,2000, p.74-76.
9. Цхелашვილი З.И., Махароблидзе Н.Г., Чхартишвили Н.А. Сравнительный анализ результатов дескриптивного моделирования качества питьевой воды // Georgian engineering news №2,2007, p.131-142.

---

UDC 577.4:628.394

**ABOUT THE CREATION OF A SINGLE CENTER MONITORING-CONTROL OF MAIN TERRITORIAL RIVERS-WATER POLLUTION DEGREE OF THE COUNTRIES OF THE BLACK SEA BASIN**

**Z. Tsikhelashvili, G. Jerenashvili, Sh. Tsikhelashvili, A. Grigolishvili**

Department of water-supply, drainage, heat-gas supply and equipment of building, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There is offered the opportunity to build a single operative management center and information expert systems assessment - forecasting and monitoring - control degree of pollution of the rivers of the major regional Black Sea (Georgia, Turkey, Bulgaria, Rumania, Russia and Ukraine), which can be used (in the case of the question) to create and develop environmentally-prevention activities (including penalties).

**Key words:** major territorial rivers of the countries of the Black Sea; monitoring-control degree of pollution; single operative management center; description modelling; computer-expert system; ecological-prevention decisions.

---

УДК 577.4:628.394

**О СОЗДАНИИ ЕДИНОГО ЦЕНТРА МОНИТОРИНГА-КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ РЕЧНЫХ ВОД СТРАН БАСЕЙНА ЧЕРНОГО МОРЯ**

**Цихелашвили З.И, Джеренашвили Г.В, Цихелашвили Ш.З, Григолишвили А.Р.**

Департамент водоснабжения, водоотведения, теплогазоснабжения и оснащения зданий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Предлагается возможность построения единого центра оперативного управления и информационно-экспертной системы оценки-прогнозирования и мониторинга-контроля степени загрязнения основных территориальных рек стран бассейна Черного моря (Грузии, Турции, Болгарии, Румынии, России и Украины), которая может быть использована (в случае постановки вопроса) с целью создания и разработки экологически-превенционных мероприятий (с учетом штрафных санкций).

**Ключевые слова:** основные территориальные реки стран бассейна Черного моря; мониторинг-контроль; единый центр оперативного управления; дескриптивное моделирование; компьютерно-экспертная система; экологическо-превенционный характер решений.

---

*მიღებულია დასაბუჯდად 17.01.13*

# ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის სექტორი

შპს 658.26

საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის  
საშუალოშეწონილი ტარიფის პროგნოზირება

დ. ჯაფარიძე ნ. კიკაბიძე\*

ელექტროენერგეტიკისა და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,  
საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: nino\_86@mail.ru

**რეზიუმე:** განხილულია საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის პროგნოზირების ამოცანა. ამოცანის გადასაწყვეტად შემუშავებულია მრავალფაქტორიანი ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი. კორელაციური ანალიზის საფუძველზე დადგენილია ტარიფზე მოქმედი ფაქტორები. შესრულებულია ამ ფაქტორების საშუალოვადიანი პროგნოზი. მიღებული საპროგნოზო პარამეტრების მეშვეობით გამოთვლილია რეგრესიის კოეფიციენტები. ფორმულირებულია ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის პროგნოზირების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი, ამ მოდელით ჩატარებულია საშუალოშეწონილი ტარიფის ცვალებადობის (2012–2015) პროგნოზი.

**საკვანძო სიტყვები:** ტარიფი; პროგნოზირება; მრავალფაქტორიანი; მოდელი; კორელაცია; ფაქტორები; ზღვარი; ანალიზი; მეთოდოლოგია; გუნერაცია.

## 1. შესავალი

დღეს, როდესაც საქართველოს ელექტროსექტორის თვისებრივად ახალ ეტაპზე გადასვლის დამახასიათებელი ნიშანია ელექტრომომარაგების სტაბილურობის და მომსახურების ხარისხის ამაღლება, აუცილებელია სატარიფო პოლიტიკაში ახალი მიდგომების დანერგვა. სემეკის მიერ ერთ-ერთ ასეთ მიდგომად მიღებულია წინასწარ განსაზღვრული ან ზედა ზღვრული

ტარიფების შემოღება გრძელვადიანი პერიოდისათვის. საკითხის ასეთი სახით გადაწყვეტა მართებულია იმ შემთხვევაში, თუ კომპლექსურად იქნება გამოკვლეული დროში ტარიფების სიდიდის შესაძლო ცვალებადობა და დადგენილ ზღვრულ ტარიფებში სწორად აისახება ელექტროენერგიის წარმოების და რეალიზაციის ხარჯები. უზრუნველყოფილი იქნება ენერგეტიკის განვითარების მაღალი ტემპები შედარებით დაბალი დანახარჯებით [1,2,3].

პრობლემის აქტუალურობიდან გამომდინარე, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია შესასყიდი ელექტროენერგიის ტარიფების პროგნოზირების მეთოდოლოგიის სრულყოფა და საპროგნოზო პერიოდში ტარიფის ისეთი სიდიდეების დადგენა, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტრული სადგურების მუშაობის რენტაბელურობას და მისცემს მათ რეინვესტირების, ხოლო მომხმარებლებს ელექტროენერგიის მოხმარებასთან დაკავშირებული ხარჯების სწორად გათვლის საშუალებას. ამ ამოცანის გადაწყვეტა შესაძლებელია შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფების მაღალი სიზუსტის პროგნოზირების პირობებში. დროის მიხედვით ტარიფების ცვალებადობის აღწერა მაღალი სიზუსტით და ობიექტურად შესაძლებელია სრული ღირებულების პრინციპის საფუძველზე, ტარიფების დადგენის მრავალფაქტორიანი ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელის გამოყენებით [3,6].

## 2. ძირითადი ნაწილი

საქართველოში ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფების პროგნოზირების მრავალ-

ფაქტორიანი ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელის ფორმირებისათვის ჩატარდა კორელაციური ანალიზი. კორელაციური ანალიზისათვის მონაცემები აღებულია სათბობ-ენერგეტიკის სამინისტროს, სემეკის, სტატისტიკის დეპარტამენტის, ეროვნული ბანკის, სს “თელასის”, ესკოს, სსე-ს 2007–2011 წლების წლიური ანგარიშებიდან [9].

ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე საქართველოში 2007–2011 წლებში შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალოშეწონილი ტარიფის სიდიდეები გამოთვლილია რეალიზებული ელექტროენერჯის მოცულობის საწყისი ინფორმაციის და ცნობილი მეთოდოლოგიის საფუძველზე [4,5]. შედეგები ასახულია 1-ლ ცხრილში.

ცხრილი 1

**საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალოშეწონილ ტარიფზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზირების საწყისი მონაცემები**

№	წელი	შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალოშეწონილი ტარიფი	ინფლაცია, %	შესყიდული საბალანსო ელექტროენერჯის ღირებულების კუთრი წილი	თბოსადგურებში წარმოებული ელექტროენერჯის კუთრი წილი
		$\gamma^{(i)}$		$x_1^i$	$x_2^i$
1	2007	3.54	110	1.1	18,1
2	2008	3.32	105.5	1.2	15,1
3	2009	3.18	103	0.9	11,8
4	2010	2.86	111.2	0.8	6,7
5	2011	4.1	102	1.6	21,9

კორელაციური მატრიცის შესადგენად გამოთვლილია შერჩევითი საშუალოები:

$$\xi_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_j \quad (1)$$

$$\eta_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_j \quad (2)$$

და შერჩევითი საშუალო კვადრატული გადახრა

$$S_{\xi j}^2 = \sum_{i=1}^n \xi_j^2 - \sum_{i=1}^n (\xi_j)^2 \quad (3)$$

და

$$S_{\tau j}^2 = \sum_{i=1}^n \tau_j^2 - \sum_{i=1}^n (\tau_j)^2 \quad (4)$$

კორელაციის შერჩევითი კოეფიციენტი

$$\rho_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_j y_j - n \xi_j \eta_j}{n S_{\xi j} S_{\tau j}} \quad (5)$$

სადაც  $j$  ფაქტორების ნომერია,  $i$  - წელი,  $n$  - წლების რაოდენობა,  $\gamma^{(i)}$  - საშუალოშეწონილი ტარიფი,  $x_1^i$  - ფაქტორები.

ანალიზის შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალოშეწონილ ტარიფზე მოქმედებს ისეთი ფაქტორები, როგორცაა ინფლაციის ზრდის ტემპი, თბოსადგურების მიერ წარმოებული ელექტროენერჯის და შესასყიდი საბალანსო ელექტროენერჯის ღირებულების კუთრი წილი.

იმის გათვალისწინებით, რომ 2010 წელს ენერჯის გამომუშავებამ ქვეყანაში წარმოებული ელექტროენერჯის 40% გადააჭარბა, ხოლო ელექტროენერჯის მოხმარების ზრდამ საშუალოდ 8 %-ს მიაღწია, საქართველოში ელექტროენერჯიან მთხოვნის დაკმაყოფილება შესაძლებელია ახალი სიმძლავრეების ექსპლუატაციაში შეყვანის, თბოსადგურებზე ელექტროენერჯის გამომუშავების ან იმპორტის გაზრდის ხარჯზე. პროგნოზირებაში აუცილებელია გამოყენებული იყოს ფიქტიური ცვლადის ფაქტორი. ფიქტიური ცვლადის პარამეტრები მოცემულია მე-4 ცხრილში.

საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილ ტარიფზე მოქმედი ფაქტორების კორელაციური მატრიცა

კორელაციის კოეფიციენტი	ტარიფი	ინფლაციის ზრდის ტემპი	შესასყიდი საბალანსო ელექტროენერგიის ღირებულების კუთრი წილი	თბოსადგურებში წარმოებული ელექტროენერგიის კუთრი წილი
ტარიფი	1	-	0.950884599	0.955919309
ინფლაციის ზრდის ტემპი	-0.57111	1	0.028031079	0.060858377
შესასყიდი საბალანსო ელექტროენერგიის ღირებულების კუთრი წილი	0.9508846	-	1	0.892460085
თბოსადგურებში წარმოებული ელექტროენერგიის კუთრი წილი	0.9559193	-	0.892460085	1

აღნიშნულის გათვალისწინებით, ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის პროგნოზირების მრავალფაქტორიანი ზოგადეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელს ექნება სახე:

$$Y^i = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + b, \quad (6)$$

სადაც  $Y^i$  შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფია (თეთრი/კვტ.სთ)  $i$ -ურ წელიწადს;  $a_1$  – ინფლაციის საშუალოწლიური ზრდის ტემპი (%)  $i$ -ურ წელიწადს;  $a_2$  – შესყიდული საბალანსო ელექტროენერგიის ღირებულების კუთრი წილის ზრდის ტემპი;  $a_3$  – თბოსადგურებში გამოშვებული ელექტროენერგიის კუთრი წილის ზრდის ტემპი;  $a_4$  – ფიქტიური ცვლადის ზრდის ტემპი;  $b$  – თავისუფალი წევრი;  $a_1, a_2, a_3, a_4$  – რეგრესიის კოეფიციენტები, რომლებიც გვიჩვენებს, სხვადასხვა ფაქტორის ფიქსირებული მნიშვნელობის დროს, შესაბამისი ფაქტორის გადგენის ხარისხს საპროგნოზო მაჩვენებლებზე;  $i = 1, \dots, n$  – წელი. რეგრესიის კოეფიციენტის გამოსათვლელ განტოლებათა სისტემა იქნება:

$$\begin{aligned} a_1x_1^1 + a_2x_2^1 + a_3x_3^1 &= Y^i - b; \\ a_1x_1^2 + a_2x_2^2 + a_3x_3^2 &= Y^i - b; \\ a_1x_1^3 + a_2x_2^3 + a_3x_3^3 &= Y^i - b; \\ a_1x_1^4 + a_2x_2^4 + a_3x_3^4 &= Y^i - b; \\ a_1x_1^5 + a_2x_2^5 + a_3x_3^5 &= Y^i - b. \end{aligned} \quad (7)$$

თუ (7) განტოლებათა სისტემაში ჩავსვათ 1-ლ ცხრილში მოცემული ფაქტორების სიდიდეებს, მისი ამოხსნით მივიღებთ რეგრესიის კოეფიციენტების შემდეგ მნიშვნელობებს:

$$\begin{aligned} a_1 &= -0.439; \quad a_2 = -0.51123; \quad a_3 = 0.122; \\ a_4 &= 0.612; \quad b = 6.722. \end{aligned}$$

ამ კოეფიციენტების გათვალისწინებით, საქართველოში ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის პროგნოზირების მრავალფაქტორიანი ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$Y_{აბ}^n = -0.439x_1 - 0.51123x_2 + 0.122x_3 + 0.612x_4 + 6.722. \quad (8)$$

შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის პროგნოზირებისათვის აუცილებელია ეკონომიკურ-მათემატიკურ მოდელში შემავალი თითოეული ფაქტორის პროგნოზირება. ამ ფაქტორების სიდიდეების ცვალებადობის პროგნოზი ჩატარებულია ავტორეგრესული მოდელით. მაქსიმალური დამაჯერებლობის კრიტერიუმის და Excel კომპიუტერული პროგრამის მიხედვით, ინფლაციის ზრდის ტემპების, თბოსადგურებში წარმოებული ელექტროენერგიის კუთრი წილის, ესკოს მიერ შესყიდული ელექტროენერგიის ღირებულების კუთრი წილის პროგნოზირების ავტორეგრესული მოდელები მიიღებს მე-3 ცხრილში მოცემულ სახეს.



**შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალოშეწონილ ტარიფზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზირების მოდელები**

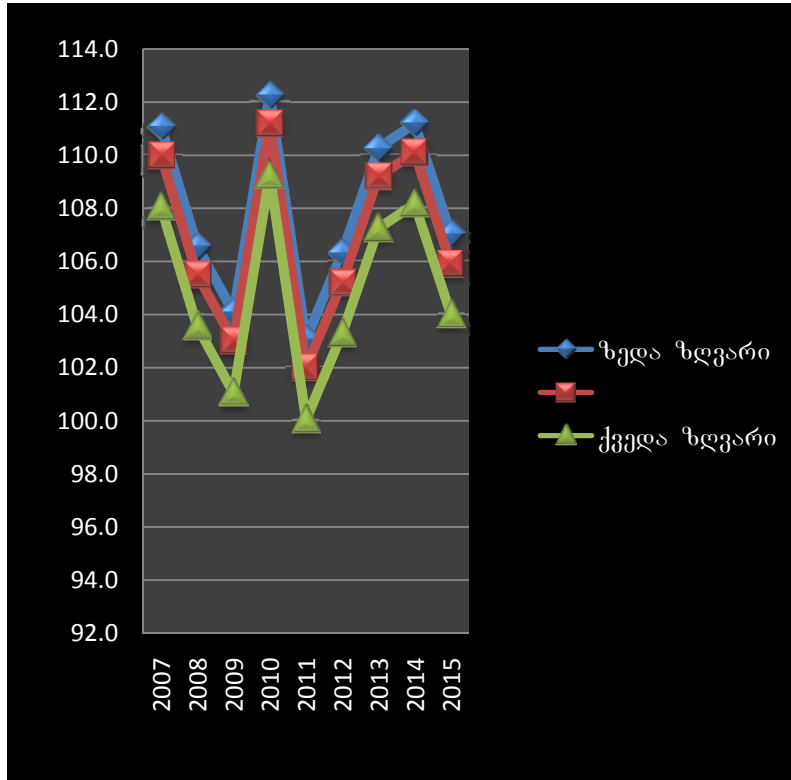
დასახელება	ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელები
ინფლაციის ზრდის ტემპი	$Y = -0.75148*Y^1 + (-0.36035)*Y^2 + 225.9248$
თბოსადგურებში წარმოებული ელექტროენერჯის კუთრი წილი	$Y = 0.3596*Y^1 - 0.3517*Y^2 + 16.3558$
შესყიდული საბალანსო ელექტროენერჯის ღირებულების კუთრი წილი	$Y = 0.3283*Y^1 - 0.1267*Y^2 + 1.009$

მე-4 ცხრილში მოცემული ავტორეგრესული ტარიფებზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზი, მოდელით შესრულებულია საშუალოშეწონილ მათი ქვედა და ზედა ზღვრები.

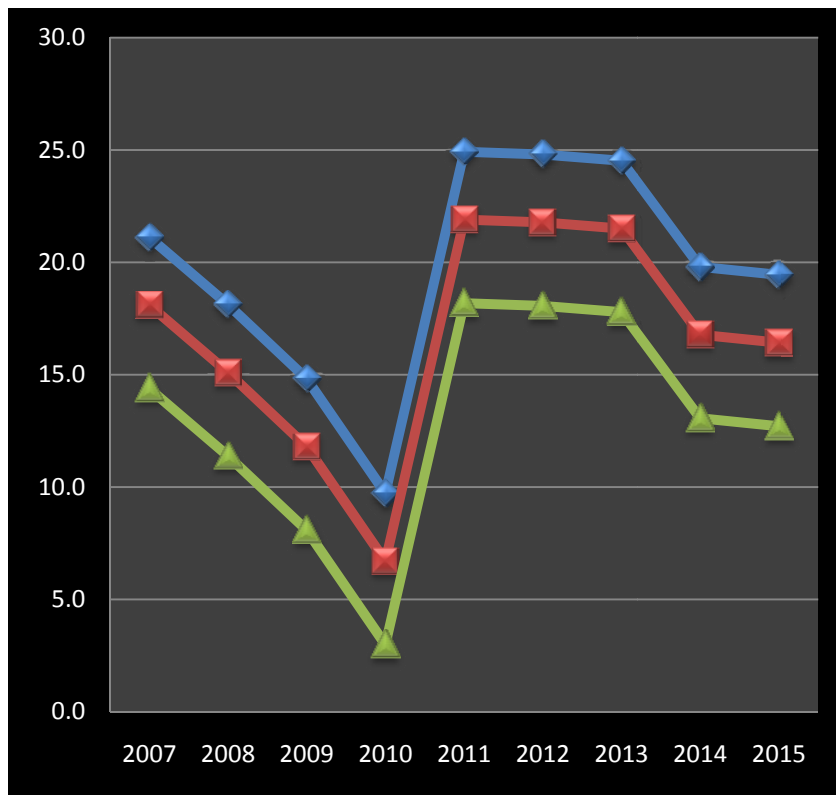
**საქართველოში შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალოშეწონილ ტარიფზე მოქმედი ფაქტორების საშუალოგადიანი პროგნოზი**

წელი		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ინფლაცია, %	ზედა ზღვარი	111,1	106,6	104,1	112,3	103,1	106,3	110,3	111,2	107,0
		110,0	105,5	103,0	111,2	102,0	105,2	109,2	110,1	105,9
თბოსადგურების კუთრი წილი, %	ქვედა ზღვარი	108,0	103,5	101,0	109,2	100,0	103,3	107,3	108,2	104,0
შესყიდული საბალანსო ელექტროენერჯის ღირებულების კუთრი წილი	ზედა ზღვარი	21,1	18,1	14,8	9,7	24,9	24,8	24,5	19,8	19,4
		18,1	15,1	11,8	6,7	21,9	21,8	21,5	16,8	16,4
შესყიდული საბალანსო ელექტროენერჯის ღირებულების კუთრი წილი	ქვედა ზღვარი	14,4	11,4	8,1	3,0	18,2	18,1	17,8	13,1	12,7
ფიქტიური – ცვლადი	ზედა ზღვარი	1.6	1.7	1.4	1.3	2.1	1.95	2.04	1.78	1.83
		1.1	1.2	0.9	0.8	1.6	1.45	1.54	1.28	1.33
ფიქტიური – ცვლადი	ქვედა ზღვარი	0.6	0.7	0.4	0.3	1.1	0.95	1.04	0.78	0.83
		0	0	0	1	0	1	1	1	1

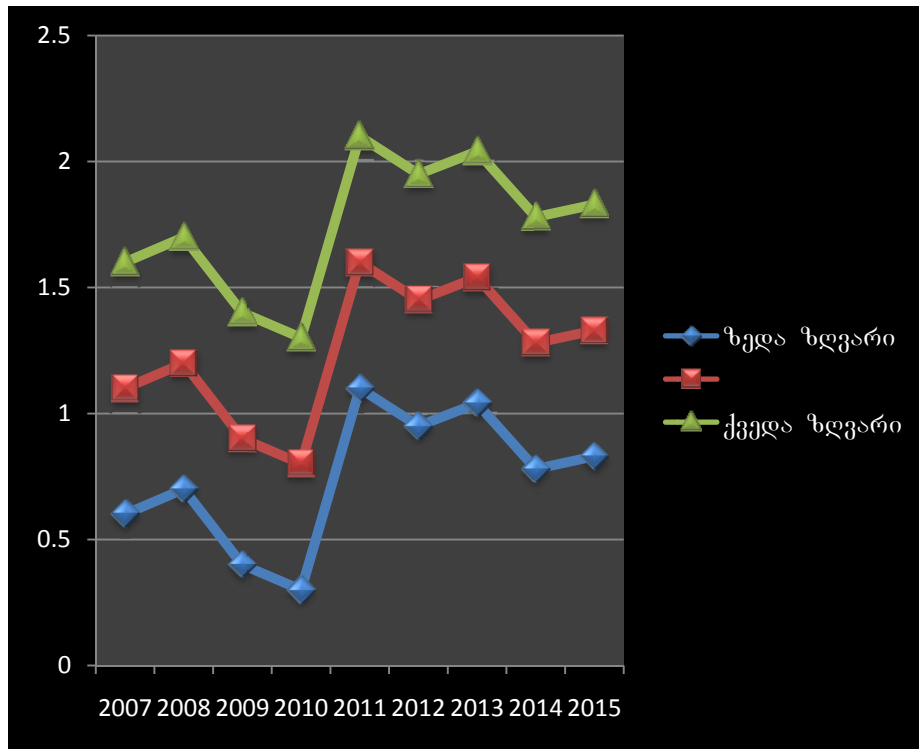
მე-4 ცხრილის მონაცემებით აგებულია შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალოშეწონილ ტარიფზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზირების გრაფიკები (ნახ. 1, 2, 3).



ნახ. 1. ინფლაციის დინამიკა და პროგნოზი, 2007–2015წწ.



ნახ. 2. თბოსადგურის კუთრი წილის დინამიკა და პროგნოზი, 2007–2015წწ.



ნახ. 3. საშუალოშეწონილ ტარიფში შესყიდული საბალანსო ელექტროენერჯის დირებულების კუთრი წილის დინამიკა და პროგნოზი, 2007–2015წწ.

მე-8 ფორმულაში მე-4 ცხრილიდან შეტანილი მონაცემებით მიღებულია 2011–2015 წლების საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალოშეწონილი ტარიფის საპროგნოზო პარამეტრები, რო-

მელთა მნიშვნელობები ზედა ზღვრების ჩვენებით ასახულია მე-5 ცხრილში.

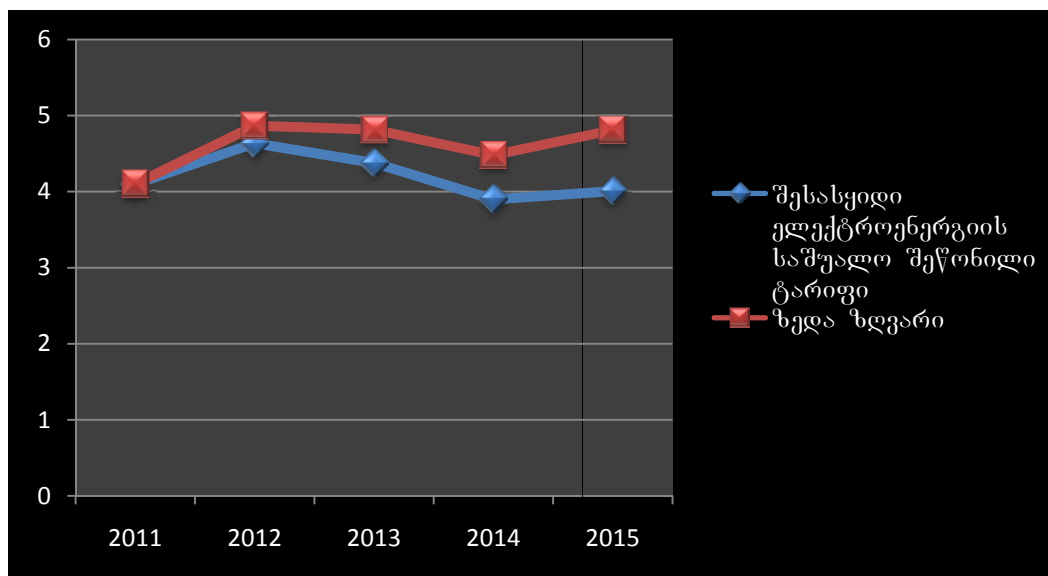
მე-5 ცხრილში მოცემული მონაცემებით აგებულია საშუალოშეწონილი ტარიფის პროგნოზის გრაფიკი (ნახ. 4).

ცხრილი 5

**საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალოშეწონილი ტარიფის საპროგნოზო პარამეტრები**

წელი	2011	2012	2013	2014	2015
შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალოშეწონილი ტარიფი	4,1	4,636023	4,377681	3,896862	4,006896
ზედა ზღვარი	4,1	4,867824	4,815449	4,481392	4,808275





ნახ. 4. საქართველოს ელექტროენერჯეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალო შეწონილი ტარიფის პროგნოზი (2011–2015წწ.)

### 3. დასკვნა

ჩატარებული კვლევებით დადგენილია საქართველოში ელექტროენერჯეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალო შეწონილი ტარიფზე მოქმედი ფაქტორები. ამ ფაქტორების გათვალისწინებით შემუშავებულია საქართველოში ელექტროენერჯეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალო შეწონილი ტარიფის პროგნოზირების მრავალფაქტორიანი ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი. ამ მოდელით საშუალო შეწონილი ტარიფის პროგნოზული პარამეტრების გამოსათვლელად, ავტორგერესული მოდელების გამოყენებით, მიღებულია ფაქტორების საპროგნოზო პარამეტრები, შესაბამისად განსაზღვრულია რეგრესიის კოეფიციენტები და შესრულებულია ელექტროენერჯეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალო შეწონილი ტარიფის ცვალებადობის (2012–2015 წწ.) პროგნოზი.

საქართველოში ელექტროენერჯეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერჯის საშუალო შეწონილი ტარიფის პროგნოზირების შემოთავაზებული მეთოდიკა საშუალებას იძლევა, ხუთწლიანი პერიოდის ფარგლებში, მაღალი სიზუსტით განხორციელდეს აღნიშნული ტარიფების ცვალებადობის პროგნოზი.

### ლიტერატურა

1. ე. ერისთავი, დ. ჩომახიძე, პ. ცინცაძე. ენერჯეტიკის რეგულირების საფუძვლები, წიგნი I. თბილისი, 2000წ.
2. ნ. სამსონია, დ. ჩომახიძე, მ. გულიაშვილი. სათბობ-ენერჯეტიკული კომპლექსის საწარმოთა ეკონომიკა. თბილისი, 2003წ.
3. დ. ჯაფარიძე. ელექტროენერჯის ტარიფზე მოქმედი ფაქტორები და მისი შემცირების გზები. თბილისი, 2006 წ.
4. საქართველოს ენერჯეტიკის მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება. თბილისი, №8 სახელმწიფო სარეგისტრაციო კოდი 300.013.004.410. 31.08.2000 წ.
5. Жуков В.В., Молодюк В.В. Менеджмент и маркетинг в электроэнергетике. ЗАО Издательский дом МОИ, 2007.
6. საქართველოს კანონი ელექტროენერჯეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ, 04.10.2005 წ.
7. ვებ-რესურსები:  
[http://minenergy.gov.ge/;](http://minenergy.gov.ge/)  
[http://www.gnerc.org/;](http://www.gnerc.org/)  
[http://www.esco.ge/;](http://www.esco.ge/)  
<http://www.telasi.ge/rus/pages.php?id=2&?id=22;>  
[http://statistics.ge/.](http://statistics.ge/)

---

**UDC 658.26****FORECASTING OF AVERAGE WEIGHTED TARIFF OF PURCHASE ELECTRIC ENERGY OF GEORGIAN ELECTROENERGETICAL MARKET****D. Japaridze, N. Kikabidze**

Department of electroenergetics and electromechanics , Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There are analyzed the forecasting sum of average weighted tariff of generation in Georgian electricity. In order to resolve this problem the multifactorial economical-mathematic model was worked out. On the basis of the correlation analysis the factors are established, which are affecting on the tariffs. These factors have done medium-term forecast. Regression coefficients are calculated by the parameters obtained from the forecasting. There is formulated a simplified economic-mathematical model for forecasting the average weighted tariff for electricity generation. By this model has been conducted generation weighted average tariff forecast.

**Key words:** tariff; forecasting; multifactorial; model; correlation; factors; limit; analysis; methodology; generation.

---

**УДК 658.26****ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОГО ТАРИФА ЗАКУПАЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ РЫНКЕ ГРУЗИИ****Джапаридзе Д.А., Кикабидзе Н.Т.**

Департамент электроэнергетики и электромеханики, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Рассматривается задача среднесрочного прогнозирования средневзвешенного тарифа покупаемой электроэнергии на электроэнергетическом рынке Грузии. Для решения поставленной задачи разработана многофакторная экономико-математическая модель. На основе корреляционного анализа установлены факторы, влияющие на тарифы. Выполнен среднесрочный прогноз этих факторов. С помощью полученных прогнозных параметров определены регрессионные коэффициенты и сформулирована экономико-математическая модель прогнозирования средневзвешенного тарифа покупаемой электроэнергии на электроэнергетическом рынке Грузии.

**Ключевые слова:** тариф; прогнозирование; многофакторная; генерация; корреляция; факторы; многофакторная; модель; анализ.

---

*მიღებულია დასაბუჯდად 18.01.10*

УДК 681.3

## АЛГОРИТМЫ САМОСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

С.А. Дадунашвили

Департамент электротехники и электроники, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава 77

E-mail: dadu@gtu.ge

**Резюме:** Исходя из нелокальной природы физической Реальности принимается, что она Единный и Единственный для всего существующего в Природе источник. Рассматривается способность познания Природы, представляющая суть человека. Разрабатывается блок-схема двойственности познаваемого и познающего. Определяется роль осознания и самоосознания в жизни человека. Установлена природа информации и её связь с «иллюзорной реальностью».

**Ключевые слова:** сознание; самоосознание; информация; декогеренция; рекогеренция.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в результате ряда экспериментов в квантовой физике было подтверждено существование такого состояния квантовых объектов, как квантовая запутанность. Это состояние указывает на нелокальную природу физической Реальности и позволяет объяснить ряд аномальных для классической физики явлений в Природе [1,2,3], а также ряд феноменов сознания и психических явлений.

В качестве рабочего инструмента примем следующее определение: Реальность – это Единный и Единственный для всего существующего в Природе источник. Единство источника определяет его нелокальность. В Природе все коррелировано Единным, являющимся Законом её существования. В целостности существования Природы нелокальность источника не разрушается.

Единственность источника определяет его всезнание. Всезнание есть вечное существование всех форм Природы в себе. При этом, всезнание в зависимости от уровня рефлексии в формах Природы [4] проявляется и как непосредственное осознание, и как способность познания. Всезнание не появляется в этих процессах и не исчезает вместе с ними, а служит основанием всякого знания.

### 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

#### Познание и самоосознание

*Способность познавать* представляет суть человека. Познавая, человек, сканируя Природу, выводит себя из нелокальности Реальности и попадает в двойственность познаваемого и познающего. Вследствие этого, познающим в нём же *нарушается целостность всезнания* и оно отделяется от человека.

Ум – это система, в которой происходит познание. Все познанное человеком становится содержимым ума. Человек не свободен от ума, его содержимого, человек есть только в уме, больше его нет нигде. Человек есть функция и результат *познания*. Процесс познания в человеке показан на рисунке 1.

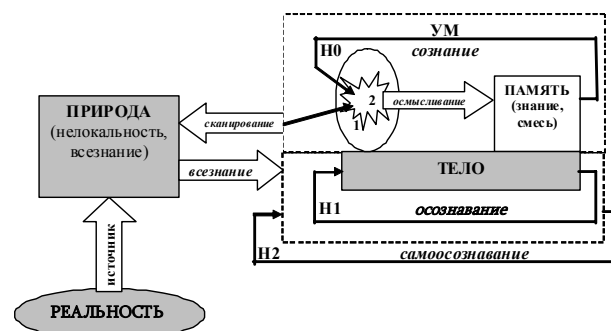


Рис.1. Блок-схема двойственности познаваемого и познающего

Ум человека похож на зеркало (1, см. рис.1), в котором все просто отражается. В уме формируется мысль (2), которая отражает все в том виде, как ей это удастся, т.е. уникально, в зависимости от позиции ума, в котором происходит это *отражение*. Мысль человека все воспринимаемое осмысливает и превращает познаваемое в знание, а ум сохраняет результаты в памяти. Мысль для человека есть как реальность, но это всего лишь *отражение Реальности*, ее образ, представление, потому мысли не реальны. Отражение Реальности в уме это *иллюзия* и самой этой Реальностью не является.

Ни один Природный объект или процесс в результате их сканирования и познания не разделяется в пределах познаваемого в них. Разделяется лишь познающий наблюдатель, поскольку познание есть

атрибут его ума. Наблюдателем целостность Природы разделяется (декогерируется) на видимые им части, в результате чего прерывается их связанность с целостностью всего существования и это разрушение случается только в уме. В раздвоенности ум может принимать различные позиции по отношению к познаваемому. И в классической и в квантовой физике наблюдатель *познаёт* не себя, а внешнее для себя. В обоих случаях Природа становится разорванной из-за человека тем, что он просто *помыслил*, вывел себя из её целостности, и Реальность для него тут же декогерировалась.

Деятельность ума – это рефлексия (направленность на самого себя), это *сознание своего знания*, когда происходит осмысливание и оценка отражения. Сознание, это форма, в которой Природа фрагментарно (декогерировано) отражается в уме человека. Тип человека, находящегося в *сознании ума*, обозначим через **(H0)**. Из-за разрушения целостности Реальности в уме, человек не поспевает за одномоментностью непрерывности существования всего везде и во всем. Не поспевает по причине восприятия Реальности отдельной от себя, поглощённости знанием о ней, суть которого в *прошлом*. Вследствие этого, человек находится в *локальной бессознательности в настоящем* к себе. В последовательности «моментов» сознания в уме нет непрерывного цельного человека.

Цельный тип человека **(H1)** появляется в *теле* (см. рис.1), где нет ума и нет *иллюзии*. В человеке **(H1)** всезнание проявляется как чистое (прямое) *осознание*. Если человек связывает себя с мыслью **(H0)**, *осознание остается для него недоступным*, поскольку он целиком поглощается мыслью, и соответственно знанием. Осознание отличается от познания, которым человек **(H0)** воспринимает события внешнего и внутреннего мира декогерированно и доводит их до своего *сознания* с сопровождением многообразия психических явлений – образов, чувств, фактов и мыслей, порождённых *сознанием*. Осознание отличается от результатов познания, в частности от «знания», полученного из концепций, доставшихся человеку от других. Осознание – это мета – функция сознания.

Самоосознание является мета - мета - функцией над многообразием психических явлений, подразумеваемая *рефлексию человеком* самого себя в осознанности. Самоосознание действует непосредственно в человеке, изменяя состояние его сознания. Человек в *изменённом состоянии сознания* **(H2)** прямо, непосредственно и ясно *воспринимает* окружающую его внешнюю Природу, собственное тело, как внутреннюю

природу и самого себя - своё сознание (см. рис.1). В этом восприятии присутствует открытость, направленность и устремлённость на воспринимаемое. Благодаря этому, человек обретает единство с Реальностью и самим собой. При этом разнообразии форм Природы продолжает существовать, но все они находят своё место в единстве и Целостности Природы в «ареале» самоосознания.

Самоосознание - это *путь* к обретению человеком этой Целостности и к неотъемлемому *свойству* её существования в человеческой жизни. Это свойство – всезнание и всеобщая и всепроникающая *способность осознания*. Самоосознание – это целостное и непосредственное *переживание, ведение* того, что происходит. Это не мысль, не чувство и не действие. Это то, что их *объединяет*. К оценочному и определяющему уму это не относится. О нём невозможно что-то сказать, в него можно только войти и *видеть* то, что есть.

Самоосознание происходит как вспышка, как квантовый скачок сознания, когда человек начинает *видеть* то, что происходит во внешнем и внутреннем *мире*. В последнем случае, это *безоценочное наблюдение* за мыслями, чувствами, ощущениями и действиями. Концентрация *внимания на самом процессе восприятия* и максимальное его очищение для формирования точки сборки (рекогеренции), и для ведения трансцендентального *мира*.

Самоосознание определяет действие. При рефлексии совершается выбор. А при самоосознании выбор не совершается, уже не стоит вопрос – как и что делать. сразу возникает (вследствие всезнания) единственно правильное для осознающего решение. Приобретаемая в результате самоосознания ясность служит человеку поводом к принятию решений и совершению действий. Этого достаточно, чтобы решать любые проблемы.

Самоосознание свободно, непредвзято и тотально. В самоосознании происходит избавление от внешней и внутренней конфликтности, освобождение от ограничений в человеческом восприятии и *восстановление Целостности*, которая включает все аспекты бытия, в том числе самые высшие, такие как «трансцендентальный привод» и интуиция.

### **Информация и иллюзорная реальность**

Пустой ум, отражая Реальность, не осмысливает её, а переживает все тотально бессознательно. Для происходящего *созерцания* не существует памяти, как например, не существует ее в зеркале. Это просто мгновенная, без запоминания, когерентная фиксация в моменте существования всего, что происходит. Все, что

есть от момента к моменту, в нелокальности не информационно, поскольку этим нельзя воспользоваться.

Отражение становится информационным, если оно оставляет о себе память в другом объекте. Физический универсальный носитель информации здесь есть – это нейронное поле естественного или искусственного мозга, но сама информация не физична, потому что информация – это просто код, условность, которая позволяет манипулировать с объектами Природы. Познавание Реальность разрывает, декогерирует познаваемое, а любое запоминание познанного, фиксация его в памяти, тут же его *рекогерирует*. Таким образом осмысливание вызывает возникновение *смеси*, т.е. псевдоцелостности познанного в уме. Это происходит в отдельные моменты, делая полученную смесь мертвым прошлым, то есть информацией. Таким образом наблюдатель создаёт искусственную нелокальность – знания, которые нужны в отношениях с окружением [4].

Поскольку познание это событие, которое случается в конкретном месте и времени, человек **(НО)** вынужден быть в каждый момент в определенном месте. Пространственно-временное восприятие задается сознанию не окружающей Природой, а изначально заданной сознанию способностью воспринимать и запоминать Природу упорядоченной. Все, что познает человек, он познает в *пространственно-временном континууме ума* и все *воспринимаемое* человеком находится в уме, больше этого нет нигде. Сознание не находится в пространстве, как в некоем нейтральном вместилище, но организует пространственность рекогерированной искусственной природы своим деятельным присутствием в ней. Пространственность находится в искусственной природе в той степени, в какой пространство обнаруживается тем сознанием, которое *конструирует своё существование*.

Что происходит за пределами ума человека? В Природе, все подчинено Закону Единства существования всего, что в ней есть от момента к моменту, где нет места для ума, для суперпозиционной запутанности, то есть искусственно созданной нелокальности. В Природе, в непрерывности и неразрывности существования форм, информацию о них человеку не получить. Все что человек получает, он получает, как смесь, как информацию в открытой, разорванной системе. Информация есть только для человека, благодаря способности ума существовать в смеси. Информация появляется в человеке в интересах описания, объяснения, моделирования Природы, и с ним же исчезает. Все, что не наблюдаемо, не локализуемо, информацией не является. Информация, как смесь, как познанное появляется

и исчезает, притом, что сам ее источник (Реальность) от этого никуда не девается.

В Природе нет никакого разделения. Вся Природа целостна и самодостаточна в себе, потому что ни для одной из ее форм, ничто из воспринимаемого ими, не является информацией, а есть лишь чистое *переживание*, то есть проявление самой Реальности. В формах Природы *нелокальность живая*, она «дышит», согласно Закону её существования.

Проявленные в Реальности части, то есть формы феноменальной Природы, потому и существуют, что они не разделены с Целостностью и отдельно от себя ничего не ощущают. Все, что «видится» ими, *переживается* как состояния самой формы. Все, что в Природе не соответствует Реальности, уничтожается так же, как и уничтожается всякая искусственная или погибающая форма, будучи отключенной от Единого для всего существования источника.

В отличие от всего живого и неживого в Природе, человек-смесь **(НО)** есть не в Реальности, а в уме, в смеси, как сама эта смесь. Человек видит все *отдельно от себя*, благодаря информации. Но где происходит разделение? В уме, и только в уме. Информация – это мертвая смесь, которая появилась вместе с человеком для нужд ума. Ум функционирует в прошлом, поэтому он использует информацию в интересах познания, в интересах *сознания своего знания*, т.е. информированности. *Сознание* – это феномен псевдонелокальности. В уме нелокальность мертвая, потому что мертворожденная человеком. Такая нелокальность представляет атрибут смеси, являющейся содержимым ума, которая представляет собой мертвое знание или информацию. Сам человек-смесь **(НО)** есть нечто дискретное, выделенное как содержимое ума, связывающее <прошлое-будущее>, что и есть основа для его творчества. Это *рекогерируемая в пределах ума смесь*, то есть искусственно созданная человеком реальность. Рекогерируемая смесь - это мертворожденное, не живое, не Реальность. Это псевдоцелостность, поскольку в ее основе лежит ум. В сущности, это и есть *локальная бессознательность для себя* ума относительно себя же ума.

В человеке есть потенциал, который остается неразвитым из-за ума. И этот потенциал скрыт *локальной бессознательностью* человека в отношении себя как информационной системы, представляющей для него единственную реальность. *Осознанность же себя*, с точки зрения человека как информационной системы, подменена информированностью, чем



она, в сущности, не является, как и осознание не является информацией.

Человек, то есть ум, пытается подменить терминами суть, которая всегда одна: он – *осознанность себя осознающего*, ибо все здесь от человека и как информация и как Реальность. Вопрос лишь в том, что есть человек? Информация, мертвое знание, или – живая Реальность. Информация – это человек-смесь, ее носитель. Если есть наблюдатель, то есть человек-смесь, нет человека-реальности, притом, что Реальность есть! Единственное, что есть в наличии у ума – это знания о реальности, то есть смесь. Человек-смесь без самоосознанности является слепцом. Поэтому он строит планы, как преобразовать Природу или как задействовать ум, причем не свой.

В Природе ум работает в силу естественной необходимости, а не под руководством человека, что в уме. Человек в уме, что вирус в системе Природы. Без Реальности ума не бывает, ибо Реальность есть причина его появления. Как ум может управлять Реальностью, как тень может управлять светом? Разве что той реальностью, что возникает в мысли. Познавать, управлять псевдонелокальностью можно, но такими методами познать Реальность нельзя. Для этого нужно исчезнуть в качестве познающего, человек же исчезать не хочет, познает и *управляет*.

Суть в том, что нет никакой Реальности, отличной от Реальности. Нет для человека Реальности. если человек – не Реальность. Человек же, то есть ум, в силу своей иллюзорной сущности принимает Реальность, как нечто отдельное от себя. В этом суть двойственности, суть разделённости ума. Но Реальность – это не *иллюзия* человека. Она ее отсутствие. Именно будучи отделенным от Реальности, будучи лишь в прошлом, в представлениях и проектах, ум, благодаря *иллюзии*, создаёт свою собственную реальность, не осознавая, что этого делать не придется, когда сам ум, как мысль исчезнет. Останется только то, что есть как реальная Реальность,

#### ***Переход в нелокальное состояние Реальности***

Просветление — понятие, означающее спонтанно охватившее человека состояние *ясности самоосознания* и выхода из дихотомии <познаваемое – познающий>. Это скачкообразное изменение состояния сознания, знаменующее собой переход к *состоянию единения*, отличному от дуальных форм восприятия и мышления. Когда исчезнет ощущение выделенной и индивидуальной фиксированной сущности, когда исчезнет «Я», только тогда наступает просветление. Полное просветление — это состояние реализации (*rea-*

*lization*), в которой уничтожены самые тонкие следы неведения относительно сущности Реальности. Это высшая точка самоосознания человека.

Реальность для человека не появится, пока есть ум, который, как ему кажется, может погружаться в Реальность. Нереальность не может погружаться в Реальность. Погрузиться в Реальность нереальности можно либо в иллюзии, но это не будет истинным погружением, либо через растворение в Реальности, то есть через исчезновение иллюзорного ума, и это на самом деле единственный путь *ведения* Реальности. Растворяется не индивидуальность, а человек-смесь, а индивидуальность как раз возрождается в качестве *свидетеля*. Вот в качестве человека-смеси, в запутанности своей во всем, индивидуальность действительно теряется, потому что она становится как все, то есть адептом общества. Переход в нелокальное состояние в Реальности – просветление, это и есть полное исчезновение «себя – смеси» без своего нового возникновения.

Человек-смесь, то есть *обусловленный ум*, отражает все далеко не объективно. Когда ум чист, то есть, когда в нем нет человека, нет ничего, что держало бы его в обусловленности, поскольку человека в уме нет, он метафорически растворился, остается только индивид, со своими, присущими ему функциями, которые в чистоте ума становятся естественными, то есть используемые по необходимости реальной жизни формы.

Индивид выполнит свои утилитарные функции, пока тело живо, в интересах не человека-смеси, что был в уме (рекогерируя и декогерируя смесь), а в Реальности (нелокально, ибо система замкнута, так как индивид находится только в Реальности), можно сказать *тотально бессознательно* и по необходимости самой Природы. Только в свободе от человека, ум сможет истинно реализоваться.

Когда человек фиксируется на познанном, то есть на конкретном знании, образуемом в уме, он упускает *самоосознание*. Человек упускает себя, как всезнание, которое стоит за всем, что бы он ни познавал, которое было, есть и будет всегда, ибо не зависимо от рождения и смерти человека. Чтобы удержать всезнание, *обусловленность* с мыслью должна исчезнуть, мысль должна перестать быть хозяином человека. Но что человек может предпринять по отношению к хозяину, если он полностью в его власти, и без него не существует?

С мыслями нельзя бороться, их нужно безмолвно *созерцать*. То есть, нужно *перестать их осмысливать*. По мере углубления *созерцания*, мысли, то есть смесь

будет исчезать, в точности, как исчезает нелокальность целостности существования Природы в процессе её познания. Такое себя познание есть путь к всезнанию. В исчезновении мыслей рекогерировается *целостность человека*, в результате чего вместо мыслей, вызывающих *переживания* лишь в уме, возникает *переживание* не тела, не ума, а всезнания.

Хотя и действие или *переживание*, порожденное мыслью, реально, поскольку включает *тело* и его сенсорику, сама же мысль нереальна. Мысли сделаны из того же материала, что и сновидения. Мысли – это грезы наяву. А человек, хоть и живет в сознании в иллюзии, прервав в уме связь с Реальностью, тем не менее, пока тело живо, он остается в Реальности как *зерно*, хотя и *локально бессознательно* для себя. *Измененное состояние сознания* возможно именно потому, что в целостности существования нелокальность не разрушается, все коррелировано Единым для всего Законом, что бы для этого не предпринимал человек, то есть ум. Но с умом придется все-таки растождествляться, в ином случае зерно самоосознанности в человеке просто сгниет. Процедура растождествления заключается в *обращении человека к себе*, к собственной *локальной бессознательности*.

Из-за *локальной бессознательности* человек живет в тотальной иллюзии, он не ведаёт что он творит. Путь ведения - обращение к себе. Самоосознание - это предъявление себя себе же в *осознанности*. Но кого себя? Не тела, не эмоций, не действий, а мысли, там человек в помыслах своих. Все следует за мыслями, мысли горят: действия, *переживания*, эмоции - это всего лишь дым от них. Мысли горят в Огне Сознания в <декогеренции - рекогеренции>, ум просто «аппарат», где все это происходит. Мысли – источник всему, что с человеком случается. Но именно это человеком и не осознаётся. Человек может об этом знать, то есть быть информированным, но это не значит, что это будет им при этом осознаваться. Когда человеком владеет та или иная мысль, да еще при сопровождении ее большим количеством эмоций, отследить ее нет никакой возможности. Хотя именно она и есть причина всему.

Человек совершенно не научен обращать внимание *на себя*, то есть на то, что происходит в его же уме, какие там мысли. То есть, именно к этому человек и остается бессознательным. Поэтому человек легко вовлекается во все, что может быть рождено его фантазией. А ум, кроме как фантазировать ничего больше не умеет. Фантазировать – это его *работа*. Не важно, что служит толчком к фантазированию, то есть к мышлению. Важно что у человека, в связи с этим, возникают на этот счет собственные фантазии,

ассоциации, мнения, источник возникновения которых он не осознаёт. А это значит, что он находится в полной зависимости от своих мыслей. Отсюда эмоции, *переживания*, действия, на которые они (мысли) его толкают.

#### **Самоосознание как свобода выбора**

Путь к реальной жизни в Реальности - это просветление. Просветление совершенно не имеет ни к чему или к кому отношение. Вся Природа просветлена, хотя и *тотально бессознательна*. Просветление – состояние *полной осознанности* (выход за пределы дуального ума), при котором происходит растворение «Я» и исчезает иллюзия волеизъявления, благодаря чему реализуется (до этого заблокированная) *спонтанность умственной деятельности* и в результате этого происходит *растождествление сознания* со своим телом и умом. Таким образом сознание освобождается от иллюзий и становится чистым *свидетельствованием*. Это приводит к состоянию *единения* с Природой. В этом заключается алгоритм самосовершенствования.

Человек, благодаря *способности* познавать, попал в *собственную* (локальную) бессознательность. *Тотальная и локальная бессознательности разные* [5]. Природа в своей тотальной бессознательности просветлена, человек – нет. Почему? Потому что человек рождением ума уже *вышел из Природы*, получив полную свободу от какой бы то ни было запрограммированности, от запрограммированности Природой всего сущего, состоящего из форм. Формы в Природе работают в соответствии с живыми программами, которые не теряют связь с Единой их сутью, с первоисточком, то есть с Реальностью. Потеря этой связи, в конце концов, разрушает каждую рожденную форму, поскольку все рожденное обязательно умирает.

Все существа в Природе уже есть кто-то или что-то. Человек рождается как никто, но данная человеческому существу свобода не имеет никакого предназначения, а, стало быть, она и не предназначена для того, чтобы содержать даже тело. Само же тело человека запрограммировано, как например, тело любого животного или растения в Природе, на конкретную в Природе сущность с ее функциями выживания. Человек может все, однако ему нужно этим *стать*, что возможно только одним способом - ценой потери данной ему от рождения свободы свободного ума. Человек теряет свободу, перебираясь в ум, в знания, в искусственные программы, и забывает об этом. Напрочь забывает и становится *локально бессознательным*.

Природа человека даёт две альтернативы:

- быть зерном Реальности, потенциалом раскрытия человека в *осознанности себя*, т.е. быть естественным человеком в Реальности (**H1**), а не в уме, или
- быть человеком-смесью, в уме, в искусственной запрограммированности себя на человека (**H0**) с вполне определенными *навязанными человеку обществом* функциями ума и тела, направленными на их же выживание.

Алгоритм самосовершенствования человека это отличает, он определяет, в чей он в тот или иной момент зависимости. Отличие служит основой самоосознания, как свободы подчинения той или иной зависимости для себя:

- либо подчинение искусственной запрограммированности себя, то есть созданной собой и обществом в себе искусственной реальности,
- либо подчинение живой Природе, т. е. запрограммированности себя Реальностью.

Человек (**H0**) ищет *смыслы* и знание. *Устремлённый человек (H1)* – осознание. Человек (**H2**) начинается с самоосознания своего бытия. Человек (**H2**) открыт Природе, взаимодействуя с ней, он *формирует* свою сущность. В ней заложен потенциал реализовываться в качестве самой свободы, как от собственной искусственной запрограммированности, так и от запрограммированности Реальностью. Так происходит самосовершенствование человека.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Квантовая теория исходит из существования универсальной первоосновы Единства Природы, в которой связано всё со всем и эта взаимосвязь и есть само существование. Такой нелокальный источник Реальности, в котором коррелирует всё со всем, определяет наличие различных типов и уровней квазиреальности. Эти уровни различаются степенью *квантовой запутанности*, в них существуют свои объекты, свои средства взаимодействия и коммуникации между объектами, своя, характерная только для данного уровня, метрика пространства-времени, свои средства и методы переходов между уровнями.

Человеческое сознание представляет наглядный пример системы, которая реализует такие переходы. Сознание с помощью нейронной сети мозга, через органы чувств полностью декогерирует внешнюю Реальность. Познавая, ум выходит из Единства и целостности Природы и создаёт отражённую локализованную квазиреальность в которой течёт время и

реализуются причинно-следственные связи. Так, прервав в уме связь с Реальностью, в квазиреальности живёт сознание.

Для того чтобы выйти за пределы локальности и <пространства – времени>, нужно, по меньшей мере, выйти за рамки каких бы то ни было событий, ибо всякое событие локализовано. Локализованный ум не может превзойти локальность. Любое запоминание (фиксация) тут же декогерирует Реальность. Однако сама нейронная сеть мозга остаётся в Реальности и с ней коррелирует. Это создаёт потенциальную возможность сознанию самосовершенствоваться и переходить на различных уровнях квазиреальности, в том числе и на такой, где нет ни времени, ни пространства, ни причинно-следственных связей.

Реальность

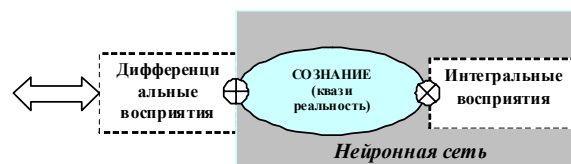


Рис.2. Феномен сознания

Именно в нейронной сети мозга формируется и пробуждается *самоосознание*. Именно посредством её работы достигаются соответствующие различным уровням квазиреальности состояния сознания и проявляется интуиция. В состоянии, когда интуиция становится глубже и переходит на уровень прямого знания, а сознание освобождается от обусловленности и искажений, созданных внешними дифференцированными органами чувств, происходит переход к прямому интегральному восприятию целостности Реальности. Такой опыт, развиваясь, приводит к адекватности понимания происходящего - внешнее становится частью внутреннего, внутреннее - частью внешнего, и все это *переживается* как Единое.

Таким образом, для каждого источника и уровня воздействующего оружия, сознание имеет специфический канал связи (рис. 2). Классический канал ( ) служит для связи с макроскопической внешней средой. Квантовый канал ( ) служит для связи с микроскопической внутренней средой. Он определяет «ощущение» родственности с разлитыми в Природе однородными ему квантовыми взаимодействиями. Через него проникают ритмы «белого шума» стихии Реальности. Параметры этих ритмов определяются раскрытием восприимчивости к квантовым взаимодействиям, т.е. качественным состоянием воспри-



нимающих проводников. Тотальное бессознательное порождается не инстинктивными влечениями, а является *продуктом восприятия* ритмов «белого шума» стихии Реальности. Так организуется связь сознания с внутренней средой. В таком состоянии существование перестает восприниматься сознанием дискретно, как набор событий, а становится *постоянным становлением*.

Квантовая Реальность есть во всем, но ничто ее не касается и ничто ею не является. Такая Реальность совершенно неотличима от собственных реакций сознания на нее и насквозь переплетена с ними. При этом формируются не те или иные представления о квантовом мире посредством совокупности понятий, а непосредственное осознание Единства Природы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Salart D., et al. Testing the speed of „spooky action at a distance“ // Nature: 2008. №454.
2. Korotkov A. N., Jordan A. N. Undoing a Weak Quantum Measurement of a Solid-State Qubit // Physical Review Letters: 2006. B.16. T.97.
3. Katz N., et al. Reversal of the Weak Measurement of a Quantum State in a Superconducting Phase Qubit // Physical Review Letters : — 2008. B.20. T.101.
4. Dadunashvili S.A. (2005) Coordinate system for representation of the information phenomena. - Georgian Engineering News, 2005, No.1, p. 36-47.
5. Charles R. Card (1996) The Emergence of Archetypes in Present-Day Science And Its Significance for a Contemporary Philosophy of Nature - Dynamical Psychology, 1996.

#### შპს 681.3

#### ადამიანის თვითსრულყოფის ალგორითმები

##### ს. დადუნაშვილი

ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

**რეზიუმე:** ფიზიკური რეალობის არალოკალურობიდან გამომდინარე, მიღებულია, რომ ის არის ერთიანი და ერთადერთი წყარო ყველაფრის, რაც ბუნებაში არსებობს. განხილულია ბუნების შემეცნების უნარი, რაც ადამიანის არს შეადგენს. დამუშავებულია შესამეცნებლის და შემეცნებლის დუალისტობის ბლოკ-სქემა. განსაზღვრულია შეცნობის და თვითშეცნობის როლი ადამიანის ცხოვრებაში. დადგენილია ინფორმაციის ბუნება და მისი კავშირი “ილუზორულ რეალობასთან”.

**საკვანძო სიტყვები:** ცნობიერება; თვითშეცნობა; ინფორმაცია; დეკოჰერენცია; რეკოჰერენცია.

#### UDC 681.3

#### ALGORITHMS OF SELF-PERFECTION OF THE PERSON

##### S. Dadunashvili

Department of electrotechnics and electronics, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** Based on not local nature of a physical reality it is accepted, that Uniform and Unique are the source for all existing in the Nature. Ability of cognition of the Nature is an examination, as a representing essence of the human life. There is developed the block - diagramm of a duality <learnt and learning>. The role of realization and selfrealization in human life is defined. The nature of the information and its relationship with «illusory reality» is established.

**Key words:** consciousness; selfconscious; information; decoherence; recoherence.

მიღებულია დასაბეჭდად 07.02.13

# სამთო-გეოლოგიის სემცია

შპს 519.242

ენგურჰისის წყალსაცავის აპროქსიმაციის ტექნოლოგია

ს. ფირალიშვილი, მ. სადუნიშვილი\*

საინჟინრო გეოდეზიისა და გეოინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: mari-sad@mail.ru

**რეზიუმე:** მოცემულია ენგურჰისის წყალსაცავის ანომალიური სხეულის სფეროებით აპროქსიმაციის სხვადასხვა მეთოდი. აპროქსიმაციის მეთოდებიდან შერჩეულია საუკეთესო, რომელიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს გეოდეზიურ განაზომებში შეუღლების გადახრით გამოწვეული შესწორებები.

**საკვანძო სიტყვები:** შეუღლების გადახრა; აპროქსიმაცია; ანომალიური სხეული; კუბი; სფერო; ბლოკი; გრაფიტაციული ველის ცვალებადობა; წყალსაცავის ცვალებადი ნაწილი.

## 1. შესავალი

როგორც ნიუტონის თეორიიდან გამომდინარეობს, ნებისმიერ წერტილში შეუღლის გადახრის სიდიდე დამოკიდებულია მიზიდველი სხეულის მასასა და წერტილიდან სხეულამდე მანძილზე. მაღალდაწვევიან პესებზე, როგორცაა მაგალითად, ენგურჰისი, წყალსაცავში წყლის დონე წლის განმავლობაში საგრძნობლად იცვლება ( $\approx 1\text{მ}^3$ -ით), რაც იწვევს წყალსაცავის ირგვლივ გრაფიტაციული ველის ცვალებადობას და, შესაბამისად, შეუღლების გადახრების ცვალებადობასაც. რადგან კაშხლის ქვედა ბიეფში პერიოდულად სრულდება გეოდეზიური და სხვა სახის დაკვირვებები კაშხლის მდგრადობაზე, ეს მოვლენა იწვევს ასეთი განაზომების დამახინჯებას. შესაბამისად, საჭირო ხდება განაზომებში ამ მიზეზით გამოწვეული შეცდომების განსაზღვრა და განაზომების შესწორება. რადგან პესებზე კაშხლის დეფორმაციების განსაზღვრისათვის გეოდეზიურ განაზომების ციკლებს ამოხვევენ წყალსაცავში დონის მაქსიმუმს და მინიმუმს, საჭირო ხდება ამ მომენტებისათვის

შეუღლის გადახრების  $\Delta U$  სიდიდის განსაზღვრა შესაბამისი შესწორებების გამოსათვლელად.

$\Delta U$ -ს გამოსათვლელად უნდა განისაზღვროს სიმძიმის ძალის ცვალებადობის  $\Delta g$  სიდიდე, რაც შეიძლება ორი გზით მოხდეს:  $\Delta g$  სიდიდის უშუალო გაზომვით ან პოტენციალთა თეორიის პირდაპირი ამოცანის გადაწყვეტით. პირველი გზა მოითხოვს პესის ტერიტორიის ირგვლივ საკმაოდ დიდ ფართობზე შრომატევადი გრაფომეტრიული დაკვირვებების წარმოებას, ხოლო მეორე გზა გულისხმობს იგივე ამოცანის გადაწყვეტას გრაფიკული და მათემატიკური მოქმედებებით. მეორე გზა უფრო ხელსაყრელია, მაგრამ მისი ტექნოლოგია ბოლომდე არ არის დამუშავებული. ამ ტექნოლოგიის ძირითადი არსი ისაა, რომ უნდა მოხდეს წყალსაცავის ცვალებადი ნაწილის გეომეტრიული სხეულებით წარმოდგენითი შევსება (ანუ აპროქსიმაცია), შემდეგ ამ სხეულების მასების მოთავსება მათ სიმძიმის ცენტრებში და ცნობილი ფორმულებით  $\Delta g_i$  -ს განსაზღვრა ყოველი ასეთი ბლოკიდან და ბოლოს  $\Delta g = \Sigma(\Delta g_i)$  ჯამის გამოთვლა.

## 2. ძირითადი ნაწილი

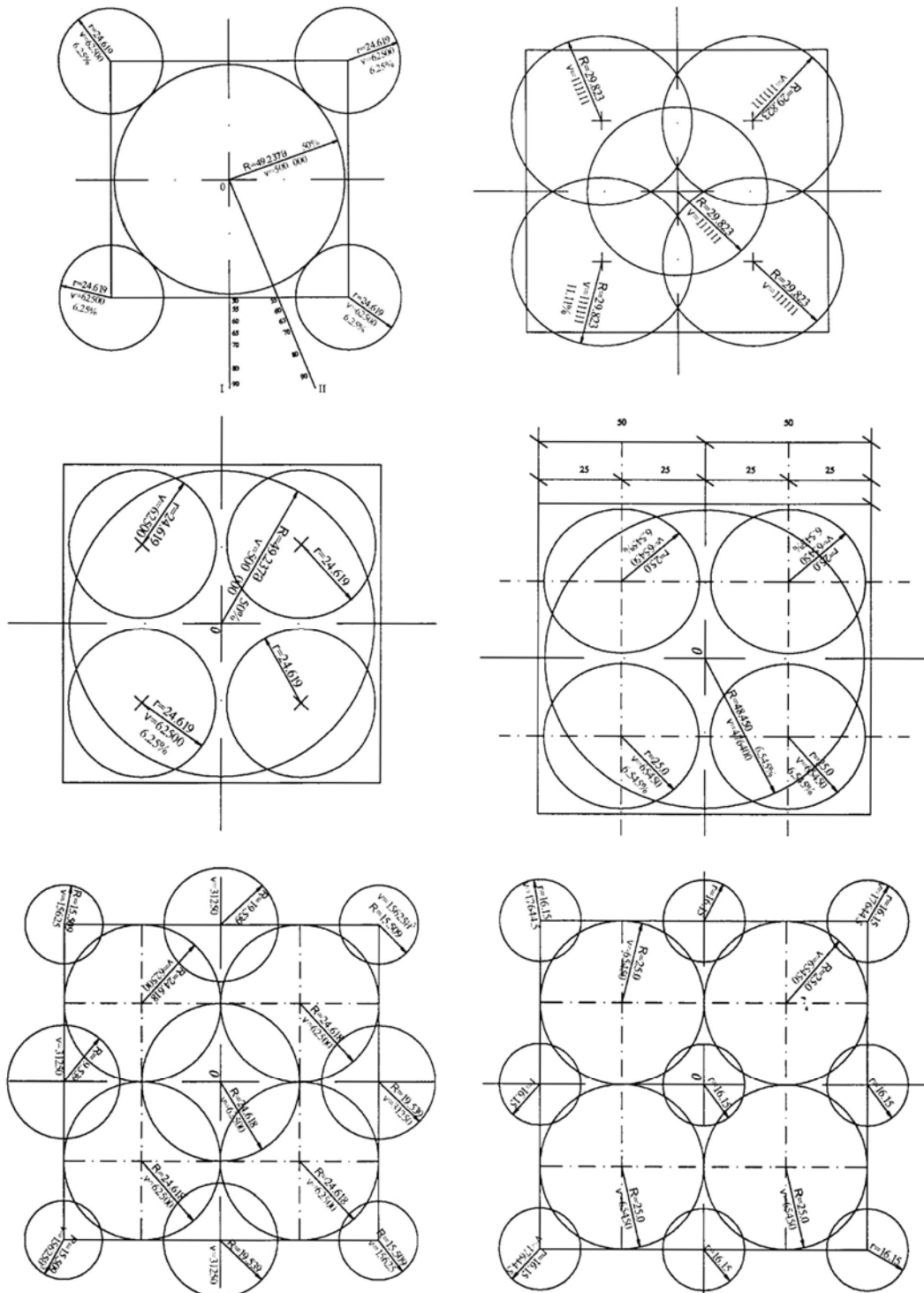
მთელი პრობლემა სააპროქსიმაციო გეომეტრიული სხეულების (ბლოკების) შერჩევაშია. ნიუტონის თეორიის მიხედვით, სფერო მიიზიდება, როგორც წერტილი და არა, როგორც სხვა ფორმის ბლოკები ანუ წყალსაცავის ცვალებადი ნაწილის აპროქსიმაცია სფეროებით უნდა მოხდეს. გასაკებია, რომ ეს პრობლემა უფრო რთულია, ვიდრე პარალელეპიპედებით ან კუბებით აპროქსიმაცია, რასაც აქამდე აკეთებდნენ განხილადი ამოცანის გადაწყვეტისას.

გამოვიყენოთ 100 მ-იანი სიგრძის გვერდის მქონე კუბი მისი მოცულობის სფეროებით შევსების საუკეთესო სისტემის დასადგენად ანუ

ჩავატაროთ თეორიული ექსპერიმენტი. ვთქვათ, რომ ეს კუბი შევსებულია წყლით, მასა შევკუმშოთ და მოვათავსოთ მის სიმძიმის ცენტრში. ეს მოქმედება გამოიწვევს სიმძიმის ძალის ველის დაძაბულობის გაზრდას აღნიშნული კუბიდან გარკვეულ მანძილამდე, რომლის იქითაც ველის ცვალებადობა უმნიშვნელო იქნება. შემდეგ შევარჩიოთ ამ კუბის სივრცის სფეროებით შევსე-

ბის რამდენიმე ვარიანტი, რომლებიც წარმოდგენილია 1-ლ ნახაზზე.

აპოქსიმაციის თვალსაზრისით, ამ ვარიანტების უპირატესობის დასადგენად შევარჩიოთ იგივე ნახაზზე ნაჩვენები **XOY** სიბრტყეში განლაგებული **O-I** და **O-II** წერტილთა სისტემა და გამოვთვალოთ ყოველ წერტილში შევსების გადახრის ცვალებადობა  $\Delta U$ , როცა მთელი კუბის



ნახ. 1

მასა მოთავსებულია მის ცენტრში და შემდეგ სფეროებით შევსების ყოველ ვარიანტისათვის. **O-I** და **O-II** ხაზების სიგრძე ავიღოთ 600 მ, სადაც ორივე მეთოდით გამოთვლილ  $\Delta U$ -ს შორის სხვაობა უმნიშვნელოა ანუ  $10^{-7}$  ვმ-ია. აპროქსიმაციის სისტემების ერთმანეთთან შესადარებლად ყოველ წერტილთა სისტემაში იკრიბება  $\Delta U$ -ს მნიშვნელობები 60-დან 320 მეტრამდე ინტერვალში, რომელშიც სფეროებით აპროქსიმაციის სხვადასხვა ვარიანტი განსხვავებულ შედეგს იძლევა. ანგარიშის შედეგები მოთავსებულია 1-ლ ცხრილში.

როგორც ცხრილიდან ჩანს,  $\Delta U$  შევულების გადახრების ცვალებადობის ჯამების მინიმუმს ორივე წერტილთა სისტემაში იძლევა აპროქსიმაციის პირველი ვარიანტი, რის დადგენაც კვლევის პირველი ნაწილის მიზანია.

ცხრილი 1

წერტილის სისტემა	ბლოკების სისტემები					
	1	2	3	4	5	6
1	1.0837	1.3432	1.4157	1.4112	1.3261	1.5344
	"	"	"	"	"	"
2	1.0363	1.3221	1.3536	1.3517	1.1824	1.2427
	"	"	"	"	"	"

ჩატარებული კვლევით დადგინდა მაღალდაწვეიანი ჰესების წყალსაცავების აპროქსიმაციის მეთოდი. წყალსაცავის ანომალიური სხეული ჯერ უნდა შეივსოს გარკვეული ზომის კუბებით, ხოლო შემდეგ სფეროებით შესრულდეს ყოველი კუბის აპროქსიმაცია პირველი ვარიანტის მიხედვით. შედეგად ანომალიური სხეული აღმოჩნდება აპროქსიმებული კუბის ნახევარი მასის მქონე სფეროებით და მათი ცენტრების ურთიერთდაშორება იქნება  $0.71 \times A$ , სადაც A არის კუბის გვერდის სიგრძე.

მეორე პრობლემა, რაც წარმოიშობა ანომალიური სხეულის აპროქსიმაციისას არის ის, რომ აპროქსიმაცია სრულდება ერთი ზომის ბლოკებით, ხოლო  $\Delta U$ -ს გამოთვლისას ახლოს განლაგებული ბლოკები უნდა იყოს უფრო ნაკლები ზომის, ხოლო შორს განლაგებული – დიდი ზომის. ბლოკის ზომა დამოკიდებულია ბლოკსა და წერტილს შორის მანძილზე. ამის გამო, გამოთვლებისას საჭირო ხდება თანამიმდევრობით მიახლოების ხერხის გამოყენება, რაც ზრდის მოქმედებათა რაოდენობას. ამ პროცესის გასამარტივებლად ჩავატაროთ კვლევა, რომელიც დაადგენს ბლოკის არსებული ზომისა და განსაზღვრის წერტილამდე, მანძილის მიხედვით, რამდენ ნაწილად უნდა დაიყოს საწყისი ბლოკი იმისათვის, რომ  $\Delta U$  გამოთვლილ იქნეს გარკვეული სიზუსტით. თუ ეს დამოკიდებულებები დადგინდა, მაშინ  $\Delta U$ -ს გამოსათვლელად თანამიმდევრობით მიახლოების ხერხი საჭირო აღარ იქნება და გამოთვლები შესრულდება შემდეგი სახით:

- წერტილიდან ბლოკის ცენტრამდე მანძილის დადგენა,
- მანძილის მიხედვით ბლოკის დაყოფის რიცხვის განსაზღვრა,
- ბლოკის ნაწილებად დაყოფა,
- შევულის გადახრის  $\Delta U$  ცვალებადობის გამოთვლა სფერული აპროქსიმაციით.

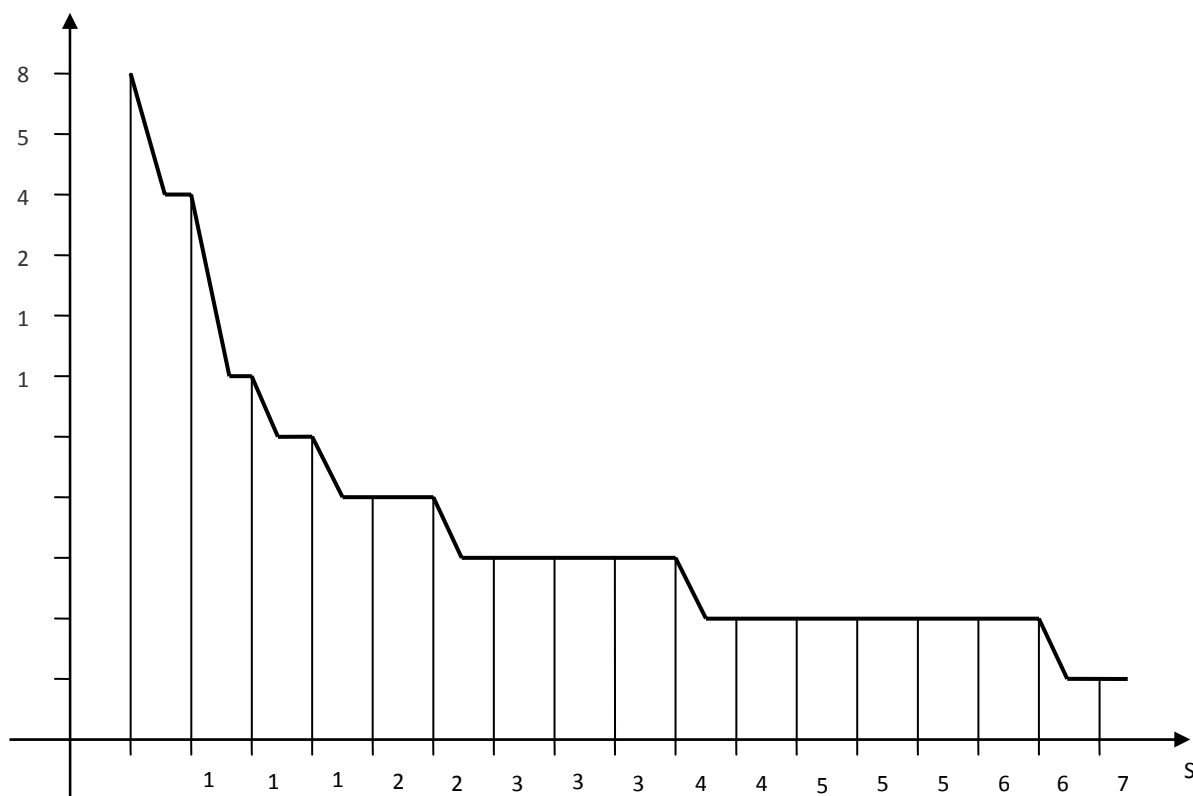
ანგარიშის ამ მეთოდის გამოსაყენებლად დასადგენია კაეშირი სტანდარტული ბლოკის დაყოფის რაოდენობასა და წერტილამდე მანძილს შორის. ამ ამოცანის შესასრულებლად **Qbasik** პროგრამირების ენაზე შედგენილ იქნა შესაბამისი პროგრამა, რომელიც განსაზღვრავს წერტილის განლაგებასა და ბლოკის დაყოფას შორის კაეშირს. ამ პროგრამით გამოთვლების შედეგად მიღებულია შევულების გადახრები წერტილთა 3 ტიპის სისტემისათვის, რომლებიც წარმოდგენილია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

S მ.	ბლოკების რაოდენობა				
	წერტილთა სისტემა 1	წერტილთა სისტემა 2	წერტილთა სისტემა 3	საბოლოო ვარიანტი	n
60	8000	—	—	8000	20
80	1000	2744	4096	4096	16
100	1728	1728	4096	4096	16
120	1000	1000	1000	1000	10
140	1000	512	216	1000	10
160	512	512	64	512	8
180	512	216	216	512	8
200-220	216	216	64	216	6
240-260	216	64	64	216	6
280-320	64	64	64	64	4
340-360	64	64	8	64	4
380-420	64	8	8	64	4
440-520	8	8	8	8	2
540-560	8	8	1	8	2
580-660	8	1	1	8	2
680	1	1	1	1	1

ცხრილში მოცემულია, წერტილთა სამი სისტემისათვის, საწყისი ბლოკი რამდენ ნაწილად უნდა დაიყოს  $\Delta U$  განსაზღვრის წერტილამდე მანძილის მიხედვით. ამ ცხრილის მე-5 სვეტში მოცემულია ბლოკების დაყოფის მაქსიმალური მნიშვნელობები, რომელიც გამოსადეგია სამივე სისტემის წერტილისათვის, ხოლო მე-6 სვეტში

– დაყოფილი ბლოკის გვერდის სიგრძე. ამ ცხრილის მონაცემებით აგებულია მე-2 ნახაზზე ნახვენები გრაფიკი, რომელიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს რამდენ ნაწილად უნდა დაიყოს გამოსავალი ზომის კუბური ბლოკი, წერტილამდე მანძილის მიხედვით,  $\Delta U$ -ს მალა-ლი სიზუსტით გამოსათვლელად.



ნახ. 2

მაგალითისათვის, თუ წერტილიდან ბლოკის ცენტრამდე მანძილი 220 მეტრია, შეუქმნის გადახრის  $0.0000001''$  სიზუსტით გამოსათვლელად  $100 \times 100 \times 100$ მ ზომის ბლოკი უნდა დაიყოს 216 ნაწილად ანუ დაყოფილი ბლოკის გვერდის სიგრძე უნდა იყოს 16,6 მეტრი, რაც ნიშნავს, რომ უმცირესი ზომის ბლოკის ანგარიშს აღარ სჭირდება თანამიმდევრობით მიახლოების ხერხი.

### 3. დასკვნა

ამ ნაწილის კვლევის მიზანი იყო წერტილებზე შეუქმნის გადახრების გაანგარიშებისას გამოგვერიცხა თანამიმდევრობით მიახლოების ხერხი, რადგან ის მოითხოვს დიდი მოცულობის გამოთვლებს. კვლევის შედეგად მიღებულია ცხრილი და დიაგრამა, რომლებიც სა-

შუალებას იძლევა წყალსაცავის აპროქსიმაციის პროცესში პირდაპირ განისაზღვროს ბლოკების მინიმალური ზომა, რაც ამ კვლევის საბოლოო მიზანია.

### ლიტერატურა

1. Бровер В.В., Магницкий В.А., Шимбирев Б.П. Теория фигуры Земли. М.: Наука, 1961.
2. Абашидзе В.Г., Вовк И.Г., Гугутишвили Н.Н., Мелкадзе И.А., Ниаური Г.А., Цагуриа Т.А. Результаты повторных гравиметрических измерений в районе Ингурской ГЭС // Сообщения Академии наук Грузии, 150, №3, 1994.
3. Вовк И.Г. Вариации гравитационного поля при изменении уровня водохранилища // Геодезия и картография, №9, 1982г.



UDC 519.242

**APPROXIMATION TECHNOLOGY OF THE RESERVOIR ENGURI HPP****S. Piralishvili, M. Sadunishvili**

Department of engineering geodesy and geoinformatics, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There are given the different approximation methods to anomalous body of the reservoir Enguri HPP. The choice has been given to the best method of approximation, that allows to compute the corrections in geodetic measurements for deviation plumb-line.

**Key words:** deflection of the vertical; approximation; anomalous body; cube; sphere; the block; change in the gravitational field; ebenthandler; part of reservoir.

УДК 519.242

**ТЕХНОЛОГИЯ АППРОКСИМАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩА ИНГУРИГЭС****Пиралишвили С.Х., Садуншвили М.А.**

Департамент инженерной геодезии и геоинформатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Даны различные методы аппроксимации аномального тела водохранилища ИнгуриГЭС. Обоснован выбор наилучшего из методов аппроксимации, который позволяет вычислить поправки в геодезических измерениях, вызванные уклонением отвесных линий.

**Ключевые слова:** уклонение отвесов; аппроксимация; аномальное тело; куб; сфера; блок; изменение гравитационного поля; срабатываемая часть водохранилища.

*მიღებულია დასაბუჯდად 22.01.13*

შპს 519.242

**პოტენციალთა თეორიის პირდაპირი ამოცანის ამოხსნა წყალსაცავში წყლის დონის ცვალებადობისას****ს. ფირალიშვილი, მ. სადუნიშვილი\***

საინჟინრო გეოდეზიისა და გეოინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: mari-sad@mail.ru

**რეზიუმე:** სტატიაში მოცემულია იტერაციული ხერხით შევუდი ხაზების გადახრის, ანომალიური სხეულის მასის და ფორმის ცვალებადობის აღრიცხვის მეთოდი და ფორმულები, წყალსაცავში წყლის დონის ცვალებადობისას. განხილულია სხვადასხვა სახის გეოდეზიურ გაზომ-

ვებში, სიმძიმის ძალის ველის ვარიაციის გამო, შესწორებების შეტანის საკითხი.

**საკვანძო სიტყვები:** შევულების გადახრა; აპროქსიმაცია; იტერაციის მეთოდი; ანომალიური სხეული; კუბი; ბლოკი; გრავიტაციული ველის ცვალებადობა; წყალსაცავის ცვალებადი ნაწილი.

**1. შესავალი**

მძლავრი ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის დროს ადგილი აქვს სამთო ქანების და წყლის მნიშვნელოვანი მასების გადაადგილებას. ეს იწვევს ჰესის ყველაზე მეტად დატვირთული ნაწილის დეფორმაციას და ჰესის უახლოეს სივრცეში ცვლის სიმძიმის ძალის ველს. აღნიშნული დეფორმაციები განისაზღვრება ჰესის მნიშვნელოვანი ნაგებობებისათვის [1] და ხდება მათი შედარება СНиП-ში მოცემულ დასაშვებ სიდიდეებთან. ამ მიზნით ჰესის გეოდეზიური სამსახური (პერიოდულად) დროის განსაზღვრული ინტერვალის შემდეგ აწარმოებს გეოდეზიური გაზომვების ციკლს, რომელთა შედეგები შეიცავს როგორც ნაგებობათა აღნიშნულ დეფორმაციებს, ისე სიმძიმის ძალის ველის (სძვ) ვარიაციის გაფლენას. ამიტომ, უნდა მოხდეს განაზომის შედეგებიდან მათი გამორიცხვა. უფრო მეტი სიზუსტით ეს მიიღწევა პოტენციალთა თეორიის პირდაპირი ამოცანის გადაწყვეტით, რომელიც საშუალებას გააძლევს ყველა სახის გეოდეზიურ გაზომვებში გამოვთვალათ სძვ ვარიაციის პარამეტრები და შესწორებები.

**2. ძირითადი ნაწილი**

ნიუტონის კანონის მიხედვით, მიზიდულობის ძალა  $m$  წერტილოვან მასასა და წერტილის ერთეულოვან მასას შორის გამოითვლება ფორმულით [2]:

$$g = f \cdot \frac{m}{R^2}, \tag{1}$$

სადაც  $f$  არის მსოფლიო მიზიდულობის კოეფიციენტი;

$$R = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2} - \text{მანძილი } J \text{ და } I \text{ წერტილებს შორის (ნახ.1).}$$

$g$  სიმძიმის ძალის პროექცია კოორდინატთა ღერძზე მიიღება შემდეგი გამოსახულებიდან:

$$g_x = g \cdot \cos\alpha; \quad g_y = g \cdot \cos\beta; \quad g_z = g \cdot \cos\delta$$

ან [3]-ის თანახმად

$$g_x = fm \cdot \frac{\Delta x}{R^3}; \quad g_y = fm \cdot \frac{\Delta y}{R^3}; \quad g_z = fm \cdot \frac{\Delta z}{R^3}. \tag{2}$$

1-ლი ნახ-ის თანახმად, შვეული ხაზის გადახრის პროექციები  $U_x''$  და  $U_y''$  კოორდინატთა ღერძებზე შეიძლება გამოვთვალოთ ფორმულით:

$$U_x'' = \rho'' \cdot g_x / \gamma; \quad U_y'' = \rho'' \cdot g_y / \gamma$$

ან (2)-ის გათვალისწინებით

$$U_x'' = \frac{m}{\omega} \cdot \frac{\Delta x}{R^3}; \quad U_y'' = \frac{m}{\omega} \cdot \frac{\Delta y}{R^3}, \tag{3}$$

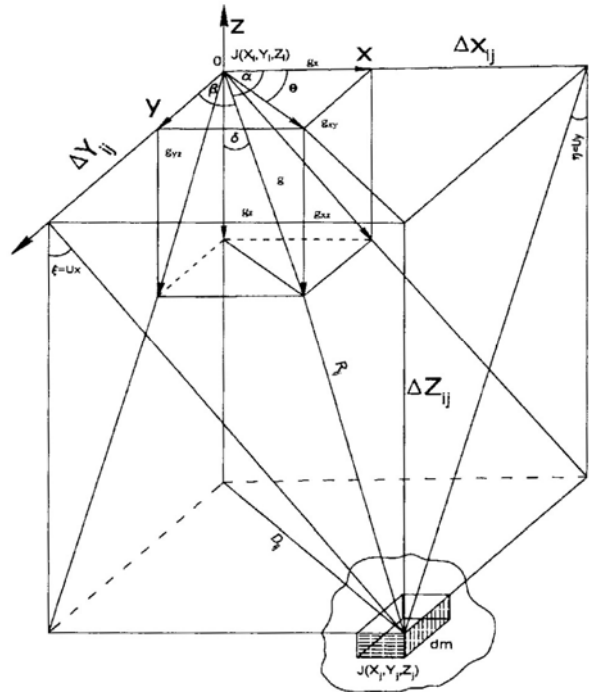
$$\omega = \frac{\gamma}{\rho'' \cdot f}, \tag{4}$$

სადაც  $\gamma = 9.81$  მ/წმ<sup>2</sup> სიმძიმის ძალის აჩქარებაა.

შვეული ხაზის სრული გადახრა გამოითვლება ფორმულით:

$$U'' = \sqrt{U_x''^2 + U_y''^2} = \frac{m \cdot \sin z}{\omega \cdot R^2}, \tag{5}$$

სადაც  $Z$  ზენიტური მანძილია  $J(X_i, Y_i, Z_i)$  წერტილზე.



ნახ. 1

იმ შემთხვევაში, როცა მიზიდულობის ძალის მქონე  $m$  მასას აქვს გარკვეული ზომის და ფორმის სხეული, მაშინ ზემომოყვანილი ფორმულით მიიღება სახეს:

1) ფორმულა (1)

$$g = f \int \frac{dm}{R^2}; \tag{6}$$

2) ფორმულა (2)

$$\left. \begin{aligned} g_x &= f \int \frac{\Delta x}{R^3} \cdot dm, \\ g_y &= f \int \frac{\Delta y}{R^3} \cdot dm, \\ g_z &= f \int \frac{\Delta z}{R^3} \cdot dm; \end{aligned} \right\} \tag{7}$$

3) ფორმულა (3)

$$U_x'' = \frac{1}{\omega} \int \frac{\Delta x}{R^3} \cdot dm; \tag{8}$$

$$U_y'' = \frac{1}{\omega} \int \frac{\Delta y}{R^3} \cdot dm.$$

თუ  $m$  მასის ანომალიურ სხეულს დავეყოთ  $n$  მასის მქონე ბლოკებად, მაშინ (8) ფორმულები მიიღებს სახეს:

$$U_x'' = \frac{dm}{\omega} \left[ \frac{\Delta x}{R^3} \right], \quad U_y'' = \frac{dm}{\omega} \left[ \frac{\Delta y}{R^3} \right]; \tag{9}$$

4) ფორმულა (5)

$$U'' = \sqrt{U_x''^2 + U_y''^2} = \frac{dm}{\omega} \sqrt{\left[ \frac{\Delta x}{R^3} \right]^2 + \left[ \frac{\Delta y}{R^3} \right]^2}$$

ან ისე, როგორც  $d_m = m/n$ , მაშინ

$$U'' = \frac{m}{n \cdot \omega} \sqrt{\left[ \frac{\Delta x}{R^3} \right]^2 + \left[ \frac{\Delta y}{R^3} \right]^2}. \tag{10}$$

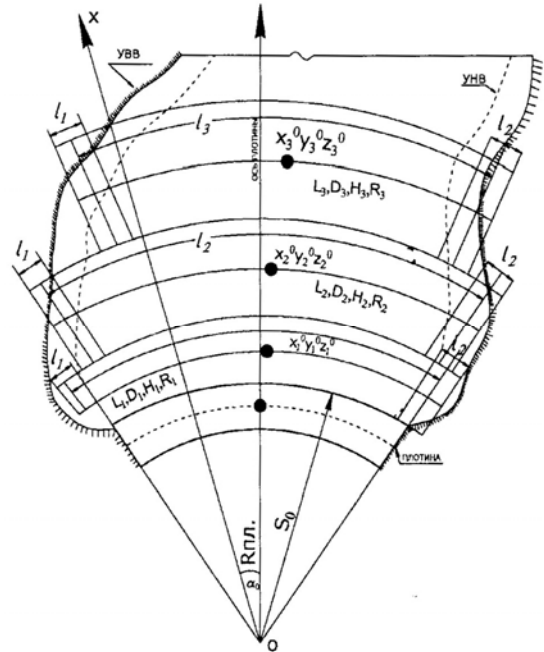
შეველის გადახრის მდგენელები საშუალებას გვაძლევს საძიებელ წერტილში გამოვთვალოთ შეველის გადახრის აზიმუტი

$$\Theta = \arctg U_y'' / U_x''. \tag{11}$$

თუ საკმარისი სიზუსტით მოვახდენთ ანომალიური მასის აპროქსიმაციას განსაზღვრული ზომისა და ფორმის გეომეტრიული სხეულებით, მაშინ (6)–(11) ფორმულებით განისაზღვრება სიმძიმის ძალისა და შეველის გადახრის მდგენელების მნიშვნელობები.

[4] ნაშრომი რეკომენდაციას გვაძლევს  $\tau$  ანომალიური მასის აპროქსიმაცია მოვახდინოთ კუბური ფორმის ბლოკებით. ბევრ შემთხვევაში აპროქსიმაციის სიზუსტე დამოკიდებულია ბლოკების ზომებზე. რაც უფრო ნაკლებია მათი ზომები, მით უფრო ზუსტია შედეგი. ამავდროულად, რაც ნაკლებია სააპროქსიმაციო ბლოკების რაოდენობა, მით მარტივია გამოთვლა. ეს წინააღმდეგობა უნდა გადაიტარას აპროქსიმაციის მეთოდის შერჩევით, რომელიც საშუალებას მოგვცემს იტერაციის მეთოდით მოვახდინოთ პარამეტრების გამოთვლა. იტერაციის ყოველი ბიჯის შემდეგ უნდა გაიზარდოს საწყის მოცულობაში  $d_t$  ბლოკების რაოდენობა ისე, რომ მივიღოთ ნებისმიერი ბლოკის მასა და სიმძიმის ცენტრის კოორდინატე-

ბი. პროცესის შეწყვეტის პირობად შეიძლება ჩაითვალოს, შერჩეული პარამეტრის გამოთვლაში, სასურველი სიზუსტის მიღწევა.



ნახ. 2

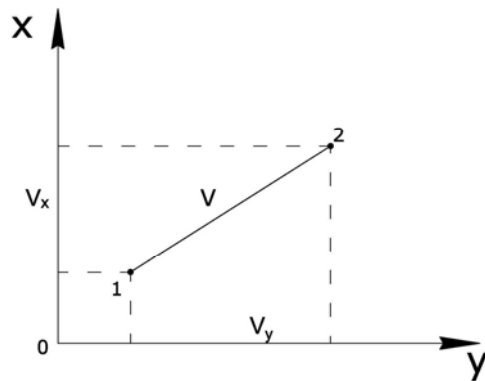
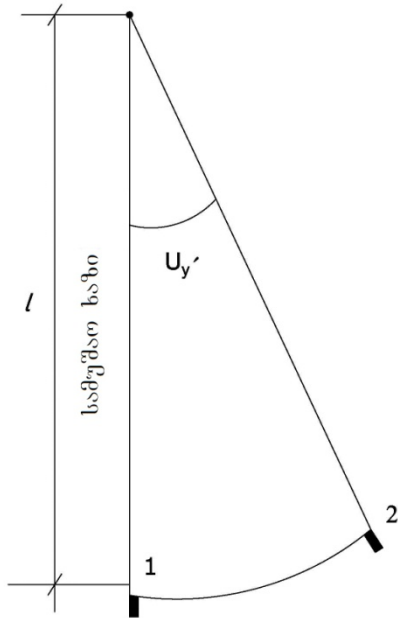
მაგალითისათვის განვიხილოთ ენგურჰესის მოქმედი წყალსაცავის აპროქსიმაცია (ნახ.2), რომლის კაშხალს ცილინდრული თაღის ფორმა აქვს. [5–7]-ში აღწერილია კრასნოიარსკის ჰესის წყალსაცავის აპროქსიმაცია 125X125X5 მ ზომის პარალელებიპედიტ, რომლის გვერდები კოორდინატთა ღერძების პარალელურია. ნაშრომში დაუსაბუთებელია ბლოკების რაოდენობა, ფორმები და ზომები. ჩვენ მიერ აღწერილ მაგალითში წყალსაცავის ცვალებადი ნაწილის აპროქსიმაცია მრუდხაზოვანი პრიზმებით მიმდინარეობს.

წყალსაცავის აპროქსიმაცია იწყება პრიზმის  $D$  სიგანის განსაზღვრით. პრიზმის ზედა წახნაგს ქმნის წყალსაცავის წყლის საპროექტო მაქსიმალური დონე, ხოლო ქვედა წახნაგს – წყლის საპროექტო მინიმალური დონე. პრიზმის სიგანის შერჩევისადმი მიდგომა სხვადასხვანაირია. მაგრამ, სჯობს პრიზმის სიგანე ადებულ იქნეს პრიზმის სიმაღლის ტოლი ან ჯერადი, რადგან იტერაციის პროცესში ეს საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ კუბურ ფორმას მიახლოებული ბლოკები. გარკვეულ საზღვრებში პრიზმის სიგანე შეიძლება ნებისმიერი ავიღოთ. ანომალიური სხეულის შესავსებად ფართო პრიზმის უფრო ნაკლები რაოდენობაა საჭირო, მაგრამ მათი წყალსაცავის ნაპირებთან შეუღლება რთულია და იტერაციის პროცესში იყოფა დიდი



რაოდენობის ბლოკებად. შეიძლება ყველა პრიზმა ავიღოთ ერთნაირი ან სხვადასხვა სიგანის იმის მიხედვით, კაშხლის რომელ ნაწილში ხდება სმ ველის პარამეტრების განსაზღვრა.

გადავიდეთ სხვადასხვა სახის გეოდეზიური გაზომვების შედეგებში შესწორებების გამოთვლის საკითხზე.



ნახ. 3

**1. ტრიანგულაცია.** ვთქვათ,  $P(X,Y,Z)$  წერტილი არის ტრიანგულაციის პუნქტი, რომელზედაც გაზომილია მიმართულებები. გაზომილ მიმართულებებში გრავიტაციული გავლენის გამო გამოწვეული შესწორებების გამოსათვლელად გამოიყენება ცნობილი [3] ფორმულა:

$$V_H'' = (\eta \cdot \cos A_m - \xi \cdot \sin A_m) \cdot ctgz,$$

სადაც  $\xi$  და  $\eta$  შვეულის გადახრის მდგენელებია მერიდიანსა და პირველ ვერტიკალზე;  $A_m$  – შვეულის გადახრის აზიმუტი,  $Z$  – მიმართულების ზენიტური მანძილი. მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაზე გადასვლის დროს აქ მიღებული აღნიშვნებით ფორმულა იღებს შემდეგ სახეს:

$$V_H'' = (U_y'' \cdot \cos \Theta_p - U_x'' \cdot \sin \Theta_p) \cdot ctgz. \quad (12)$$

**2. პირდაპირი და შებრუნებული შვეულები.** თუ შვეულის გადახრის მდგენელები განსაზღვრულია პირდაპირი და შებრუნებული შვეულების ამოვლელ ხელსაწყოზე, მაშინ მე-3 ნახის თანახმად, კოორდინატმეტრის სკალაზე აღებული ანათვლების შესწორებები შეიძლება მივიღოთ შემდეგი თანაფარდობებით:

$$V_x = -\frac{U_x''}{\rho''} l; \quad V_y = -\frac{U_y''}{\rho''} l, \quad (13)$$

სადაც  $l$  შვეულის სამუშაო სიგრძეა, მმ.

**3. ნიველირება.** თუ შვეულის გადახრის მდგენელები განსაზღვრულია მაღალი სიზუსტის ნიველირების სელაში, ნიველირის დგომის წერტილზე, მაშინ ერთ სადგურზე გაზომილი აღმატების შესწორება გამოითვლება ფორმულით:

$$V_h = \frac{2L \times U''}{\rho''} \cos(A - \Theta_p), \quad (14)$$

სადაც  $A$  არის  $P$  წერტილში ნიველირების ხაზის აზიმუტი;  $L$  – სადგურზე ნიველირის სხივის სიგრძე მმ-ში;  $\Theta_p$  – წერტილში შვეულის გადახრის აზიმუტი.

თუ აღმატება გაზომილია ნიველირების  $n$  სადგურით, მაშინ შვეულის გადახრის მდგენელები განსაზღვრული უნდა იქნეს სვლის ყოველ სადგურზე. თითოეულ სადგურზე უნდა დაფიქსირდეს  $L_i$  სხივის სიგრძე და  $A_i$  თითოეული სადგურის აზიმუტი, მაშინ (14) ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$V_h = -\frac{2}{\rho''} \sum_{i=1}^n L_i \cdot U_i'' \cos(A_i - \Theta_i). \quad (15)$$

**3. დასკვნა**

მოცემული მეთოდი ეფუძნება წყალსაცავის ანომალური სხეულის აპროქსიმაციას, რის სა-

შუალეობითაც, იტერაციის მეთოდის გამოყენებით, ხდება სიმძიმის ძალის ველის ვარიაციის პარამეტრების გამოთვლა. პოტენციალთა თეორიის პირდაპირი ამოცანის გადაწყვეტი საშუალება მოგვცა მიგველო სათანადო ფორმულები, რათა ყველა სახის გეოდეზიურ განაზომში შევიტანოთ სიმძიმის ძალის ველის ცვალებადობით და შედეგების გადახრებით გამოწვეული შესწორებები. რაც ჩვენი საბოლოო მიზანია.

### ლიტერატურა

1. Карлсон А.А.. Руководство по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами. М.: Энергия, 1980.- 194с.
2. Юзевич А.П., Огородова Л.В., Гравиметрия. М.: Недра,1980.- 318с.
3. Закатов П.С. Курс высшей геодезии. М.: Недра, 1976.
4. Тевзадзе М.Н., Пиралишвили С.Х., Садунишвили М.А. Об учёте вариации поля силы тяжести на крупных гидроэлектростанциях // Горный журнал, №1(16), 2001, с.26-27.
5. Вовк И.Г., Канушин В.Ф., Ральченко В.Ф. Неприливные вариации силы тяжести в районе водохранилища. - В.кн. Повторные гравитационные наблюдения."ВНИИ геофизики", 1980,с.78-85.
6. Вовк И.Г. Оценка неприливых вариаций потенциала притяжения при изменениях уровня водохранилища. - В.кн. Повторные гравитационные наблюдения."ВНИИ геофизики", 1980,с.38-41.
7. Вовк И.Г. Вариации гравитационного поля при изменении уровня водохранилища // Геодезия и картография, №9, 1982, с.12-15.

UDC 519.242

## ON THE SOLUTION OF THE DIRECT PROBLEM OF POTENTIAL THEORY AT WATER RESERVOIR LEVEL CHANGE

S. Piralishvili, M. Sadunishvili

Department of engineering geodesy and geoinformation, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There are given the exact formulas for calculation of the change of plumb-line deviation at water reservoir level change on hydro power stations. The procedure of anomalous body approximation allowing to use iterative method of gravity field parameters are substantiated. The technique and formulas for account of anomalous body mass change in the process of geodetic works are presented.

**Key words:** deflection of the vertical; approximation; anomalous body; iterative method; cube; sphere; the block; change of the gravitational field; eventhandler part of reservoir.

УДК 519.242

## РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ПОТЕНЦИАЛА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УРОВНЯ ВОДОХРАНИЛИЩА

Пиралишвили С.Х., Садунишвили М.А.

Департамент инженерной геодезии и геоинформатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Приведены видоизменённые формулы для вычисления изменения уклонения отвесной линии при изменении уровня водохранилища. Даны методика и формулы для учёта изменения массы аномального тела в процессе ведения геодезических работ. Рассмотрены вопросы введения поправок из-за вариаций поля

силы тяжести в измеренные направления, в отсчеты по прямым и обратным отвесам и в измеренные методом геометрического нивелирования превышения.

**Ключевые слова:** уклонение отвесов; аппроксимация; аномальное тело; итерационный метод; куб; сфера; блок; изменение гравитационного поля; срабатываемая часть водохранилища.

*მიღებულია დასაბუჯდად 22.01.13*

**შპს 519.242**

**ენგურჰესის წყალსაცავში წყლის დონისა და კაშხლის დახრის მონაცემთა დროითი რიგების ანალიზი**

**მ. მესხი\*, გ. აბაშიძე, გ. ჭიაურელი, მ. სადუნიშვილი, თ. პაპავა**

საინჟინრო გეოდეზიისა და გეოინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: murman.meskhi@gtu.ge

**რეზიუმე:** მოცემულია ენგურჰესის წყალსაცავში წყლის დონისა და კაშხლის დახრის მონაცემთა დროითი რიგების ანალიზი. მიღებულია აღნიშნული დროითი რიგების დისკრეტული, ავტორეგრესიული მოდელები, რომლებიც გამოიყენება რიგის მომავალ წევრთა პროგნოზირებისათვის წყალსაცავში წყლის დონის რეგულირების მიზნით.

**საკვანძო სიტყვები:** ავტორეგრესია; ავტოკოვარიაცია; ავტოკორელაცია; იდენტიფიკაცია; ადეკვატურობა; დიაგნოსტიკური გასინჯვა; „თეთრი ხმაური“; პროგნოზირება; ნარჩენი შეცდომა; პროგნოზის შეცდომა.

## 1. შესავალი

ტექნიკური სისტემის ფუნქციონირების მათემატიკური აღწერისათვის მოდელის გამოყენების იდეა საყოველთაოდაა მიღებული. მოდელმა რომ ზუსტად აღწეროს სისტემაში მიმდინარე პროცესები, იგი დეტერმინირებული უნდა იყოს. მაგრამ, მრავალი ფიზიკური ობიექტისათვის, რომელთა ფუნქციონირება დროის ფაქტორთანაა დაკავშირებული, შეუძლებელია ასეთი მოდელის შექმნა.

ამ დროს ალტერნატიულია ისეთი მოდელის მიღება, რომელიც საშუალებას მოგვცემს გამოთვალეთ იმის ალბათობა, რომ დროითი რიგის მომავალი წევრები განსაზღვრულ ინტერვალში მოთავსდება. ამის შესაძლებლობას იძლევა პერიოდული დროითი რიგების ანალიზის მეთოდი. ალბათობის თეორიის კანონების თანახმად, დროში განვითარებული სტატისტიკური მოვლენა სტოქასტიკური პროცესის სახელითაა ცნობილი, ამიტომ ასეთ მოდელს სტოქასტიკური, ალბათური ან სტატისტიკური ჰქვია [1].

დროითი რიგების ანალიზისათვის მიღებული პარამეტრული და არაპარამეტრული მეთოდებიდან პარამეტრული გაცილებით ეფექტურია, რადგან ამ დროს დროითი რიგის წევრები ნაკლები რაოდენობის პარამეტრების შეფასებასა და დაზუსტებაზე იხარჯება.

ამოცანა მდგომარეობს საანალიზო პერიოდული დროითი რიგებისათვის ადეკვატური მოდელის იდენტიფიკაციაში ანუ მათი სახის შერჩევასა და მორგებაში, პარამეტრების დაზუსტების მეთოდის შერჩევასა და მოდელის ადეკვატურობაზე დიაგნოსტიკურ გასინჯვაში სხვადასხვა კრიტერიუმით, რათა მოდელმა შეასრულოს პროგნოზირებისა და რეგულირების ფუნქცია.

ზოგადად, ასეთი მოდელის მიღების პროცესი შრომატევადი და იტერაციულია ანუ ეს არის ევოლუციისა და ადაპტაციის, იგივე ცდისა და შეცდომის პროცესი.

სტატისტიკური მეთოდების უმრავლესობა იყენებს მოდელებს, რომლებშიც დაკვირვებები დამოუკიდებელია. მაგრამ, როგორც პრაქტიკა აჩვენებს, სხვადასხვა სახის მონაცემი ტექნიკასა და ეკონომიკაში ყალიბდება დროითი რიგების სახით, რომლის წევრები ურთიერთდამოკიდებულია [2].

შერჩეულმა მოდელმა ზედმიწევნით ზუსტად უნდა აღწეროს პერიოდული დროითი რიგი, რაც ნიშნავს, რომ მოდელით გამოთვლილ სიდიდეთა ფაქტიურიდან გადახრების (ნარჩენი შეცდომების) კვადრატების ჯამი მინიმალური უნდა იყოს. მოდელის შერჩევისას საქმე გვაქვს დისკრეტულ დროით რიგთან, სადაც მონაცემები დროის განსაზღვრული ინტერვალებით აიღება (ინტერვალის სიდიდე ოპტიმიზაციის ამოცანაა და დადგენას საჭიროებს).

როდესაც მოდელის მიღების საბოლოო მიზანი დროითი რიგის მომავალი წევრების პროგნოზირებაა, ეს სიდიდეები მიიღება რეკურენტული გამოთვლებით რიგის წარსული წევრებისა და წინა პროგნოზირებული სიდიდეებისაგან. მოდელის საშუალებით ჩვენ უნდა შეგვეძლოს განვსაზღვროთ პროგნოზირებული სიდიდეების შეცდომების დისპერსია და ის ზღვრები, რომლებშიც მოცემული ალბათობით მოთავსდება რიგის მომავალი წევრები.

## 2. ძირითადი ნაწილი

მონაცემთა ერთობლიობიდან დისკრეტულად ამორჩეული პერიოდული დროითი რიგის ანალიზი მოიცავს მოდელის იდენტიფიკაციის, მორგებისა და დიაგნოსტიკური გასინჯვის ეტაპებს. ამის შემდეგ მიღებულ ადეკვატურ მოდელს უნდა შეეძლოს: აღწეროს ფაქტიური დისკრეტული რიგი; მომავალ წევრთა პერიოდულობის პროგნოზირება; წარმოდგენა მოგვცეს ერთიანი დინამიკური რიგის თვისებებზე.

ტექნიკასა და ეკონომიკაში, სადაც დროითი რიგის პროგნოზირებას დიდი მნიშვნელობა აქვს, ხშირად ეს რიგები არასტაციონარული სახით გვევლინება, რომელშიც ტრენდი და სხვა მახასიათებლები (რომლებიც შეიძლება დროში იცვლებოდეს) განიხილება, როგორც სტატისტიკური და არადეტერმინირებული მოვლენები [3]. ზოგადად, სეზონური პერიოდულობის მქონე დროით

რიგებს ახასიათებს პერიოდული არასტაციონარულობა.

ნაშრომი ეხება ენგურჰესის მაღლივი კაშხლის წყალსაცავში წყლის დონის ცვალებადობას და მისგან განპირობებული კაშხლის სხეულის მოძრაობის პერიოდული დროითი რიგების ანალიზს და შედეგად მიღებული ალბათური მოდელების პროგნოზირებისა და რეგულირების მიზნით გამოყენებას. შერჩეული მოდელი სასურველია იყოს მაქსიმალურად მარტივი, ჰქონდეს პარამეტრების მინიმალური რაოდენობა და იყოს დროითი რიგის ადეკვატური.

ქვემოთ (ცხრ.1 და ნახ.1) მოცემულია ენგურჰესის წყალსაცავში წყლის დონისა ( $H, m$ ) და კაშხლის გადახრის ( $X, კუთხ. წმ$ ) დისკრეტული, პერიოდული (სეზონური), დროითი რიგები და შესაბამისი გრაფიკული გამოსახულებანი (ნახაზზე უწყვეტი ხაზი). ისინი ერთიანი, ხანგრძლივი დინამიკური რიგის მონაკვეთია 2000–2011 წლების ყოველთვიურ მონაცემთა სახით. კაშხლის გადახრის მაჩვენებლები აღებულია მე-12 სექციაში 402 მ ჰორიზონტზე დაყენებულ დახრმზომზე (დახრმზომის მაჩვენებლები გაზრდილია 20 წმ-ით უარყოფითი რიცხვებისაგან გათავისუფლების მიზნით) [4].

ცხრილიდან და, განსაკუთრებით, გრაფიკებიდან ნათლად ჩანს დროითი რიგების აშკარად გამოხატული სეზონური პერიოდულობა. წყალსაცავის შევსების პერიოდი ემთხვევა ზაფხულის ბოლო თვეებს, ხოლო დაცლისა – გაზაფხულის საწყის თვეებს მცირეოდენი გადახრებით.

დროითი რიგის სტრუქტურა ნათლად აჩვენებს (ცხრ.), რომ საქმე გვაქვს დროის ორ ინტერვალთან - თვე და წელი. კონკრეტულად, არსებობს ერთი და იმავე წლის სხვადასხვა თვის მონაცემთა და სხვადასხვა წლის ერთი და იმავე თვის მონაცემთა განსაზღვრული თანაფარდობები. აღნიშნული ორგვარი სახის პერიოდულობა უნდა აისახოს შემუშავებულ სტატისტიკურ მოდელში და აუცილებლად უნდა ფლობდეს პერიოდულობის პროგნოზირების უნარს. თუ ამ თვალსაზრისით მიუვადებით ცხრილის მონაცემებს, პერიოდული ეფექტი მასში შემდეგი სახით უნდა გამოვლინდეს: რომელიმე წლის ნებისმიერი თვის მონაცემები დაკავშირებულია წინა წლის იმავე თვის მონაცემებთან, ასევე კავშირი აქვს ერთი და იმავე წლის სხვადასხვა თვის მონაცემს. აღნიშნული იდეა საფუძვლად უნდა დაედოს დროითი რიგების მოდელების შემუშავებას.

პერიოდულ დროით რიგებთან არის დაკავშირებული ის ფუნდამენტური ფაქტი, რომ  $S$  ინტერვალით (თორმეტი თვე) დაშორებული რიგის წევრები მსგავსია. ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, თვიური მოდელი ზოგადად შემდეგი სახით წარმოგვიდგება:

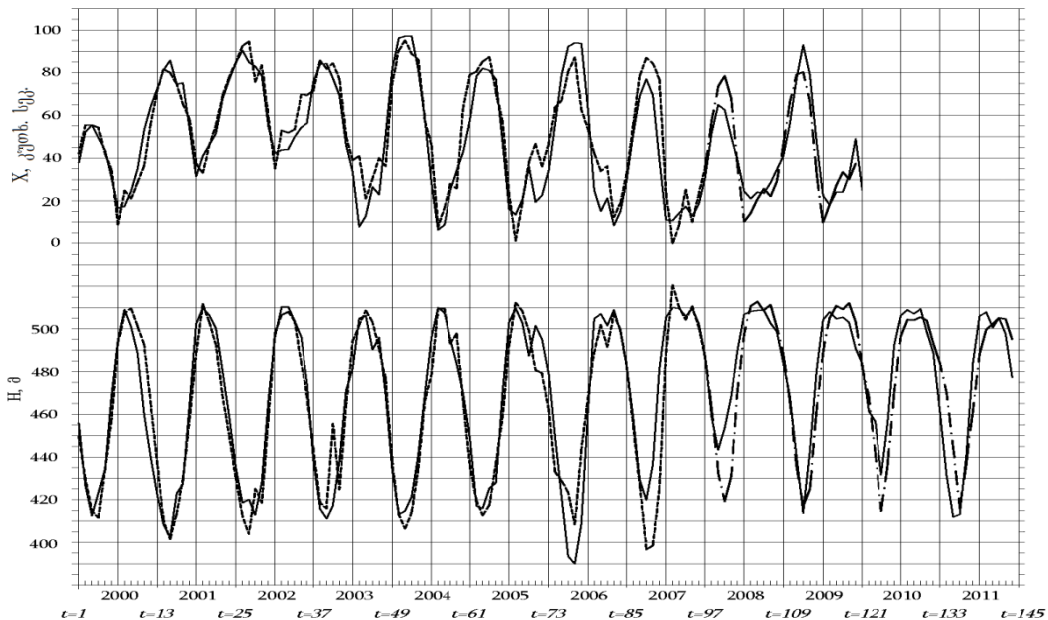
$$\Phi(B^s)\nabla_s Z_t = \alpha_t, \quad (1)$$

სადაც  $Z_t$  არის  $t$  ინტერვალით (1 თვე) დაშორე-

ბული დროითი რიგის წევრები;  $S$  - პერიოდი (12 თვე);  $B$  - დროითი რიგის წევრთა უკან ძვრის ოპერატორი,  $BZ_t = Z_{t-1}, B^2Z_t = Z_{t-2}, \dots, B^sZ_t = Z_{t-s}$ ;  $\nabla = 1 - B$  - რიგის წევრთა სხვაობითი ოპერატორი,  $\nabla Z_t = (1 - B)Z_t = Z_t - Z_{t-1}$ ;  $\nabla_s Z_t = (1 - B^s)Z_t = Z_t - Z_{t-s}$ ;  $\Phi(B^s) - B^s$  ხარისხის პოლინომი  $\Phi$  პარამეტრებით;  $\alpha_t$  - მოდელის ნარჩენი შეცდომები.

**წყალსაცავში წყლის დონისა და კაშხლის გადახრის დროითი რიგი 2000–2011 წლებში**

წელი	იანვარი	თებერვალი	მარტი	აპრილი	მაისი	ივნისი	ივლისი	აგვისტო	სექტემბერი	ოქტომბერი	ნოემბერი	დეკემბერი
2000	H	456,0	426,5	412,5	423,4	434,7	467,8	494,5	509,1	501,1	488,5	459,9
	X	37,8	52,2	55,4	49,4	43,4	31,2	16,6	17,4	24,4	35,0	53,2
2001	H	422,1	408,3	402,5	423,0	427,4	464,4	502,4	509,8	506,4	500,2	480,1
	X	72,6	81,2	85,8	74,6	75,2	54,0	31,4	41,0	46,2	51,6	67,8
2002	H	435,1	418,5	420,1	412,9	428,0	466,2	496,2	510,3	510,4	503,6	496,2
	X	84,6	90,4	84,8	83,0	78,6	54,8	42,2	43,8	44,1	50,0	54,4
2003	H	438,2	415,7	411,1	417,2	438,4	471,1	481,5	504,9	506,3	490,2	496,1
	X	76,0	84,0	84,2	77,4	69,4	46,2	33,6	7,8	12,8	26,4	22,8
2004	H	433,8	413,1	414,8	421,4	440,9	469,5	495,9	510,0	507,4	495,4	483,6
	X	81,8	96,2	97,0	97,2	81,3	58,4	28,4	6,3	8,8	24,7	34,2
2005	H	448,5	417,0	416,0	425,4	427,9	470,0	503,0	509,7	502,9	487,3	501,6
	X	58,0	78,4	82,0	81,0	77,0	47,8	16,2	13,4	20,6	36,0	19,4
2006	H	478,9	449,9	421,4	393,6	390,0	408,9	462,1	504,7	507,0	501,6	508,9
	X	34,2	55,4	78,8	92,2	94,0	93,6	62,6	25,0	15,0	21,2	8,4
2007	H	482,8	458,8	429,4	419,8	436,6	481,3	505,4	510,0	509,6	505,8	509,6
	X	29,6	51,0	69,0	77,0	69,4	39,2	11,0	10,8	14,2	17,4	12,8
2008	H	487,7	458,8	443,3	453,7	468,4	490,0	506,8	508,3	508,7	508,7	502,6
	X	30,6	51,5	65,0	62,5	50,0	39,0	24,5	21,0	24,0	23,5	28,5
2009	H	484,0	468,2	440,3	413,7	442,6	480,0	504,2	508,0	504,8	505,4	503,0
	X	41,0	56,2	77,1	93,0	79,0	48,0	22,5	18,0	24,0	24,0	32,0
2010	H	483,7	461,4	456,6	431,6	456,2	492,4	506,3	508,9	507,0	509,3	498,6
	X	25,0	41,1	47,1	50,0	44,5	37,0	36,9	34,4	34,8	29,8	31,0
2011	H	461,0	431,4	412,0	413,1	440,9	484,3	506,0	507,8	500,6	505,2	497,7
	X	26,9	39,0	41,9	42,1	37,7	31,6	27,3	18,9	27,6	29,3	30,5



ნახ. 1. წყალსაცავში წყლის დონისა ( $H_t$ ) და კაშხლის სხეულის გადახრის ( $X_t$ ) პერიოდული დროითი რიგები: უწყვეტი ხაზი - ფაქტიური დროითი რიგები (2000–2011 წლები); წყვეტილი ხაზი - მოდელზე გამოთვლილი დროითი რიგები (2000–2007 წლები); წერტილოვანი ხაზი - პროგნოზირებული სიდიდეები (2008–2009 წლები,  $t=97-120$ ) (2010–2011 წლები,  $t=121-144$ )



სავარაუდოდ, ყველა თვისათვის  $\Phi$  პარამეტრები დაახლოებით ტოლი უნდა იყოს. ასეთი მოდელის  $\alpha_i$  ნარჩენი შეცდომები აუცილებელი არ არის არაკორელირებული იყოს.

წლიური პერიოდულობის გათვალისწინებით, მოდელს შეიძლება აქონდეს სახე:

$$\phi(B)\nabla\alpha_i = a_i, \quad (2)$$

სადაც  $\phi(B)$  არის  $B$  ხარისხის პოლინომი;  $\nabla = 1 - B$  – სხვაობითი ოპერატორი, ხოლო  $a_i$  – ე.წ. "თეთრი ხმაური".

(2) ტოლობაში თუ შევიტანთ  $\alpha_i$  მნიშვნელობას (1) ტოლობიდან, მივიღებთ პერიოდული დროითი რიგის ერთიან მოდელს:

$$\phi(B)\Phi(B^s)\nabla\nabla_s Z_t = a_t, \quad (3)$$

სადაც  $a_t$  "თეთრი ხმაურის" იმპულსების სერიას, რომელსაც მოძრაობაში მოჰყავს სისტემა. იგი შედგება თანამიმდევრული, უპირატესად, არაკორელირებული შემთხვევითი სიდიდეებისგან, რომელთაც ნულოვანი საშუალო და მუდმივი დისპერსია აქვს. დროითი რიგები, რომლებშიც თანამიმდევრული სიდიდეები დამოკიდებულია, მიზანშეწონილია განვიხილოთ, როგორც  $a_t$  დამოუკიდებელი იმპულსებით გენერირებული. ეს იმპულსები ფიქსირებული განაწილების მქონე  $a_t, a_{t-1}, a_{t-2}, \dots$  შემთხვევითი სიდიდეების რეალიზაციას წარმოადგენს და ტექნიკურ ლიტერატურაში "თეთრი ხმაურის" სახელით არის ცნობილი [1].

წყალსაცავში წყლის დონისა ( $H_t$ ) და კაშხლის გადახრის ( $X_t$ ) პერიოდული დროითი რიგების იდენტიფიცირებას ვახდენთ ავტოკორელაციური ფუნქციის დახმარებით. ამისათვის ვიყენებთ შემდეგ ფორმულებს:

$$1) \text{ დროითი რიგის საშუალო } \bar{Z}_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z_i; \quad (4)$$

2) დროითი რიგის დისპერსია და საშუალო კვადრატული შეცდომა (სკშ), იგივე სტანდარტი

$$\sigma_z^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Z_i - \bar{Z}_i)^2, \\ \sigma_z = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Z_i - \bar{Z}_i)^2 \right]^{1/2}; \quad (5)$$

3) დროითი რიგის წვერთა ავტოკორელაციები  $k$  დაყოვნებით

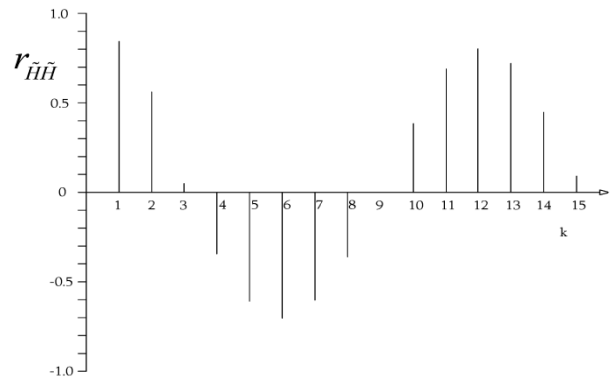
$$C_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-k} (Z_i - \bar{Z}_i)(Z_{i+k} - \bar{Z}_i), \quad C_0 = \sigma_z^2; \quad (6)$$

4) დროითი რიგის წვერთა ავტოკორელაციები  $k$  დაყოვნებით

$$r_k = C_k / C_0 = C_k / \sigma_z^2. \quad (7)$$

ზემოთ მოცემულ ფორმულებში  $N$  არის დროითი რიგის წვერთა რიცხვი, საანალიზოდ აღებულია  $N=120$ ;  $k$ –დაყოვნება, თვეობით;  $k = 1, 2, \dots, N/4$ . ავტოკორელაციების განსაზღვრის სტანდარტული შეცდომა დაახლოებით  $\sigma(r_k) \approx (1/N)^{1/2} \approx 0,09$  ტოლია.

ანალიზისათვის განკუთვნილი დროითი რიგები არასტაციონარულია არა მარტო ყოველთვიური მაჩვენებლებით, არამედ მრავალწლიანი საშუალოთვიური და საშუალოწლიური მაჩვენებლებითაც. ზოგადად, სადავო სიტუაციებში უპირატესობას ანიჭებენ არასტაციონარულ მოდელებს, განსაკუთრებით პროგნოზირებისა და რეგულირების დროს.



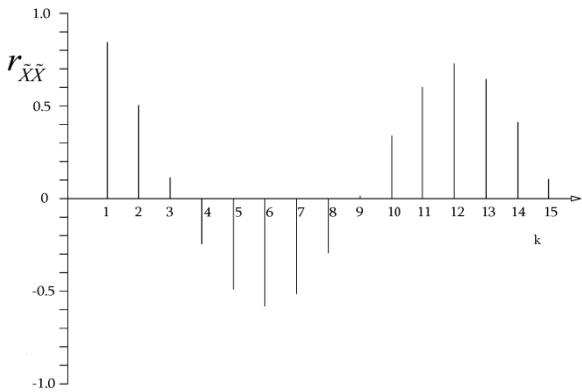
ნახ. 2. წყლის დონეთა ( $\bar{H}$ ) ავტოკორელაციები

დროითი რიგების ანალიზისათვის აღებული გვაქვს ათწლიანი პერიოდის (2000–2009 წლები) ყოველთვიური მონაცემები ( $N=120$ ).

წყლის დონისა ( $H_t$ ) და დახრამზომის მონაცემთა ( $X_t$ ) დროითი რიგების წვერთა ავტოკორელაციები მოცემულია მე-2 და მე-3 ნახაზებზე, საიდანაც კარგად ჩანს რიგების ავტოკორელაციების პერიოდულობა 12-თვიანი პერიოდით,



აგრეთვე ისიც, რომ ავტოკორელაციები მნიშვნელოვანი სიდიდეებით და არამიღვევადობით გამოირჩევა დიდი წინსწორების დროსაც.



ნახ.3. კაშხლის გადახრის ( $\bar{X}$ ) ავტოკორელაციები

მოდულების პარამეტრების საწყის მნიშვნელობებად შესაძლებელია ავიღოთ ავტოკორელაციების მაქსიმალური სიდიდეები  $r_1$  და  $r_{12}$ .

მოდულების ავტორეგრესიული სახე და მათი პარამეტრები იდენტიფიცირებულია ავტოკორელაციური ფუნქციებით, ხოლო პარამეტრების სიდიდეები დაზუსტებულია უმცირეს კვადრატთა მეთოდით.

(3) ფორმულის მიხედვით მოდულების საერთო სახეა

$$(1 - \phi B)(1 - \Phi B^{12})Z_t = a_t,$$

აქედან

$$(1 - \phi B - \Phi B^{12} + \phi\Phi B^{13})Z_t = a_t,$$

საიდანაც საბოლოოდ

$$Z_t = \phi Z_{t-1} + \Phi Z_{t-12} - \phi\Phi Z_{t-13} + a_t. \tag{8}$$

$\phi$  და  $\Phi$  პარამეტრების მიახლოებითი სიდიდეები აღებულია ავტოკორელაციური ფუნქციებიდან ( $r_1$  და  $r_{12}$ ). შემდეგ მათი სიდიდეები დაზუსტდა უმცირეს კვადრატთა მეთოდით და საბოლოოდ მიღებულია წყლის დონისა და დახრმზომის მონაცემთა შემდეგი ავტორეგრესიული მოდელები:

წყლის დონისათვის

$$H_t = 0,52H_{t-1} + 0,89H_{t-12} - 0,35H_{t-13} - 24,6 + a_t; \tag{9}$$

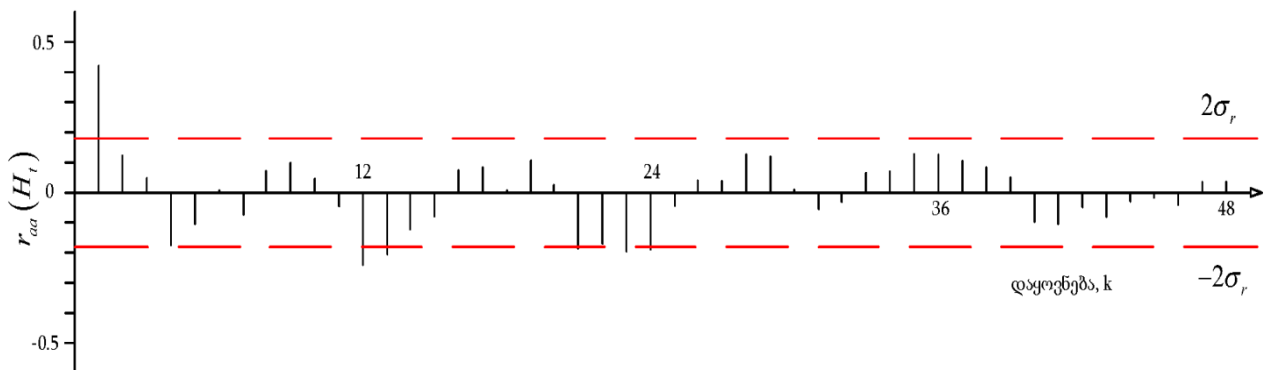
დახრმზომის მონაცემებისათვის

$$X_t = 0,74X_{t-1} + X_{t-12} - 0,78X_{t-13} + 5,15 + a_t. \tag{10}$$

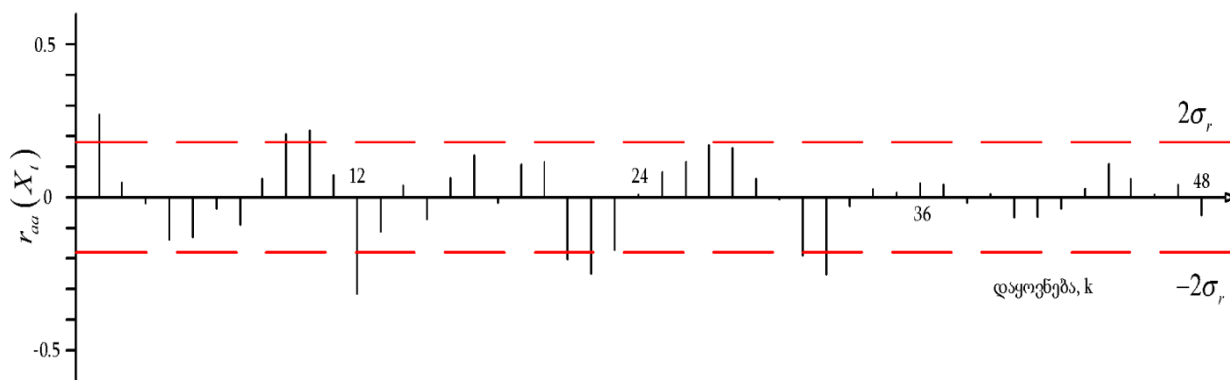
მოდულებში თავისუფალი წევრების არსებობა მიანიშნებს სისტემატური პოლინომური ტრენდის არსებობაზე.

1-ლ ნახ-ზე უწყვეტი ხაზებით მოცემულია წყლის დონისა და დახრმზომის მონაცემთა ფაქტიური სიდიდეები, ხოლო წყვეტილით – (9) და (10) მოდელებით გამოთვლილი სიდიდეები. მათ შორის სხვაობები ნარჩენი შეცდომებია ( $a_t$ ).

ნარჩენი შეცდომების ავტოკორელაციები  $K=48$  დაყოვნებით, ორმაგი სტანდარტული შეცდომების ( $2\sigma_{a_t}$ ) ზღვრებით მოცემულია მე-4 და მე-5 ნახაზებზე.



ნახ. 4. წყლის დონეთა მოდულის ნარჩენი შეცდომების ავტოკორელაციები



ნახ. 5. კაშხლის გადახრათა მოდელის ნარჩენი შეცდომების ავტოკორელაციები

როგორც ნახაზებიდან ჩანს, ნარჩენი შეცდომების ავტოკორელაციები მცირე სიდიდებია ორივე დროითი რიგისათვის და, ზოგიერთი გამონაკლისის გარდა, თავსდება ორმაგი სტანდარტის ზღვრებში, რაც მოდელის ადეკვატურობის მაჩვენებელია. მოდელის ადეკვატურობის დიაგნოსტიკური გასინჯვისათვის იყენებენ აგრეთვე  $\chi^2$  კრიტერიუმს, რომლის დროს  $Q$  და  $\nu$  სიდიდებით შესაბამის ცხრილში ვიგებთ იმის  $P$  ალბათობას, რომ სიდიდე, რომელსაც აქვს  $\chi^2$  განაწილება  $\nu$  თავისუფლების ხარისხით მეტია გაანგარიშებულ  $Q$  სიდიდეზე, რომელიც ტოლია:

$$Q = N \sum_{k=1}^K r_k^2(a), \quad (11)$$

სადაც  $k$  არის რიგითი დაყოვნების სიდიდე,  $K$  – მაქსიმალური დაყოვნება ( $> 20$ );  $r_k(a)$  – ნარჩენი შეცდომების ავტოკორელაციები  $k$  დაყოვნებით;  $\nu = K - n$  – თავისუფლების ხარისხი, სადაც  $n$  მოდელში პარამეტრების რაოდენობაა. ამ კრიტერიუმით  $K=24$  დაყოვნებით აღებული ავტოკორელაციებმა მოგვცა  $Q_H \approx 38$ ,  $Q_X \approx 42$ ,  $\nu \approx 21$  სიდიდეები, ხოლო  $\chi^2$  კრიტერიუმზე გასინჯვამ არ აჩვენა მოდელის არაადეკვატურობა.

(9) და (10) პერიოდული დროითი რიგების ავტორეგრესიული მოდელის შეგვიძლია გამოვიყენოთ დროითი რიგების მომავალი წევრების პროგნოზირებისათვის. პროგნოზირების ფუნქციაში უცნობი წევრები შეიცვლება მათი პროგნოზებით, ხოლო ნარჩენი შეცდომების უცნობი სიდიდეები – ნულებით. საერთოდ,  $a_t$  ნარჩენი

შეცდომა ამ დროს ტოლია ერთი ბიჯით წინ გაკეთებული პროგნოზის  $e_t$  შეცდომისა

$$a_{t+1} = Z_{t+1} - \hat{Z}_t(1) = e_t(1), \quad (12)$$

სადაც  $Z_{t+1}$  არის დროითი რიგის  $t+1$  წევრის ფაქტიური სიდიდე;  $\hat{Z}_t(1)$  –  $t$  მომენტში  $\ell=1$  ბიჯით წინ პროგნოზირებული სიდიდე;  $a_{t+1}$  – ნარჩენი შეცდომა  $t+1$  მომენტში, ხოლო  $e_t(1)$  –  $t$  მომენტში 1 ბიჯით წინ გაკეთებული პროგნოზის შეცდომა.

ამრიგად,  $a_t$  ნარჩენი შეცდომები, რომლებსაც აქამდე “თეთრი ხმაურის” სახელით ვიცნობდით ერთი ბიჯით წინ გაკეთებული პროგნოზების შეცდომებია.

აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ თუ ბიჯით წინ პროგნოზი ფაქტიურთან შედარებით მეტი ან მცირეა, ერთ ბიჯზე მეტად დაშორებულ პროგნოზებს ასევე გაზრდის ან შემცირების ტენდენცია აქვს. გარდა ამისა, ერთი და იგივე მომენტისათვის სხვადასხვა წინსწრებით გაკეთებული პროგნოზების შეცდომები ურთიერთკორელირებულია, მაშინ, როდესაც ერთი ბიჯით წინ გაკეთებული პროგნოზირების შეცდომები არ უნდა იყოს კორელირებული.

რაიმე პროცესის დროითი რიგის მომავალ წევრთა პროგნოზირების მიმართ მიდგომა მდგომარეობს ჯერ დროით რიგზე მოდელის იდენტიფიცირებასა და მორგებაში, ხოლო შემდგომ, ამ მოდელის დახმარებით, რიგის მომავალი წევრების პროგნოზირების ოპტიმალური მეთოდის შემუშავებაში, რომელიც საბოლოოდ რეკურენტულ გამოთვლებზე დაიყვანება.

ზოგადი სახით პროგნოზირების ფუნქციას წყლის დონისა და კაშხლის დახრის დროითი რიგებისათვის შემდეგი სახე აქვს:

$$\hat{Z}_{t+\ell} = \phi Z_{t+\ell-1} + \Phi Z_{t+\ell-2} - \phi\Phi Z_{t+\ell-3} + \mu + a_{t+\ell}, \quad (13)$$

სადაც  $\hat{Z}_{t+\ell}$  არის  $t$  მომენტში  $\ell$  წინსწრებით ( $\ell=1,2,\dots$ ) პროგნოზირებული დროითი რიგის წევრი;  $\ell$  – წინსწრების ბიჯი, თვეობით;  $\mu$  – მოდელის თავისუფალი წევრი, ხოლო  $\phi, \Phi$  – მოდელის პარამეტრები.

კონკრეტულად, წყლის დონის ( $H_t$ ) დროითი რიგისათვის პროგნოზირების ფუნქცია (9) მოდელის მიხედვით იქნება:

$$\hat{H}_{t+\ell} = 0,52H_{t+\ell-1} + 0,89H_{t+\ell-2} - 0,35H_{t+\ell-3} - 24,6 + a_{t+\ell}. \quad (14)$$

ამ ტოლობის მიხედვით პროგნოზირების გამოსათვლელი რეკურენტული ტოლობები შემდეგია:

$$\begin{aligned} \hat{H}_{t+1} &= 0,52H_t + 0,89H_{t-1} - 0,35H_{t-2} - 24,6, \\ \hat{H}_{t+2} &= 0,52\hat{H}_{t+1} + 0,89H_{t-10} - 0,35H_{t-11} - 24,6, \\ &\dots \\ \hat{H}_{t+14} &= 0,52\hat{H}_{t+13} + 0,89\hat{H}_{t+2} - 0,35\hat{H}_{t+1} - 24,6, \\ &\dots \end{aligned}$$

კაშხლის დახრის დროითი რიგისათვის შესაბამისი პროგნოზირების ფუნქცია (10) მოდელის მიხედვით იქნება:

$$\hat{X}_{t+\ell} = 0,74X_{t+\ell-1} + X_{t+\ell-2} - 0,78X_{t+\ell-3} + 5,15 + a_{t+\ell}. \quad (15)$$

ამ ტოლობის მიხედვით პროგნოზების გამოსათვლელი რეკურენტული ტოლობებია:

$$\begin{aligned} \hat{X}_{t+1} &= 0,74X_t + X_{t-1} - 0,78X_{t-2} + 5,15, \\ \hat{X}_{t+2} &= 0,74\hat{X}_{t+1} + X_{t-10} - 0,78X_{t-11} + 5,15, \\ &\dots \\ \hat{X}_{t+14} &= 0,74\hat{X}_{t+13} + \hat{X}_{t+2} - 0,78\hat{X}_{t+1} + 5,15, \\ &\dots \end{aligned}$$

ამრიგად, დროითი რიგის მომავალი წევრების პროგნოზის გამოთვლა დაიყვანება წინა წევრებისა და უკვე პროგნოზირებული სიდიდეების აღგებრულ ჯამზე.

$H_t$  და  $X_t$  პროგნოზირებული სიდიდეები ფაქტიურთან ერთად წარმოდგენილია 1-ლ ნახ-ზე.

წყლის დონის პროგნოზები დაწყებულია 2008 წლის იანვარში ( $t=97$ ),  $\ell=1,2,\dots,24$  წინსწრებით (2-წლიანი პერიოდი). შემდგომი პროგნოზი დაწყებულია 2010 წლის იანვარში ( $t=121$ ) ისევე 2-წლიანი პერიოდით (2010–2011 წწ.). კაშხლის გადახრის მანქანებლებისათვის პროგნოზი დაიწყო 2008 წლის იანვარში ( $t=97$ ) ორწლიანი პერიოდით. 2010–2011 წლებისათვის პროგნოზი არ გაკეთებულა (შესაბამის მონაცემთა უქონლობის გამო). პროგნოზები წარმოდგენილია 1-ლ ნახ-ზე (წერტილოვანი ხაზი). როგორც ნახაზიდან ჩანს, პროგნოზები საკმაოდ ახლოსაა ფაქტიურ სიდიდეებთან და, რაც მთავარია, მოდელის რეაგირებას დროითი რიგების პერიოდულობაზე და საკმაოდ იდენტურად აღიწერება. დროითი რიგების პროგნოზის სტანდარტული შეცდომებია:  $\sigma_{e_H} = 12.9$  (2008–2009წწ.),  $\sigma_{e_H} = 15.8$  (2010–2011წწ.) და  $\sigma_{e_X} = 9.4$  (2008–2009წწ.).  $\ell$  წინსწრების გაზრდა ლოგიკურად იწვევს პროგნოზების შეცდომების გაზრდას.

პროგნოზის შეცდომის დისპერსია

$$\sigma_{e_t(\ell)}^2 = \left( \sum_{i=1}^{\ell-1} \Psi_i^2 + 1 \right) \sigma_a^2, \quad (16)$$

სადაც  $e_t(\ell)$  არის  $\ell$  წინსწრებით გაკეთებული პროგნოზის შეცდომა;  $\Psi_i$  – პროგნოზის შესასწორებელი წონითი კოეფიციენტები, რომლებიც მოდელის პარამეტრების დახმარებით გამოითვლება;  $\sigma_a^2$  – ნარჩენი შეცდომების დისპერსია (წყლის დონის დროითი რიგის სკშ  $\sigma_{e_H} = 13.1$ , ხოლო დახრის დროითი რიგის –  $\sigma_{e_X} = 10.7$ ).

დროითი რიგების პროგნოზებისათვის აღბათური ზღვრები

$$Z_{t+\ell}(\pm) = \hat{Z}_t(\ell) \pm U_{\varepsilon/2} \sigma(\ell), \quad (17)$$

სადაც  $U_{\varepsilon/2}$  არის ნორმალური განაწილების  $1-\varepsilon/2$  დონის კვანტილი და 50%-იანი ზღვრებისთვის  $U_{\varepsilon/2} = 0,674$  ტოლია; 90%-იანი ზღვრებისთვის –  $U_{\varepsilon/2} = 1,65$ ; 95%-იანი ზღვრებისთვის –  $U_{\varepsilon/2} = 1,96$ ; 99%-იანი ზღვრებისთვის –  $U_{\varepsilon/2} = 2,58$ .

მაგალითად, წყლის დონის ( $H_t$ ) 1 ბიჯით წინ პროგნოზირებისას  $\pm 50\%$ -იანი ზღვრებია  $\hat{Z}_t(1) \pm 8,8$ , ხოლო 95%-იანი –  $\hat{Z}_t(1) \pm 25,7$ ; 2

ბიჯით წინ პროგნოზირებისას იგივე ზღვრები იქნება  $\hat{Z}_t(2) \pm 9,9$  და  $\hat{Z}_t(2) \pm 28,9$  და ა.შ.

(14) და (15) მოდელებით განისაზღვრება, როგორ იცვლება პროგნოზირებული სიდიდეები - წრფივად, ექსპონენციალურად, პერიოდულად თუ სხვა სახით.

### 3. დასკვნა

ამრიგად, წყალსაცავში წყლის დონისა და კაშხლის გადახრების მონაცემთა დროითი რიგების ანალიზისა და სათანადო პროცედურების (იდენტიფიკაცია, მორგება, დაზუსტება, დიაგნოსტიკური გასინჯვა) შედეგად მიღებული ალბათური ავტორეგრესიული მოდელები შეიძლება გამოვიყენოთ დისკრეტული დროითი რიგების მომავალი წევრების პროგნოზირებისათვის, ტექ-

ნიკურ სისტემაში მიმდინარე პროცესების რეგულირებისა და სტაბილიზაციის მიზნით.

### ლიტერატურა

1. Дж. Бокс, Г.Дженкинс. Анализ временных рядов. Вып.1. Прогноз и управление. М.: Мир, 1974.
2. Э.Хеннан. Анализ временных рядов. М.: Наука, 1964.
3. Месхи М.А. Прогнозирование технико-экономических показателей добычных участков с применением анализа временных рядов // Труды ГТУ „Процессы горных работ“ 1987. №7, გვ.5-8.
4. ვ. აბაშიძე, თ. ჭელიძე, თ. ცაგურიძე, თ. კობახიძე. ენგურის თაღოვან კაშხალზე დახრ-მზომებით ჩატარებული დაკვირვებების შედეგები // ენერჯია, №1 (45), 2008, გვ. 20-26.

UDC 519.242

## THE ANALYSIS OF TEMPORARY ROWS OF THE DATA OF WATER LEVEL IN THE RESERVOIR AND TILT INDICATOR OF ENGURI HYDRO ELECTRIC PLANT DAM

M. Meskhi, V. Abashidze, G. Chiaureli, M. Sadunishvili, T. Papava

Department of engineering geodesy and geoinformatics, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There is described the analysis of temporary rows of the indices of water level in the reservoir and tilt indicator of Enguri hydro electric plant dam.

There are obtained the discrete autoregressive models of the mentioned temporary rows for prognostication of the future row members with the aim of regulating and stabilizing water level in the reservoir.

**Key words:** autoregression; autocovarization; autocorrelation; identification; adequacy; diagnostic check; “white noise”; prognostication; residue error; prognosis error.

УДК 519.242

## АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДАННЫХ УРОВНЯ ВОДЫ В ВОДОХРАНИЛИЩЕ И НАКЛОНОМЕРА ПЛОТИНЫ ИНГУРИГЭС

Месхи М.А., Абашидзе В.Г., Чиаурели Г.Г., Садунишвили М.А., Папава Т.Г.

Департамент инженерной геодезии и геоинформатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Изложен анализ временных рядов данных уровня воды в водохранилище ИнгуриГЭС и наклона плотины.

Получены дискретные авторегрессионные модели упомянутых временных рядов для прогнозирования будущих членов рядов с целью регулирования уровня воды в водохранилище.

**Ключевые слова:** авторегрессия; автоковариация; автокорреляция; идентификация; адекватность; диагностическая проверка; "белый шум"; прогнозирование; остаточная ошибка; ошибка прогноза.

მიღებულია დასაბუთებად 26.11.12

შპს 519.242

## ენგურჰესის კაშხლის დინამიკური პროცესის მოდელირება გადაამცემი ფუნქციით

მ. მესხი\*, ვ. აბაშიძე, გ. ჭიაურელი, თ. პაპავა

საინჟინრო გეოდეზიისა და გეოინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: murman.meskhi@gtu.ge

**რეზიუმე:** მოცემულია ენგურჰესის კაშხლის დინამიკური პროცესის გადაამცემი ფუნქციის იდენტიფიკაცია დროითი რიგების ანალიზის საფუძველზე. მიღებულია შემავალ-გამომავალი პროცესის გადაამცემი ფუნქცია, რომელიც გამოყენებულია კაშხლის დახრის სიდიდეთა პროგნოზირებისათვის პროცესის რეგულირების მიზნით.

**საკვანძო სიტყვები:** შემავალი პროცესი; გამომავალი პროცესი; გადაამცემი ფუნქცია; ურთიერთკორელაცია; შეშფოთება; ნარჩენი შეცდომა; პროგნოზის შეცდომა.

### 1. შესავალი

ენგურჰესის ერთიან ტექნიკურ სისტემაში "წყლის დონე - კაშხლის დახრა" წყლის დონის ცვლილება (წყალსაცავის ავსება-დაცლა) შემავალი პროცესია, ხოლო კაშხლის მოძრაობა (გადახრა ქვედა და ზედა ბიეფებისკენ) – გამომავალი. სისტემის ინერციულობის გამო, შემავალი პროცესის ცვლადობა მყის გაელენას არ ახდენს გამომავალ პროცესზე, არამედ იწვევს დაგვიანებულ რეაქციას, რომელიც უნდა აღწეროს გადაამცემი ფუნქციამ, როგორც სისტემის ინერციულმა მახასიათებელმა. სისტემის რეჟიმს გან-

საზღვრავს შემავალი პროცესი – წყლის დონის ცვლილება, რომელსაც მაიქულელებელი ფუნქცია ეწოდება [1].

ზოგჯერ არსებობს გამომავალი პროცესის დაგვიანების საწყისი ინტერვალი ანუ ფუჭი დრო. იგი შემავალზე რეაქციის ანუ სისტემის გამოდახილის დაგვიანების დროა ( $b$ ). მისი სიდიდე სხვა ფაქტორებთან ერთად დამოკიდებულია დროითი რიგის წევრთა შორის დისკრეტულ დროის მონაკვეთზე. რაც უფრო მცირეა ეს ინტერვალი, მით მეტია რეაქციის დრო და, პირიქით, დიდ ინტერვალზე რეაქცია ხანმოკლეა.

სასურველია სისტემა იყოს მდგრადი, რაც ნიშნავს, რომ შემავლის სასრული ნაზარდი იწვევს გამომავლის სასრულ ზრდას. სისტემის მახასიათებელია ერთეულ იმპულსზე გამოდახილი ანუ იმპულსური გამოდახილი ( $\nu_j$ ), რომელთა წონების ჯამი სისტემის გაწონასწორებულ მნიშვნელობას ( $g$ ) იძლევა, ე.ი.  $\sum_{j=0}^{\infty} \nu_j = g$ . ამრიგად,

მდგრადი სისტემისათვის ერთეულ იმპულსებზე (გარკვეულ დროში გარკვეული სიმაღლით წყლის დონის მატება) ფუნქციის გამოდახილთა ჯამი უნდა იძლეოდეს გამომავლის დამყარებულ (გაწონასწორებულ) სიდიდეს.

სისტემაზე დაკვირვებები წარმოებს დროის ტოლი ინტერვალებით (სათური), შესაბამისად



გადამცემი მოდელი დისკრეტულია. ასეთი მოდელის მნიშვნელობა სისტემაზე კონტროლსა და გააზრებულ მართვაში მდგომარეობს.

ზედმიწვევით კონტროლირებად პირობებშიც კი სისტემის გამომავალზე გავლენას ახდენს არა მარტო შემავალი პროცესი, არამედ შემთხვევითი ფაქტორებიც. ასეთ შემთხვევაში კომბინირებულ ეფექტს შეშფოთება ანუ სისტემის ხმაურიც ემატება. რეალურ მონაცემებზე აგებულმა გადამცემმა მოდელმა უნდა გაითვალისწინოს არა მარტო შემავალ-გამომავალ პროცესებს შორის დინამიკური დამოკიდებულება, არამედ სისტემაში არსებული ხმაურიც, რომლის გამომწვევი მიზეზი შემთხვევითი, ალბათური პროცესია.

გადამცემი ფუნქციის მიხედვით დროითი რიგის დისკრეტულ მონაცემებზე ხდება იდენტიფიკაციის, პარამეტრების შეფასებისა და მონაცემებთან ადეკვატურობაზე დიაგნოსტიკური გასინჯვის სათანადო პროცედურებით.

იდენტიფიკაცია სრულდება ავტოკორელაციური და ურთიერთკორელაციური ფუნქციების დახმარებით. მოდელის პარამეტრების შეფასება ხდება უმცირეს კვადრატთა მეთოდით. დიაგნოსტიკური გასინჯვისათვის გამოიყენება მოდელის ნარჩენი შეცდომების ავტოკორელაციური ფუნქცია,  $\chi^2$  კრიტერიუმი, აგრეთვე პროგნოზების მიმართული შეცდომები.

სასურველია, გადამცემი ფუნქციის წრფივი მოდელი გამოირჩეოდეს პარამეტრიზაციის ეკონომიურობით, მონაცემებთან ადეკვატურობით და პროგნოზისათვის გამოსადეგობით [2].

## 2. ძირითადი ნაწილი

დისკრეტული გადამცემი სისტემის მოდელი წრფივი, სხვაობითი განტოლების სახით წარმოგვიდგება:

$$\begin{aligned} (1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r) X_t = \\ = (\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s) H_{t-b}, \end{aligned} \quad (1)$$

სადაც  $X_t$  – კაშხლის დახრის დროითი რიგი არის სისტემის გამომავალი პროცესი;  $H_t$  – წყალსაცავში წყლის დონის დროითი რიგი – სისტემის შემავალი პროცესი;  $b$  – სისტემის გამომდახილის (რეაქციის) დაგვიანების დრო;  $B$  – დროით რიგში უკან ძვრის ოპერატორი,  $BX_t = X_{t-1}$ ,  $B^2 X_t = X_{t-2}$ , ...,  $B^r X_t = X_{t-r}$ ;  $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_r$  და  $\omega_0, \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_s$  – გადამცემი ფუნქციის მოდელის უმცირეს კვადრატთა მეთოდით დასადგენი

პარამეტრები;  $r$  და  $s$  – შესაბამისად, გამომავალ და შემავალ პროცესებში პარამეტრების რაოდენობა.

(1) ტოლობა მოკლედ ასე ჩაიწერება:

$$\delta(B) X_t = \omega(B) H_{t-b}. \quad (2)$$

ეს უკანასკნელი შეიძლება ასეთი სახითაც წარმოვადგინოთ:

$$X_t = \delta^{-1}(B) \omega(B) H_{t-b} = \nu(B) H_{t-b}, \quad (3)$$

სადაც  $\nu(B)$ -ს ეწოდება ფილტრის გადამცემი ფუნქცია.

პრაქტიკაში (2) სახით წარმოდგენილ მოდელს დაემატება ნორმალური პროცესის თანმხლები შეშფოთება (ხმაური) და მოდელი მიიღებს სახეს:

$$\delta(B) X_t = \omega(B) H_{t-b} + a_t, \quad (4)$$

სადაც  $a_t$  არის სისტემის შეშფოთება ანუ ხმაური.

როდესაც სისტემაში ხმაურის გავლენა მცირეა, გადამცემი ფუნქციაში შემავალი პროცესი აირჩევა იმპულსების, ნახტომების, სინუსოიდების ან სხვა სახით. მნიშვნელოვანი ხმაურის შემთხვევაში კი გადამცემი ფუნქციის შეფასებისათვის იყენებენ სტატისტიკურ მეთოდებს, კერძოდ უმცირეს კვადრატთა მეთოდს.

გადამცემი ფუნქციის მოდელის იდენტიფიცირებისათვის ვიყენებთ სისტემაში შემავალი პროცესების ურთიერთკორელაციურ ფუნქციას. ამ მიზნით ჯერ განისაზღვრება ურთიერთკორელაციის კოეფიციენტები შემავალ ( $H_t$ ) და გამომავალ ( $X_t$ ) პროცესებს შორის  $K$  დაყოვნებით

$$\begin{aligned} C_{HX}(k) = 1/N (H_t - \bar{H}_t)(X_{t+k} - \bar{X}), \\ k = 1, 2, \dots, K, \end{aligned} \quad (5)$$

სადაც  $N$  არის შემავალი და გამომავალი დროითი რიგების საანალიზოდ გამოყენებული წვერთა რაოდენობა ( $N=120$ );  $\bar{H}_t$  და  $\bar{X}_t$  – დროითი რიგების საშუალო სიდიდეები;  $k$  – დაყოვნების რიგითი ნომერი;  $K$  – დაყოვნების საბოლოო სიდიდე,  $K \approx N/5$ .

დროითი რიგების მონაცემთა  $N$  წვერები წყლის დონისა ( $H_t$ ) და კაშხლის გადახრის ( $X_t$ ) ყოველთვიური მაჩვენებლებია 2000 წლის იანვრიდან ( $t=1$ ) 2009 წლის დეკემბრის ჩათვლით ( $t=120$ ).



(5) ტოლობის გამოყენებით განისაზღვრება ურთიერთკორელაციური ფუნქცია

$$r_{HX}(k) = C_{HX}(k) / \sigma_H \sigma_X, \quad k = 1, 2, \dots, K, \quad (6)$$

სადაც  $\sigma_H$  არის წყლის დონეთა დროითი რიგის საშუალო კვადრატული შეცდომა (სკშ), იგივე სტანდარტული შეცდომა და ტოლია:

$$\sigma_H = \left[ \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (H_t - \bar{H}_t)^2 \right]^{1/2}, \quad (7)$$

ხოლო  $\sigma_X$  არის კაშხლის გადახრების დროითი რიგის სკშ (სტანდარტი) და ტოლია:

$$\sigma_X = \left[ \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (X_t - \bar{X}_t)^2 \right]^{1/2}. \quad (8)$$

საანალიზოდ აღებული დროითი რიგებისათვის ეს მაჩვენებლები ტოლია:  $\sigma_H \approx 22.44$  და  $\sigma_X \approx 19.57$  კუთხ. წმ.

ზოგადად  $r_{HX}(k)$  არ უდრის  $r_{HX}(-k)$ , ამიტომ ურთიერთკორელაციური ფუნქცია, ავტორეკლაციურისგან განსხვავებით,  $k=0$  მიმართ არასიმეტრიულია.

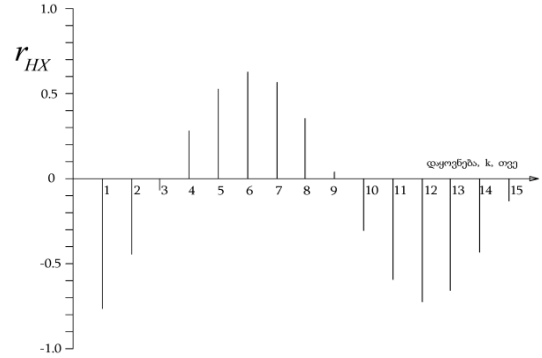
ურთიერთკორელაციური ფუნქციის დისპერსიის საანგარიშოდ იყენებენ ბარტლემის გამარტივებულ ფორმულას [1] -  $\sigma_r^2 \approx 1/N - k$ , ხოლო სტანდარტული შეცდომა იქნება  $(N - k)^{-1/2}$ .

დროითი რიგების მონაცემებით გამოთვლილი ურთიერთკორელაციები  $k$  დაყოფებით ( $k = 1, 2, \dots, 15$ ) წარმოდგენილია 1-ლ ნახ-ზე, რომელზეც კარგად ჩანს ურთიერთკორელაციური ფუნქციის პერიოდულობა (12-თვიანი) და მნიშვნელოვანი საწყისი სიდიდეები. აღნიშნული მეტყველებს დაყოფების არარსებობაზე ( $b=0$ ). გარდა ამისა, რადგან ურთიერთკორელაციები არამილევადია, საქმე გვაქვს არასტაციონარულ პროცესთან [3].

როდესაც შემავალ პროცესზე არ გვაქვს მყისი რეაქცია, იმპულსური გამოძახილის ( $v_k$ ) ერთი ან რამდენიმე საწყისი სიდიდე ( $v_0, v_1, v_2, \dots$ ) ნულის ტოლია, ხოლო  $b$  დაგვიანება არ უდრის ნულს. ჩვენ შემთხვევაში პირიქითაა, რადგან  $v_k$  სიდიდეები, რომლებიც შემდეგი ფორმულით გამოთვლება:  $v_k \approx r_{HX}(k) \cdot \sigma_X / \sigma_H$ , ტოლია  $v_0 = 0.87$ ,

$v_1 = -0.66$ ,  $v_2 = -0.36$  და ა.შ., მიგვანიშნებს, რომ  $b$  დაყოფებს არ აქვს ადგილი ( $b=0$ ), ამიტომ (4) ფორმულის ნაცვლად გვექნება:

$$\delta(B)X_t = \omega(B)H_t + a_t. \quad (9)$$



ნახ.1. „წყლის დონე - კაშხლის დახრა“ სისტემის ურთიერთკორელაციური ფუნქცია

იდენტიფიკაციის პროცედურის მიზანია (1) გადამცემი მოდელის მარცხენა და მარჯვენა ოპერატორებში  $r$  და  $s$  პარამეტრების რაოდენობისა და  $\delta, \omega$  პარამეტრების მიახლოებითი მნიშვნელობების დადგენა. პროცედურა შედგება შემდეგი ოპერაციებისგან: 1) იმპულსური გამოძახილის ( $v_j$ ) წონების მიახლოებითი სიდიდეების დადგენა; 2)  $v_j$  შეფასებებით  $r$  და  $s$  რაოდენობისა და  $b$  პარამეტრის სიდიდის დადგენა ( $r \approx 3, s \approx 3, b = 0$ ); 3)  $\delta$  და  $\omega$  პარამეტრების საწყისი შეფასებების მიახლოებითი განსაზღვრა, რისთვისაც ვიყენებთ შემდეგ ფაქტებს -  $v_j$  წონები შედგება:  $b$  რაოდენობის საწყისი ნულოვანი სიდიდეებისაგან (რაც ჩვენ შემთხვევაში არ არის);  $s - r + 1$  რაოდენობის  $v_j$  იმპულსური გამოძახილებისგან;  $j > (s - r + 1)$ -თვის  $v_j$  სიდიდეები მიიღება რეკურენტული გზით, რაც დაგვეხმარება  $\delta$  და  $\omega$  პარამეტრების მიახლოებითი სიდიდეების დადგენაში.

ურთიერთკორელაციებით და დროითი რიგების სტანდარტული შეცდომებით მიღებული იმპულსური გამოძახილების წონები მიახლოებითი და ხშირად არაეფექტურია. მათი გამოყენება ყოველთვის არ იძლევა შედეგს, მაგრამ შეუძლია მიგვანიშნოს მოდელის სახეზე. მაგალითად,  $v_1, v_2$  და  $v_{13}$  სიდიდეები, ისევე, როგორც  $r_1, r_{12}$  და  $r_{13}$ , მიგვანიშნებს, რომ მოდელს შეიძლება ჰქონდეს სახე:

$$(1 - \delta_1 B - \delta_2 B^{12} - \delta_3 B^{13})X_t =$$

$$= (\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^{12} - \omega_3 B^{13}) H_t + a_t. \quad (10)$$

გადამცემი მოდელის პარამეტრების ეფექტური შეფასება შესაძლებელია იმ ვარაუდით, რომ მოდელის სახე ცნობილია.  $v_k$  იმპულსური გამომავლის წონების სიდიდეები იდენტიფიკაციის მხოლოდ საწყის ეტაპზე გამოიყენება, რომელიც შემდეგ უნდა დაზუსტდეს უმცირეს კვადრატთა მეთოდით. აღნიშნული მეთოდით დადგენილი პარამეტრების მნიშვნელობებია:

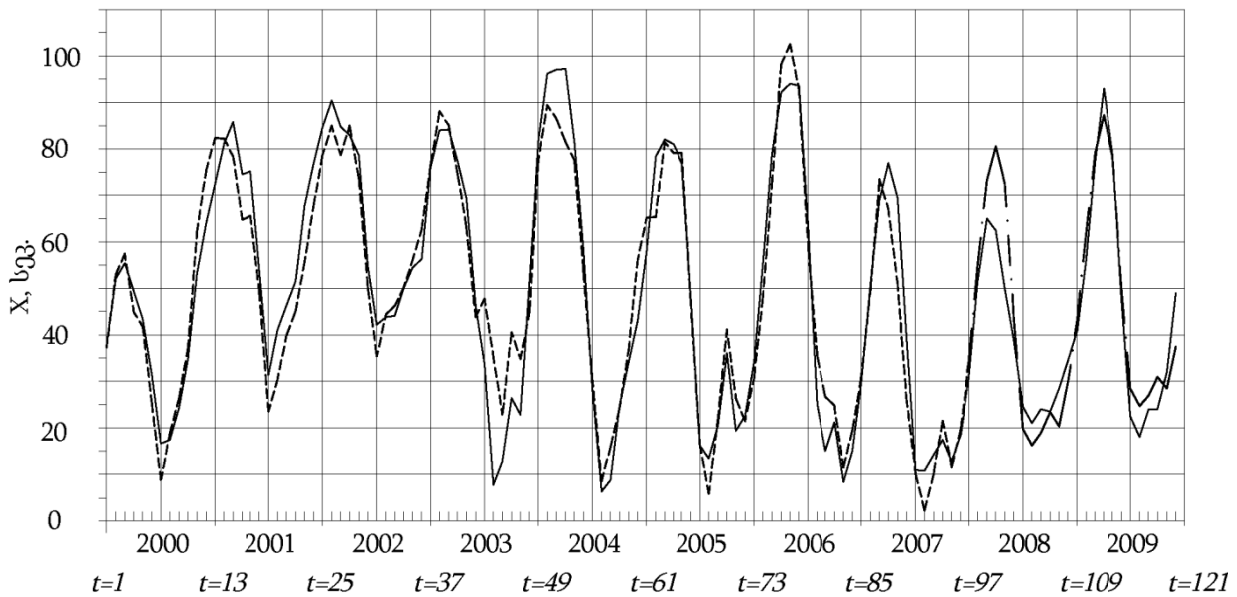
$$\delta_1 = 0.67; \delta_2 = 0.78; \delta_3 = -0.53; \omega_0 = -0.86;$$

$$\omega_1 = -0.40; \omega_2 = -0.65; \omega_3 = 0.18.$$

სისტემის გადამცემი მოდელის საბოლოო სახეა:

$$X_t = 0.67X_{t-1} + 0.78X_{t-12} - 0.53X_{t-13} - 0.86H_t + 0.40H_{t-1} + 0.65H_{t-12} - 0.18H_{t-13} + a_t. \quad (11)$$

(11) მოდელით გამოთვლილი სიდიდეები მოცემულია მე-2 ნახ-ზე წყვეტილი ხაზით. როგორც ნახაზიდან ჩანს, მოდელი საკმაოდ სიზუსტით აღწერს სისტემის გამომავალი პროცესის ანუ კაშხლის დინამიკური პროცესის პერიოდულობას.



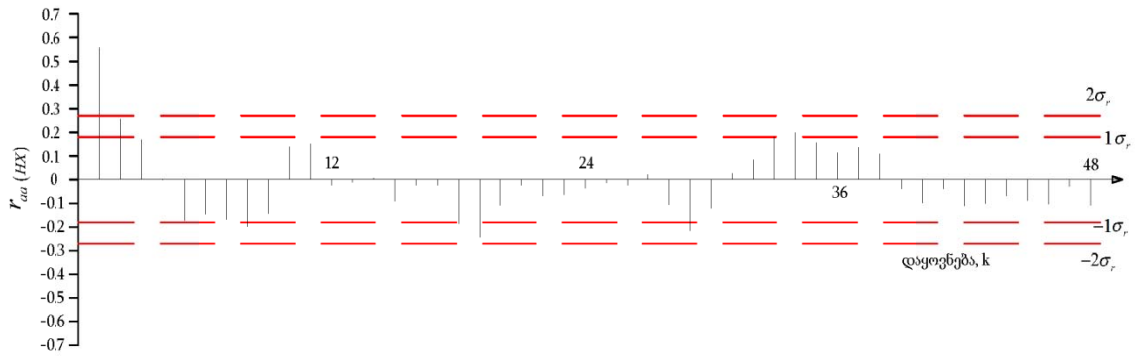
ნახ.2. გადამცემი ფუნქცია-ფაქტიური (უწყვეტი ხაზი), გამოთვლილი (წყვეტილი) და პროგნოზირებული (წერტილოვანი) სიდიდეებით

გადამცემი ფუნქციის იდენტიფიცირებული (11) მოდელის ადეკვატურობა შეიძლება შემოწმებულ იქნეს მოდელის ნარჩენი შეცდომების ( $a_t = X_{t,obs} - X_{t,est}$ ) ავტოკორელაციებით ( $r_{aa}(k)$ ), რომელიც მე-3 ნახაზზეა მოცემული. რადგან  $r_{aa}(k)$  ( $K = 48$ ) სიდიდეები ნაკლებია ორმაგ სტანდარტულ შეცდომაზე, ეს მეტყველებს მოდელის ადეკვატურობაზე. ნარჩენი შეცდომების ავტოკორელაციების გარდა, მოდელის ვარგისობა შეიძლება შემოწმდეს  $Q$  და  $\nu$  პარამეტრების  $\chi^2$  კრიტერიუმით.

$$\left. \begin{aligned} Q &= N \sum_{k=1}^K r_{aa}^2(k), \\ \nu &= k - p, \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

სადაც  $r_{aa}(k)$  არის ნარჩენი შეცდომების ავტოკორელაციები  $k$  დაყოვნებით:  $\nu$  - თავისუფლების ხარისხი;  $p$  - მოდელში პარამეტრების რაოდენობა.

$Q$  და  $\nu$  სიდიდეების  $\chi^2$  კრიტერიუმის ცხრილურ მონაცემებთან შედარებამ არ დაადასტურა მოდელის არაადეკვატურობის ჰიპოთეზა.



ნახ.3. გადამცემი ფუნქციის ნარჩენი შეცდომების ავტოკორელაციები

გადამცემი ფუნქციის გამომავალი პროცესის ( $X_t$ ) დროითი რიგის მომავალი წევრების პროგნოზირებისათვის  $\ell$  წინსწრებით ვიყენებთ (11) მოდელს და პროგნოზებს გამოვთვლით შემდეგი ტოლობით:

$$\hat{X}_{t+\ell} = 0.67X_{t+\ell-1} + 0.78X_{t+\ell-12} - 0.53X_{t+\ell-13} - 0.86H_{t+\ell} + 0.40H_{t+\ell-1} + 0.65H_{t+\ell-12} - 0.18H_{t+\ell-13} + a_t \quad (13)$$

$\hat{X}_t(\ell)$  პროგნოზი  $\ell$  წინსწრებით  $t$  მომენტში განისაზღვრება, როგორც  $X_{t+\ell}$  სიდიდის პირობითი მათემატიკური ლოდინი  $t$  მომენტში.

გადამცემი ფუნქციით მომავალი წევრების პროგნოზირებისას მხედველობაში ვღებულობთ, რომ

$$\left. \begin{aligned} \hat{X}_{t+j} &= \begin{cases} X_{t+j}, & j \leq 0 \quad (X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots); \\ \hat{X}_{t(j)}, & j > 0 \quad (\hat{X}_t(1), \hat{X}_t(2), \hat{X}_t(3), \dots); \end{cases} \\ \hat{H}_{t+j} &= \begin{cases} H_{t+j}, & j \leq 0 \quad (H_t, H_{t-1}, H_{t-2}, \dots); \\ \hat{H}_{t(j)}, & j > 0 \quad (\hat{H}_t(1), \hat{H}_t(2), \hat{H}_t(3), \dots); \end{cases} \\ a_{t+j} &= \begin{cases} a_{t+j}, & j \leq 0 \quad (a_t, a_{t-1}, a_{t-2}, \dots); \\ 0, & j > 0 \quad (a_{t+1}, a_{t+2}, a_{t+3}, \dots). \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

რადგან ნარჩენი შეცდომა ერთი ბიჯით წინ ( $\ell = 1$ ) გაკეთებული პროგნოზის შეცდომაა, ამიტომ

$$a_t = X_t - \hat{X}_{t-1}(1). \quad (15)$$

(13) გადამცემი ფუნქციის მოდელით პროგნოზები გამოითვლება რეკურენტული ხერხით:

$$\hat{X}_{t+1} = 0.67X_t + 0.78X_{t-11} - 0.53X_{t-12} -$$

$$-0.86\hat{H}_{t+1} + 0.40H_t + 0.65H_{t-11} - 0.18H_{t-12},$$

$$\hat{X}_{t+2} = 0.67\hat{X}_{t+1} + 0.78X_{t-10} - 0.53X_{t-11} -$$

$$-0.86\hat{H}_{t+2} + 0.40\hat{H}_{t+1} + 0.65H_{t-10} - 0.18H_{t-11},$$

$$\dots \dots \dots \quad (16)$$

$$\hat{X}_{t+4} = 0.67\hat{X}_{t+3} + 0.78\hat{X}_{t+2} - 0.53\hat{X}_{t+1} -$$

$$-0.86\hat{H}_{t+4} + 0.40\hat{H}_{t+3} + 0.65\hat{H}_{t+2} - 0.18\hat{H}_{t+1},$$

$$\dots \dots \dots$$

როგორც (16) ტოლობებიდან ჩანს, გადამცემი ფუნქციით  $\hat{X}_t(\ell)$  პროგნოზირებისათვის გვჭირდება შემავალი პროცესის ( $H_t$ ) დროითი რიგის არა მარტო წევრები, არამედ მათი პროგნოზებიც, რისთვისაც ვიყენებთ  $H_t$ , როგორც "წინსწრები ინდიკატორის" ადრე იდენტიფიცირებულ, ავტორეგრესიულ მოდელს (იხ. ამავე ჟურნალში წინა სტატია).

$$\hat{H}_{t+\ell} = 0.52H_{t+\ell-1} + 0.89H_{t+\ell-12} - 0.35H_{t+\ell-13} - 24.6 + a_t \quad (17)$$

(17) მოდელით პროგნოზირებულ  $\hat{H}_t(\ell)$  სიდიდეებს ვიყენებთ (16) რეკურენტულ ტოლობებში  $\hat{X}_t(\ell)$  პროგნოზების გამოსათვლელად.  $t=97$ -დან დაწყებული პროგნოზები  $t=120$  ჩათვლით (ორი წლის პროგნოზი თვიური ინტერვალებით) მოცემულია მე-2 ნახ-ზე წერტილოვანი ხაზით. გადამცემი ფუნქციით პროგნოზირებული სიდიდეების სკშ შეადგენს  $\sigma_e = 7.6''$ , ხოლო ნარჩენი შეცდომებისა -  $\sigma_a = 7.1''$ . ამ მონაცემებით და  $\Psi_t$  წონითი კოეფიციენტებით, რომელთა დადგენა მოდელის პარამეტრებითაა შესაძლებელი, ვპოულობთ პროგნოზის შეცდომის დისპერსიას და 50 და 95%-იან ალბათურ ზღვრებს, რომლებშიც პროგნოზი თავსდება.

როგორც (16) ტოლობებიდან ჩანს, სისტემის გადამცემი ფუნქციით პროგნოზირებისათვის საჭიროა გვექონდეს რამდენიმე საწყისი მნიშვნელობა ანუ დროითი რიგის წინაისტორია. თუ არ გვაქვს, ე.ი. დროითი რიგის წევრები მთლიანად დახარჯულია მოდელის მისაღებად, მაშინ წინა წევრების ნაცვლად უნდა გამოვიყენოთ გადამცემ ფუნქციაში შემავალი პროცესების დროითი რიგების საშუალო სიდიდეები.

### 3. დასკვნა

ენგურის კაშხლის წყალსაცავში წყლის დონეთა და კაშხლის დინამიკური პროცესის პერიოდული დროითი რიგების ანალიზის საფუძ-

ველზე მიღებულია შემავალი (წყლის დონე) და გამომავალი (კაშხლის მოძრაობა) პროცესების გადამცემი ფუნქცია, რომლის გამოყენება შესაძლებელია პროცესის პროგნოზირებისათვის მისი რეგულირებისა და სტაბილიზაციის მიზნით.

### ლიტერატურა

1. Дж. Бокс, Г.Дженкинс. Анализ временных рядов. Вып.1 Прогноз и управление. М.: Мир, 1974.
2. Р.Фишер. Статистические методы для исследователей. М.: Госстатиздат, 1958.
3. А. Хальд. Математическая статистика с техническими приложениями. М.: УИП, 1956.

UDC 519.242

## MODELLING OF ENGURI DAM DYNAMIC PROCESS BY TRANSMISSION FUNCTION

M. Meskhi, V. Abashidze, G. Chiaureli, T. Papava

Department of engineering geodesy and geoinformation, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There is described the identification of Enguri dam dynamic movement by transmission function on the basis of analysis of temporary rows. There is obtained the model of transmission function of intake-output process for prognostication of the dam slope indices with the aim of regulating the process.

**Key words:** intake process; output process; transmission function; mutual correlation; perturbation; residue error; prognosis error.

УДК 519.242

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИНГУРСКОЙ ПЛОТИНЫ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИЕЙ

Месхи М.А., Абашидзе ВТ., Чиаурели Г.Г., Папава Т.Г.

Департамент геодезии и геоинформатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Изложена идентификация динамического процесса Ингурской плотины передаточной функцией на основе анализа временных рядов. Получена модель передаточной функции процесса вход-выход для прогнозирования показателей наклона плотины с целью регулирования процесса.

**Ключевые слова:** входной процесс; выходной процесс; передаточная функция; взаимная корреляция; возмущение; остаточная ошибка; ошибка прогноза.

*მიღებულია დასაბუჯდად 07.02.13*

**შპს 624.191.2****დიდგანივკვეთიანი გვირაბების მშენებლობა სუსტ ქანებში****ი. გუჯაბიძე\*, ზ. ლებანიძე\*\*, ა. გონილეიშვილი, რ. მუჯანაძე**

სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: i.k.gujabidze@gmail.com, zlebanidze@mail.ru

**რეზიუმე:** მოცემულია საქართველოს საავტომობილო და სარკინიგზო გვირაბების ჩამონათვალი, რომელთა მშენებლობა და რეაბილიტაცია განხორციელდა ბოლო წლებში. მოკლედ აღწერილია ასევე გამოყენებული მეთოდები. დეტალურად არის განხილული „ძველი ავსტრიული“, „ახალი ავსტრიული“, „ნორვეგიული“ და „ადეკოს“ მეთოდები. ნაშრომში აღნიშნულია, რომ დღეისათვის სუსტ ქანებში დიდი განივკვეთის გვირაბების გაყვანისათვის ძირითადად გამოიყენება „ახალი ავსტრიული“ და „ნორვეგიული“ მეთოდები, რომლებიც უზრუნველყოფს გაყვანის სამუშაოების უსაფრთხოდ წარმოებას და მნიშვნელოვნად ამცირებს მშენებლობის ვადებს და დანახარჯებს.

**საკვანძო სიტყვები:** დიდგანივკვეთიანი გვირაბების მშენებლობა; საავტომობილო და სარკინიგზო გვირაბები; ძველი ავსტრიული; ახალი ავსტრიული (NATM) და ნორვეგიული (NTM) მეთოდები; „ადეკოს“ მეთოდი; სამუშაოების უსაფრთხოდ წარმოება; მშენებლობის ვადები და დანახარჯები.

**1. შესავალი**

სატრანსპორტო დანიშნულების დიდგანივკვეთიანი გვირაბების მშენებლობამ საქართველოში დიდი აქტუალობა შეიძინა, რაც დაკავშირებულია არსებული სარკინიგზო და საავტომობილო მაგისტრალების რეაბილიტაცია-რეკონსტრუქციასა და ახლის გაყვანასთან. განსაკუთრებით აღსანიშნავია თბილისის შემოსავლელი ახალი სარკინიგზო ხაზის, თბილისი-სენაკი-ღესეღიძის, ქობულეთისა და ბათუმის შემოსავლელი საავტომობილო გზების მშენებლობა, 2010 წელს სენაკი-ფოთი-სარფის საავტომობილო გზის 89-ე კმ-ზე მშენებარე 657 მ სიგრძის ორი ცალმხრივი მოძრაობისათვის განკუთვნილი საავტომობილო გვირაბი, 2011 წელს დასრულდა თბილისი-სენაკი-ღესეღიძის საავტომობილო გზის სვენეთ-რუისის მონაკვეთზე მშენებარე 783 და 771 მ სიგრძის ორი ცალმხრივი მოძრაობისათვის განკუთვნილი საავტომობილო გვირაბი, ამავე წელს დასრულდა

1750 მ სიგრძის რიკოთის საუღელტეხილო საავტომობილო გვირაბის რეაბილიტაცია. აღნიშნული გვირაბები აღჭურვილია ვენტილაციის, განათების, ტრანსპორტის მოძრაობის მართვის, რეგულირებისა და უსაფრთხოების თანამედროვე ევროპული სტანდარტების შესაბამისი მოწყობილობებით და აპარატურით. ქობულეთისა და ბათუმის შემოსავლელი გზების პროექტებით გათვალისწინებულია 6 ახალი გვირაბის მშენებლობა. დასრულებული და მშენებარე გვირაბების პროექტების შედგენასა და განხორციელებაში ქართულ კომპანიებსა და სპეციალისტებთან ერთად მონაწილეობდნენ გერმანული, შვეიცარიული, იტალიური, ესპანური, სამხრეთ-კორეული, ჩინური, იაპონური, თურქული, ფრანგული და სხვა ქვეყნების საპროექტო კომპანიები და სპეციალისტები. შესაბამისად, პროექტების დამუშავებისას გამოყენებულია მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნების თანამედროვე მიღწევები გვირაბების მშენებლობის საქმეში.

**2. ძირითადი ნაწილი**

გვირაბები სვენეთ-რუისის მონაკვეთზე აშენდა ახალი ავსტრიული მეთოდით (NATM), რომელიც განკუთვნილია გვირაბების გასაყვანად სუსტ, ნაკლებად მდგრად ქანებში. ამ მეთოდით არის დაგეგმილი ახალი გვირაბების გაყვანა ქობულეთისა და ბათუმის შემოვლითი საავტომობილო გზების მშენებლობის პროექტებით. ამავე მეთოდით იქნა გაყვანილი გვირაბები თბილისის შემოსავლელ ახალ სარკინიგზო მაგისტრალზე. მეთოდის თანახმად, გამონამუშევარს თავდაპირველად ამაგრებენ ჩაკეტილი კონტურის მქონე ლითონის არმატურის ბადეებით დაარმატურებული ნაშხებეტონის პირველადი სამაგრი, რომლის გაძლიერება, საჭიროების შემთხვევაში, ხორციელდება თვითმბურღავი ანკერებით და ლითონის სხვადასხვა (ორტესებრი, შველერი და სხვა) ძელისგან დამზადებული ჩარჩოებით. სამთო წნევის და გვირაბის კონტურის დეფორმაციების სტაბილიზირების შემდეგ ამოჰყავთ ბეტონის ან რკინაბეტონის მუდმივი სამაგრი. პირველად და მუდმივ სამაგრს შორის აწყობენ ჰიდროსაიზოლაციო მემბრანას,



რომელიც გამორიცხავს გვირაბში გრუნტის წყლის შემოდინებას.

ახალმა ავსტრიულმა მეთოდმა (NATM) დასახელება, როგორც [1] ნაშრომშია აღნიშნული, მიიღო ძველი ავსტრიული მეთოდის ნაცვლად, რომელიც გასული საუკუნის 60-ანი წლების ლიტერატურაში იყო აღწერილი და გამოიყენებოდა გვირაბების გასაყვანად სუსტ, არამდგრად ქანებში. მოგვიანებით მას უწოდეს გვირაბების სრული კვეთით გაყვანის მეთოდი. ძველი ავსტრიული მეთოდით გვირაბების მშენებლობისას, ისევე, როგორც ახალი ავსტრიული მეთოდის გამოყენებისას, სანგრევის გახსნა და ქანის დამუშავება ხდებოდა ეტაპობრივად, საფეხურებად, რომელთა სანგრევის თაღისა და გვერდების გამაგრება თავდაპირველად ხდებოდა მარაოსებრი ხის ჩარჩოებით, ხოლო მოგვიანებით ამოჰყავდათ ბეტონის მონოლითური სამაგრი მთელ კონტურზე. ახალი ავსტრიული მეთოდით გვირაბების მშენებლობისას, ძველისგან განსხვავებით, გამოიყენება დამთმობი დროებითი სამაგრი, რომელიც ეწეობა ლითონის ბადეებით დაარმატურებულ ნაშხეფბეტონისაგან, რომლის გაძლიერება საჭიროებისამებრ ხდება ლითონის სხვადასხვა პროფილისაგან დამზადებული ჩარჩოებისა და ანკურების დახმარებით, იმავდროულად მიმდინარეობს დროებითი სამაგრის და გარემომცველი მასივის დაძაბული მდგომარეობის და დეფორმაციების სისტემატური ინსტრუმენტული დაკვირვებები, რომელთა საფუძველზე ხდება დროებითი სამაგრის კონსტრუქციის კორექტირება.

ამჟამად დიდგანიკვეთიანი სატრანსპორტო გვირაბების მშენებლობისას ნახევრად კლდოვან და სუსტ ქანებში ფართო გამოყენება პოვა ნორვეგიულმა მეთოდმა (NTM), რომელიც თავდაპირველად დამუშავებული იყო გვირაბების გასაყვანად ძლიერ დაბზარულ, მაგარ კლდოვან ქანებში [1, 2, 3]. ამ შემთხვევაშიც დამთმობი დროებითი სამაგრი ეწეობა ლითონის ბადეებით დაარმატურებული სხვადასხვა სისქის ნაშხეფბეტონისაგან. გასული საუკუნის ბოლოს ამ მეთოდის გამოყენება წარმატებით დაიწყო გვირაბების მშენებლობისას სუსტ არამდგრად ქანებში, რასაც ხელი შეუწყო ფოლადის ფიბრით დაარმატურებული ნაშხეფბეტონის დანერგვამ. ამ უკანასკნელმა მნიშვნელოვნად შეამცირა დაარმატურებული პირველადი ნაშხეფბეტონის სამაგრის მოწყობის ხანგრძლივობა, რადგან, ამ შემთხვევაში, საჭირო აღარ არის ფოლადის არმატურის ბადეების მო-

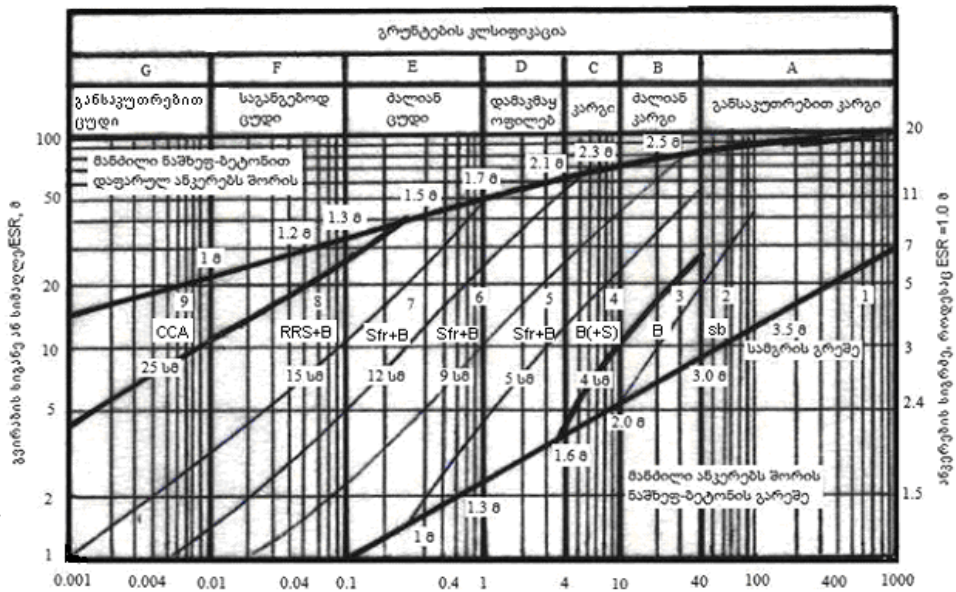
წყობა. გვირაბების მშენებლობის ნორვეგიულ ხერხს საფუძველად უდევს Q ტესტირების მეთოდი, რაც გულისხმობს ასაშენებელი გვირაბის გარემომცველ ქანთა მასივის გეოლოგიური და გეოტექნიკური მახასიათებლების ზედმიწევნით ზუსტ კლასიფიკაციას RQD (Rock Quality Determination) ანუ ქანთა მასივის მდგომარეობის ზუსტ შეფასებას და შესაბამისი სამაგრი კონსტრუქციის შერჩევას. ნორვეგიის გეოტექნიკური ინსტიტუტის მეცნიერების მიერ მიწისქვეშა ნაგებობების მშენებლობის მრავალრიცხოვანი მონაცემების ანალიზისა და სტატისტიკური დამუშავების შედეგად შედგენილი იქნა ნორვეგიული მეთოდის Q სისტემის ნომოგრამა (ნახ.1). RQD კლასიფიკაციის თანახმად, ქანთა მასივის ხარისხის შეფასება ხდება ამ უკანასკნელში გაზურდილი კერნების გამოსავალი რაოდენობის მიხედვით – რაც მეტია კერნის გამოსავალი, მით ნაკლებია ბზარები, რღვევები და სიცარიელები ქანთა მასივში. ქანთა მასივის მდგრადობის შესაფასებლად RQD-ს გარდა საჭიროა განისაზღვროს ქანების მასივის ბზარიანობის ხარისხის მაჩვენებელი (Jn), ბზარების შემავსებელი მასალის მახასიათებელი (Jr), ქანების მასივის და სამაგრის კონტაქტზე შეუკავშირებელი ქანების მახასიათებელი (Ja), ქანების მასივის გაწყლოვანების და წყლის წნევის მახასიათებელი (Jw) და მასივის საწყისი დაძაბული მდგომარეობის მახასიათებელი (SRE). ჩამოთვლილი მახასიათებლებით განისაზღვრება Q სიდიდე

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRE}$$

Q მნიშვნელობა იცვლება საკმაოდ დიდ დიაპაზონში: 0.001-დან (განსაკუთრებით სუსტი ქანებისათვის) 1000-მდე (მაგარი, კლდოვანი, დაუბზარავი ქანებისათვის).

გვირაბის სამაგრის კონსტრუქციის დაზუსტებისას გვირაბის სივანის ან სიმაღლის კორექტირება ხდება SRE სიდიდეზე გაყოფით. ამ უკანასკნელის რიცხვითი მნიშვნელობის სიდიდე დამოკიდებულია მიწისქვეშა ნაგებობის ექსპლუატაციის უსაფრთხოების დონეზე და შეადგენს: მიწისქვეშა ატომური ელექტროსადგურებისათვის, რკინიგზის სადგურებისა და გაზის მაგისტრალური მილსადენებისათვის – 0.5–0.8; მაგისტრალურ ტრასებზე ასაშენებელი სარკინიგზო და საავტომობილო გვირაბებისათვის – 0.9–1.1 და მეორეხარისხოვანი გზებისა და დამხმარე გვირაბებისათვის – 1.2–1.3.

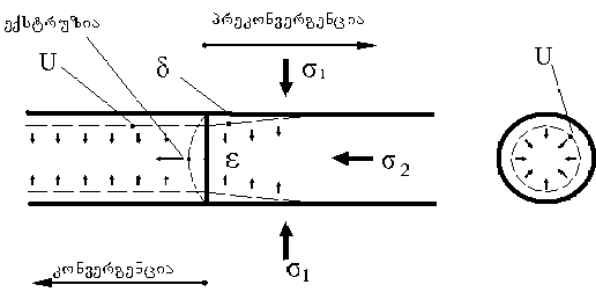




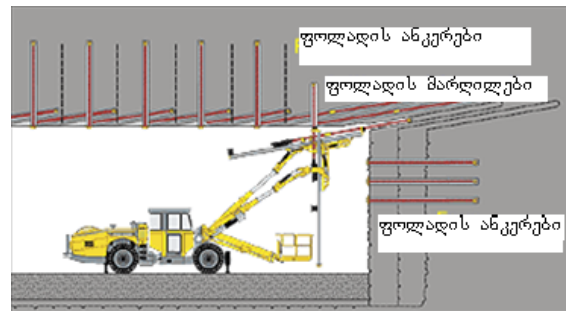
ნახ.1. ნორვეგიული მეთოდის Q სისტემის ნომოგრამა

1-გამაგრების გარეშე; 2-ანკურები (მცირე რაოდენობით); 3-ანკურების სისტემა; 4-ანკურების სისტემა და ნაშუფბეტონი; 5-7-ანკურების სისტემა და ფოლადის ფიბრით დაარმატურებული ნაშუფბეტონი; 8-ანკურების სისტემა, ფოლადის ფიბრით დაარმატურებული ნაშუფბეტონი და არმატურისგან დამზადებული თაღოვანი სამაგრი ჩარჩოები; 9-სანგრევის წინმსწრები სამაგრი მარგილები, ანკურების სისტემა, ფოლადის ფიბრით დაარმატურებული ნაშუფბეტონი და არმატურისგან დამზადებული თაღოვანი სამაგრი ჩარჩოები

ნორვეგიული მეთოდის გამოყენებისას, როგორც მსოფლიო გამოცდილება აჩვენებს, მნიშვნელოვნად იზრდება გვირაბების მშენებლობის ტემპი და, შესაბამისად, მცირდება ფინანსური დანახარჯები. მეთოდი, რომელიც ფართოდ გამოიყენება იტალიაში დიდგანიგვეთიანი სატრანსპორტო გვირაბების მშენებლობისათვის მთლიანი კვეთით სუსტ ქანებში ე.წ. „ადეკოს“ მეთოდი დაფუძნებულია გვირაბების გარემომცველი ქანების დეფორმაციებისა და დაძაბულობების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებზე [4]. გვირაბის გარემომცველი ქანების დეფორმაციები იწყება გვირაბის სანგრევის ხაზზე, ვრცელდება მასივის სიღრმეში და მოიცავს ექსტრუზიას, პრეკონვერგენციას და კონვერგენციას (ნახ.2).



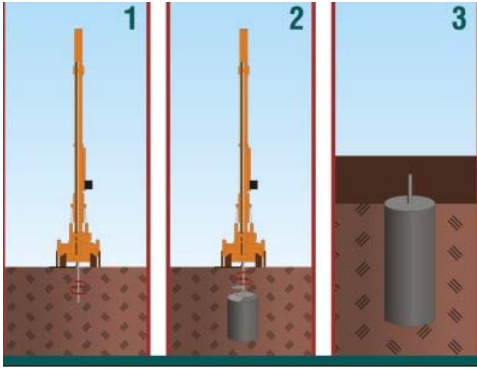
ნახ.2. გვირაბის გარემომცველ ქანთა მასივის დეფორმაცია 1 – ექსტრუზია (ε), 2 – პრეკონვერგენცია (δ) და კონვერგენცია (υ)



ნახ.3. გვირაბის სანგრევის სიახლოვეს მიმდებარე სუსტი ქანების გაძლიერება ფოლადის მარგილებით და ანკურებით



ნახ. 4. გვირაბის სანგრევის მინაბოჭკოვანი ანკურებით გაძლიერება



ნახ. 5. სუსტი გრუნტების გაძლიერება ჭავლური ცემენტაციით (Jet-grouting)

გვირაბის სანგრევის შუა ნაწილის დეფორმაციულ მახასიათებლებს (ექსტრუზია, პრეკონვერგენცია) და ქანთა მასივის დეფორმაციულ მახასიათებლებს (კონვერგენცია) შორის, მეთოდის დამუშავებულთა აზრით, პირდაპირი კავშირია ანუ უკანასკნელი გავლენას ახდენს პირველზე. აღნიშნულიდან გამომდინარე, გარემომცველი მასივის დეფორმაციული სურათის შეფასება ხდება სანგრევის ხაზზე ქანების დეფორმაციის (ექსტრუზია, პრეკონვერგენცია) მონიტორინგის შედეგების მიხედვით. ავტორთა აზრით, გვირაბების მშენებლობისას სუსტ ქანებში, რომლებიც ხასიათდება ქანთა მასივის მეტად რთული დაძაბული მდგომარეობით, კონვერგენცია დეფორმაციის ბოლო საფეხურია. ამდენად იგი შედარებით უკონტროლო მოვლენაა. რაც შეეხება ექსტრუზიას, ის ახასიათებს დეფორმაციის პირველ საფეხურს. შესაბამისად, მისი კონტროლისა და სათანადო პრევენციული ღონისძიებების გატარების შემთხვევაში შესაძლებელია განვითარდეს, ძირითადად, პრეკონვერგენციული პროცესები და არა გვირაბის ჩამოქცევა. ექსტრუ-

ზიის დროს შესაძლებელია პრევენციული ღონისძიებების გატარება ანუ „ადეკოს“ მეთოდის თანახმად, სანგრევის ხაზზე ქანების გაძლიერებით შესაძლებელია გარემომცველი ქანების არასასურველი დეფორმაციების აღკვეთა. სანგრევის ხაზზე ქანების გაძლიერება სხვადასხვა ხერხით ხდება: ფოლადის მარგილების ან მინაბოჭკოვანი ანკერებით, ჭავლური ცემენტაციით და სხვა (ნახ. 3, ნახ. 4 და ნახ. 5).

### 3. დასკვნა

დიდგანიგვეთიანი გვირაბების მშენებლობისას, ზემოთ განხილული მეთოდებიდან, დღეისათვის ყველაზე ხშირად გამოიყენება ახალი ავსტრიული და ნორვეგიული მეთოდები, რომლებიც ზრდის სატრანსპორტო გვირაბების გაყვანის სამუშაოების უსაფრთხოებას და მნიშვნელოვნად ამცირებს მშენებლობის ხანგრძლივობას და გაწეულ დანახარჯებს.

### ლიტერატურა

1. Фролов Ю.С., Мордвинов Ю.А. Современные методы сооружения тоннелей горным способом в слабых скальных и полускальных грунтах // Метро и тоннели, №2, 2006.
2. Barton, N., Lien, R. and Lunde, J. "Engineering Classification Of Rock Masses For The Design Of Tunnel Support", 1974.
3. Grimstad, E. and Barton, N. "Updating Of The Q System For NATM", 1993.
4. Lunardi, P The Bologna to Florence high speed rail connection. Design and construction aspects of the underground works. Gallerie Grandi Opere in Soterraneo, no.54. Florence to Bologna at high speed, Tunnels and Tunnelling International, April 1999.

## UDC 624.191.2

### CONSTRUCTION OF TUNNELS WITH A LARGE CROSS-SECTION IN THE SOFT ROCKS

I. Gujabidze, Z. Lebanidze, A. Gocholeishvili, R. Mzhavanadze

Department of mining technologies, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There is given the list of road and railway tunnels, that were constructed and rehabilitated in Georgia in the last years, also the brief description of applied methods. There is reviewed in detail "Old Austrian", "New Austrian" and "Norwegian" methods, as well as method "Adeco". There is noted, that at present mainly "New Austrian" and "Norwegian" methods are used for the construction of tunnels with a large cross - section in the soft rocks, that ensure safe implementation of tunneling works and substantially reduce the construction time and costs.

**Key words:** construction of tunnels with a large cross-section; road and railway tunnels; “Old Austrian”; “New Austrian” (NATM) and “Norwegian” (NTM) methods; method “Adeco”; ensure safe implementation of tunneling works; the construction time and costs.

УДК 624.191.2

## СТРОИТЕЛЬСТВО ТОННЕЛЕЙ С БОЛЬШИМ ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ В СЛАБЫХ ПОРОДАХ

**Гуджабидзе И.К., Лебанидзе З.Т., Гочолеишвили А.Т., Мжаванадзе Р.В.**

Департамент горных технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Приведен перечень построенных и реабилитированных в последние годы автодорожных и железнодорожных тоннелей в Грузии, также дано краткое описание применяемых методов строительства. Более подробно рассмотрены «староавстрийский», «новоавстрийский» и «норвежский» методы, а также метод «адеко», применяемые при строительстве тоннелей с большим поперечным сечением в слабых породах. В работе отмечено, что на сегодняшний день для сооружения тоннелей с большим поперечным сечением в слабых породах в основном применяются «новоавстрийский» и «норвежский» методы, которые увеличивают безопасность проведения проходческих работ и значительно сокращают сроки и расходы строительства.

**Ключевые слова:** строительство тоннелей с большим поперечным сечением; автодорожные и железнодорожные тоннели; «староавстрийский»; «новоавстрийский» и «норвежский» методы; метод «адеко»; безопасность проведения проходческих работ; сроки и расходы строительства.

*მიღებულია დასაბუჯდად 15.01.13*

შპს 627

### ჭიათურმანგანუმის საწარმოებში მომსახურე პერსონალის უსაფრთხოების დაცვის გზები და საშუალებები

**ნ. კიკნაძე, ნ. მექვაბიშვილი**

შრომის უსაფრთხოებისა და საგანგებო სიტუაციების მართვის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: n.kiknadze@alltours.ge

**რეზიუმე:** განხილულია ჭიათურმანგანუმის საწარმოებში მომსახურე პერსონალის უსაფრთხოების დაცვის გზები და საშუალებები, პროფესიული დაავადებების აღმოსაფხვრელად სამთო საწარმოებში უსაფრთხოების წესების დაცვის მეთოდები.

**საკვანძო სიტყვები:** ანთროპოგენური; სომატური; ემანაცია.

### 1. შესავალი

თანამედროვე პირობებში ეკოლოგიური პრობლემებისა და პროფესიული საქმიანობისას ადამიანის ორგანიზმზე მოქმედებს საწარმო გარემოს მრავალფეროვან ფაქტორთა კომპლექსი. ცნობილია, რომ ადამიანის შრომისუნარიანობა ძირითადად დამოკიდებულია მის ჯანმრთელობაზე, გარემო პირობებზე. ამავე დროს შრო-

მის პროცესში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მუშაობისა და დასვენების რეჟიმსაც.

შრომის პიგიენის ძირითადი ამოცანაა, მომსახურე პერსონალის პირობების გაუმჯობესების მიზნით, იმ მნიშვნელოვანი ღონისძიებების შემუშავება, რომლებიც წარმოების პირობებში მაქსიმალურად შეამცირებს პროფესიულ დაავადებებს. უნდა აღინიშნოს, რომ ჯანმრთელი ადამიანისათვის შრომა ფიზიკური და სულიერი მოთხოვნისაა. დადგენილია, რომ სამუშაო დღის განმავლობაში ადამიანის შრომისუნარიანობა ერთნაირი არ არის. როცა ადამიანი შედის მუშაობის რიტმში, მისი შრომის ნაყოფიერება თანდათან მატულობს და მაქსიმუმს აღწევს. მაქსიმალური შრომის ნაყოფიერების ხანგრძლივობა გრძელდება რამდენიმე საათს, რის შედეგადაც დადლა იწყება. მუშაობის პროცესში წარმოშობილი დადლა შეიძლება შემცირებულ იქნეს პერიოდული შესვენებით. არსებული გამოკვლევების თანახმად, მაღალი შრომის მწარმოებლობის შესანარჩუნებლად აუცილებელია მუშაობაში თანდათანობით ჩაბმა, მუშაობის რიტმულობა.

## 2. ძირითადი ნაწილი

მსოფლიოში ტექნოლოგიური და ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენის გამო, ინტენსიურად მიმდინარეობს გარემოს რადიაციული დაზიანება. ამ და სხვა მავნე ფაქტორებითაა შექმნილი ის გარემოება, რომ მნიშვნელოვნად იმატა ონკოლოგიურმა დაავადებებმა.

რადიოაქტიური დასხივება ორგანიზმში იწვევს სისხლწარმოქმნელი ორგანოების ფუნქციის მოშლას, ორგანიზმის იმუნიტეტის დაქვეითებას. რადიოაქტიური ეფექტი შეიძლება იყოს სომატური და გენეტიკური. სომატური ეფექტი ვლინდება სხივური დაავადებების, სისხლის გათეთრების – ლეიკოზის, ავთვისებიანი წარმონაქმნის სახით. გენეტიკური ეფექტი კი ვლინდება შემდგომ თაობებში. რადიაციის ზემოქმედების ხარისხი დამოკიდებულია იმ ვითარებაზე, ადამიანი დასხივდა გარემოდან თუ რადიოაქტიურმა ნივთიერებამ ორგანიზმში შეაღწია ჩასუნთქული ჰაერის მეშვეობით. ზოგიერთი ნივთიერება გროვდება ადამიანის ორგანიზმში, რაც ზრდის რადიაციის დონეს და მისი გამოყვანა ორგანიზმიდან რთულია. ორგანიზმი სხვადასხვანაირად ითვისებს რადიოაქტიურ ქიმიურ ელემენტებს. მაგალითად, Ra 226

ელემენტს, კალციუმს, რადონს, ფოსფორს ითვისებს ადამიანის ძვლოვანი სისტემა, იოდს კი – ფარისებრი ჯირფლები. ეს უკანასკნელი შთანთქავს არარადიოაქტიურ იოდს სრულ გაჯერებამდე. განსაკუთრებით საშიშია Rn 222-ის მოქმედება სასუნთქ ორგანოებზე. მაღაროში მუშაობის დროს მნიშვნელოვანია მომსახურე პერსონალის მიერ ინდივიდუალური დამცავი საშუალებების გამოყენება, ასევე ვენტილაციის რეჟიმი. წყლებსა და ჰაერში ემანაციის შემცველობის შესწავლა. ყოველივე ამისათვის ჭიათურმანგანუმის საწარმოებში მოვახდინეთ: 1. ქიმიური და რადიოაქტიური ანალიზისათვის წყლის ნიმუშების აღება და ანალიზი. 2. ნაბურღიდან ქანების ნიმუშების აღება; 3. ბურღვის დროს მაღაროს ჰაერში მტერის ნაკადის რადიოაქტიურობის განსაზღვრა. უნდა აღინიშნოს, რომ ზედაპირის გაზრდის დროს მინერალში წარმოშობილი რადონის ნაწილი აღწევს კაპილარებსა და ფორებში, ჰაერთან და წყალთან კონტაქტისას, როდესაც ქანი შიშვლდება, არსებული საუკუნეობრივი წონასწორობის მდგომარეობა ირღვევა. მაღაროში სამთო სამუშაოების გაფართოებასთან ერთად Rn 222-ის რაოდენობა იზრდება.

წლების განმავლობაში ჭიათურმანგანუმის საბადოზე მუშაობდნენ საქ. გეოლოგიური სამმართველოს, გეოფიზიკის ინსტიტუტის და პოლიტექნიკური ინსტიტუტის მეცნიერი თანამშრომლები. მათი მონაცემების თანახმად, საბადოში აქტიურობა არ აღემატება 7–8 გამას. გამონაკლისია ქვიშოვანი დანალექი ქანები, რომელთა აქტიურობა 20–25 გამას აღწევს. მაღაროს ცალკეულ წერტილებში საველე სამუშაოების შესრულებისას გეოფიზიკის ინსტიტუტის და ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომლები ერთად ზომავდნენ ჰაერის ტემპერატურას, ტენიანობას, Ra 226-ის და Rn 222-ის შემცველობას. საწარმოებში სამუშაოების გადიდებასა და გაშიშვლებული ზედაპირის გაფართოებასთან ერთად ხდება რადონის დებიტის გაზრდა. ამავე დროს არ არის გამორიცხული ახლო მცხოვრები მოსახლეობის ჯანმრთელობის გაუარესება. დასხივებისადმი ყველაზე მგრძობიარეა უჯრედები, რომლებიც იმყოფება დაყოფის პროცესში.

ქრომოსომების დაზიანება და მათში ცვლილებების გამოწვევა ხდება დასხივების მეტად მცირე დოზის დროსაც კი. უმნიშვნელო ცვლი-



ლებებიც კი გამოუსწორებელია და, ზოგ შემთხვევაში, უჯრედის სიცოცხლესთან შეუთავსებელი. ჩასუნთქული დოზის გაანგარიშებისას მხედველობაშია მისაღები: ა) ორგანიზმში მოხვედრილი იზოტოპების რაოდენობა; ბ) მათი რაოდენობა; გ) დასხივებული ქსოვილის მოცულობა.

რისკის შესამცირებლად შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს შემდეგი პროფილაქტიკური ზომები:

1) ჭიათურმანგანუმის საწარმოებში უნდა ხდებოდეს მომსახურე პერსონალის რეგულარული სამედიცინო შემოწმება;

2) ავტომატიზაცია და რობოტების გამოყენება;

3) ტექნიკური პროცესის სრული ავტომატიზაცია;

4) ინდივიდუალური თავდაცვის საშუალებების გამოყენება;

5) საშიშროების გამაფრთხილებელი ნიშნები;

6) სანიტარიულ-ეპიდემიოლოგიური და სისტემური დაკვირვება მომსახურე პერსონალზე;

7) მომსახურე პერსონალის რეგულარული და მუდმივი ზედამხედველობა, მწარმოებელი მოწყობილობების და სამუშაო ადგილების შემოწმება;

8) უზრუნველყოფა, რომ მუშები მოწყობილობების სპეციფიკურ ნაწილებს უსაფრთხოების პროცედურების შესაბამისად იყენებდნენ;

9) მოწყობილობების ყველა ნაწილის რეგულარული გასუფთავება და შეკეთება;

10) საკმარისი სივრცის უზრუნველყოფა მუშების იოლი გადაადგილებისათვის;

11) დასასვენებელი ადგილების მოწყობა;

12) სამკურნალო პროფილაქტიკური ღონისძიებების ჩატარება.

ვინაიდან რადონი და მისი დაშლის ხანმოკლე პროდუქტები უმთავრესი ტოქსიკური რადიოაქტიური ელემენტებია, რომელთა მომატებული კონცენტრაცია ჭიათურმანგანუმის საწარმოებში მეტად საზიანოა მომუშავე პერსონალისათვის, საჭიროა წარმოების ატმოსფეროში სამუშაო პირობების შესაქმნელად მტვერსაწინააღმდეგო და რადონსაწინააღმდეგო ღონისძიებათა სისტემატური განხორციელება. მტვერსაწინააღმდეგო ღონისძიებები უნდა იქნეს განხორციელებული იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც რადონის კონცენტრაცია მოსალოდნელი არ არის.

ვინაიდან საწარმოებში მტვრის წარმოშობის მთავარი წყარო ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოებია, ამიტომ უნდა დაინერგოს დამუშავების ის სისტემები, რომლებიც მოითხოვს ნაკლებ ბურღვით სამუშაოებს. სამუშაო ისე უნდა წარიმართოს, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს ეფექტური ვენტილაცია, რისთვისაც საჭიროა მაღაროში შემოვიდეს სუფთა ჰაერის ისეთი რაოდენობა, რომელიც მტვრის კონცენტრაციას გააიშვიათებს.

### 3. დასკვნა

განხილულია ჭიათურმანგანუმის საწარმოებში მომსახურე პერსონალის უსაფრთხოების დაცვის გზები და მათი დაცვა საწარმოში არსებული სხვადასხვა მომწამვლელი ნივთიერებისაგან.

სამთო საწარმოებში უსაფრთხოების წესების დაცვას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება პროფესიული დაავადებების აღმოსაფხვრელად.

ჩატარებული გამოკვლევების ანალიზის შედეგად შეგვიძლია ვთქვათ, რომ უსაფრთხოებისა და საგანგებო სიტუაციებისათვის მზადყოფნა აუცილებელია საწარმოში ნორმალური სამუშაო პირობების შესაქმნელად.

### ლიტერატურა

1. ნ. მექვაბიშვილი და სხვები. მშენებლობა და გარემო. I და II ნაწილი. თბილისი: სტუ, 2006 წ.
2. დ. თევზაძე, ნ. მექვაბიშვილი, ნ. რაზმაძე. შრომის დაცვა. თბილისი: სტუ, 2006 წ.
3. ლ. ჩხეიძე და სხვები. ზოგადი და სამშენებლო ეკოლოგიის საფუძვლები. თბილისი: სტუ, 2005 წ.
4. ლ. ჩხეიძე, ნ. ჯვარელია. შრომის დაცვა. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2011 წ.
5. ე. მექმარიაშვილი. საინჟინრო-სამშენებლო ხელოვნების სპეციალური ზოგადი კურსი. თბილისი: საქართველოს სამხედრო-საინჟინრო აკადემია, 2005 წ.
6. ნ. მაჭავარიანი, ა. ნევეროვი, მ. ჯიქია. საგანგებო სიტუაციები. თბილისი: სტუ, 2008 წ.

---

**UDC 627****WAYS AND MEANS FOR DEFENCE OF THE SERVICE PERSONNELS SAFETY AT THE CHIATURMANGANES ENTERPRISES****N. Kiknadze, N. Mekvabishvili**

Department of management of labour safety and extraordinary situations, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There is described ways and means for defence of service personnels safety at the Chiaturmanganes enterprises. There are given methods of protection the rules of the safety at the mining enterprises for the eradication of professional diseases

**Key words:** anthropogenic; somatic; emanation.

---

**УДК 627****ПУТИ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА, РАБОТАЮЩЕГО НА ПРЕДПРИЯТИЯХ “ЧИАТУРМАРГАНЦА”****Кикнадзе Н. Т. , Меквабишвили Н. З.**

Департамент управления чрезвычайными ситуациями и безопасности труда, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Рассмотрены пути защиты на горных производствах “Чиатурмарганца” обслуживающего персонала от воздействия различных отравляющих веществ.

В результате проведенного анализа на производстве созданы нормальные условия для обеспечения в чрезвычайной ситуации безопасности рабочих с целью предупреждения возможных профессиональных заболеваний.

**Ключевые слова:** антропогенный; соматический; эманация.

---

*მიღებულია დასაბუჯდად 17.01.13*



# ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის სექცია

შპს 577.15.1.158

რქმშავას ბარდაქმნა მეორეულ სპირტულ დუღილში

ს. კობალეიშვილი, მ. ძეკონსკაია

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: sofo\_s@yahoo.com

**რეზიუმე:** მეორეული სპირტული დუღილის პროცესში საფუერების საწარმოო შტამ Saccharomyces 39-ის მიერ შეითვისება და ნაწილობრივ გარდაიქმნება სადულარ არეში არსებული რქმშავა.  $1^{14}C$  რქმშავას ბიოტრანსფორმაციის პროდუქტები იდენტიფიცირებულია საფუარში, ღვინის ამინომჟავებსა და ორგანულ მჟავებში. შამპანიზაციის პროცესში რქმშავას ნახშირბადოვანი ჩონჩხი ნაწილობრივ ნახშირორჟანგამდე იჟანგება.

**საკვანძო სიტყვები:** საფუერები; რქმშავა; ამინომჟავები; ორგანული მჟავები.

## 1. შესავალი

მეორეული სპირტული დუღილის პროცესში საფუერების საწარმოო შტამ Saccharomyces 39-ის მიერ შეითვისება და ნაწილობრივ გარდაიქმნება სადულარ არეში არსებული რქმშავა.  $1^{14}C$  რქმშავას ბიოტრანსფორმაციის პროდუქტები იდენტიფიცირებულია საფუარში, ღვინის ამინომჟავებსა და ორგანულ მჟავებში. შამპანიზაციის პროცესში რქმშავას ნახშირბადოვანი ჩონჩხი ნაწილობრივ ნახშირორჟანგამდე იჟანგება.

## 2. ძირითადი ნაწილი

სპირტული დუღილისას ყოველთვის წარმოიქმნება რქმშავა. დადუღებადი შაქრის დაახლოებით 0.5% იხარჯება რქმშავას წარმოქმნაზე. რქმშავა არის ნორმალური სპირტული დუღილის მეორეული პროდუქტი და მიიღება 0.7 – 1.0მლ რაოდენობით. მისი წარმოშობის წყარო შაქარი და ვაშლის მჟავაა [1, 2]. რქმშავას წარმოქმნაზე გავლენას ახდენს დუღილის პირობები და გამოყენებული საფუერის შტამებიც [3]. ამავდროს ნახევრები, რომ რქმშავას ნახშირბადო-

ვანი ჩონჩხი მონაწილეობს საფუერის ნივთიერებათა ბიოსინთეზში, ყურძნის წველის სპირტული დუღილის დროს [3].

წარმოდგენილი სამუშაოს მიზანს შეადგენდა საფუერების მიერ რქმშავას გარდაქმნის შესაძლებლობათა გამოვლენა მეორეული სპირტული დუღილის პირობებში.

მეორეული სპირტული დუღილისათვის გამოყენებული იყო საფუერის საწარმოო შტამ Saccharomyces Vini 39-ის 48-საათიანი კულტურა, რომელიც კოლონიებს იძლევა და წარმოქმნის მარცვლოვან ნაღვეს.  $1^{14}C$  რქმშავა სატირაჟე ნაზავში შეიტანებოდა 23.1მგ-ის რადიოაქტიურობით 1 ლ ღვინომასალაზე. დუღილი მიმდინარეობდა  $14^{\circ}C - 16^{\circ}C$ -ის პირობებში. საფუერისა და ღვინის კომპონენტების ანალიზი ტარდებოდა ქრომატოგრაფიული, ავტორადიოგრაფიული და ქიმიური მეთოდების გამოყენებით [2,4]. იდენტიფიცირებული ნაერთების რადიოაქტიურობა განისაზღვრა LKB ტიპის სცინტილაციურ Rackbeta სპექტროფოტომეტრზე.

ჩვენ მიერ მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ არეში შეტანილი  $1^{14}C$  რქმშავას რადიოაქტიურობის 1/3 საფუერების მიერ შეითვისება და გარდაიქმნება მეორეულ სპირტულ დუღილში. დუღილის ბოლოს საფუერის ბიომასაში რჩება შეთვისებული და გარდაქმნილი რქმშავას რადიოაქტიურობის 2.5%, ხოლო რადიოაქტიური ლაქტატის 8.5 %  $CO_2$ -ის სახით გამოიყოფა. რქმშავას ტრანსპორტის მაქსიმალური სიჩქარე დამოკიდებულია pH-ის რაოდენობაზე. არადისოცირებული რქმშავა უჯრედში აღწევს მარტივი დიფუზიის გზით, პლაზმური მემბრანის საშუალებით.

ბიომასაში ჩართული რქმშავა აქტიურად ერთვება ამინომჟავათა ცვლაში და მონაწილეობს საფუერის ცილისა და თავისუფალი ამინომჟავების

სინთეზში (ცხრილი 1).  $^{14}\text{C}$  რქმეშავას შეთვისებ-  
სა და გარდაქმნის შედეგად საფუვრის ცილების  
ჯამურ ფრაქციაში რადიოაქტიური აღმონდა 7

ამინომეშავა, მათ შორის ძირითადი – სერინი, ას-  
პარაგინის მეშავა და ალანინი. თავისუფალ ამი-  
ნომეშავაში კი – ალანინი და ვალინი.

ცხრილი 1

**რადიოაქტიურობის განაწილება საფუვრის ამინომეშავებში  $^{14}\text{C}$  რქმეშავას  
ბიოტრანსფორმაციის დროს**

იდენტიფიცირებულ ამინომეშავათა რადიოაქტიურობა ფრაქციის საერთო აქტიურობიდან, %			
ცილის ამინომეშავები 87.3 %		თავისუფალი ამინომეშავები 12.7%	
სერინი	35.3	ალანინი	45.2
ასპარაგინის მეშავა	31.0	ვალინი	36.6
ალანინი	18.2	მეთიონინი	7.3
გლუტამინის მეშავა	4.3	პროლინი	3.8
ვალინი	2.7	X	2.6
ლეიცინი	1.1		

მეორეული სპირტული დუდილის პროცესში  
საფუვრების მიერ შეთვისებული რქმეშავას  
გარდაქმნის პროდუქტების ნაწილი ექსტრაქტულ

ნაერთებში გეხვდება. შამპანიზაციის ბოლოს  
დვინოში იდენტიფიცირებულია ძირითადი ორგა-  
ნული მეშავები და ამინომეშავები (ცხრილი 2).

ცხრილი 2

**რადიოაქტიურობის განაწილება დვინის ამინომეშავებსა და ორგანულ მეშავებში  $^{14}\text{C}$   
რქმეშავას ბიოტრანსფორმაციის დროს**

იდენტიფიცირებული ნაერთების რადიოაქტიურობა ფრაქციის საერთო აქტიურობიდან, %			
ორგანული მეშავები 89.5 %		ამინომეშავები 10.5 %	
ვაშლის მეშავა	70.1	ვალინი	76.8
გლიკოლის მეშავა	14.2	ალანინი	23.2
ფუმარის მეშავა	7.8		
ქარვის მეშავა	6.3		
მეაუნმეშავა	0.9		
X	0.7		

მათ ჯამურ ფრაქციებს შორის რადიოაქტი-  
ურობა არათანაბრად ნაწილდება: ამინომეშავები-  
დან იდენტიფიცირებულია მხოლოდ ვალინი და

ალანინი. ორგანული მეშავების ჯამური აქტი-  
ურობის ძირითადი ნაწილი ვაშლისა და გლი-  
კოლის მეშავებზე მოდის.

**3. დასკვნა**

რძემჟავას კარბოქსილური ნახშირბადი მონაწილეობს აგრეთვე აღდგენილების წარმოქმნაში.  $^{14}\text{C}$  რძემჟავას გარდაქმნის შედეგად რადიოაქტიური აღმოჩნდა ეთილის სპირტიც. თუ ამ გარდაქმნის რაოდენობრივ მხარეს წარმოვიდგენთ, მიახლოებით გაანგარიშებით მივიღებთ, რომ მეორეული სპირტული დუღილის პროცესში 290.8 მგ საფუარი ღვინოში არსებული და შეტანილი რადიოაქტიური ლაქტატის ჯამიდან დაახლოებით 130 მგ რძემჟავას გარდაქმნის. საფუარისა და ღვინოში იდენტიფიცირებული ნაერთების საბოლოო ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ინტენსიურ გარდაქმნებს რძემჟავა შაქრის ძირითადი ნაწილის დაშლის შემდეგ განიცდის. ამ გარდაქმნებ-

ში მონაწილეობს რძემჟავას, როგორც ტრიოზას ყველა ნახშირბადი დეკარბოქსილირებით მიღებულ ნახშირორჟანგთან ერთად.

**ლიტერატურა**

1. Дурмишидзе С. В. Биохимия. Тбилиси: Ганат-леба, 1977 г., с. 308-319.
2. Рылкин С.С. Микробиология. Москва: Просвещение, 1990 г., с. 209-215.
3. Мацек К. Хроматография на бумаге. Москва: Мир, 1990 г., с. 123-132.
4. Файель Ф. Капельный анализ органических веществ. Москва: Мир, 1989 г. 119-140.

UDC 577.15.1.158

**CONVERSION OF LACTIC ACID DURING SECONDARY ALCOHOLIC FERMENTATION****S. Kopaleishvili, M. Dzekonskaia**

Department of chemical and biological technologies, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** During secondary alcoholic fermentation *Saccharomyces vini* - 39 yeast streams assimilate and convert  $^{14}\text{C}$  - lactic acid. Carbon atoms of lactate are mainly involved in the synthesis of protein amino acids of yeasts and wine organic acids.

Conversion of lactic acid is accompanied by release of carbon dioxide.

**Key words:** yeast; lactic acid; amino acids; organic acids.

УДК 577.15.1.158

**ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ ПРИ ВТОРИЧНОМ СПИРТОВОМ БРОЖЕНИИ****Копалеишвили С. Г., Дзеконская М. Л.**

Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** В процессе вторичного спиртового брожения дрожжи *Saccharomyces vini* - 39 усваивают и преобразовывают  $^{14}\text{C}$  - молочную кислоту. Углеводородные атомы лактата, в основном, включаются в синтезе аминокислот белков дрожжей и органических кислот вина.

Преобразование молочной кислоты сопровождается выделением углекислого газа.

**Ключевые слова:** дрожжи; молочная кислота; аминокислоты; органические кислоты.

*მიღებულია დასაბუჯდად 27.12.12*

**შპს 577.151./158**

**ლიმონმჟავას ბარდაქმნა საფუვერების მიერ მიორეულ სპირტულ დუღილში**

**ს. კობაღეიშვილი\*, მ. ძეკონსკაია**

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: sofo\_s@yahoo.com

**რეზიუმე:** მეორეული სპირტული დუღილის პროცესში საფუვერების საწარმოო შტამი Saccharomyces vini – 39 აქტიურად ითვისებს ეგზოგენურ ციტრატს. საფუვერების მიერ შეთვისებული ლიმონმჟავას კარბოქსილური ნახშირბადის უპირატესი ნაწილი ნახშირორჟანგამდე იჟანგება. დუღილის ბოლოს ღვინოში გროვდება გარდაქმნის ძირითადი პროდუქტები: ქარვისა და გლიოქსალის მჟავები, აგრეთვე ორი ამინომჟავა – გლუტამინი და თრეონინი.

**საკვანძო სიტყვები:** საფუარი; ლიმონმჟავა; ორგანული მჟავები; ამინომჟავები.

**1. შესავალი**

მეორეული სპირტული დუღილის პროცესში საფუვერების საწარმოო შტამი Saccharomyces vini – 39 აქტიურად ითვისებს ეგზოგენურ ციტრატს. საფუვერების მიერ შეთვისებული ლიმონმჟავას

კარბოქსილური ნახშირბადის უპირატესი ნაწილი ნახშირორჟანგამდე იჟანგება. დუღილის ბოლოს ღვინოში გროვდება გარდაქმნის ძირითადი პროდუქტები: ქარვისა და გლიოქსალის მჟავები, აგრეთვე ორი ამინომჟავა – გლუტამინი და თრეონინი.

**2. ძირითადი ნაწილი**

შამპანურის ღვინომასალის მჟავიანობის შემცირებისას რეკომენდებულია ლიმონმჟავას შეტანა 1 გრამამდე ლიტრში. ამავე დროს ნაჩვენებია, რომ ღვინის საფუვერები კარგავს ლიმონმჟავას, ძმარმჟავას, პიროყურძენმჟავას, ქარვის მჟავას და ვაშლის მჟავასთან ერთად ერთ ორგანულ მჟავას სხვა მჟავად გარდაქმნის [6]. ამასთან, ციტრატი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს პასტერის ეფექტის, ე. ი. მადუღარი აქტიურობის სუნთქვით დათრგუნვის გამოვლინებაში, რადგან ლიმონმჟავა ფოსფორფურქტოკინაზის ალოსტერიული ინჰიბიტორია [1, 4, 5].

ცხრილი 1

**რადიოაქტიურობის განაწილება საფუვერის ამინომჟავებში <sup>14</sup>C ლიმონმჟავას გარდაქმნისას**

იდენტიფიცირებულ ამინომჟავათა რადიოაქტიურობა ფრაქციის საერთო აქტიურობიდან, %			
ცილის ამინომჟავები 89.7 %		თავისუფალი ამინომჟავები 10.3 %	
ვალინი	84.1	ვალინი	90.7
გლუტამინის მჟავა	7.8	გლუტამინის მჟავა	6.1
პროლინი	5.7	ასპარაგინის მჟავა	3.1
გლიცინი	2.4	სერინი	0.1

სრულიად განსხვავებული სურათი მიიღება ღვინის კომპონენტების ანალიზით. <sup>14</sup>C ლიმონმჟავას გარდაქმნის პროდუქტების უპირატესი

ნაწილი თითქმის თანაბრად ნაწილდება ღვინის ორგანულ მჟავებსა და ამინომჟავებს შორის (ცხრილი 2).

**რადიოაქტიურობის განაწილება ღვინის ამინომჟავებსა და ორგანულ მჟავებში  $^{14}\text{C}$  ლიმონმჟავას გარდაქმნისას**

იდენტიფიცირებული ნაერთების რადიოაქტიურობა ფრაქციის საერთო აქტიურობიდან, %			
ამინომჟავები 43.2 %		ორგანული მჟავები 56.8 %	
გლუტამინის მჟავა	41.2	ქარვის მჟავა	39.7
ორნიტინი	16.7	გლიოქსალატის მჟავა	39.5
ლეიცინი	10.8	ფუმარის მჟავა	13.9
ასპარაგინის მჟავა	9.8	გლიკოლის მჟავა	3.6
ჰისტიდინი	7.7	მჟაუნმჟავა	0.5
ალანინი	5.2	X	2.5
ვალინი	3.6		
მეთიონინი	3.1		
სერინი	1.9		

მაღულარ აგენტად გამოყენებული იყო საფუერის საწარმოო შტამი *Saccharomyces vini* – 39.

$^{14}\text{C}$  ლიმონმჟავა სატირაჟე ნაზავში შეტანილი იყო 23.1 მბკ რადიოაქტიურობის 1 ლიტრ ღვინო-მასალაზე. დუღილი მიმდინარეობდა პერმანენტულად დახურულ 0.8 ლ ბოთლებში  $14^0 - 16^0\text{C}$  ტემპერატურის პირობებში. საფუერისა და ღვინის კომპონენტების ანალიზი ტარდებოდა ძირითადი დუღილის დამთავრებისთანავე ქრომატოგრაფიული, ავტორადიოგრაფიული და ქიმიური მეთოდების გამოყენებით [4,5]. ღვინის ცალკეულ ამინომჟავათა იდენტიფიცირება არარადიოაქტიურ საკონტროლო ნიმუშებში ხდებოდა მაღალი წნევის თხევადი ქრომატოგრაფიის მეთოდის გამოყენებით. იდენტიფიცირებული ნაერთების რადიოაქტიურობა განისაზღვრებოდა LKB - ის ტიპის სცინტილაციურ Rackbeta სპექტროფოტომეტრზე.

ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები გვიჩვენებს, რომ მეორეული სპირტული დუღილის პირობებში ლიმონმჟავა დაჟანგვის მაღალი ხარისხით გამოირჩევა. რადიოაქტიური ციტრატის ნახევარზე მეტი  $^{14}\text{C}$  ნახშირორჟანგის სახით გამოიყოფა. დუღილის ბოლოს საფუარში შეთვისებული და გარდაქმნილი  $^{14}\text{C}$  ლიმონმჟავას

მხოლოდ 2.0 – 2.5 % გამოიყოფა. ციტრატის კარბოქსილური ნახშირბადის მონაწილეობით წარმოქმნილი საფუერის ამინომჟავური შედეგნილობა მეტად შეზღუდულია და ჯამური ფრაქციის მთელი რადიოაქტიურობის ძირითადი ნაწილი მხოლოდ ვალინზე მოდის (ცხრილი 1).

დუღილის დამთავრების შემდეგ ღვინოში აღმოჩნდა რადიოაქტიური ციტრატთან სინთეზირებული ცხრა ამინომჟავა, რომელთა ნახევარზე მეტი გლუტამინსა და თრეონინზე მოდის. ღვინის ორგანულ მჟავებში ქარვის მჟავას შემცველობა მაღალია. როგორც ჩანს, ჩვენს პირობებში სუქცინატის გაძლიერებულ სინთეზს იზოციტრატლიაზას აქტიურობის გაზრდა განაპირობებს, რაც შეინიშნება ეთანოლისა და აცეტატის თანაობისას მეორეულ სპირტულ დუღილში [2].

### 3. დასკვნა

ღვინის შამპანიზაციის პირობებში ეგზოგენური ციტრატის ნახშირბადოვანი ჩონჩხი რთულ ცვლილებებს განიცდის. საფუერის ციტოპლაზმური და მიტოქონდრიული ფერმენტული სისტემების ფუნქციონირების შედეგად არეში გროვდება როგორც დისიმილაციის, ასევე ასიმილაციის პროდუქტები, რომელთა შემდგომი გარ-

დაქმნა ცქრიალა ღვინის ფორმირების მომდევნო ტექნოლოგიურ სტადიებზე მიმდინარეობს.

### ლიტერატურა

1. Киртадзе Э.Г. Сообщения АН ГССР // Ганатлеба, № 3, Тбилиси, 1971 г.
2. Мацек К. Хроматография на бумаге. М.: Мир, 1990 г., с., 123-132.
3. Файель Ф. Кинетический анализ органических веществ, Москва: Мир, 1989 г., с. 119-140.
4. Безбородов А.М. Биохимические основы макробиологического синтеза. Москва: Просвещение, 1989 г., с. 101-110.
5. Глазугова Л.Н., Филогенова Т.В. Цикл трикарбонных кислот и механизмы его регуляции, Москва: Просвещение, 1995 г., с. 54-68.

UDC 577.151./158

## CONVERSION OF CITRIC ACID BY YEASTS DURING SECONDARY ALCOHOLIC FERMENTATION

S. Kopaleishvili, M. Dzekonskaia

Department of chemical and biological technologies, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** During secondary alcoholic fermentation *Saccharomyces vini* – 39 yeasts intensively assimilate citric acid. The great part of assimilated  $L1^{14}C$  - citrate is isolated as  $^{14}C$   $CO_2$ . owing to the conversion of exogenous citric acid by the end of fermentation there are mainly found out succinwte, glyoxylate, glutaminic acid and threonine in the medium.

**Key words:** yeast; citric acid; organic acids; amino acids.

УДК 577.151./158

## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ ДРОЖЖАМИ ПРИ ВТОРИЧНОМ СПИРТОВОМ БРОЖЕНИИ

Копалеишвили С.Г., Дзеконская М.Л

Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** В процессе вторичного спиртового брожения дрожжами *Saccharomyces vini* – 39 интенсивно усваивается лимонная кислота. Большая часть усвоенного  $L1^{14}C$  - цитрата поглощается в виде  $^{14}C$   $CO_2$ . За счёт превращения экзогенной лимонной кислоты к концу брожения в среде обнаруживаются главным образом сукцинат, глиоксилат, глютаминовая кислота и треонин.

**Ключевые слова:** дрожжи; лимонная кислота; органические кислоты; аминокислоты.

მიღებულია დასაბუჯდად 27.12.12



УДК 621.791.755

## ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОХЛАЖДЕНИЯ СОПЛА ПЛАЗМАТРОНА

З. В. Сабашвили\*, Д. Д. Тавхелидзе, З. Т. Мchedlishvili

Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава 77

E-mail: z\_sabashvili@gtu.ge

**Резюме:** Интенсивное развитие и внедрение плазменных технологий в разных отраслях промышленности требует проведения научных исследований для увеличения ресурса работы плазматронов. В предлагаемой работе рассмотрена и теоретически обоснована возможность применения дополнительного мероприятия, для интенсификации охлаждения сопла плазматрона. В частности, для интенсификации теплообмена между охлаждаемой жидкостью и наружной стенкой сопла предлагается ее поверхность сделать шероховатой, с целью создания специальных турбулизаторов в пограничном слое. Помимо этого, целесообразно, дополнительно к основному охлаждению, использовать пленочное охлаждение с внутренней стороны сопла.

**Ключевые слова:** плазматрон; сопло; турбулизация; ламинарный пограничный слой; шероховатость; пленочное охлаждение; число Рейнольдса; конвективный тепловой поток.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Использование плазменных технологий в разных отраслях промышленности растет с каждым днем. Это связано с теплофизическими свойствами плазменной дуги. Помимо ряда положительных свойств, существует и ряд недостатков, одним из которых является недостаточный ресурс работы плазменных генераторов плазматронов. В плазматронах большой тепловой нагрузке подвергаются катод и сопло, которые, как правило, охлаждаются водой. Например, в плазматронах прямого действия ресурс работы сопла составляет около трех часов, а в плазматронах косвенного действия еще меньше.

## 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В плазматронах для охлаждения применяется проточное наружное охлаждение сопла. Известно, что интенсивность теплообмена между стенкой сопла и водой зависит от характера движения в пограничном слое. При турбулентном пограничном слое теплота

переносится мощным механизмом - турбулентным обменом. Однако теплоперенос ограничивается образованием ламинарного подслоя на стенке сопла. При этом, с усилением турбулентности, например, при увеличении скорости потока, ламинарный подслоя становится тоньше, его термическое сопротивление уменьшается и теплообмен резко усиливается. Однако чрезмерное увеличение скорости потока ограничено, поскольку при этом увеличивается гидравлическое сопротивление охлаждающего тракта.

Для интенсификации теплообмена целесообразно создать искусственную турбулизацию потока в охлаждающем тракте путем создания специальных турбулизаторов в пограничном слое. Для этого необходимо поверхность наружной стенки сопла сделать шероховатой, для чего на стенке надо создать чередующиеся невысокие выступы различной формы. При обтекании таких выступов возникают местные отрывные течения с образованием местных вихревых зон. При этом пограничный слой сильно турбулизируется, в нем происходит разрушение ламинарного подслоя, снижается термическое сопротивление пограничного слоя и интенсифицируется теплообмен. Интенсификация теплообмена определяется особенностями течения вблизи шероховатой поверхности, которые зависят от относительного шага между выступами  $s/h$ , где  $s$  - расстояние между выступами,  $h$  - их высота. Известно, что при малом значении  $s/h$  в промежутке между выступами образуется одновихревое движение (рис. 1).

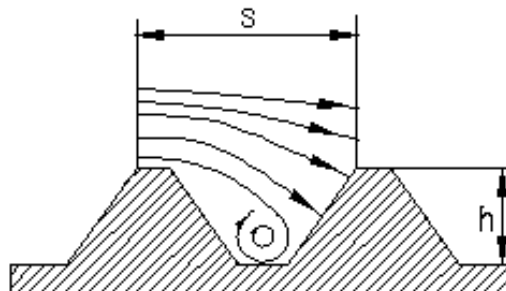


Рис. 1. Схематическая картина обтекания потоком шероховатой поверхности

При больших значениях  $S/h$  образуется сложное движение с двумя вихревыми зонами (рис. 2). Вихри располагаются вблизи граней выступов и затрагивают только часть течения, а в середине находится область турбулизированного потока, где вновь формируется разрушенный перед этим ламинарный подслой. При чрезмерном увеличении  $S/h$  интенсивность теплообмена падает, что объясняется тем, что вся поверхность обтекается невозмущенным потоком. Оптимальным значением относительного шага между бугорками можно считать  $S/h=12-14$ . При рационально выбранной шероховатости интенсивность теплообмена можно увеличить в 2 раза.

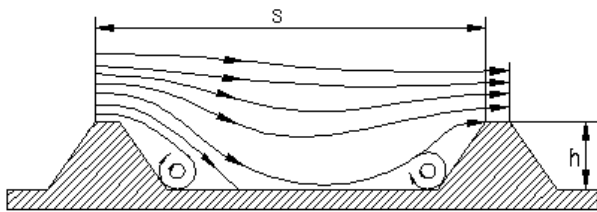


Рис. 2. Схематическая картина обтекания потоком шероховатой поверхности

Для максимального увеличения ресурса работы сопла, помимо того, что следует сделать поверхность наружной стенки сопла шероховатой, нами также предлагается, дополнительно к основному охлаждению, использовать пленочное охлаждение с внутренней стороны сопла (рис. 3).

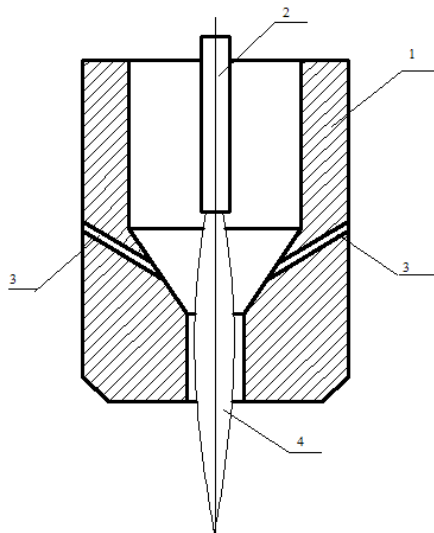


Рис. 3. 1 – Сопло. 2 – Катод. 3- Отверстия для подачи воды в сопло. 4 - Плазменная дуга

Надо отметить, что разрушение в основном происходит в канале сопла, где стабилизируется дуга. Интерес представляет расчет тепловых потоков при

взаимодействии плазменной дуги с водой и длины участка, вдоль которого вода нагревается и испаряется.

При впрыске жидкости на внутреннюю поверхность стенки сопла образуется движущаяся по ней пленка жидкости (воды). В начале участка на расстоянии  $L_{ж}$  вода в результате теплообменных процессов постепенно подогрывается и испаряется. Теплообменные процессы между плазменной дугой и водяной пленкой происходят путем конвективного и лучистого теплообмена, а также диффузией элементарных частиц. Ускорению процесса испарения также способствует частичное разбрызгивание воды, возникающее вследствие гидродинамической неустойчивости течения водяной пленки по стенке сопла и ее взаимодействия с газовым потоком, обтекающим плазменную дугу. Завеса на лучистый поток не оказывает существенного влияния, поскольку на участке испарения завеса имеет малую толщину и ее можно считать прозрачной, не ослабляя лучистый поток. На следующем участке лучистый поток слабеет, т.к. продуктами испарения являются недостаточно прозрачные многоатомные газы.

Наибольшее воздействие на завесу оказывает конвективный тепловой поток, действующий на внутреннюю стенку сопла, при этом на участке испарения жидкой пленки тепловой поток практически отсутствует. Это можно объяснить тем, что температура жидкости не превышает температуру кипения. На следующем участке конвективный тепловой поток определяется температурой и составом газообразных продуктов возле стенки сопла.

Длина участка испарения слоя воды определяется с помощью баланса теплоты. Количество тепла, передваемого при конвективной теплоотдаче, расходуется на подогрев водяной пленки до температуры кипения, испарения и диссоциации.

$$L_{ж} = \eta G_B / \pi D [c_B(T_K - T_0) / \alpha_K(T_{Г0} - T_{СТ}) + Q_B / \alpha_K(T_{Г0} - T_0)]. \quad (1)$$

Здесь  $\eta$  - коэффициент, учитывающий частичное разбрызгивание слоя на капли;

$G_B$  - расход воды;  $c_B$  - теплоемкость воды при средней температуре ( $T_{CP} = 0,5 \times (T_K + T_0)$ );

$T_0, T_K$  - начальная температура и температура кипения воды;

$T_{Г0}$  - температура газа в пристеночном слое;

$T_{СТ}$  - температура стенки при отсутствии завесы.

$\alpha_K$  - коэффициент конвективной теплоотдачи, который без учета завесы ( $q_{k0}$ ) вычисляется выражением

$$\alpha_K = q_{k0} / (T_{Г0} - T_{СТ}). \quad (2)$$

Кoeffიციენტი  $\eta$  დამოკიდებულია გიდროდინამიკის თვისებებისა და რეინოლდსის რიცხვისა:

$$Re = \rho_B V_B \delta_B / \mu_B, \quad (3)$$

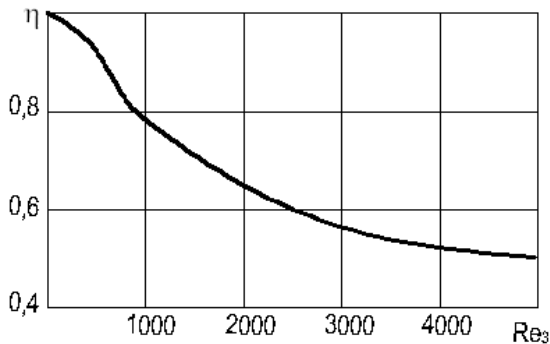
სადა  $\rho_B$  და  $\mu_B$  – სიმკვრივე და სიბლანდობა წყლის ფენაში;

$V_B$  და  $\delta_B$  – საშუალო სიჩქარე წყლის მოძრაობისა და ფენის სისქი.

ყველაფერს გათვალისწინებულ შემთხვევაში, მივიღებთ

$$Re = G_B / \pi D V_B. \quad (4)$$

რეინოლდსის რიცხვის მატებასთან ერთად სტაბილურობა სითხის ფენის, რადგან ზრდის ტურბულენტური შეთხრის ხარისხი. რის. 4-ში წარმოდგენილია კოეფიციენტის დამოკიდებულების გრაფიკი, რომელიც ითვალისწინებს ნივთიერების წვეთების დაშლის რაოდენობის ცვლილებას რეინოლდსის რიცხვის მიხედვით.



რის. 4. გრაფიკი კოეფიციენტის დამოკიდებულების შესახებ ნივთიერების წვეთების დაშლის რაოდენობის ცვლილების მიხედვით რეინოლდსის რიცხვის მიხედვით

რისკების მიზნების მისაღწევად უნდა გამოვიყენოთ შემდეგი რიგობა:

1. განსაზღვრავთ კონვექციური სითხის მიერ ნივთიერების დაშლის რაოდენობის (q<sub>კ0</sub>).

2. მიხედვით გეომეტრიკული მონაცემების კონკრეტული ნივთიერების, უნდა დავაინტერესდეთ დადგინებული სიგრძის ნივთიერების დაშლის რაოდენობით.

3. გრაფიკის დამოკიდებულების კოეფიციენტის, ითვალისწინებთ ნივთიერების დაშლის რაოდენობის ცვლილებას რეინოლდსის რიცხვის მიხედვით (რის. 4).

4. განსაზღვრავთ წყლის დანახავს (G<sub>B</sub>).

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

მიხედვით ზემოთაღებული შედეგებისა და შედეგების, რომლებიც მიზნების მიზნების მისაღწევად გამოვიყენეთ რეინოლდსის რიცხვის მიხედვით:

1. მიზნების მისაღწევად უნდა გამოვიყენოთ შემდეგი რიგობა: კონვექციური სითხის მიერ ნივთიერების დაშლის რაოდენობის (q<sub>კ0</sub>) და ნივთიერების დაშლის რაოდენობის ცვლილების მიხედვით რეინოლდსის რიცხვის მიხედვით.

2. მიხედვით ზემოთაღებული შედეგებისა და შედეგების, რომლებიც მიზნების მიზნების მისაღწევად გამოვიყენეთ რეინოლდსის რიცხვის მიხედვით:

### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А. П., Кудрявцев В. М. и др. Основы теории расчета жидкостных ракетных двигателей. М.: Высшая школа, 1983 г.
2. Иевлев В. П. Турбулентное движение высокотемпературных сплошных сред. М., 1975 г.
3. Тепловые характеристики плазменной дуги водяного пара // Сборник докладов IV Республиканской научно-технической конференции "Развитие процессов и технологии сварки в народном хозяйстве Грузии". Батуми, 1992 г.

შპს 621.791.755

## პლაზმატრონის საქმენის ბაზისების ინტენსიფიკაციის შესაძლებლობები

**ზ. სებასტიანი, დ. თაყაიშვილი, ზ. მჭედლიძე**

მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობის და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

**რეზიუმე:** პლაზმური ტექნოლოგიების ინტენსიური განვითარება და დანერგვა მრეწველობის სხვადასხვა დარგში მოითხოვს, პლაზმატრონის მუშაობის რესურსის გაზრდის მეთოდების შემუშავების მიზნით, სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების ჩატარებას. განხილულია და თეორიულად დასაბუთებულია პლაზმატრონის საქმენის ბაზისების ინტენსიფიკაციისათვის დამატებითი ღონისძიებების გამოყენების შესაძლებლობები. კერძოდ, მაცხებელ სითხესა და საქმენის გარე კედელს შორის თბოცვლის პროცესის ინტენსიფიკაციისათვის შემოთავაზებულია საქმენის ხორკლიანი ზედაპირის დამზადება, რაც სასარგებლო შერევა უზრუნველყოფს სპეციალური ტურბულიზატორების

შექმნას. ასევე, მიზანშეწონილია, ძირითად გაცივებასთან ერთად, დამატებით გამოვიყენოთ საქმუნის შიგა კედლის აფსკური გაცივება.

**საკვანძო სიტყვები:** პლაზმატრონი; საქმენი; ტურბულიზაცია; ლამინარული სასაზღვრო შრე; ხორკლიანობა; აფსკური გაცივება; რეინოლდსის რიცხვი; კონვექციური თბური ნაკადი.

**UDC 621.791.755**

## **THE POSSIBILITIES OF PLASMATRON NOZZLE COOLING INTENSIFICATION**

**Z. Sabashvili, D. Tavkheldize, Z. Mchedlishvili**

Department of metallurgy, material science and metal working, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** Intensive development and introduction of plasmatic technologies in different branches of industry needs scientific investigations for the development of the methods to increase plasmatron operation resource. The given work studies and theoretically substantiates the possibility of using additional measures for intensification of plasmatron nozzle cooling. In particular, for intensification of heat exchange between cooling liquid and outer wall of the nozzle it is proposed to make its surface rough, for creation of special turbulizers in interface. Besides, it is advisable to use in addition to the principal cooling the filmy cooling from the internal side of nozzle.

**Key words:** plasmatron; nozzle; turbulization; laminar interface; roughness; filmy cooling; Reynolds number; convective heat flux.

*მიღებულია დასაბუჯდად 31.01.13*

**УДК 541.1-16; 666. 293**

## **ПРИРОДА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕЗБОРНОЙ, БЕСФТОРИСТОЙ ЭМАЛИ С ПОВЕРХНОСТЬЮ СТАЛИ**

**И.Г. Зедгенидзе, А.В. Саруханишвили, М.Б. Капанадзе\*, М.Дж. Мшвиладзе**

Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава 77

E-mail: m.kapanadze@gtu.ge

**Резюме:** Проведенное исследование позволило установить идентичность явлений, протекающих в процессе сцепления безборных, бесфтористых эмалей и стали, и аналогичных результатов, полученных в теории и практике эмалирования. Кроме того, оно показало прямую зависимость интенсивности этих явлений от состава эмалей и ингредиентов, входящих в исходную

композицию, в частности от диоксида титана и хлорида натрия, а также высказать предположение о том, что  $TiO_2$  улучшает степень сцепления в условиях трансляции валентных связей и активации кислородных ионов, вызываемых хлоридом натрия.

**Ключевые слова:** эмаль; сталь; грунт; композит; хлорид натрия; стеклоэмаль; сцепление; диоксид титана.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В теории и практике эмалирования стальных изделий используются эмали, выполняющие роль буфера между стеклом и поверхностью стекла (грунт) и характеризующиеся вполне определенным набором оксидов. В состав грунта практически всегда входят  $V_2O_5$  и фториды, вводимые в исходную композицию посредством буры, борной кислоты, природных боросодержащих пород, простых и сложных фторидов.

Необходимость наличия  $V_2O_5$  и фторидов объясняется в основном их способностью снижать температуру плавления и склонность к кристаллизации, а также улучшать смачиваемость и растекаемость расплавов по поверхности стали, что, помимо иных положительных свойств, приобретаемых грунтом, способствует улучшению сцепления стекла с поверхностью стали. Однако введение в состав грунта  $V_2O_5$  и фторидов имеет свои отрицательные стороны. Наиболее существенными из них являются растущий дефицит боросодержащего сырья и фторидов и их токсичность, а также пролонгированная во времени бора и воздействующая на окружающую среду фторидов при приготовлении исходных композиций.

Анализ доступных нам источников информации, например [1-3], показал, что в создании отдельно безборных и бесфтористых эмалей достигнуты определенные успехи, тогда как практически отсутствует информация, касающаяся эмалей, не содержащих ни  $V_2O_5$ , ни фторидов.

### 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Нами были получены безборные, бесфтористые грунты путем применения в качестве основного сырья материалов техногенного происхождения – отходов горнообогатительной и стекольной промышленности вместе с другими ингредиентами исходной композиции. Они полностью соответствовали требованиям, предъявляемым к грунтовым покрытиям по стали. Однако невыясненным оставался вопрос о природе повышения сцепления грунта с поверхностью стали в результате ввода в исходную композицию хлорида натрия и диоксида титана.

Результаты проведенного систематического исследования нескольких десятков составов представлены в настоящей работе на примере трех из них (см. табл.).

Индекс грунта	Состав											
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO+K <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	CoO	NiO	Σ	Ce
GG-26	54,9	0,1	7,9	1,3	6,9	8,2	17,9	-	0,5	1,5	100,00	-
GGT-55	52,4	10,0	2,8	0,7	2,9	6,6	19,9	2,0	0,5	1,5	100,00	-
GGTS-75	51,7	9,8	2,7	0,7	2,8	6,4	21,2	2,0	0,5	1,5	100,00	1,6

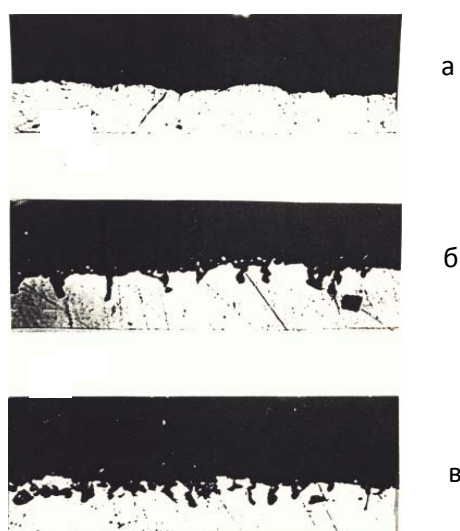
Указанные в таблице составы эмалей и эмалевые покрытия были получены в идентичных условиях варки, фриттования, составления шликеров, температур и длительности обжига покрытий.

Величина сцепления грунта со сталью определялась путем применения относительного количественного метода системы баллов, предложенного Институтом им. М. Планка, а исследование границы раздела опытных грунтовых эмалей и стали проводилось растровым электронным микроскопом «Нанолаб-7», оснащенный рентгеновским микроанализатором системы «Link», и с применением микрорентгеноспектрального анализа, проведенного с помощью электронного зонда типа «Самеса-М-46».

Комплексный анализ результатов определения прочности сцепления и характера разрушения стали под воздействием грунтов (рис. 1) показал, что и при низких значениях индекса сцепления протекают про-

цессы электромеханической коррозии, что согласуется с данными Л. Свирского [3] о многочисленности причин, вызывающих окислительно-восстановительные процессы на границе соприкосновения фаз.

Введение TiO<sub>2</sub> приводит к усилению взаимодействия грунта со сталью, что выражается в увеличении глубины разрушения металла и, соответственно, индекса сцепления (рис. 1, б). Однако следует обратить внимание на то, что усиление коррозии металла и «прораствание» расплава в металл не носит равномерного характера – грунт лишь местами проникает вглубь поверхности металла. Это может быть следствием микрогенности грунта или неполного (недостаточного) распределения грунта по поверхности металла в процессе обжига. Вполне возможно, что неравномерность коррозии связана с обеими указанными причинами.



Прочность сцепления, Н	Баллы
18	~1
30	4-5
41	5

Рис.1. а) Г-Б (TiO<sub>2</sub>- 0,1%), б) ГГ-5 (TiO<sub>2</sub>-10%), в) ГГ – (TiO<sub>2</sub>-10%, NaCl-3%)

Появление в составе исходной композиции хлорида натрия приводит к дальнейшему усилению и одновременному выравниванию корродирующего взаимодействия расплава грунта. Индекс сцепления достигает максимального значения (рис. 1, в).

Электронно-растровые микрофотографии (рис. 2) обнаруживают три зоны контакта грунта с поверхностью стали, одна из которых может быть охарактеризована как переходная. Эта зона определялась глубиной покрытия, где колебание интенсивности кремния было постоянным.

Ввиду того, что в составах грунта имеется одинаковое содержание оксидов сцепления (CoO, NiO), а кроме того условия синтеза эмалей идентичны, то, по видимому, по ширине переходной зоны можно судить о влиянии состава грунтов на процессы, протекающие между поверхностью стали и приконтактным слоем грунта.

Как обнаружилось, ширина переходной зоны в случае эмали, не содержащей TiO<sub>2</sub> и NaCl, равна 13-14 мкм (рис. 2, а), тогда как титаносодержащий грунт доводит ее до 20 мкм, а введение в эмаль TiO<sub>2</sub> и NaCl – до 23-24 мкм (рис. 2, б и в).

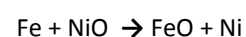
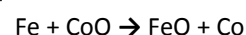
Сравнение ширины переходной зоны с данными относительно прочности сцепления исследуемых грунтовых эмалей позволяет предположить возможность их взаимосвязи, что находится в соответствии с работой [4].

Анализ распределения отдельных элементов в промежуточном слое в различных переходных слоях позволил выявить резкие колебания интенсивности Si и Fe, а также повышение содержания Si и уменьшение Fe по мере продвижения от металла в слой покрытия.

Распределение Ni и Co в промежуточном слое в основном подтверждает существующие сведения о роли оксидов этих металлов в обеспечении сцепления между грунтом и сталью [3, 5, 6].

Исследование особенностей распределения Ni и Co в промежуточном слое показало, что колебание их интенсивности изменяется в зависимости от индекса сцепления (Н), увеличиваясь от грунта, не содержащего TiO<sub>2</sub> и NaCl, до грунта с этими соединениями.

Учитывая то, что интенсивность колебания элемента определяется локализацией данного элемента в конкретной области, а также величиной кристаллического включения, то по характеру всплесков интенсивности Ni и Co в промежуточном слое можно предположить образование участков с их повышенной концентрацией по схемам:



Именно они образуют твердые растворы с железом, залегая в виде прослойки на границе раздела эмаль – металл.

Судя по местонахождению всплесков интенсивности Ni и Co, допустима концентрация основного количества



Co на границе раздела, тогда как Ni, кроме такой концентрации, обнаруживается и в покрытии. По всей видимости, это обстоятельство связано с тем, что ввиду небольшого различия потенциалов Fe и Co, восстано-

вление Co происходит на поверхности стали под воздействием металлического железа, тогда как Ni может быть восстановлен в двухвалентном железе, перешедшем в расплав.

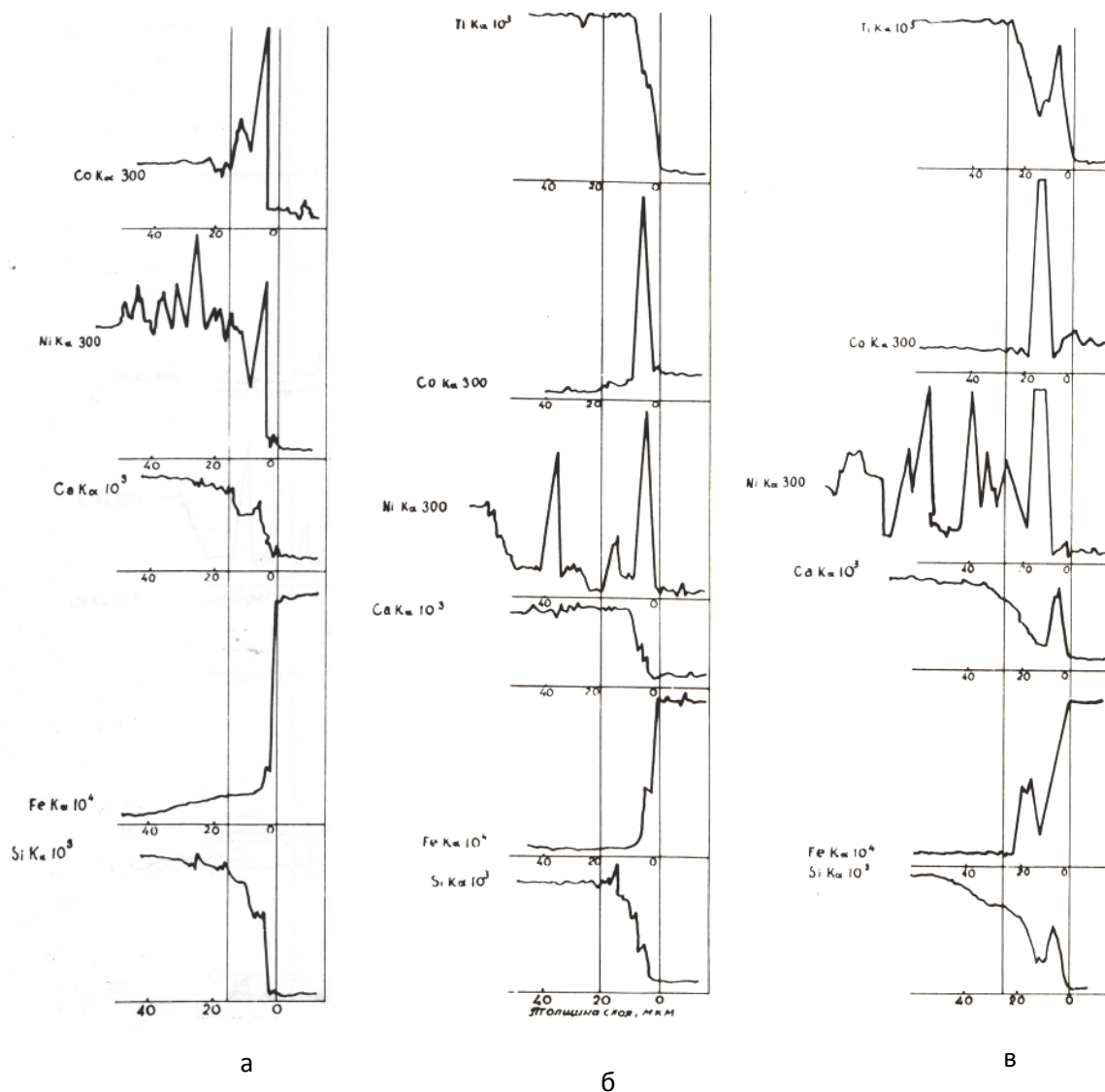


Рис. 2. Распределение элементов в промежуточных (переходных) слоях сталь-эмаль: а) GG-26, б) GGT-55, в) GGTS-75

В общем, приведенные здесь рассуждения не противоречат существующим взглядам о механизме сцепления, но никак не объясняют причину малого воздействия CoO и NiO в отсутствие TiO<sub>2</sub> и NaCl.

Не объясняет этого явления и разная интенсивность и характер колебаний Ca, особенно при сравнении покрытий GG26 и GG155 с GGTS. В последнем случае

явно прослеживается всплеск колебаний недалеко от начала переходного слоя (на рис. 2, б «0»).

Существует мнение, что ион Ca<sup>2+</sup> влияет на изменение заряда двойного электрического слоя (ДЭС), возникающего на поверхности раздела фаз за счет появления контактной разности потенциалов [6]. Учитывая то обстоятельство, что ДЭС вносит существ-

венный вклад в силу сцепления и работы адгезии, можно предположить, что указанный всплеск связан именно с этим явлением.

По характеру всплесков интенсивности Ti можно судить о возможности образования участков с повышенной концентрацией этого элемента или его соединений с железом типа ферротитаната, как на это обращается внимание в работах [3, 5].

Исходя из результатов проведенного исследования, наиболее обоснованным нам представляется второе предположение, особенно в случае покрытия, полученного в композиции, содержащей NaCl. Именно в этом случае проявляется своеобразный характер всплеска интенсивности Ti.

Все указывает на то, что в улучшении индекса сцепления немалую роль выполняют TiO<sub>2</sub> и не только в силу того, что образуется соединение, которое общим анионом может связать два разнородных материала. TiO<sub>2</sub>, по-видимому, выполняет и иную функцию – функцию плавня, способствующего воздействовать на структуру грунта.

Но основным «виновником» повышения индекса сцепления является хлорид натрия.

Известна особая роль кислорода в образовании связи эмаль – металл [3-5]. В частности, согласно гипотезе относительно химической связи металла и эмали, образуется слой атомов кислорода, в результате чего между входящими в композит ингредиентами начинается «борьба» за обладание кислородом. Помимо сказанного, для протекания окислительно-восстановительного процесса с достаточной скоростью на границе фаз необходим приток деполяризаторов к катодным участкам. В роли деполяризаторов могут также выступать ионы кислорода. Молекулярный кислород может попасть на границу раздела фаз через эмаль путем его прямой диффузии. Это диффузия за счет трансляции валентных связей, т.к. энергия активации трансляции гораздо меньше энергии активации разрыва связи. Из этих рассуждений следует, что активность кислородных ионов в стекле и трансляция связи для каждого конкретного состава будут определяться числом немостиковых связей, структурным

состоянием каркаса и степенью дифференциации структуры стекла.

Введение в состав безборных, бесфтористых грунтов приводит к уменьшению мостиковых связей, а также к деполимеризации кремнекислородного каркаса за счет возникновения дискретных силикатных цепочек типа Si – O – R – Cl и Si – O – Na.

Следовательно, роль NaCl, по-видимому, состоит в улучшении трансляции валентных связей и активации кислородных ионов в стекле, что довольно значительно воздействует на улучшение процессов, протекающих на границе раздела сталь-эмаль.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследование особенностей взаимодействия безборной, бесфтористой эмали с поверхностью стали подтвердило аналогичность данного процесса результатам, полученным в теории и практике эмалирования.

В ходе опытов была выявлена прямая зависимость интенсивности этого процесса от состава эмалей и ингредиентов исходной композиции, в частности от диоксида титана и хлорида натрия. Можно предположить, что TiO<sub>2</sub> улучшает степень сцепления в условиях трансляции валентных связей и активации кислородных ионов кислорода, вызываемых хлоридом натрия.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Technical papers of XX International Enamellers Congress. Istanbul. Turkey, 15-19 May, 2005.
2. Technical papers of XX International Enamellers Congress. Shanghai. China, 18-22 May, 2008.
3. Брагина Л.Л. и др. Технология эмали и защитных покрытий. Харьков, НТУ: «ХПИ», 2003.
4. Petzold A. Die Natur und Haftung des Grundmetalls – theoretische Interpretation und praktische Aspekte // Silikat-technik, 1983, s. 327-331.
5. Петцольд А., Пешман Г. Эмаль и эмалирование. М.: Металлургия, 1990.
6. Литвинова Е. Металл для эмалирования. М.: Металлургия, 1975.

შპპ 541.1-16; 666. 293

**უბორო, უფთორო მინანქრების ფოლადის ზედაპირთან შეჭიდულობის ბუნება**

**ი. ზედგენიძე, ა. სარუხანიშვილი, მ. კაპანაძე, მ. მშვილდაძე**

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

**რეზიუმე:** ჩატარებულმა კვლევებმა საშუალება მოგვცა დაგვედგინა უბორო, უფთორო მინანქრებისა და ფოლადის შეჭიდულობისას მიმდინარე პროცესების იდენტურობა ანალოგიურ შედეგებთან, რომლებიც მიღებულ იქნა მომინანქრების თეორიასა და პრაქტიკაში. გარდა ამისა, კვლევებმა გვიჩვენა ამ მოვლენების ინტენსიურობის პირდაპირი დამოკიდებულება მინანქრების შედგენილობასა და საწყის კომპოზიციაში შემავალ ინგრედიენტებს, კერძოდ, ტიტანის დიოქსიდსა და ნატრიუმის ქლორიდს შორის. ასევე, გამოითქვა მოსაზრება, რომ  $TiO_2$  აუმჯობესებს ნატრიუმის ქლორიდით გამოწვეულ შეჭიდულობის ხარისხს ვალენტური კავშირების ტრანსლაციისა და ჟანგბადის იონების აქტივიზაციის პირობებში.

**საკვანძო სიტყვები:** მინანქარი; ფოლადი; გრუნტი; კომპოზიტი; ნატრიუმის ქლორიდი; მინანქარი; შეჭიდულობა; ტიტანის დიოქსიდი.

UDC 541.1-16; 666. 293

**INTERACTION OF BORONLESS AND FLUORINELESS ENAMELS TO THE STEEL SURFACE**

**I. Zedgenidze, A. Sarukhanishvili, M. Kapanadze, M. Mshvildadze**

Department of chemical and biological technologies, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** On the basis of the carried out research, the identity of the essence of the occurrences, which occur during the process of cohesion between boronless and fluorineless enamels and steel is established by the similar enamelling in the practice and theory. The direct dependence of intensity of the given occurrences at the content of enamels and ingredients composing in the initial composition, in particular sodium chloride and titanium dioxide are shown. There is assumed, that  $TiO_2$  improves the quality of cohesion under the conditions of translation of valency links and activation of oxygen ions, caused by sodium chloride.

**Key words:** enamel; steel; ground; composite; sodium chloride; glass-enamel; cohesion; titanium dioxide.

*მიღებულია დასაბუტად 17.01.13*

# სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის სექცია

შპს 582.739

**ძროხის რემონტის დანამატის სახით სოიოს რძის შერევის შესაძლებლობის  
შესწავლა**

**თ. მეგრელიძე, ვ. ღვაჩლიანი, გ. ნადირაშვილი, გ. გუგულაშვილი, ე. სადალაშვილი\***

კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: etosadagashvili@gmail.com

**რეზიუმე:** განხილულია ცხოველურ რძეში დანამატის სახით სოიოს რძის გამოყენების შესაძლებლობა. დასაბუთებულია, რომ სოიოს რძის დამატება ძროხის რძეში აუმჯობესებს მის ხარისხს და ანიჭებს განსაკუთრებულ სპეციფიკურ თვისებებს, ასევე იძლევა ეკონომიკურ ეფექტს. განსაზღვრულია ძროხის რძეში დამატებული სოიოს რძის ის ოპტიმალური რაოდენობა, რომელსაც შეუძლია უზრუნველყოს მიღებული შერეული რძის მაქსიმალურად მაღალი ხარისხი.

**საკვანძო სიტყვები:** სოიოს რძე; ძროხის რძე; შერევა; დანამატი; თხევადი პროდუქტები.

## 1. შესავალი

რძესა და რძის პროდუქტებს ერთ-ერთი ძირითადი ადგილი უკავია ადამიანის კვების პროდუქტებს შორის. რძის თვისებებით და მისი წარმოებით ადამიანი ჯერ კიდევ უხსოვარი დროიდან დაინტერესდა, რადგან იგი შეიცავს ადამიანის სიცოცხლისა და ჯანმრთელობისათვის ისეთ აუცილებელ ორგანულ ნაერთებს, როგორცაა ცხიმები (3,6–6,0 %), ცილები (2,4–4,0 %), ლაქტოზა (4,0–5,5 %), მინერალური ნივთიერებები (0,6–0,8 %), ვიტამინები (A, B, C, D და ა.შ.) და ფერმენტები (კატალაზა, ამილაზა, პროტეაზა, ლიპაზა და ა.შ.). რძის წარმოებისადმი მიძღვნილი პირველი ნაშრომი არის რომაელი მწერლის, ვარონის მიერ ძვ. აღ. I საუკუნეში დაწერილი წიგნი „სოფლის მეურნეობა“, სადაც იგი აღწერს მაღალი ხარისხის რძის მიღების ტექნოლოგიას. რძე და რძის პროდუქტები დღესაც შეუცვლელია ადამი-

ანის კვების რაციონში და ფართოდ გამოიყენება მთელ მსოფლიოში.

საქართველოში რძისა და რძის პროდუქტების წარმოება და საკვებად გამოყენება ტრადიციულ ხასიათს ატარებს. ჩვენში ისტორიულად მზადდებოდა და დღესაც კვების მნიშვნელოვან პროდუქტებად რჩება რძე და რძის ისეთი პროდუქტები, როგორცაა ყველი, მაწონი, არაჟანი, ხაჭო და სხვა.

ტრადიციულად, საქართველოში რძის პროდუქტები ცხოველური წარმოშობის საღი რძისაგან მზადდება, რაც მათ მაღალ ხარისხს და საგემონო თვისებებს განაპირობებს. დღეისათვის საქართველოში ძალზე შემცირდა რძის წარმოება, რის გამოც ნატურალური რძისაგან დამზადებული პროდუქტების რაოდენობამაც საგრძნობლად იკლო. მნიშვნელოვნად შემცირდა ადგილზე დამზადებული მაღალი ხარისხის კარაქის რაოდენობა. ამდენად, დღეისათვის საქართველოში ნატურალური რძისა და რძის პროდუქტების დეფიციტის შევსება ერთ-ერთი აქტუალური საკითხია.

ცხოველური რძის მნიშვნელოვან დადებით მხარედ უნდა ჩაითვალოს მასში ლაქტოზას (4,0–5,5 %) არსებობა, რაც ძალზე აუცილებელი პროდუქტია მცირეწლოვანი ბავშვებისათვის.

უამრავ სიკეთესთან ერთად აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ ცხოველური წარმოშობის რძე შეიცავს დიდი რაოდენობით ქოლესტერინს, რაც ადიდება გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების განვითარების რისკს. გარდა ამისა, ბავშვებში, განსაკუთრებით ჩვილ ბავშვებში, უკანასკნელ ხანებში იმატა ძროხის რძისადმი შეუგუებლობამ და ამ მიზეზით განპირობებულმა პათოლოგიებისა და

ალერგიების ფართო სპექტრმა ცილოვანი დეფიციტის სახით.

## 2. ძირითადი ნაწილი

აღნიშნულ მოვლენებთან ბრძოლის ყველაზე მარტივი და მისაღები მეთოდია ძროხის რძეში სოიოს მარცვლისაგან დამზადებული რძის საჭირო რაოდენობის შერევა, როგორც ქოლესტერინის დონის შემცირებისა და საჭირო ელემენტებით ძროხის რძის გამდიდრების საშუალება.

სოიოს რძე ადამიანის ჯანმრთელობისათვის ძალზე სასარგებლო პროდუქტია. მასში მაღალია ცილების (36–48%), ცხიმების (18–26%), ნახშირწყლების (20%–მდე) და ვიტამინების (A, D, C, E, B<sub>2</sub> და სხვ.) შემცველობა. სამაგიეროდ, სოიოს რძე საერთოდ არ შეიცავს ქოლესტერინს. იგი არ შეიცავს აგრეთვე ლაქტოზასაც.

სოიოს და მისი შემცველი პროდუქტების სისტემატურად მიღების შედეგად სისხლში ქვეითდება ქოლესტერინის დონე და, შესაბამისად, მცირდება გულის იშემიური დაავადებების რისკი. სოიოსაგან წარმოებული პროდუქტები შეიცავს ანტიოქსიდანტებს – უჯრედების თავისუფალი რადიკალებისაგან დამცავ ნივთიერებებს; ხელს უწყობს ადამიანის ორგანიზმის იმუნური სისტემის გაძლიერებას და ოსტეოპოროზის თავიდან აცილებას (ძვლის მასის შენარჩუნებას), ასევე საგრძნობლად ამცირებს დიაბეტით დაავადებული ადამიანების სისხლში შაქრის კონცენტრაციის დონეს და ხელს უწყობს ავთვისებიანი სიმსივნეების განვითარების რისკის შემცირებას. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ადამიანის ორგანიზმზე სოიოს ცილების დადებითი ზემოქმედება. სოიოს ცილების ხარისხი გაცილებით უკეთესია სხვა მარცვლოვანი კულტურების ცილებზე და ძალზე ახლოსაა ცხოველური წარმოშობის ცილების ღირსებებთან. ადამიანის ორგანიზმი სოიოს ცილებს გაცილებით უფრო ადვილად შეითვისებს, ვიდრე ცხოველურს. მათი მიღება სასარგებლოა იმ ადამიანებისთვისაც კი, რომლებსაც თირკმლების უკმარისობა აწუხებთ. სოიოს პროდუქტების მიღებაში რაიმე სახის შეზღუდვები არ არსებობს. ასევე არ არსებობს უკუჩვენებები. მათ მართ ინდივიდუალური შეუწყობლობაც ნაკლებად მოსალოდნელია.

როგორც ვხედავთ, სოიოს რძე და ძროხის რძე ადამიანის ჯანმრთელობისათვის აუცილებელი პროდუქტებია. ორივე მდიდარი შედგენილობისაა. ამასთან, ძროხის რძე შეიცავს ადამიანისათვის აუცილებელ პროდუქტს (ლაქტოზას), ასევე მაგნი

პროდუქტსაც (ქოლესტერინს). სოიოს რძეში კი არ გვხვდება არც ლაქტოზა და არც ქოლესტერინი. შესაბამისად, შეიძლება ითქვას, რომ ძროხის რძეში დანამატის სახით სოიოს რძის გამოყენება შეამცირებს ძროხის რძეში არსებული ქოლესტერინის საერთო რაოდენობას და ამით ხელს შეუწყობს გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების რისკის შემცირებას. შერეული რძის გამოყენების შემთხვევაში ადამიანების საკვებ რაციონში გაჩნდება სოიოს მარცვლისაგან წარმოებული პროდუქტია, რაც აშშ-ის საკვები პროდუქტების ხარისხის კონტროლის დეპარტამენტის ადმინისტრაციის (FDA) მიერ მოწოდებული რეკომენდაციით იძლევა “ციხიმების, ნატრიუმის და ქოლესტერინის შემცველობის შემცირების” საშუალებას ადამიანის ორგანიზმში.

ძროხის რძეში სოიოს რძის შერევა სასარგებლოა ეკონომიკური თვალსაზრისითაც, რადგან სოიოს რძე ძროხის რძესთან შედარებით 1,5–2-ჯერ უფრო იაფია.

შეიძლება ითქვას, რომ სოიოს გამოყენება კვების პროდუქტების დანამატის სახით სიახლე არ არის. ცნობილია, მაგალითად, სოიოს ფქვილის დამატება პურისა და საკონდიტრო წარმოებაში [1]; ძეხვეულის წარმოებაში გამოყენებული სოიოს ფარში (ოკარა), რომლებიც აუმჯობესებს პროდუქციის კვებით ღირებულებას, კალორიულობას და გემოს [2].

მცენარეული რძის და ცხოველური რძის შერევა ძალზე მარტივად განხორციელდება ნებისმიერი კონსტრუქციის თხევადი პროდუქტების შემრევ მოწყობილობაში, სადაც მიეწოდება შერევისათვის განკუთვნილი სოიოს და ცხოველური რძის საჭირო რაოდენობა. თვით შესარევი კომპონენტების რაოდენობა კი დამოკიდებულია მათ ქიმიურ შედგენილობასა და ენერგეტიკულ ღირებულებაზე, აგრეთვე შერეული რძის დანიშნულებაზე.

შერევის წინ საჭიროა სოიოს რძის და ცხოველური რძის ქიმიური შედგენილობის და ენერგეტიკული ღირებულების დადგენა. კერძოდ, განისაზღვრება მშრალი ნივთიერებების რაოდენობა, კომპონენტების ქიმიური შემცველობა (ცილები, ცხიმები, ნახშირწყლები, მიკროელემენტები და სხვა), ორივე კომპონენტის ენერგეტიკული ღირებულება (კკალ ან ჯოული 100 გ პროდუქტზე). ამის შემდეგ შერეული რძის დანიშნულების მიხედვით ანუ იმის მიხედვით, თუ რომელი შემადგენელი ელემენტის მომატება ან შემცირებაა საჭირო მიღებულ ნარევეში,



განისაზღვრება ორივე სახეობის რძის ის მასები, რომლებიც ექვემდებარება შერევის ნარევიში ნებისმიერი კონკრეტული ნივთიერების (ცილები, ცხიმები და სხვ.) გამოსათვლელად შეიძლება გამოიყენოთ ფორმულა:

$$V_{\text{ნარევი}} = \frac{M_{\text{ცხ}}V_{\text{ცხ}} + M_{\text{ს}}V_{\text{ს}}}{M_{\text{ცხ}} + M_{\text{ს}}}, \%,$$

სადაც  $V_{\text{ნარევი}}$  ნარევიში საჭირო კონკრეტული ნივთიერების შემცველობაა, %;  $V_{\text{ცხ}}$  – ამავე ქიმიური ნივთიერების შემცველობა ცხოველურ რძეში, %;  $V_{\text{ს}}$  – ამავე ქიმიური ნივთიერების შემცველობა სოიოს რძეში, %;  $M_{\text{ცხ}}$  – ცხოველური რძის მასა, კგ;  $M_{\text{ს}}$  – სოიოს რძის მასა, კგ.

შერევის შედეგად მიიღება რძე, რომელიც გაძიდებული იქნება სასურველი ქიმიური ელემენტებით ან რომელშიც შემცირებული იქნება ამა თუ იმ, მოხმარების კონკრეტული შემთხვევისათვის არასასურველი, ელემენტების რაოდენობა.

გარდა ქიმიური ელემენტებით სიმდიდრისა, რძეს, როგორც კვების პროდუქტს, მოეთხოვება სასურველი გემო და არომატი. ჩვეულებრივ, ცხოველურ რძეს საქართველოს მოსახლეობა უძველესი დროიდან იყენებს და მის მიმართ უკვე ჩამოუყალიბდა საგემოვნო მოთხოვნები. მაგრამ, სოიოს და მისგან წარმოებულ რძეს აქვს ლებნიანი მცენარეებისათვის დამახასიათებელი სპეციფიკური გემო და არომატი. თუ გავითვალისწინებთ, რომ საქართველოში სოიოს და მისგან წარმოებული კვების პროდუქტებს საკმაოდ მცირე ხნის ისტორია აქვს, მოსახლეობის ნაწილისათვის ეს დამახასიათებელი გემო და არომატი შეიძლება მიუღებელი აღმოჩნდეს. სოიოს რძისთვის დამახასიათებელი სპეციფიკური გემო და არომატი შეიძლება გადავიდეს შერეულ რძეში და ამით შეამციროს მომხმარებელთა წრე.

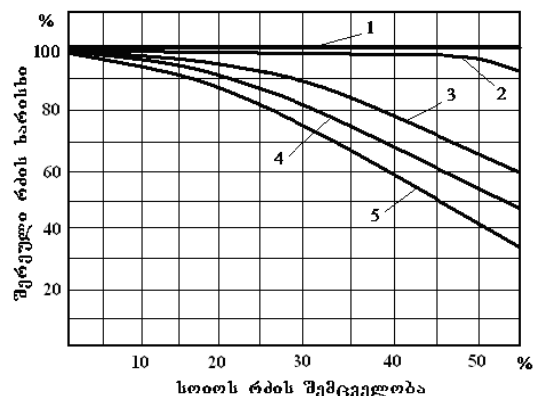
ამიტომ, სოიოს რძის ცხოველურ რძეში დანამატად გამოყენების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პირობაა კომპონენტების შერევის ისეთი თანაფარდობის დადგენა, რომელიც უზრუნველყოფს მოსახლეობისათვის მისაღები გემოს და არომატის მქონე შერეული რძის წარმოებას.

მისაღები გემოსა და არომატის მქონე შერეული რძის წარმოებისათვის მცენარეული და ცხოველური კომპონენტების ოპტიმალური თანაფარდობის დადგენის მიზნით, ჩვენ მიერ, ჩატარებულ იქნა სხვადასხვა შედგენილობის შერეული რძის ორგანოლექტიკური მახასიათებლების კვლევა. კვლევის მიზანი იყო სოიოს რძის იმ მაქსიმალური რაოდენობის დადგენა, რომლის შერევა არ გამოიწვევდა მიღებული ნარევის არასასიამოვნო ორგანოლექტიკური მახასიათებლების წარმოქმნას.

ცვლების დროს სოიოს რძეს ვამზადებდით ცნობილი ტექნოლოგიის მიხედვით [3, 4]. ცხოველური რძის შესყიდვა ხდებოდა სოფლის მოსახლეობისაგან. ამის შემდეგ, წარმოებდა ორივე (მცენარეული და ცხოველური) რძის ქიმიური შედგენილობის კვლევა, რათა დაგვედგინა მათი ვარგისობა და შესაბამისობა არსებულ სტანდარტებთან.

ორივე რძის პარტიდან ხდებოდა ნარევის მომზადება სხვადასხვა თანაფარდობით, კერძოდ, სოიოს რძის შემცველობით 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 %. ყველა ნიმუში ერთნაირ პირობებში ერთად ყოფნდებოდა 5–6 სთ განმავლობაში 15–18°C ტემპერატურაზე და შემდეგ ხდებოდა ყოველი სინჯის ორგანოლექტიკური მახასიათებლების (კონსისტენცია, არომატი, ფერი, სუნი, გემო) კვლევა.

კვლევის შედეგების მიხედვით ხდებოდა სოიოს რძის სხვადასხვა შემცველობის ყოველი ნიმუშისათვის კონსისტენციის, არომატის, ფერის, სუნის და გემოს შესაბამისი გრაფიკების აგება (ნახაზი).



შერეული რძის ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები სოიოს რძის სხვადასხვა თანაფარდობის პირობებში:  
 1 – ფერი, 2 – კონსისტენცია, 3 – სუნი, 4 – გემო, 5 – არომატი

როგორც ნახაზიდან ჩანს, შერეული რძის ფერი და კონსისტენცია თითქმის უცვლელია. მათი გაუარესება შეინიშნება 45–50 %-იანი ნარევის შემთხვევაში. თუმცა ეს ცვლილება საკმაოდ მცირეა და მომხმარებლისათვის პრაქტიკულად შეუმჩნეველი.

ჩვენ მიერ შესწავლილი დანარჩენი ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები (სუნი, გემო და არომატი) საკმაოდ მნიშვნელოვნად იცვლება.



ამასთან, ყველაზე ნაკლებად იცვლება შერეული რძის სუნი (მრუდი 3), ყველაზე მეტად კი უარესდება მისი არომატი (მრუდი 5).

ჩატარებული ცდების შედეგების (ნახაზი) ანალიზი გვიჩვენებს, რომ შერეულ რძეში ლებნიანებისათვის დამახასიათებელი სუნი, გემო და არომატი მით უფრო ნაკლებია, რაც უფრო მცირეა მასში დანამატის (სოიოს რძის) შემცველობა. დანამატის შემცველობის გაზრდით შერეულ რძეში სპეციფიკური სუნი, გემო და არომატი მატულობს. შესაბამისად, უნდა არსებობდეს ცხოველური რძის და მცენარეული რძის რაღაც მისაღები ოპტიმალური თანაფარდობა, რომლის დროსაც შერეული რძის ორგანოლექტიკური მახასიათებლები ყველაზე უფრო მისაღები იქნება. ნახაზზე ასეთ თანაფარდობას წარმოადგენს სოიოს რძის 20–25 %-იანი შემცველობა. სოიოს რძის რაოდენობის შემდგომი გადიდება (30 % და მეტი) განაპირობებს შერეულ რძეში ლებნიანებისათვის დამახასიათებელი თავისებური გემოს, სუნის და არომატის მკვეთრ გადიდებას. ასეთი შერევა, საჭიროების შემთხვევაში (კერძოდ, სოიოს რძისათვის დამახასიათებელი რომელიმე თვისების გაძლიერებისათვის), საეხებით დასაშვებია. მაგრამ, გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ მიღებულ შერეულ რძეს ექნება დამახასიათებელი სპეციფიკური ორგანოლექტიკური თავისებურებანი (სუნი, გემო და არომატი).

დანამატის სახით სოიოს რძის გამოყენების ეკონომიკური ეფექტურობის გამოსათვლელად გაეთვალისწინოთ, რომ ძროხის რძის ღირებულება შეადგენს 2,0 ლარს, ხოლო სოიოს რძისა – 1,3 ლარს. სოიოს რძის 20 %-იანი შემცველობის 100 ლიტრი შერეული რძის მისაღებად საჭიროა 80 ლიტრი ძროხის და 20 ლიტრი სოიოს რძე. შესაბამისად, მოგება იქნება:

$$2 \times 100 - (2 \times 80 + 1,3 \times 20) = 14 \text{ ლარი.}$$

მიღებული თანხიდან შერევისა და ქიმიური ანალიზისათვის საჭირო დანახარჯების გამოკლებით მთლიანი მოგება 100 ლიტრ შერეულ რძეზე დაახლოებით 9–10 ლარი იქნება.

თანხა დიდი არ არის, მაგრამ ძირითადი მოგება, ჩვენი აზრით, გამოიხატება ქოლესტერინის შემცირებული რაოდენობის, ანტიოქსიდანტების, იმუნური სისტემის გამაძლიერებელი, ავთვისებიანი სიმსივნეების განვითარების რისკის შემცირების

და ოსტეოპოროზის თავიდან აცილების უნარის მქონე რძის მიღების შესაძლებლობაში.

### 3. დასკვნა

ცხოველურ რძეში დანამატის სახით სოიოს რძის გამოყენების შესაძლებლობის დადგენის მიზნით ჩატარებული ცდების საშუალებით განსაზღვრულია აღნიშნული კომპონენტების შერევის ისეთი თანაფარდობა, რომელიც უზრუნველყოფს მოსახლეობისათვის მისაღები სუნის, გემოს და არომატის მქონე შერეული რძის წარმოებას. ასეთი თანაფარდობა სოიოს რძის 20–25 %-იანი შემცველობაა. სოიოს რძის რაოდენობის შემდგომი გადიდება განაპირობებს შერეულ რძეში სოიოსათვის დამახასიათებელი თავისებური ორგანოლექტიკური მახასიათებლების გადიდებას. ასეთი შერევა დასაშვებია იმ შემთხვევაში, როდესაც აუცილებელია სოიოს რძისათვის დამახასიათებელი რომელიმე სასარგებლო თვისების გაძლიერება. მაგრამ, გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ ამ შემთხვევაში მიღებულ რძეს დამახასიათებელი სპეციფიკური ორგანოლექტიკური თავისებურებანი ექნება.

### ლიტერატურა

1. გ. ცინცაძე, თ. მეგრელიძე, ე. სადალაშვილი. სოიოს ფქვილის გამოყენება პურის ცხობისას // მეცნიერება და ტენოლოგიები № 79. თბილისი, 2005, გვ. 102–103.
2. თ. ღვაჩლიანი. სოიოს რძის მიღების რეკომენდებული პარამეტრების ექსპერიმენტული შესწავლა // ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა № 2(14). თბილისი, 2009 წ.
3. თ. მეგრელიძე, ბ. ღვაჩლიანი, ვ. ღვაჩლიანი, გ. გუგულაშვილი, ე. სადალაშვილი. სოიოს მარცვლიდან რძის ექსტრაქციის პროცესის ექსპერიმენტული შესწავლა // საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ინტერნეტ-კონფერენცია „ინოვაციური პროცესები და ტექნოლოგიები“. ქუთაისი, 2011–04–18. 60–64 გვ.
4. თ. მეგრელიძე, ბ. ღვაჩლიანი, ვ. ღვაჩლიანი, ე. სადალაშვილი, გ. გუგულაშვილი. სოიოს რძის ადულების პროცესის ექსპერიმენტული შესწავლა // საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია “კვების პროდუქტების წარმოების ტექნოლოგიებისა და ტექნიკის სრულყოფა“. ქუთაისი: შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი–გრანტი GNSF/ST/08/7-493. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 2011 წ. მაისი. 267–271 გვ.

UDC 582.739

**STUDY OF THE POSSIBILITY OF SOY-BEAN MILK ADDITION IN COW-MILK****T. Megrelidze, V. Gvachliani, G. Nadirashvili, G. Gugulashvili, E. Sadagashvili**

Department of food industry, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There is considered the possibility of soy-bean milk addition in cow-milk. There is proved, that soy-bean milk addition in animals milk improves its quality and gives particular specific properties, also gives the economical effect. There is study the soy-bean milk optimal quantity in cow milk, which can give the best quality of received mixed milk.

**Key words:** soy-bean milk; cow- milk; mixed; addition; liquid products.

УДК 582.739

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЕВОГО МОЛОКА В ВИДЕ ДОБАВКИ В КОРОВЬЕ МОЛОКО****Мегрелидзе Т.Я., Гвачлиани В.В., Надирашвили Г.А., Гугулашвили Г.Л., Садагашвили Э.З.**

Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Рассмотрена возможность использования соевого молока в виде добавки в коровье молоко. Установлено, что добавление соевого молока в коровье молоко повышает качество последнего и придает ему особые специфические свойства, а также дает определенный экономический эффект. Определено оптимальное соотношение соевого и коровьего молока, которое способно обеспечить максимально высокое качество смешанного молока.

**Ключевые слова:** соевое молоко; коровье молоко; смешение; добавки; жидкие продукты.

*მიღებულია დასაბუჯდად 15.01.13*

შპს 664.681

**ცხოვრილი დამატებული ახალი მქანნიზმი****თ. მეგრელიძე, ვ. ნადირაშვილი, გ. სადაღაშვილი\*, ლ. პაპაუა, გ. გუგულაშვილი**

კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: e\_sadagashvili@gtu.ge

**რეზიუმე:** წარმოდგენილია ახალი მქანნიზმი, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ცხოვრილის ან ცომის სასურველი ზომებისა და ფორმის ნაჭრებად დასაჭრელად. მქანნიზმი ახორციელებს პროდუქტის წინასწარ დაჭერას თათების დახმარებით, შემდეგ მის დაჭრას და მიღებული ნაჭრების გათავისუფლებას დაჭრის

დასრულების შემდეგ. ეს უზრუნველყოფს დაჭრის შემდეგ მიღებული ნაჭრების ფორმებისა და ზომების მაღალ სიზუსტეს და დაჭრის ხარისხის ამაღლებას.

**საკვანძო სიტყვები:** ცომი; ცხოვრილი; დაჭრა; გამოცხოვა; მქანნიზმი.

**1. შესავალი**

ფქვილოვანი საკონდიტრო ნაწარმის დასამზადებლად გამოიყენება სხვადასხვა სახის მაღალხარისხოვანი ნედლეული: პურის ფქვილი, შაქარი, თაფლი, კარაქი და სხვა ცხიმები, კვერცხისა და რძის პროდუქტები, ხილ-კენკრის სანოვაგეები, საკვები მჟავები, ესენციები, ქიმიური გამწვებლები, აგარი, უელატინი და სხვა. ნედლეულის ასეთი ფართო ასორტიმენტი განაპირობებს ცომისა და მზა ნაწარმის მაღალ სიბლანტეს და მნიშვნელოვან ადჰეზიურ თვისებებს [1, 2]. ასეთი თვისებების მქონე პროდუქტების დამუშავება რთულია [2, 3]. მართალია, ცხობის პროცესში მიმდინარე გარდაქმნების შედეგად პროდუქტის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები იცვლება, მაგრამ მიღებულ ცხობილში ადჰეზიური თვისებები მაინც იმდენადაა შენარჩუნებული, რომ ადვილი აქვს ცხობილის მიწებებას დამამუშავებელი მოწყობილობის ზედაპირებზე.

**2. ძირითადი ნაწილი**

ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემა კვების მრეწველობაში და, მით უმეტეს, საკონდიტრო წარმოებაში გამოყენებული ცომისა და ცხობილის დამჭრელი დანების ზედაპირზე მიწებებაა. ჭრის პროცესში ადვილი აქვს დანის გვერდით ზედაპირებზე პროდუქტის მიწებებას. შედეგად დანის მოძრაობის პირობებში ხდება ერთმანეთისაგან ჩამოჭრილი ნაჭრების დაძვრა ერთმანეთის მიმართ. დანის განმეორებითი ზემოქმედება ხდება უკვე დაძვრული ნაჭრების მიმართ, რაც იწვევს ჭრის უთანაბრობას. ჭრის შედეგად მიიღება სხვადასხვა ზომისა და ფორმის ნაჭრები, რაც უარყოფითად აისახება გასაყიდი პროდუქტის სახეზე.

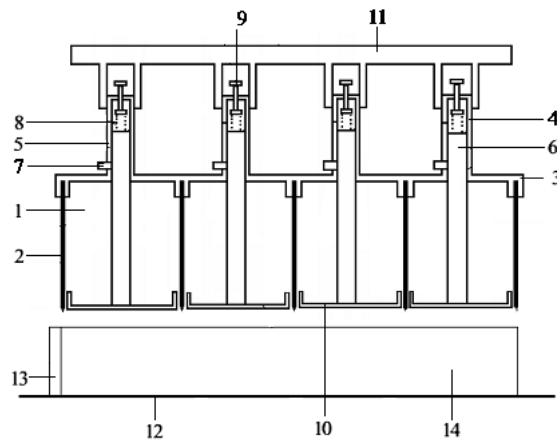
აღნიშნულიდან გამოსავალი საკონდიტრო ცომის ან ცხობილის ხელით დაჭრაა, რაც ადაბლებს წარმოების მექანიზაციის დონეს და ამაღლებს პროდუქციის თვითღირებულებას.

საკონდიტრო ცომისა და ცხობილის დაჭრის მექანიზაციის დაბალი დონის გამო, წარმოებაში ხშირად მიმართავენ ცომის წინასწარ დაჭრას და ცალკეული დაჭრილი ნამზადების ინდივიდუალურ ფორმებში გამოცხობას. ზოგიერთი სახის პროდუქტისათვის ეს საკვებით მისაღებია. ხშირად აღნიშნული წესი გამოიყენება იმ შემთხვევაშიც, როდესაც ამის საჭიროება არ არის და ეს დამჭრელი მექანიზმების არარსებობით გამოწვეული მოქმედებაა. ცალკეულ ფორმებში გამოცხობისათვის აუცილებელია დიდი რაოდენობით ყალიბების გამოყენება და თი-

თოეულში ცომის ზუსტად დოზირებული რაოდენობის მოთავსება. ეს ადიღებს მოწყობილობის ლითონტევადობას და აძვირებს პროდუქციას. ამასთან, ცხობის პროცესი ცალკეულ ყალიბებში უფრო არათანაბრად მიმდინარეობს, ვიდრე ერთი მთლიანი ცომის ნაჭრის შემთხვევაში. ამიტომ, ცალკეულ ინდივიდუალურ ყალიბებში ცხობა უარყოფითად მოქმედებს მზა პროდუქციის საერთო ხარისხზეც.

ინდივიდუალურ ფორმებში ცხობისაგან განსხვავებით, უკეთესი და უფრო მისაღებია განხორციელდეს ერთი საერთო მასის მქონე ცომის ნაჭრის ცხობა და მიღებული ერთი ცხობილი დაიჭრას სასურველი ზომისა და ფორმის ნაჭრებად. ეს უზრუნველყოფს ცხობის თანაბრობას მთელ ცხობილში და, აქედან გამომდინარე, მთელი პროდუქციის ერთნაირ ხარისხსაც. მეორე მხრივ, საჭირო ხდება მხოლოდ ერთი დასაყალიბებელი ფორმის გამოყენება, რაც ამცირებს მოწყობილობის ლითონტევადობას და აიაფებს პროდუქციას. ამისათვის კი აუცილებელია ცხობილის დამჭრელი მექანიზმების გამოყენება.

საკონდიტრო ნაწარმის (ცომის ან ცხობილის) დაჭრის პროცესის მექანიზაციის მიზნით დამუშავებულია ცხობილის დამჭრელი მექანიზმის ახალი კონსტრუქცია (ნახაზი).



ცხობილის დამჭრელი მექანიზმის პრინციპული სქემა

მოწყობილობის ძირითად მუშა ორგანოს შეადგენს გრძივი და განივი დანები 1, 2, რომლებიც ჩაწყობილია სპეციალურ დამჭერებში 3. აღნიშნული დანები ქმნის ცხაურას, რომლის ყოველი ფანჯრის შიგა გრძივი და განივი ზომები ტოლია იმ ჩამოსატრელი ნაჭრების გარე ზომებისა, რა ზომაზეც უნდა დაიჭრას ცხობილი. ცხაურას გარე ზომები აიღება დასატრელი

ცხოვრობის გარე ზომების შესაბამისად. დანები 1, 2 დამკვერებში 3 ისეა დამაგრებული, რომ ვერტიკალურად განლაგებული ყველა დანის ქვედა მჭრელი წიბო ერთ საერთო სიბრტყეს ქმნის. თავის მხრივ, დამკვერები 3 აწყობილია ერთ საერთო ჰორიზონტალურ ფილაზე, რომელსაც, ვერტიკალური დანების მიერ შექმნილი, ცხაურას ყოველი ფანჯრის სიმეტრიის ღერძის გასწვრივ განლაგებული აქვს ცილინდრული ფორმის ჭიქები 4. ყოველი ჭიქის ცილინდრულ ზედაპირზე ამოღებულია მიმართველი ვერტიკალური ღარები 5. ჭიქების 4 შიგნით, ღერძული მიმართულებით გადაადგილებით, ჩასმულია ცილინდრები 6. ეს ცილინდრები აღჭურვილია ფიქსატორებით 7, რომლებიც სრიალით გადაადგილდება ჭიქის მიმართველ ღარებში 5. ცილინდრებსა 6 და ჭიქების შიგა ტორსულ ზედაპირებს შორის განლაგებულია ზამბარები 8, რომლებიც აღჭურვილია დაჭიმულობის ძალის სარეგულირებელი ხრახნებით 9. ყოველი ცილინდრის 6 ქვედა ტორსულ ზედაპირზე დამაგრებულია თათი 10, რომლის გარე ზომები 0,5–1,0 მმ-ით ნაკლებია დანების მიერ შექმნილ ცხაურას ფანჯრების შიგა ზომებზე. ფიქსატორები 7 ცილინდრებზე 6 და ღარები 5 ჭიქებზე 4 ისეა განლაგებული, რომ ზამბარის 8 დაჭიმულობის ძალით ქვედა კიდურა მდებარეობაში გადაადგილებული ყოველი თათი 1–2 მმ-ით არის გამოწეული დანების ქვედა მჭრელი წიბოების მიერ შექმნილი საერთო სიბრტყიდან, ხოლო ზამბარის 8 შეკუმშვის ხარჯზე ზედა კიდურა მდებარეობაში ატანილ თათსა და მჭრელი წიბოების მიერ შექმნილ აღნიშნულ სიბრტყეს შორის მანძილი დასატრეული ცხოვრობის სისქეზე 5–10 მმ-ით მეტია.

ჭიქები 4 ზედა ტორსული ნაწილით დამაგრებულია ერთ საერთო ტრავერსზე 11, რომელსაც ამძრავის დახმარებით შეუძლია ვერტიკალური მიმართულებით წინსვლით-უკუსვლითი გადაადგილება. აღწერილი მექანიზმი განლაგებულია მუშა მაგიდის 12 თავზე, რომელსაც აქვს გრძივი 13 და განივი 14 მიმართველები.

ცხოვრობის დამკვერელი მექანიზმი შემდგომად მუშაობს:

დასატრეული ცხოვრობილი მიეწოდება მაგიდას 12. დამკვერელი მექანიზმის მიმართ ცხოვრობის ორიენტირებას უზრუნველყოფს გრძივი 13 და განივი 14 მიმართველები. ცხოვრობის მიმართველების მიმართ ორიენტირების შემდეგ ჩაირთვება დამკვერელი მექანიზმის ამძრავი, რომელიც ახორციელებს ტრავერსას 11 გადაადგილებას ზემო-

დან ქვემოთ და კვლავ უკან დაბრუნებას (დამკვერელ მექანიზმში ამძრავის ნაცვლად შეიძლება გამოყენებული იყოს ტრავერსას ხელით გადაადგილება). რადგან თათები 1–2 მმ-ით უფრო ქვემოთაა განლაგებული, ვიდრე დანების ქვედა წიბოების მიერ შექმნილი მჭრელი ზედაპირი, ამიტომ ცხოვრობის ზედაპირს თავდაპირველად სწორედ აღნიშნული თათები 10 შეეხება. ისინი ზემოდან აწევა ცხოვრობს და არ აძლევს მოძრაობის შესაძლებლობას. თათების დაჭერიდან მცირე დროის გასვლის შემდეგ (1–2 მმ-ის გაგლას მექანიზმი ძალზე მცირე დროს მონადომებს) ცხოვრობის ზედაპირს უკვე ეხება დანების მჭრელი წიბოები და იწყება ჭრის ოპერაცია. დანების ქვემოთ გადაადგილება არ განაპირობებს თათების პარალელურ გადაადგილებას, რადგან ამ დროს იკუმშება ზამბარები 8. ამის გამო, უძრავი თათების პირობებში ხორციელდება დანების ზემოდან ქვემოთ გადაადგილება და ცხოვრობის დაჭრა იმ ზომის ნატრებად, რა ზომის ფანჯრებიც აქვს დანების მიერ შექმნილ ცხაურას. ცხოვრობის დაჭრა მიმდინარეობს დანების მიერ ქვედა კიდურა მდებარეობის მიღწევამდე ანუ მაგიდის 12 ზედაპირთან დანების მჭრელი წიბოების შეხებამდე, რაც უზრუნველყოფს ცხოვრობის დაჭრის გარანტიას. შემდეგ, როგორც ზემოთ აღინიშნა, ტრავერსა 11 იწყებს ქვემოდან ზემოთ გადაადგილებას და ხდება დანების გამოყვანა ცხოვრობიდან. მაგრამ, დანების ზემოთ გადაადგილებას არ მოჰყვება თათების მაშინვე გადაადგილება, რადგან ისინი, ზამბარების 8 დაჭიმულობის გამო, კვლავ ცხოვრობის უკვე დაჭრილი ნატრების ზედაპირზე რჩება. თუ დანების ზედაპირებზე ადგილი ჰქონდა ცხოვრობის მიწებებას, ეს არ გამოიწვევს მიწებებული მასის დანასთან ერთად ზემოთ გადაადგილებას, რადგან ამას ხელს შეუშლის დაჭრილ ნატრებზე ზემოდან დაჭერილი თათები 10. შესაბამისად, გამორიცხულია ცხოვრობის ჩამოჭრილი ნატრების დაჭრა ერთმანეთის მიმართ. ტრავერსა 11 განაგრძობს ზემოთ მოძრაობას და დანების ზემოთ გადაადგილების პარალელურად გამოჰყავს ისინი ცხოვრობის არიდან. მას შემდეგ, რაც დანები გამოვა ცხოვრობიდან, ტრავერსას შემდგომი ზემოთ მოძრაობის პროცესში ფიქსატორები 7 მიადწევს მიმართველი ღარების 5 ზედა კიდურა მდებარეობას და ცილინდრებს 6 გაიყოლებს მათზე დამაგრებულ თათებთან 10 ერთად. თათების მოცილება დაჭრილი ნატრებიდან ხდება დანების გამოსვლის შემდეგ, რადგან თათები 1–2 მმ-ით უფრო ქვემოთაა განლაგებუ-



ლი, ვიდრე დანების მჭრელი წიბოების მიერ შექმნილი ზედაპირი. ამიტომ, თათების მოცილება უკვე აღარ გამოიწვევს მაგიდაზე განლაგებული ცხობილის ნაჭრების მოძრაობას და ერთმანეთის მიმართ დაძვრას.

კვების მრეწველობაში გამოყენებულ ცომის და ცხობილის დამჭრელ მექანიზმებში განივი და გრძივი მჭრელი დანები ერთმანეთში არ შედის. ამის გამო, ერთმანეთის გვერდით არსებულ მეზობელ დანებს შორის, კონსტრუქციული აუცილებლობიდან გამომდინარე, ყოველთვის არის გარკვეული მანძილი. ეს მანძილი განაპირობებს დაჭრით მიღებულ ნაჭრებს შორის ზემოაღნიშნული მანძილის ტოლი ზომის მქონე ნარჩენების წარმოშობას.

ჩვენ მიერ წარმოდგენილ კონსტრუქციაში კი გრძივი და განივი დანები ისეა დამზადებული, რომ ნაწილობრივ შედის ერთმანეთში. ეს გამოირიცხავს მექანიზმის დამჭრელ თავებს შორის მანძილების დატოვების აუცილებლობას. ამიტომ როგორც განივი, ასევე გრძივი მიმართულებით დაჭრის პროცესში ცალკეულ ნაჭრებს შორის შეიჭრება მხოლოდ დანის მჭრელი პირი. დანის მოცილების შემდეგ მიიღება ერთმანეთისაგან თხელი დანის სისქის ტოლი მანძილით დაშორებული ნაჭრები სხვა, დამატებითი ნარჩენების გარეშე. ნამცხვრის ნარჩენები წარმოიქმნება მხოლოდ მთლიანი ნაჭრის პერიფერიაზე. ეს განპირობებულია, ერთი მხრივ, მიღებული ნაჭრების სწორი ფორმებისა და ზომების მიღწევის აუცილებლობით, ხოლო, მეორე მხრივ, ნამცხვრის მთლიანი დასაჭრელი ნაჭრების ცხობისას ზუსტი ზომების მიღწევის შეუძლებლობით. თუმცა, თუ ცხობისას შესაძლებელი გახდება მთლიანი ნამცხვრის ზომების მაღალი სიზუსტით დაცვა, მაშინ დაჭრის შედეგად

ნამცხვრის ნარჩენების წარმოქმნა მთლიანად გამოირიცხება მის პერიფერიულ ნაწილზეც.

### 3. დასკვნა

ამრიგად, წარმოდგენილი დამჭრელი მექანიზმი უზრუნველყოფს მთლიანი ცხობილის დაჭრას მექანიზმის ერთი სვლის გამოყენებით. ამასთან, დამჭერი თათები გამოირიცხავს მთლიანი ცხობილის და ასევე მისგან მიღებული ნაჭრების დაძვრა-გადაადგილებას ერთმანეთის მიმართ როგორც ჭრის პროცესში, ასევე მისი დასრულების შემდეგ. ეს უზრუნველყოფს ჭრის მაღალ ხარისხს და მიღებული ნაჭრების ზომებისა და ფორმების ერთგვაროვნებას, რაც დადებითად აისახება პროდუქციის სასაქონლო სახეზე.

### ლიტერატურა

1. ე. სადალაშვილი, ს. მღებრიშვილი. მკვებავი ბუნკერის გამოსასვლელი ფანჯრის მინიმალური ზომების დადგენა მაღალი სიბლანტის მქონე საკვები მასებისათვის // სტუ-ის შრომები, № 4 (474). თბილისი, 2009 წ., გვ. 119–122.
2. თ. მეგრელიძე, ბ. ღვაჩლიანი, ს. მღებრიშვილი, ე. სადალაშვილი, ვ. ღვაჩლიანი, გ. გუგულაშვილი. ცხობილზე კრემის წამსმელი ახალი მექანიზმი // საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ინტერნეტ-კონფერენცია „ინოვაციური პროცესები და ტექნოლოგიები“. ქუთაისი, 2011–04–18. 60–64 გვ.
3. თ. მეგრელიძე, ს. მღებრიშვილი, გ. გუგულაშვილი, ე. სადალაშვილი, ლ. გუგულაშვილი. ცხობილზე კრემის წამსმელი გორგოლაჭის ოპტიმალური დიამეტრის განსაზღვრა // სტუ-ის შრომები, № 6 (478). თბილისი, 2011 წ., გვ. 119–122.

UDC 664.681

## THE NEW MECHANISM FOR CUTTING THE BISCUITS ON PIECES

T. Megrelidze, G. Nadirashvili, E. Sadaghashvili, L. Papava, G. Gugulashvili

Department of food Industry, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There it is presented the new mechanism, which may be used for cutting the biscuits or paste on desirable form and measure pieces. This mechanism realizes the product preliminary press, following cut and received pieces let out only after finish this cutting process. It guaranteed the received pieces form and measures high exactness end cutting quality elevation.

**Key words:** dough; biscuit; baking; cut; mechanism.

УДК 664.681

**НОВЫЙ МЕХАНИЗМ ДЛЯ РЕЗКИ БИСКВИТОВ****Мегрелидзе Т.Я., Надирашвили Г.А., Садагашвили Э.З., Папава Л.П., Гугулашвили Г.Л.**

Департамент пищевой промышленности, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Представлена конструкция нового механизма, которая может быть использована для нарезки теста или выпеченного бисквита на куски нужных размеров и формы. Данный механизм осуществляет резку предварительно удержанного продукта и дальнейшее освобождение нарезанных кусков только после полного окончания процесса резки. Это обеспечивает высокую точность размеров нарезанных кусков и повышение качества резки.

**Ключевые слова:** тесто; бисквит; выпекание; резка; механизм.

*მიღებულია დასაბეჭდად 15.01.13*

შპს 656.4

**საზოგადოებრივი ტრანსპორტის უზრუნველყოფის ქალაქის სოციალურ სივრცეში****ბ. სოსელია, მ. ზუბიაშვილი, ნ. კიკნაძე\***

ტრანსპორტისა და მანქანათმშენებლობის მეცნიერების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: r.kiknadze@alltours.ge

**რეზიუმე:** საქალაქო მასობრივი საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (სმსტ) განვითარების ახალი ეტაპის არსია თანამედროვე ტექნიკის უმაღლეს დონეზე აყვანა, სმს ტრანსპორტის ტრადიციული სახეების - ტრამვაის, ტროლეიბუსის, ავტობუსის, მეტროპოლიტენის და მოძრავი შემადგენლობის კონსტრუქციის განვითარება.

**საკვანძო სიტყვები:** საქალაქო; მასობრივი; საზოგადოებრივი; ტრანსპორტი; ავტომატიზაცია; გამტარუნარიანობა; მუნიციპალური; კომერციული; ტექნოლოგიური; სამარშრუტო; არასამარშრუტო; კომფორტი; ოპერატიულობა; მგზავრნაკადები; ავტომობილიზაცია; კონკურენტული; სტრატეგია; ფუნქციონირება.

**1. შესავალი**

საქალაქო საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (სმსტ) ფუნქციონირების საკითხი არსებითად და-

კავშირებულია მის სოციოლოგიურ ანალიზთან ქალაქის სივრცეში. ფუნქციონირებს რა, როგორც სოციალური ინსტიტუტი, სსტ მოწოდებულია საზოგადოება უზრუნველყოს იაფი, მოხერხებული და ეკოლოგიური მობილურობით. ის ქალაქის განვითარების აუცილებელი ელემენტია და მისი მომსახურების, არსებობისა და ცხოვრების დონის უზრუნველყოფის სოციალური რესურსი.

**2. ძირითადი ნაწილი**

სს ტრანსპორტის განვითარების ისტორიაში ცნობილია ხუთი პერიოდი - ცხენის, ორთქლის, ელექტრული წვეის, საავტომობილო და თანამედროვე ელექტრული ტექნიკის და ავტომატიზაციის დანერგვის ფონზე შექმნილი სამეცნიერო-ტექნიკური რევოლუციის პერიოდი.

აღამიანი ცხენის წევას გადასაადგილებლად იყენებდა ჯერ კიდევ მე-18 საუკუნის ბოლო მეოთხედიდან მე-19 საუკუნის შუა პერიოდამდე ქალაქების ზრდასთან ერთად დადგა შიდასაქა-



ლაქო სამგზავრო ტრანსპორტის შექმნის აუცილებლობა. იმ დროის ქალაქებში ჯერ კიდევ მცირე იყო სამგზავრო ნაკადები, მაგრამ მათი ზრდის შედეგად მე-19 საუკუნის მეორე ნახევარში მსხვილი ქალაქების ვიწრო ქუჩები გადატვირთული აღმოჩნდა ცხენის წვეის ტრანსპორტით. ამასთან დაკავშირებით, საქალაქო ტრანსპორტზე საჭირო გახდა იმ დროისათვის რკინიგზის ტრანსპორტზე უკვე ცნობილი ორთქლის წვეის გამოყენება.

ცხენის წვეასთან შედარებით ორთქლის წვეა გამოირჩეოდა უფრო მაღალი ეკონომიურობითა და გამტარუნარიანობით, თუმცა ძალიან აბინძურებდა ჰაერს, იყო ხანძარსაშიში და ჰქონდა დაბალი დინამიკური მახვენებლები.

ელექტრული წვეის პერიოდი მე-19 საუკუნის ბოლოს დაიწყო. ტრამვაის და მეტროპოლიტენის ელექტრულ წვეაზე გადაყვანამ მნიშვნელოვნად გააუმჯობესა სადგურებისა და გვირაბების საინტარიული მდგომარეობა.

საქალაქო ტრანსპორტს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება როგორც ეროვნული მეურნეობის განვითარების, ასევე მოსახლეობის უსაფრთხო და სწრაფი გადაადგილების თვალსაზრისით. გადაადგილებაზე დროის დანახარჯების შემცირება მოსახლეობას საშუალებას აძლევს დაზოგილი დრო გამოიყენოს როგორც პირადი, ისე ქვეყნის ინტერესების სასარგებლოდ.

სამგზავრო გადაყვანა სრულდება ტრანსპორტის ყველა სახეობით, ძირითადად ავტობუსებით და სამარშრუტო ტაქსებით. ტექნოლოგიური თავისებურებიდან გამომდინარე, სამგზავრო გადაყვანა იყოფა: მუნიციპალურ (სახელმწიფო), კომერციულ და ტექნოლოგიურ გადაყვანებად. მუნიციპალური სამგზავრო გადაყვანა სრულდება მუნიციპალური შეკვეთების მიხედვით. ასეთი ტიპის საწარმო მიეკუთვნება მუნიციპალურ (სახელმწიფო) კუთვნილებაში არსებულ სატრანსპორტო ორგანიზაციას, რომელიც ახორციელებს საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის ექსპლუატაციას. სსტ-ის საფუძველს ქმნის მუნიციპალური სექტორი. იგი გადაყვანებს ახორციელებს ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანოების მიერ ორგანიზებულ მუნიციპალურ მარშრუტებზე. რამდენადაც სოციალურად ორიენტირებულ ტარიფებს მუნიციპალურ მარშრუტებზე აწესებს ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანოები, ასეთი გადაყვანები მთლიანად ან ნაწილობრივ ფინანსდება ადგილობრივი ბიუჯეტიდან მუნიციპალური შეკვეთის შესრულების გაანგარიშების წესით. სსტ-ის კომერციულ სექტორში გადაყვანის ორგანიზაციას დამოუკიდებლად ასრულებს

გადამყვანები. ისინი ავსებენ მუნიციპალურ გადაყვანებს და ფუნქციონირებენ იმ მიზნით, რომ გადაყვანმა, მგზავრებთან შეთანხმების პირობების შესაბამისად, მიიღოს გარკვეული სარგებლობა. ტექნოლოგიური სამგზავრო გადაყვანა კი ხორციელდება ორგანიზაციების ან მეწარმეთა მიერ, რომლის დროსაც მგზავრს სარგებლობა უხდება სხვა სახის ტრანსპორტითაც.

საერთო სარგებლობის საქალაქო ტრანსპორტით სამგზავრო გადაყვანა სრულდება პროფესიულ ან კომერციულ საფუძველზე. კომერციული ორგანიზაციის მიერ განხორციელებული სამგზავრო გადაადგილება ჩაითვლება საერთო სარგებლობის ტრანსპორტით შესრულებულ გადაყვანად, თუ ის კანონის ან, სხვა სამართლებრივი აქტის შესაბამისად, ამ ორგანიზაციის ლიცენზიიდან გამომდინარეობს და მას ავალდებულებს, რომ ნებისმიერი მოქალაქის ან იურიდიული პირის მომართვის შემთხვევაში განახორციელოს სამგზავრო გადაყვანა და ბარგის გადატანა. გადაყვანის ხელშეკრულება არის საჯარო. გადაყვანს არა აქვს უფლება გადაყვანაზე უარი უთხრას პირს, რომელმაც მას მიმართა ამის შესახებ.

ამჟამად არსებობს ტრანსპორტის შემდეგი სახეობები: სახმელეთო, მეტროპოლიტენი, წყლის, საჰაერო, მილსადენი და საბაგირო.

ყველაზე უფრო მასობრივ სამგზავრო გადაყვანებს ასრულებს საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტი, რომელიც არის სამარშრუტო (ავტობუსი, ტროლეიბუსი, ტრამვაი, მეტროპოლიტენი, ელექტრომატარებელი, საბაგირო გზა, ფუნიკულიორის ვაგონი) და არასამარშრუტო (მოქალაქეთა მსუბუქი ავტომობილები, ტაქსები და სამოსამსახუროდ შეკვეთილი და სამოსამსახურო ავტობუსები, მოტოციკლები, არამექანიკური სატრანსპორტო საშუალებები).

სსტ-ით განხორციელებულ გადაყვანათა საერთო მოცულობაში სჭარბობს ავტობუსებით შესრულებული სამარშრუტო გადაზიდვები.

სსტ-ით მგზავრთა გადაყვანა ლოკალიზებულია ქალაქის საზღვრებში. პრაქტიკულად ყველა პატარა ქალაქსა და ქალაქის ტიპის დასახლებულ პუნქტში საავტომობილო მარშრუტები ერთდროულად გადის შესაბამისი დასახლებული პუნქტის ტერიტორიაზე და ემსახურება საგარეუბნო ზონას. ზოგიერთ შემთხვევაში ტრამვაის და ტროლეიბუსის მარშრუტებიც გრძელდება ქალაქის ფარგლებს გარეთ. ამიტომ, ტერმინი „საქალაქო“ აერთიანებს ორ მნიშვნელობას - შიდასაქალაქო და საგარეუბნო.

თბილისში მეტრო 1966 წლიდან ფუნქციონირებს. ეს არის ყველაზე მოხერხებული სატრანს-

პორტო კომპლექსი, რომლის საშუალებითაც, სხვა ტრანსპორტთან შედარებით, მაქსიმალური სიჩქარით არის შესაძლებელი დაშორებულ რაიონებში მოხვედრა.

საქართველოს სარკინიგზო სისტემა კარგადაა განვითარებული. ის თითქმის ანალოგიურია რუსეთის იმპერიის რკინიგზისა, სადაც მოძრავ შემადგენლობას, კომფორტის დონით, პრაქტიკულად იგივე სახე აქვს. ყველა ადგილობრივი მარშრუტი მოძრაობს თბილისის გავლით, რომელიც ქვეყნის სატრანსპორტო ცენტრია.

სარკინიგზო ტრანსპორტის უპირატესობად ითვლება მგზავრობის უსაფრთხოება და დაბალი ტარიფი, ხოლო საავტომობილო ტრანსპორტის უპირატესობად – მისი გადაადგილება «კარიდან კარამდე», მგზავრობის სისწრაფე, კომფორტი, ოპერატიულობა. უკანასკნელი მანქანებიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ საავტომობილო ტრანსპორტი უკეთ რეაგირებს კონკრეტული პირობების ცვალებადობაზე.

ჩვენს ქვეყანაში განვითარებულია როგორც შიგა, ასევე საერთაშორისო ფრენები. საქართველოს შიგნით თვითმფრინავები მოძრაობს ბათუმსა და თბილისს შორის. შიგა ფრენის ღირებულება დაახლოებით სამოცი დოლარია ერთი მიმართულებით.

სსტ-ის ფუნქციონირების საკითხი არსებითად დაკავშირებულია მის სოციალური ანალიზთან ქალაქის სივრცეში. ფუნქციონირებს რა, როგორც სოციალური ინსტიტუტი, სსტ მოწოდებულია უზრუნველყოს საზოგადოების მოთხოვნილება იაფი, მოხერხებული და ეკოლოგიური მობილურობით.

ნებისმიერ სატრანსპორტო საშუალებას სატრანსპორტო მაგისტრალის მით მეტი ფართობი უკავია, რაც მაღალია მისი სიჩქარე. ეს მნიშვნელოვანი ფაქტორია, რადგან, მოსახლეობის რაოდენობის ზრდასთან ერთად, მგზავრობაზე დროის დანახარჯები მატულობს როგორც ცენტრში, ასევე გარეუბანში მცხოვრებთათვისაც.

ავტომობილების სატრანსპორტო მაგისტრალის გაჯერებისას არსებობს მზარდი მგზავრნაკადების ათვისების ერთი რეალური გზა – ახალი ძვირად ღირებული, მრავალმარუსიანი მაგისტრალის მშენებლობა.

გაზრდილი მგზავრნაკადების ათვისების ამოცანა გარკვეულ ზღვრამდე შეიძლება გადაიჭრას ავტომობილიზაციით. მცირე მგზავრნაკადების მქონე პატარა და საშუალო ქალაქებში მგზავრნაკადების მომსახურება შეიძლება გადაწყდეს ავტომობილიზაციით, ხოლო მსხვილ ქალაქებში – საქალაქო მასობრივი სამგზავრო ტრანსპორტის (სმსტ) გაუმჯობესებით. ამიტომ, სმსტ-ის განვი-

თარების ამოცანის ავტომობილიზაციით გადაჭრის ერთადერთი გზაა ახალი, ავტოტრანსპორტთან კონკურენტული სამგზავრო ტრანსპორტის შექმნა. ეს კონკურენტუნარიანობა უნდა აისახოს მის კომფორტულობასა და ტრანსპორტირებისათვის საჭირო დროის შემცირებით. სმსტ-ის განვითარების ახალი ეტაპის არსი თანამედროვე ტექნიკის უმაღლეს დონეზე აყვანა, მისი ტრადიციული სახეების - ტრამვაის, ტროლეიბუსის, ავტობუსის, მეტროპოლიტენის და მოძრავი შემადგენლობის კონსტრუქციის გაუმჯობესებაა.

საქალაქო საზოგადოებრივი ტრანსპორტი, როგორც სოციალური ინსტიტუტი, მოწოდებულია უზრუნველყოს საზოგადოების მოთხოვნილება იაფი, მოხერხებული, ეკოლოგიური მობილურობით. სსტ არის ქალაქის სივრცის არსებობის და განვითარების უცილობელი ელემენტი, ქალაქის მოსახლეობის დამსახურებული არსებობის უზრუნველყოფის სტრატეგიულად მნიშვნელოვანი სოციალური რესურსი.

სსტ-ის სოციალური როლის, სტრუქტურის, ფუნქციის და ნორმის შესახებ მრავალი გადაუწყვეტელი საკითხი არსებობს, არ არის გახსნილი მისი ზემოქმედება სხვა სოციალურ ინსტიტუტებთან, არ არის დამუშავებული მისი ეფექტური მუშაობის სოციალური კრიტერიუმები, პრაქტიკულად არ არის შესწავლილი ტრანსპორტის დანიშნულების სოციალური გარემოს ასპექტები. საჭიროა, რომ სსტ-ის ინსტიტუტის ფუნქციონირების ნორმების დაცვა გარანტირებულად აკმაყოფილებდეს სიჩქარის, უსაფრთხოების, ინფორმაციის, კომფორტის, ეკონომიურობის მიღწევის, ეკოლოგიურობისა და სტატუსის მოთხოვნებს.

### 3. დასკვნა

ყველაზე უფრო მასობრივ სამგზავრო გადაყვანებს სსტ ასრულებს. მისი სოციალური როლის და ფუნქციის შესახებ მრავალი საკითხია გადაუწყვეტელი. საჭიროა, სსტ-ის ეფექტური მუშაობის სოციალური კრიტერიუმების, ტრანსპორტის დანიშნულების სოციალური გარემოს ასპექტების შესწავლა და სმსტ-ის ტრადიციული სახეების განვითარება.

### ლიტერატურა

1. ნავაძე, ვ. ქართველიშვილი, თ. გორშოვი. სამგზავრო საავტომობილო გადაყვანები. თბილისი: სტუ, 2009.
2. Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А. Теория городских пассажирских перевозок. Москва: Высшая школа, 1980.

---

**UDC 656.4****FUNCTIONING OF URBAN PUBLIC TRANSPORT IN THE SOCIAL SPACE****B. Soselia, M. Zubiashvili, N. Kiknadze**

Department of transport and mechanical engineering management, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** A new stage in development of Urban Public Transport (UPT) aims to improve modern technology. It also means development of traditional types of Public Transport – trams, trolley-buses, buses, metro and the construction of mobile staff.

**Key words:** urban; mass; public transport; automatization; capacity; municipal; commercial; technological; express; non-express; comfort; operativeness; passenger's streams; automobilization; competition; competitive; strategy; functioning.

---

**УДК 656.4****ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА В СОЦИАЛЬНОЙ СРЕДЕ ГОРОДА****Соселия Б.Л., Зубиашвили М.Г., Кикнадзе Н.Т.**

Департамент транспорта и менеджмента машиностроения, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Суть нового этапа в развитии городского массового общественного транспорта (ГМОТ) состоит в поднятии на высший уровень современной техники, в развитии конструкций традиционных видов ГМОТ – трамвая, троллейбусов, автобусов, метрополитена и подвижного состава.

**Ключевые слова:** городской; массовый; общественный транспорт; автоматизация; пропускная способность; муниципальный; коммерческий; технологический; маршрутный; комфорт; оперативность; пассажиропоток; автомобилизация; стратегия; конкурентный.

---

*მიღებულია დასაბუჯდად 10.01.13*

**УДК 621.548****СИЛЫ И ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ЛОПАСТЬ РОТОРА ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ****М. Г. Швангирадзе**

Департамент производственных технологий инженерии - механики, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава 77

E-mail: shvango@gmail.com

---

**Резюме:** Долговечность и эффективность работы ветровых электрогенераторов во многом определяется надёжностью конструкции ротора, восприни-

мающего энергию ветра. Ключевой задачей в процессе проектирования и разработки технологического процесса изготовления роторов является стремление к минимальной массе при достаточной проч-

ности лопастей ротора. Для решения поставленной задачи необходимо иметь методику расчёта поперечных сил и изгибающих моментов, действующих на лопасть. В статье приводится разработанная нами методика, позволяющая рассчитывать указанные силовые параметры в любом поперечном сечении лопасти, в зависимости от скорости ветра и соответственно его силового давления на лопасть.

**Ключевые слова:** ротор; лопасть; базальтовое волокно; полимерный композит.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование технологических процессов производства изделий из полимерных композиционных материалов, в своё время, дало серьёзный толчок развитию ветровой энергетики. Главная особенность этих технологий заключается в отличии от традиционных методов производства изделий, когда на первом этапе получают материал, а впоследствии из данного материала изготавливают деталь. В случае же изготовления изделий из композиционных материалов, технологический процесс предусматривает одновременное производство материала и изделия, что, безусловно, создаёт особые, специфические условия в производственном процессе [1]. Исходя из этого, композиционные материалы проложили путь к абсолютно новому стилю и способам проектирования конструкций и технологических процессов производства изделий. Они способствуют более эффективному решению находящихся в противоречии массы и прочности изделий.

Для изготовления лопастей роторов ветровых генераторов нами используется ткань из базальтового волокна, которая является сравнительно новым материалом для производства деталей подобного типа. Для совершенствования технологии изготовления ротора, с учётом необходимости оптимизации таких основных параметров изделия, как масса и прочность, решающее значение принимает умение определять нагрузки, действующие на лопасть в процессе работы. Очевидно, что ставится вопрос о разработке методики расчёта изгибающих моментов и поперечных сил, действующих в разных сечениях лопастей роторов ветрового генератора в зависимости от текущих условий эксплуатации.

## 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Лопасть ротора ветрового генератора имеет две главные поверхности. Это передняя поверхность, которая воспринимает давление воздушных потоков,

и обратная сторона – спина, которая формирует лопасть и обеспечивает необходимую её прочность и устойчивость. Малые и микроэнергоустановки (до 50КВт) оснащены роторами, лопасти которых имеют плоские передние поверхности. Методику определения изгибающего момента и поперечной силы разрабатываем для таких лопастей.

На основании экспериментов и испытаний ветровых роторов в аэродинамической трубе выведена эмпирическая зависимость для расчёта сил, действующих на лопасть, вызванных воздушными потоками [2, 3]:

$$F = C_y S \frac{\rho}{2} (\omega^2 r_m^2 + v^2), \text{ кг} \quad (1)$$

где:  $C_y$  – коэффициент подъёмной силы;

$S$  – площадь передней поверхности лопасти,  $\text{м}^2$ ;

$\rho$  – плотность массы воздуха,  $\text{кг}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$  (в системе МКГСС);

$\omega$  – угловая скорость вращения ротора,  $\text{рад}/\text{с}$ ;

$r_m^2$  – условный радиус ротора,  $\text{м}$ ;

$v$  – скорость ветра,  $\text{м}/\text{с}$ .

Некоторые величины данной формулы рассчитываются отдельно. Так, угловая скорость вращения ротора определяется выражением  $\omega = zv/R$ , а условный радиус ротора - выражением  $r_m^2 = (R^2 + Rr + r^2)/3$ . Здесь:  $z$  – коэффициент быстроходности ротора;  $R$  – радиус ротора  $\text{м}$ ;  $r$  – радиус от центра ротора до начала поверхности лопасти,  $\text{м}$ .

Предварительно рассчитывается также площадь передней поверхности лопасти. У лопастей с плоской передней поверхностью ширина возле центра ротора больше, чем в области вершины. Поэтому, для облегчения расчётов, форму передней поверхности можно уподобить трапеции (рис.1). Очевидно, что будет иметь место расхождение от реальной формы. Однако погрешности в практических расчётах настолько малы, что ими можно пренебречь. Таким образом, для определения площади передней поверхности лопасти имеем выражение:  $S = L(B + b)/2$ , где:  $L$  – длина лопасти  $L = R - r, \text{ м}$ ; а  $B$  и  $b$  – максимальная и минимальная ширина лопасти,  $\text{м}$ .

Проводим расчёты по определению силы давления ветра на переднюю поверхность лопасти в диапазоне скоростей ветра от 3  $\text{м}/\text{с}$  до 50  $\text{м}/\text{с}$ . Параметры изготовленного нами ротора следующие:  $R = 2\text{ м}$ ,  $r = 0.2\text{ м}$ ,  $B = 0.25\text{ м}$ ,  $b = 0.19\text{ м}$ . Согласно ранее проведённым экспериментам известно, что коэффициент быстроходности трёхлопастного ротора равен  $z = 4.7$  [2, 3], а плотность массы воздуха, при температуре воздуха  $+10^\circ\text{C}$ , равна  $\rho = 0.125 \text{ кг}\cdot\text{сек}^2/\text{м}^4$ . По результатам расчетов строим диаграмму изменения силы давления ветра на лопасть в зависимости от скорости ветра

(рис.2). Видно, что силовые нагрузки на лопасть меняются в значительно большом диапазоне - от 10 кг при 5 м/с, до 1000 кг при 50м/с . С экономической точки зрения, лопасти и соответственно роторы целесообразно изготавливать в зависимости от преобладающих значений скоростей ветра для района, где устанавливается энергетическая установка.

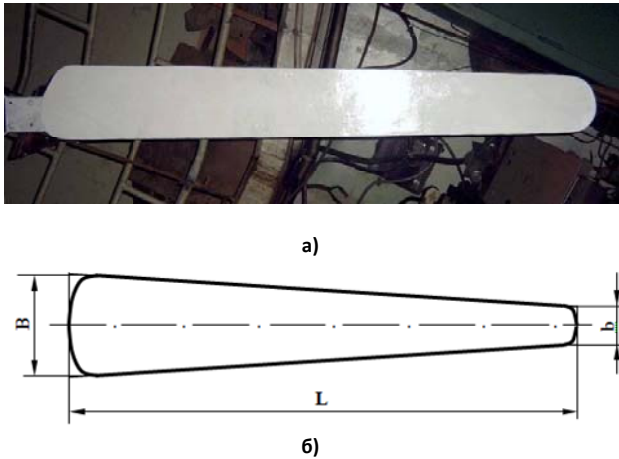


Рис. 1. Передняя поверхность лопасти ротора: а) реальная лопасть; б) схема передней поверхности

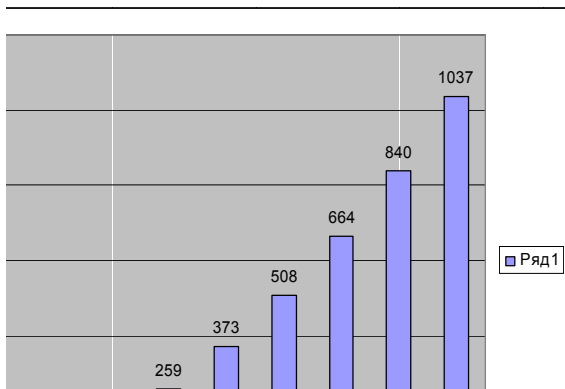


Рис.2. Диаграмма зависимости силы (в кг) от скорости ветра, действующей на лопасть ротора (параметры лопасти L=1800мм, B=250 мм, b=190 мм)

Полученные данные следует использовать при создании конструкции и разработке технологического процесса изготовления ротора. Для этого необходимо уметь рассчитывать значения поперечных сил и изгибающих моментов в любом поперечном сечении лопасти по всей её длине, на основании полученных данных силового давления ветра на переднюю поверхность лопасти. С целью моделирования схемы нагружения, лопасть ротора представим в качестве консольной балки, защемленной одним концом, имеющей перпендикулярную относительно передней поверхности плоскость симметрии, которая проходит

через продольную ось. Предположим, что распределённая сила действует в плоскости симметрии так, что изгиб происходит в этой же плоскости. Допускаем, что в области площади передней поверхности лопасти, да и всего ротора воздушные потоки одинаковые. Исходя из сказанного, лопасть ротора представим в качестве консоли, заделанной на левом конце и несущей полную нагрузку  $F$ , интенсивность которой равномерно уменьшается (рис.3).

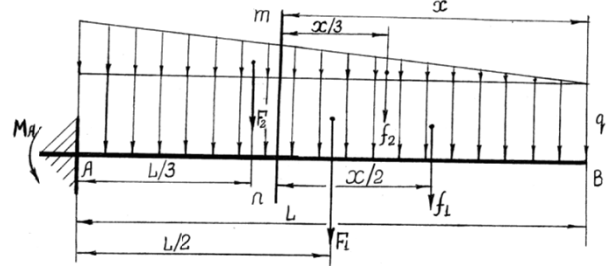


Рис. 3. Эпюра нагрузки лопасти с плоской передней поверхностью

Для удобства расчётов трапецидальную форму передней поверхности лопасти условно делим на две части - четырёхугольную со сторонами  $L$  и  $b$ , и треугольную с катетами  $L$  и  $(B-b)$ , сумма площадей которых равна площади трапецидальной формы передней поверхности лопасти. Соответственно вид нагружения тоже делится на две части - на равномерно распределённую, интенсивностью  $q$ , при полной нагрузке  $F_1$ , и от нуля равномерно возрастающую при полной нагрузке  $F_2$ , (см.рис.3). Таким образом, рассчитанную нами силу воздушных потоков  $F$  условно представляем в качестве суммы сил  $F_1$  и  $F_2$ . Рассмотрим способы расчёта каждой из этих сил. Из сопротивления материалов известно, что, если консоль несёт равномерно распределённую нагрузку, то поперечная сила и изгибающий момент в условном сечении –  $mn$  - определяются формулами [4]

$$f_1 = -qx \text{ и } M_1 = -qx \frac{x}{2} = -\frac{qx^2}{2}. \quad (2) \text{ и } (3)$$

Для полной нагрузки  $F_2$ , равномерно возрастающей от нуля до определённого значения, поперечная сила и изгибающий момент в условном сечении –  $mn$  - определяются формулами [4]

$$f_2 = -F_2 \frac{x^2}{L^2} \text{ и } M_2 = -F_2 \frac{x^2}{L^2} \frac{x}{3} = -F_2 \frac{x^3}{3L^2}. \quad (4) \text{ и } (5)$$

Напоследок необходимо суммировать значения сил и моментов, полученных отдельно равномерно распределённой нагрузкой и равномерно возрас-



тающей нагрузкой. Таким образом, посредством изложенного подхода для каждого значения  $F$  можно определить поперечную силу и крутящий момент в любом сечении лопасти ротора, зная его параметры. Для примера в таблице приводятся рассчитанные значения поперечных сил и крутящих моментов в

разных сечениях по длине лопасти изготовленного нами ротора, параметры которого изложены выше. Расчёты проведены формулами (2), (3), (4), (5) для случая  $V=20\text{м/с}$ , когда  $F=166\text{кг}$  (см. рис. 2). Окончательные значения получены суммированием составных рассчитанных частей.

Продольная координата	$X_1$ 360 мм	$X_2$ 720 мм	$X_3$ 1080 мм	$X_4$ 1440 мм	$X_5$ 1800 мм
Параметры					
Реальная суммированная поперечная сила – $f$ кг	29,58	60,97	94,17	129,18	166
Реальный суммированный изгибающий момент – $M$ кг. м	5,27	21,51	49,38	25,52	142,6

В таблице координаты  $X$  отложены от вершины лопасти к центру ротора. Полученные данные позволяют рассчитать и определить параметры лопасти, в том числе на месте её крепления, где поперечная сила и изгибающий момент имеют максимальные значения (координата  $X_5$  в таблице 1). Известно, что место крепления лопасти является слабым звеном ротора. В этом месте нагрузки можно рассчитывать также, исходя из площади трапеции, у которой центр тяжести будет располагаться на расстоянии  $a = L(B + 2b) / 3(B + b)$  от нижней грани  $B$ .

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Грузия богата ветровыми энергоресурсами. Необходимость защиты экосистемы требует от учёных развития научных, конструкторских и технологических разработок в этом направлении. Предложенная

методика расчёта сил и моментов, действующих на лопасть ротора, является основой при проектировании и изготовлении ветровых генераторов. Её можно использовать для любых скоростей ветра и мощности установки. В ближайшее время планируется освоение опытных образцов малых энергоустановок.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по композиционным материалам / Под редакцией Дж.Любина М.: Машиностроение, 1988.
2. Шефтер Я.И. Использование энергии ветра. М.: Машиностроение, 1982.
3. Капанадзе Ш. Микро- и малые ветровые электростанции. Тбилиси, 2001. (На грузинском языке).
4. Тимошенко С.П. Сопротивление материалов. Том I. М.: Машиностроение, 1983.

## შპს 621.548

### ქარის ბენერატორის ფრთების მოქმედი კალები და მდუნავი მომენტები

#### მ. შვანგირაძე

მექანიკის ინჟინერიის საწარმოო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

**რეზიუმე:** ქარის ელექტროგენერატორების ხანმედეგობა და ეფექტურობა განისაზღვრება ქარის ენერჯის მიმღები როტორის კონსტრუქციის საიმედოობით. როტორების დაპროექტებისა და დამზადების ტექნოლოგიური პროცესის შემუშავებისას საკვანძო ამოცანას წარმოადგენს, საკმარისი სიმტკიცის პირობებში, როტორის ფრთების მინიმალური მასისკენ სწრაფვა. მოცემული ამოცანის გადასაწყვეტად აუცილებელია გვეთავაზოს ფრთაზე მოქმედი განივი ძალებისა და მდუნავი მომენტე-



---

ბის გაანგარიშების მეთოდოლოგია. სტატიაში მოყვანილია ჩვენ მიერ შემუშავებული მეთოდოლოგია, რომელიც საშუალებას გვაძლევს, ფრთის ნებისმიერ კვეთში, გამოვიანგარიშოთ განივი ძალებისა და მღუნავი მომენტების მნიშვნელობები ქარის სიჩქარესა და, შესაბამისად, ფრთაზე მის მიერ განვითარებული ზეწოლის ძალაზე დამოკიდებულებით.

**საკვანძო სიტყვები:** როტორი; ფრთა; ბაზალტის ბოჭკო; პოლიმერული კომპოზიტი.

---

**UDC 621.548**

**FORCES AND BENDING MOMENTS ACTING ON THE BLADE OF WIND TURBINE ROTOR**

**M. Shvangiradze**

Department of industrial technologies of engineering mechanics, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** The durability and performance of wind power is largely determined by the reliability design of the rotor, perceiving wind energy. A key challenge in the design and development process of manufacturing rotors is the desire for minimum weight with sufficient strength of the rotor blades. To solve this problem it is necessary to have a method of calculating shear forces and bending moments acting on the blade. The paper presents our developed technique, which allows to calculate these power options in any cross-section blade, depending on the wind speed and therefore its military pressure on the blade.

**Key words:** rotor; blade; basalt fiber; polymer composite.

---

*მიღებულია დასაბეჭდად 27.12.12*

# ბიზნესინჟინერინგის სექცია

შპს 80

ინტერსუბიექტური და ფრაზეო-სემანტიკური კლასი „ოჯახი“

ნ. გამყრელიძე

ლიბერალურ მეცნიერებათა დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: n.gamkrelidze@mail.ru

**რეზიუმე:** განხილულია გერმანული, ქართული და რუსული ფრაზეოლოგიური ერთეულები სემანტიკური კომპონენტით „ინტერსუბიექტური მიმართებები ოჯახში“.

**საკვანძო სიტყვები:** ინტერსუბიექტური მიმართებები; ფრაზეო-სემანტიკური კლასი „ოჯახი“; სემანტიკური კომპონენტი; სემანტიკური ადეკვატურობა; ეთნორეალია; ეთნონიშანი; კულტუროლოგია.

## 1. შესავალი

ინტერსუბიექტური მიმართებები ყალიბდება საზოგადოების ცხოვრებისეული და შემოქმედებითი გამოცდილების ჭრილში. იგი ვრცელდება ადამიანთა ურთიერთმიმართების ყველა სფეროზე [1]. აქედან გამომდინარე, მართებულად მიმჩნია ინტერსუბიექტურობის ფაქტორის სემანტიკური კვლევის განხორციელება ინტერსუბიექტურობის გამომხატველი სხვადასხვა მაკროკლასის ფარგლებში. წინამდებარე ნაშრომის მიზანია ინტერსუბიექტური მიმართებების კვლევა ფრაზეო-სემანტიკურ კლას „ოჯახში“ გერმანული, ქართული და რუსული ენების ანალოგიური ჯგუფების ურთიერთშედარების საფუძველზე.

## 2. ძირითადი ნაწილი

ფრაზეოლოგიური ერთეულები სემანტიკური კომპონენტით „ინტერსუბიექტური მიმართებები ოჯახში“ სემანტიკური კვლევისათვის საინტერესო მასალაა. ცნობილია, რომ ადამიანი, როგორც მოაზროვნე და გონიერი არსება, ოდითგანვე მიიღებდა ტომობრივ-გვაროვნული კავშირის დამყარებისაკენ. შეიძლება ითქვას, რომ ოჯახური

ურთიერთდამოკიდებულება ნებისმიერი სოციალური ფორმაციის პერიოდში მიჩნეული იყო, როგორც გამორჩეული და განსაკუთრებული, ყველა შესაძლო ინტერსუბიექტური მიმართებიდან [2]. ეს უკანასკნელი შეიძლება აიხსნას იმ გარემოებით, რომ ოჯახი, როგორც ერთგვარი სოციალური, გამოირჩევა ურთიერთმიმართებათა არაოფიციალურობით, ინტიმურობით და ჰარმონიულობით. ოჯახურ-ნათესაური ან შიდაოჯახური მიმართებების ნომინაციის მიზნით ძირითადად გამოიყენება ისეთი ფრაზეოლოგიური ერთეულები, რომლებიც მიუთითებს ძალიან მჭიდრო ან, პირიქით, ძალიან სუსტ ნათესაურ კავშირზე. ისინი ოჯახურ ურთიერთმიმართებებს წარმოაჩენენ სხვადასხვა რაკუსით და განსხვავებულ ჭრილში [3].

საკვლევი მასალის შერჩევას ვიყენებ პრინციპს, რომლის თანახმად ენობრივი მასალა უნდა შეესაბამებოდეს სამყაროს ენობრივი ხატის ერთ კონკრეტულ ფრაგმენტს – „ინტერსუბიექტურ მიმართებებს ოჯახში“. ვცდილობ ერთ კლასში გავაერთიანო სემანტიკურად ერთი იდეისა და კონცეპტის გამომხატველი ფრაზეოლოგიური ერთეულები, დავადგინო მათი ენობრივი ხატების მსგავსება-განსხვავება გერმანული, ქართული და რუსული ენების მაგალითზე, გამოვავლინო სრული, ნაწილობრივი ან ნულოვანი ეკვივალენტურობა როგორც კულტურულ-მსოფლსხედვით, ასევე ენობრივ დონეზე.

### 1. ოჯახი

1.1. ურთიერთპატივისცემა ოჯახში, შიგა ოჯახური მიმართებები

kleine Geschenke erhalten die Freundschaft – კეთილი გულით მოძღვნილი, მცირედიც შეიწირების - недорог подарок, дорога любовь;

Achtung ist besser als Gold - ყურადღება ოქროზე ძვირფასია - внимание дороже золота;

Einigkeit macht stark - ძალა ერთობაშია - в единении сила;

einer ist keiner - მარტო კაცი ჭამაშია ც ბრალიაო - один в поле не воин;

vier Augen sehen mehr - ორი თვალით დანახულს ოთხი თვალით დანახული სჯობსო - одним глазом хорошо, а двумя лучше;

## 12. მშობლები, შვილები/შვილები, მშობლები

kleine Kinder kleine Sorgen, grosse Kinder grosse Sorgen - პატარა შვილები - პატარა თავის ტკივილია, დიდი შვილები - დიდი თავის ტკივილი! - маленькие детки - маленькие бедки, большие детки - большие бедки;

wie der Abt, so die Moenche - რაც ერი, ის ბერი - каков поп, таков приход;

der Apfel faellt nicht weit vom Stamm - ხე ნაყოფით იცნობა - яблоко от яблони недалеко падает;

jedes Kind ist seines Vaters - მამის ალი-კვალი - весь в отца.

erziehst du einen Raben, wird er dir die Augen ausgraben - უბეში გველი გამოზრდია - вскорми змейку на свою шейку;

## 1.3. შიგა ოჯახური მიმართებები

an sich denken ist ganz recht, nur an sich denken ist ganz schlecht - ჯერ თავო და თავო, მერე ცოლო და შვილო - о себе думать - хорошо, только о себе думать - плохо;

Freud und Leid teilen - ჭირის და ღხინის გაზიარება - делить горе и радость;

Licht und Rauch schauen zum Fenster hinauer - კაცმა ჭირი მაღალო, ჭირმა თავი არ დამაღალო - шило в мешке да любовь в сердце не утаишь;

ein Herz und eine Seele sein - სული სულში, გული გულში - жить душа в душе;

alte Liebe rostet nicht - სიყვარული არ ბერდება - старая любовь не ржавеет;

## 14. საზოგადოება-ოჯახი

jedes Warum hat sein darum - ყველა კითხვას თავისი პასუხი აქვს - каждый сверчок знает свой шесток;

was in aller Leute Mund, ist nicht immer ohne Grund - კვამლი უცეცხლოდ არ არსებობს - нет дыма без огня;

wenn zwei sich streiten, freut sich der Dritte - ჩხუბში მე-სამე ზედმეტიაო - двое дерутся, третьему выгода;

es ist nichts so fein gesponnen, alles kommt ans Licht der Sonne - შუბი ხალთაში არ დაიმალება - шило в мешке не утаишь;

willst du fremde Fehler zaehlen, heb an deine aufzuzahlen

- სხვის თვალში ბეწვს ხედავს, თავის თვალში დირეს ვერაო - других не суди, на себя погляди.

## 3. დასკვნა

მოცემული ემპირიული მასალის ანალიზმა ცხადყო, რომ „ინტერსუბიექტური მიმართებები ოჯახში“ სამყაროს ენობრივი ხატის ერთი კონკრეტული ფრაგმენტია. ნაშრომში განხილულ ენობრივ მასალაში ძირითადად გამოიკვეთა კულტუროლოგიური და სემანტიკური ადეკვატურობა სამივე შესაპირისპირებელი ენის ფარგლებში. აღნიშნულში იგულისხმება შინაარსობრივად ერთი იდეისა და კონცეპტის გამომხატველი ფრაზოლოგიური ერთეულების ენობრივი ხატების მსგავსება-განსხვავება გერმანული, ქართული და რუსული ენის მაგალითზე. მოცემულ ფრაზოლოგიურ კლასში გაანალიზებული ენობრივი მასალის საფუძველზე გამოვლინდა სრული, ნაწილობრივი და ნულოვანი ეკვივალენტურობის შემთხვევები როგორც გერმანულ, ასევე ქართულ და რუსულ ენებში. იგულისხმება როგორც კულტუროლოგიურ-მსოფლხედვითი, ასევე ენობრივი დონე. ნულოვანი ეკვივალენტურობის გამოყენებით თარგმნისას ვისარგებლე სემანტიკური ადეკვატურობის პრინციპით. ენობრივი მასალის კვლევაში თვალსაჩინოდ წარმოაჩინა მსგავსება-განსხვავება ეთნორეალიებსა და ეთნონიშნებში, გამოვლინდა როგორც ზოგადლინგვისტური ადეკვატურობა, ასევე კულტუროლოგიური სპეციფიკურობა. აღნიშნული განპირობებულია სხვადასხვა ენობრივი კოლექტივის განსხვავებული ენობრივი მსოფლხედვით.

რაც შეეხება სრულ ეკვივალენტურობას, სემანტიკურ ადეკვატურობას და ანალოგიურ ასოციაციურ მიმართებებს, ცხადია ის ვერ იქნება განპირობებული გერმანული, ქართული და რუსული ენების საერთო ენობრივი სივრცით, მათი ისტორიულ-კულტურული განვითარების ტენდენციებით. მისი ახსნა საერთო ინტერ-კულტუროლოგიური განვითარების ტენდენციებით და ზოგადადამიანური, ზოგადსაკაცობრიო აზროვნების ფორმით არის შესაძლებელი.

## ლიტერატურა

1. Обозов Н.Н. Межличностные отношения // Сб.тр. Ленинград, ЛГУ, 1979, стр. 47-51.
2. Мясичев В.Н. Социальная психология личности. Ленинград, 1974, стр. 115-142.
3. Ольшанский В.Б. Межличностные отношения - В кн. Социальная психология. М., 1975, стр. 25-38.

UDC 80

## INTERSUBJECTIVITY AND PHRASEO-SEMANTIC GROUP “FAMILY”

N. Gamkrelidze

Department of liberal sciences, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There is considered phraseologisms of German, Georgian and Russian languages with the semantic component intersubjective relationships in phraseo-semantic group „family“.

**Key words:** intersubjective relationships; phraseo-semantic group “family”; semantic component; semantic equivalence; ethnoreally; ethnosign; culturology.

УДК 80

## ИНТЕРСУБЪЕКТИВНОСТЬ И ФРАЗЕО - СЕМАНТИЧЕСКАЯ ГРУППА „СЕМЬЯ“

Гамкრელიძე Н.О.

Департамент либеральных наук, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Рассмотрены фразеологизмы немецкого, грузинского и русского языков с семантическим компонентом интерсубъективных отношений в фразео – семантической группе „семья“.

**Ключевые слова:** вербальная коммуникация; интерсубъективные отношения; социальная среда; семантический компонент; эквивалентность; культурология; лингвистический уровень.

*მიღებულია დასაბუჯლად 31.01.13*

შპს 80

## ინტერსუბიექტიურობა და სოციალური გარემო ფრაზეოლოგიკურში

ნ. გამკრელიძე

ლიბერალურ მეცნიერებათა დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: n.gamkrelidze@mail.ru

**რეზიუმე:** განხილულია გერმანული, ქართული და რუსული ფრაზეოლოგიური ერთეულები სემანტიკური კომპონენტით „ინტერსუბიექტიური მიმართებები სოციალურ გარემოში“.

**საკვანძო სიტყვები:** ვერბალური კომუნიკაცია; ინტერსუბიექტიური მიმართებები; სოციალური

გარემო; სემანტიკური კომპონენტი; ეკვივალენტურობა, კულტუროლოგია; ენობრივი დონე.

## 1. შესავალი

აღამიანი, როგორც სოციალური ფენომენი, ურთიერთობის განსაკუთრებულ ფორმას – ვერბალური კომუნიკაციის უნარს ფლობს. მისი ნების-

მიერი მიზანმიმართული ქმედება შეუძლებელია კომუნიკაციის გარეშე. ინტერსუბიექტურობა, რომელიც ინდივიდებს შორის ერთობლივი ფიზიკურ-შემოქმედებითი, პრაქტიკული, მორალურ-სულიერი თუ სოციალური ურთიერთობების პროცესში ყალიბდება, აერთიანებს ადამიანებს შორის შესაძლო ურთიერთობების ყველა სოციალურ სფეროს. ნაშრომის მიზანია ინტერსუბიექტური მიმართებების კვლევა ფრაზეო-სემანტიკურ კლას „სოციალურ გარემოში“ გერმანული, ქართული და რუსული ენების ანალოგიური ჯგუფების ურთიერთშედარების საფუძველზე.

## 2. ძირითადი ნაწილი

საკუთარი სოციალური არსიდან გამომდინარე, ადამიანი ადრეული ასაკიდან უკავშირდება სოციუმს – საბავშვო ბაღს, სკოლას, უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებას, სამსახურს და ა.შ. თუ რამდენად წარმატებულად გაივლის იგი სოციალური ფორმირების ეტაპებს, დამოკიდებულია მისი ინტერსუბიექტურ მიმართებებზე სხვადასხვა სოციალურ გარემოში, მათ შორის პროფესიული საქმიანობის ასპარეზზე.

გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ სამსახურებრივი იერარქიის რა საფეხურსაც არ უნდა შეესაბამებოდეს სუბიექტის სტატუსი, მისი ურთიერთმიმართებები სოციუმში უნდა ექვემდებარებოდეს ეთიკურ ნორმებს და შეესაბამებოდეს ნორმატიულ დექსიკას.

ნებისმიერ სოციალურ გარემოში მიმდინარე მიზანმიმართული ქმედება, რომელსაც სუბიექტი ვერბალური კომუნიკაციის პროცესში ახორციელებს, ეხმარება მას როგორც საკუთარი თავის, ასევე მის გარშემო მყოფ ადამიანთა შეცნობაში და მსოფლხედვითი ორიენტირების ჩამოყალიბებაში. ცხადია, ამ პროცესში მნიშვნელოვანია სუბიექტის უნარი მოახდინოს საკუთარი ინდივიდუალურობის, პროფესიონალიზმის და სხვა დადებითი მახასიათებლების წარმატებული დემონსტრირება [1].

რაც შეეხება ინტერსუბიექტურ მიმართებებს ხელმძღვანელსა და მის სამსახურებრივ დაქვემდებარებაში მყოფ სუბიექტებს შორის, მნიშვნელოვანი როლი, პირველ რიგში, ხელმძღვანელს ენიჭება. სწორედ მისი პირადი ინტერსუბიექტური მიმართებები სოციუმის სხვა წევრებთან განაპირობებს ჰარმონიულ, პროფესიულ, ფსიქოლოგიურად ჯანსაღ და მორალურად მდგრად დამოკიდებულებას სოციუმში. აღნიშნულში იგულისხმება როგორც „შექება-წახალისება“, ასევე თანამშრომელთა თვითდაჯერება საკუთარ პროფესიონალიზმსა და ინდივიდუალიზმში.

ფრაზეოლოგიური ერთეულები სემანტიკური კომპონენტით „ინტერსუბიექტური მიმართებები სოციალურ გარემოში“ საინტერესოდაა წარმოჩენილი როგორც გერმანულ, ასევე ქართულ და რუსულ ენებში. საყურადღებოა, რომ აღნიშნული

ფრაზეო-სემანტიკური კლასისათვის სამივე ენაში თვისებრივია ურთიერთობათა ოფიციალურობა და ნორმატიულობა. მიუხედავად მრავალწახანაგოვანი ურთიერთობებისა, ინტერსუბიექტური მიმართებები სოციალურ გარემოში ძირითადად ტოლერანტული და კოლეგიურ-მეგობრული ურთიერთმიმართებებით გამოირჩევა. მისთვის დამახასიათებელია ინდივიდის პროგრესული აზროვნება და შემოქმედებითი წინსვლის გარდაუვალი სურვილი.

სოციალურ გარემოში ადამიანის პროფესიულ საქმიანობას ყოველთვის ახლავს ურთიერთმიმართებათა გავრცობა-გაღრმავება. შეიძლება ითქვას, რომ სამსახურებრივ გარემოცვაში, სოციალურ ჯგუფში თითოეული ინდივიდი თავს საზოგადოების და კონკრეტული სოციალური ჯგუფის წევრად თვლის. პროფესიული ნიშნით გაერთიანებულ სოციუმში ვერბალური კომუნიკაციის ინტენცია საერთო პროფესიული მიზნის ეფექტურად განხორციელება და დადებითი ფსიქოლოგიური ატმოსფეროს შექმნაა [2].

საკვლევი ფრაზეოლოგიური ერთეულების შერჩევას ვიყენებ პრინციპს, რომლის თანახმად ენობრივი მასალა შეესაბამება სამყაროს ენობრივი ხატის ერთ კონკრეტულ ფრაგმენტს – „ინტერსუბიექტურ მიმართებებს სოციალურ გარემოში“. აღნიშნულ კლასში გაერთიანებ სემანტიკურად ერთი იდეისა და კონცეპტის გამოხატვულ ფრაზეოლოგიურ ერთეულებს და ვცდილობ დავადგინო მათი ენობრივი ხატების მსგავსება-განსხვავება გერმანული, ქართული და რუსული ენების მაგალითზე.

## ინტერსუბიექტურობა სოციალურ გარემოში

### 1.1. სოციალური ქცევები და მანერები

ein Messer wetzt das andere – თავგმა თხარა თხარაო, კატა გამოთხარაო – не рой другому яму, сам туда попадешь;

ein Mann, ein Wort – კაცის სიტყვას ოქროს ფასი აქვსო – уговор дороже денег;

wer A sagt muss auch B sagen – კაცის სიტყვას ბეჭედი აზისო- назвался груздем, полезай в кузов;

### 1.2. ხელმძღვანელი – ხელქვეითი

tue recht, (und)scheue niemand –ა სიმართლის მოქმელს ცხენი შეკაზმული უნდა ჰყავდესო –а правое дело стой смело;

Gelobnis ist erlich, halten beschwerlich – კაცის სიტყვა და საქმე ერთი უნდა იყოსო – дав/давши слово – держись, а не давши – крепись;

wer in den Kohl speit, muss ihn essen – იმ ტოტს ნუ ჭრი, რომელზეც ზიხარო – не плюй в колодец, водицей придется напиться;

### 1.3. კონფლიქტური სიტუაციები და მათი რეგულირება სოციუმში

ein magerer Vergleich ist besser als ein fetter Prozess – ცუდი მშვიდობა სჯობს კარგ ომსო/მტრობასო – худой мир лучше доброй ссоры;



viel Geschrei und doch kein Ei/wenig wolle – აურზაური არაფრის გამო – шуму много, толку мало;

Topf von Ton und Topf von Eisen sollen nicht zusammen reisen – მაძღარს მშიერიც მაძღარი ეგონაო – бык и гусак в паре не идут/сытый голодному не разумеет;

#### 1.4. შიგა სოციალური მიმართებები/ერთობა

Einer fuer alle, alle fuer einen – ძალა ერთობაშია – одинзавсех, всезаодного;

gleiche Rechte, gleiche Pflichten – უფლება და მოვალეობა ძმებიაო – равные права – равные обязанности;

Freunde in der Not gehen Tausend auf ein Lot – ნამდვილი მეგობარი ჭირში იცნობაო – друзья познаются в беде;

#### 1.5. კომუნიკაბელობა

Anschluss finden – კავშირების ქონა/კავშირის დამყარება – иметь знакомство;

Fuss fassen/festen – ფეხის მოკიდება – обрести почву;

in.../..Wuerzeln schlagen/fassen – ფეხვის გაღება – пускать корни;

#### 1.6. არაკომუნიკაბელობა

sich selbst genug sein – ნარცისი – быть самодовольным;

seinen Kohl bauen/pflanzen – უქმად ჯდომას, უქმად შრომა სჯობიაო – разводить капусту;

in eigenem/in seinem Saft schmoren – საკუთარ წვენიში ხარშვა – вариться в собственном соку;

#### 1.7. ინტერსუბიექტური კონტაქტები

eine Bruecke zu j-m schlagen (ueberetw.) – ხოდის გადაება – перекидывать мост;

Tuchfuehlung mit j-m halten/heben – მჭიდრო კავშირების, კონტაქტების შენარჩუნება – поддерживать тесную связь;

Bekanntschaft machen mit j-m/etw.- საქმის დაჭერა – иметь дело с кем-либо;

#### 1.8. სტუმრად სიარული, მონახულება

ein (richriges/regelrechtes/...) Klebplaster sein – სუფრას შემორჩა ჭინჭყელი მაყარივით – быть засидевшим, назойливым гостем;

sich mal wieder blicken lassen (in/bei/...) – პერიოდულად გამოჩენა – появляться, показываться;

j-m (unverhofft/) ins Haus platzen – მეხვიით დაატყდა თავს – нагрязнуть;

#### 1.9. მისალმება, მოკითხვა

j-m guten Tag sagen/begruessen – გამარჯობა/დღე მშვიდობისა – приветствовать кого-либо, «добрый день»;

den Hut ziehen (abnehmen) vor j-m etw. – ქედის მოხრა/თავის მოდრეკა – снимать шляпу перед кем-либо;

einen Kratzfuss machen – რევერანსის გაკეთება – делать реверанс, расшаркиваться;

#### 1.10. სტუმართმოყვარეობის გამოჩენა

j-n mit offenen Armen empfangen/aufnehmen – გულითადად მიღება – принять кого-либо с распростертыми объятиями;

den roten Teppich ausrollen (fuer j-n) – ფიანდაზად დაგება – расстелить красный ковер, встречать радушно;

j-n mit Panken und Trompeten empfangen – დიდი ზარზემით დახვედრა – встретить кого-либо с большой помпой;

#### 1.11. დამშვიდობება

j-m Valet sagen – კარგად ბრძანდებოდეთ – распрощаться, рапроститься с кем/чем-либо;

Abschied nehmen vor j-m – კარგად ბრძანდებოდეთ – прощаться;

j-m eine Kusshand/Kusshaende zuwerfen – საპაერო კოცნა – послать воздушный поцелуй кому-либо;

#### 1.12. ინტერსუბიექტური დისტანცია

j-m einer Sache (D) aus dem Wege gehen – თავის არიდება/თავის შორს დაჭერა – избегать, сторониться кого/чего-либо, чуждаться кого-либо;

j-m die kalte Schulter zeigen – ზურგის შექცევა/იგნორირება – повернуться спиной к кому-либо;

sich (D) jn. von Leib(e) halten – თავის შორს დაჭერა – держаться подальше от кого-либо, не подпускать к себе кого-либо;

#### 1.13. კორექტულობა/ზრდილობიანად მოქცევა

eine gute Kinderstube gehabt/genossen haben – კარგი აღზრდა – получить хорошее воспитание;

Benimm haben – კოკობზიკობა/თავმოქმედება – манерничать;

eine gute Kinderstube gehabt/genossen haben – კარგი აღზრდის ქონა – получить хорошее воспитание;

#### 1.14 არაკორექტულად/უზრდელად მოქცევა

sich wie ein Bauer benehmen – დათვივით, სპილოსავით მოუქნელი – как мужик неотесанный;

keine rechte Art haben – უკულტუროდ მოქცევა – неуметь себя вести;

keine Kinderstube haben – გაუზრდელი, აღუზრდელი – быть дурно воспитанным;

#### 1.15. კეთილგანწყობა და სიმპათია

etw. fuer j-n uebrig haben – ვინმესადმი სიმპათიის ქონა – питать симпатию к кому-либо;

gut/...auf jn./etw. zu spraechen sein – ვინმესადმი კეთილგანწყობა, სიმპათიის ქონა – хорошо отзываться, быть хорошего мнения о ком/чем-либо, быть расположенным к кому/чему-либо;

sein Herz fuer j-n etw. entdecken – განიმსჯელო ვინმესადმი ინტერესით/თანაგრძობით – проникнуться интересом (сочувствием/состраданием) к кому/чему-либо;

#### 1.16. ინტერსუბიექტური მიუღებლობა, უარყოფა

kein grosser Freund sein von etw./davon – დიდად არ წყალობს, არ ეპიტნავება – не очень любить что-либо;



j-m gegen den Strich gehen – ვერ იტანს, არ ეპიტანება – не очень любить что-либо;

j-n wie die Pest hassen – ჭირვით ეზიზღება, ვერ იტანს – смертельно ненавидеть кого-либо;

**1.17. სხვის საქმეში ჩარევა, „ცხვირის ჩაყოფა“**  
sich um jeden Dreck kummern – სხვის საქმეში ცხვირის ჩაყოფა – совать свой нос в каждую мелочь, заниматься каждой мелочью;

seine Nase in alles/in jeden Dreck, in jedem Quark, in den Topf stecken – არამკითხე მოამბუე, მიტყიპე და მიაგდეო – совать всюду свой нос, соваться куда не спрашивают;

immer seinen Senf dazutun/dazugeben – საკუთარი აზრის თავზე მოხვევა – вставить свое словечко;

**1.18. ზეწოლა, ზეგაგლეწა, ძალდატანება**

j-n/etw. in seiner Gewalt haben – ვინმეს საკუთარ ძალაუფლებაში ყოლა – держать в своей власти кого/что-либо;

j-n/etw. (fest/...) in seinen Krallen haben/halten – ვინმეს ბრჭყალებით დაჭერა – держать в когтях кого/что-либо;

j-n an der Leine haben/fuehren – მართო ვინმე, როგორც მარიონეტი – держать в подчинении (на поводу) кого-либо;

**1.19. მორჩილება/ დაქვემდებარება**

j-m jeden/allen Willen tun – სხვის დაკრულზე ცეკვა – исполнять чье-либо желание, сделать так, как кто-либо хочет;

sich etw. gefallen lassen (von j-m) – უდრტვინველად აიტანო ყველა წყენა – безропотно (покорно, терпеливо) сносить все обиды;

weich wie Wachs sein – ფაფასავით რბილი, უგერგილო – быть как воск в чьих-либо руках;

**1.20. პირფერობა/ მლიქვნელობა**

sich lieb Kind machen (bei j-m) – ვინმეს მოერგო, სხვის დაკრულზე იცეკვო – подделываться под кого-либо;

einen Buckel (vor j-m) machen – ცხრა პირი ტყავის გაძრობა – гнуть спину, сгибаться в дугу перед кем-либо;

vor j-m einen Katau machen – ქედის მოხრა, თავის დაკვრა – отвесить поклон;

**1.21. ფინანსური დამოუკიდებლობა**

auf eigenen Fuessen stehen – ფეხზე მყარად დგომა;

seinen Weg gehen – დასახული გზით სიარული – идти своим путем;

eigene Wege gehen – თავისი გააქვს – стоять на своем;

**1.22. ფინანსური დამოუკიდებულება, სხვის ხარჯზე ცხოვრება**

j-m auf der Tasche liegen – სხვის კისერზე ჯდომა – жить на чьем-либо иждивении;

an derer/fremder Leute Brot essen – სხვისი პურის ჭამა – есть чужой хлеб;

immer tief in die Kreide geraten – ვალებში დახრჩობა – все глубже залезать в долги;

**1.23. ვინმეს ან რაიმეს დაპყრობა, განკარგვა, მფლობელობაში მოპოვება**

die Hand legen auf etw. – თვალის დადგმა – наложить руку на что-либо;

etw. sein eigen nennen – საკუთრებაში ქონა – обладать, владеть чем-либо;

sich (D) den Loewenanteil nehmen – ღომის წილის მითვისება – забрать себе львиную долю;

**1.24. ცუდი, მტრული დამოკიდებულება**

keinen guten Faden mit einander spinnen – ერთმანეთი არ ეპიტანებათ – не ладить друг с другом;

wie die feindlichen Brueder sein – დანა-სისხლად, სამკედრო-სასიცოცხლოდ ყოფნა – враждовать, быть на ножах друг с другом;

auf Kriegsfuss mit j-m/etw. stehen – მტრობა/არ ეპიტანება – враждовать, быть не в ладах с кем-либо;

**1.25. კარგი, მეგობრული დამოკიდებულება**

auf gutem Fuss mit j-m stehen – მეგობრობა, ძმაკაცობა – быть на дружеской ноге с кем-либо;

warm werden mit/bei j-m – მეგობრობა, სიამტკბილობა – подружиться, сдружиться, сойтись;

ein Herz und eine Seele sein – სული სულში, გული-გულში – жить душа в душу;

**1.26. სიყვარული, სასიყვარულო ურთიერთობა**

bis ueber beide Ohren verliebt sein in j-n – ყურებამდე შეყვარება – быть по уши влюбленным в кого-либо;

von Amors Pfeil getroffen sein – ამურის/კუპიდონის ისარმა განმსჭვავლა – быть влюбленным;

in Flammen stehen – სიყვარულის ალით იწვის – воспылать любовью к кому-либо;

**1.27. დაქორწინება, ოჯახის შექმნა**

in den (heiligen) Stand der Ehe treten – ქორწინების წმინდა კავშირი – сочетаться священными узами брака;

im Hafen der Ehe landen – ქორწინების უღელში შებმა – связать себя узами брака;

die Braut zum Altar fuehren – პატარძლის აღსავლის კართან მიყვანა – вести невесту под венец;

**1.28. დედობის მოლოდინი, ორსულობა**

guter Hoffnung sein (werden)/Hoffnung sein-ფეხმძიმობა/ორსულობა – быть в (интересном) положении;

ein Kind unter dem Herzen tragen – მკერდქვეშ ბავშვის ყოლა – носить дитя под сердцем;

hochschwanger sein – მეცხრე თვეში ყოფნა – быть беременной в последнем месяце.

### 3. დასკვნა

მოცემული ემპირიული მასალის ანალიზმა ცხადყო, რომ „ინტერსუბიექტური მიმართებები სოციალურ გარემოში“ სამყაროს ენობრივი ხატის ერთი კონკრეტული ფრაგმენტია. მისი სემანტიკური სტრუქტურა სუბიექტის ცნობიერებაში არსებულ ასოციაციურ წარმოდგენათა სტერეოტიპების კომპლექსს წარმოადგენს. იგი აერთიანებს ზოგადდამიანური აზროვნების

ასოციაციურ-სიტუაციურ მოდელებს და ვრცელდება სუბიექტთა სოციალური ურთიერთმიმართების ყველა სფეროზე.

ნაშრომში განხილულ ენობრივ მასალაში ძირითადად გამოიკვეთა კულტუროლოგიური და სემანტიკური ადეკვატურობა სამივე შესაპირისპირებელი ენის ფარგლებში. აღნიშნულში იგულისხმება შინაარსობრივად ერთი იდეისა და კონცეპტის გამომხატველი ფრაზეოლოგიური ერთეულების ენობრივი ხატების მსგავსება - განსხვავება გერმანული, ქართული და რუსული ენის მაგალითზე.

მოცემულ ფრაზეო-სემანტიკურ კლასში გაანალიზებულმა ენობრივმა მასალამ თვალნათლივ წარმოაჩინა როგორც სრული და ნაწილობრივი, ასევე ნულოვანი ეკვივალენტურობის შემთხვევები სამივე ენაში. აღნიშნულში იგულისხმება როგორც კულტუროლოგიურ-მსოფლხედვით, ასევე ენობრივი დონე. ნულოვანი ეკვივალენტურობის გამოყენებით თარგმნისას ვისარგებლეთ სემანტიკური ადეკვატურობის პრინციპით.

ცხადია, სრული ეკვივალენტურობა, სემანტიკური ადეკვატურობა და ანალოგიური ასოციაციური მიმართებები ვერ იქნება განპირობებული გერმანული, ქართული და რუსული ენების საერთო ენობრივი სივრცით, მათი ისტორიულ-კულტურული განვითარების ტენდენციებით. მისი ახსნა საერთო ინტერკულტუროლოგიური განვითარების ტენდენციებით და ზოგად-ადამიანური, ზოგადსაკაცობრიო აზროვნების ფორმით არის შესაძლებელი.

#### ლიტერატურა

1. Davidson Donald: Subjektiv, intersubjektiv, objektiv, Frankfurt am Main: Suhrkamp. 2004, ISBN 3-518-583887-5 S. 215-217
2. Tsvasman, Leon: Intersubjektivitaet, in Tsvasman, L (Hrsg.) Das grosse Lexikon Medien und Kommunikation. Kompendium Interdisziplinärer Konzepte. Würzburg. 2006, S. 176.

#### UDC 80

#### INTERSUBJECTIVITY AND SOCIAL ENVIRONMENT IN PHRASEOLOGISMS

##### N. Gamkrelidze

Department of liberal sciences, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There is considered phraseologisms of German Georgian and Russian languages with the semantic component "intersubjective relationships in social environment".

**Key words:** verbal communication; intersubjective relationships; social environment; semantic component; equivalence; culturology; linguistic level.

#### УДК 80

#### ИНТЕРСУБЪЕКТИВНОСТЬ И СОЦИАЛЬНАЯ СРЕДА ВО ФРАЗЕОЛОГИЗМАХ

##### Гамкrelidze Н.О.

Департамент либеральных наук, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Рассмотрены фразеологизмы немецкого, грузинского и русского языков с семантическим компонентом интерсубъективных отношений в социальной среде.

**Ключевые слова:** вербальная коммуникация; интерсубъективные отношения; социальная среда; семантический компонент; эквивалентность; культурология; лингвистический уровень.

*მიღებულია დასაბუჯდად 31.01.13*

# ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების სექცია

შპს 330.115

სივრცული ეკონომიკური სისტემების განსაკუთრებული მდგომარეობები

მ. ახობაძე\*, ნ. ვარძიაშვილი

კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: meakhobadze@yahoo.com

**რეზიუმე:** განხილულია სივრცულ-ეკონომიკური პროცესის მათემატიკური მოდელების განსაკუთრებული მდგომარეობების კვლევის მეთოდები. ეკონომიკური სივრცე  $E$  მოიცავს  $N$  რეგიონს. ამასთანავე, თითოეული რეგიონი შედგება  $F_i$  რაიონისაგან (ქვესისტემისაგან). როგორც რეგიონები, ასევე რაიონები ხასიათდება ერთგვაროვანი მაჩვენებლებით. რეგიონალურ და რაიონულ მაჩვენებლებს შორის არსებობს ბალანსური თანაფარდობები. განხილულია სივრცული ეკონომიკური მდგომარეობების სამი კლასი: 1. როდესაც ყველა ქვესისტემის შემოსავალი ნულის ტოლია; 2. როდესაც ყველა ქვესისტემაში შემოსავლები დადებითია; 3. როდესაც შემოსავლები დადებითია მხოლოდ ქვესისტემების გარკვეულ ნაწილში. მიღებულია შედეგები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს ცხადი სახით დავწეროთ ის პირობები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს რეგიონის და რაიონების ეკონომიკური პარამეტრები, რათა რეგიონში გვქონდეს სრული რენტაბელურობა.

**საკვანძო სიტყვები:** სივრცული ეკონომიკა; რენტაბელურობა; მათემატიკური მოდელირება; განსაკუთრებული მდგომარეობები.

## 1. შესავალი

ეკონომიკური მეცნიერების შესწავლის საგანია „არაწონასწორული“ შეუქცევი პროცესები. ასეთ პროცესებში ადგილი აქვს დუალიზმს, რაც შემდეგში მდგომარეობს: მაკროსკოპული პარამეტრების ერთი და იგივე საწყისი მნიშვნელობების დროს ეკონომიკური პროცესი შეიძლება გადავიდეს სხვადასხვა მდგრად მდგომარეობაში, რისი მიზეზიც შეიძლება იყოს პროცესზე მოქმედი გაუთვალისწინებელი მცირე ფლუქტუაციები. ამ დროს წარმოქმნილი ახალი

მდგომარეობები არის „მოწესრიგებული“ სივრცულ-დროითი ორგანიზაციები, რომელთა ფუნდამენტური თვისებაა შექმნას მოწესრიგებულობა მცირე შეშფოთებების დროს. ასეთი პროცესების მდგრადობათა მონაცვლეობა შესაძლებელია გაანალიზებულ იქნეს არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებების საშუალებით. ნაშრომში განხილულია სივრცული ეკონომიკური პროცესების მათემატიკური მოდელების განსაკუთრებული მდგომარეობის კვლევის მეთოდები, როდესაც ეკონომიკური პროცესის ქვესისტემებს შორის ურთიერთკავშირი ცვალებადია.

## 2. ძირითადი ნაწილი

ყოველი ეკონომიკური სისტემის სინთეზისათვის აუცილებელია გამოვიკვლიოთ მისი განსაკუთრებული მდგომარეობები (სტაციონარული, წონასწორული, ბიფურკაციის წერტილები), რადგან ყოველ განსაკუთრებულ მდგომარეობას აქვს გარკვეული ეკონომიკური დატვირთვა.

ჩვენს ნაშრომებში [1,2] სივრცული ეკონომიკურ მოდელები აგებულია მაკროსისტემურ მიდგომაზე. კერძოდ, ეკონომიკური სივრცე  $E$  შედგება  $N$  ქვესისტემებისაგან (რაიონებისაგან), სადაც იწარმოება  $z$  ტიპის პროდუქცია. ამასთანავე, ვგულისხმობთ, რომ  $i$  ქვესისტემის შესაძლებლობანი  $z$  ტიპის პროდუქციის წარმოებისათვის დამოკიდებულია დანარჩენი რაიონების ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე. ინვესტირების პროცესში ვგულისხმობთ ნაკადურ ცვლადს ანუ დროის ერთეულში განხორციელებული ინვესტიციების მოცულობას  $I_m(t)$ , რომელიც იდება თითოეულ  $m$  ქვესისტემაში. ეკონომიკური სისტემის განსაკუთრებული მდგომარეობები დამოკიდებულია  $N$  ქვესისტემების ურთიერთკავშირის ხარისხზე, რომელსაც ვახასიათებთ  $\mu$  სისტემური პარამეტრით,  $0 \leq \mu \leq 1$  [2]. როდესაც  $\mu = 0$ , მაშინ ქვესისტემებს შორის არ არსებობს

ურთიერთკავშირი. როცა  $\mu = 1$ , მაშინ ქვესისტემებს შორის მაქსიმალური ურთიერთკავშირია.

თუ დავეუშვებთ, რომ ქვესისტემებს შორის ინვესტიციის პორციების განაწილების ალბათობები  $a_{ij}$  დამოუკიდებელი შემთხვევითი სიდიდეებია და, ამასთანავე, ინვესტიციების მოხმარება ხდება მთლიანად, მაშინ

$$\sum_{j=1}^N a_{ji} = 1, i = 1, 2, \dots, N. \quad (1)$$

ამ დროს ინვესტიციების პორციების დინამიკა შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც ლოკალურ-სტაციონარულ მდგომარეობათა მიმდევრობა დროის ყოველი  $t$  მომენტისათვის, რომლის ენტროპია განისაზღვრება გამოსახულებით [4]:

$$H(X(t)) = -\sum_{i,j=1}^n x_{ji}(t) \ln \frac{x_{ij}(t)}{e a_{ij}} \rightarrow \max. \quad (2)$$

შესაბამისი შეზღუდვების დროს თითოეული ქვესისტემისათვის ინვესტიციის პორციის სიდიდე უნდა ავიღოთ  $x^*_{ij}(t)$ , რომლის დროსაც სისტემის ენტროპია  $H(X(t))$  მაქსიმალურია.

სივრცულ-ეკონომიკურ სისტემაში განსაკუთრებული მდგომარეობები შეიძლება სამ კლასად დავეყოთ.

პირველ კლასს მივაკუთვნოთ ის მდგომარეობა (ერთადერთი), რომლის დროსაც ყველა ქვესისტემის შემოსავლები ნულის ტოლია ანუ როდესაც გვაქვს ყველა ქვესისტემის სრული ბანკროტი. ცხადია, ასეთი მდგომარეობა შეიძლება არსებობდეს  $\mu$  პარამეტრის ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის.

მეორე კლასს მივაკუთვნოთ ის მდგომარეობა, როდესაც ყველა ქვესისტემაში შემოსავლები დადებითია. ასეთ მდგომარეობებს უწოდებენ სრული რენტაბელურობის მდგომარეობებს.

მესამე კლასს მივაკუთვნოთ ისეთი მდგომარეობა, როდესაც ქვესისტემების მხოლოდ გარკვეულ ნაწილშია შემოსავლები დადებითი. ასეთ სისტემებს უწოდებენ ნაწილობრივ რენტაბელურს. მეორე და მესამე კლასის მდგომარეობები დამოკიდებულია  $\mu$  პარამეტრზე.

განვიხილოთ განსაკუთრებული მდგომარეობების პოვნის ალგორითმები სივრცული ეკონომიკური პროცესის ორი მოდელისათვის. ნაშრომში [3,5] თითოეულ ქვესისტემაში შემოსავლების  $Y(t)$  დინამიკა აღწერილია შემდეგი არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებათა სისტემით:

$$\begin{aligned} & \frac{dY_i(t)}{dt} = \\ & = Y_i(t) \left[ -S_i Y_i(t) + A_{ii} P_i(Y_i) + \mu \sum_{j \neq i}^n a_{ji} \varphi_i(Y_j(t)) \right], \\ & Y_i(0) > 0, \end{aligned} \quad (3)$$

სადაც  $Y_i(t)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

ცხადია, განსახორციელებელი  $\tilde{I}_i(t)$  ინვესტიციების სიდიდეები დამოკიდებულია შემოსავლებზე ანუ  $\tilde{I}_i(t) = \varphi_i(Y_i(t))$ . დავეუშვათ, რომ  $\varphi_i(Y_i(t))$  ისეთია, რომ მისი წარმოდგენა შესაძლებელია პოლინომის სახით. ზოგადობის შეუ-

ზღვდავად ქვემოთ განვიხილათ შემთხვევას, როდესაც ინვესტიციების სიდიდე წრფივად დამოკიდებული შემოსავლების სიდიდეებზე. ამ დაშვების საფუძველზე (3) განტოლება შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი არაწრფივი დიფერენციალური განტოლების სახით [5,6]:

$$\frac{dy(t)}{dt} = y(t) \otimes [D(\mu)y(t) + c\mu], y(0) > 0, \quad (4)$$

აქ  $\otimes$  აღნიშნავს ნამრავლს ყოველი  $y(t)$  კოორდინატისათვის

$$y(t) = \{y_1(t), \dots, y_n(t)\}, \text{ ხოლო } c \text{ ვექტორის კოორდინატებია:}$$

$$c_i(\mu) = a_{ii}\alpha_i + \mu(\sum_{j=1}^n a_{ji}\alpha_j - \alpha_i), \quad (5)$$

$D$  მატრიცის ელემენტებია:

$$d_{ij}(\mu) = \begin{cases} \mu a_{ji} \beta_j, & \text{თუ } j \neq i \\ -S_i + (a_{ii} + \mu(a_{ii} - 1))\beta_i, & \text{თუ } j = i \end{cases} \quad (6)$$

განტოლებათა (4) სისტემას აქვს არაუარყოფითი ამონახსნები, როდესაც საწყისს ეტაპზე შემოსავლები არანულოვანია [6].

ახლა ვნახოთ პარამეტრების რომელ მნიშვნელობებს ექნება სრული რენტაბელურობა ფიქსირებული  $\mu$  დროს (გვულისხმობთ, რომ  $\det D(\mu) \neq 0$ ). მაშინ ეკონომიკური სისტემის სრული რენტაბელურობის მდგომარეობათა არსებობა განისაზღვრება შემდეგი წრფივი განტოლების დადებითი ამონახსნებით [6]:

$$D(\mu)y = -c(\mu), y \geq 0. \quad (7)$$

აქედან სრული რენტაბელურობისათვის გვექნება შემდეგი პირობა:

$$y^*(\mu) = -D^{-1}(\mu)c(\mu) \geq 0. \quad (8)$$

იმ კერძო შემთხვევისათვის, როდესაც ქვესისტემებს შორის საინვესტიციო კავშირები არ არსებობს ანუ, როცა  $\mu = 0$ , (7)-დან სრული რენტაბელურობისათვის გვექნება შემდეგი პირობა:  $y^*(0) = \frac{a_{ii}\alpha_i}{S_i - a_{ii}\beta_i} > 0, i = 1, 2, \dots, n$  (9)

ნაწილობრივი რენტაბელურობის პირობების დასადგენად, მაგალითად,  $i_1, i_p$  ორი ქვესისტემისათვის უნდა ვაწარმოოთ  $D^{i_1 i_p}(\mu)$  მატრიცა  $D(\mu)$  მატრიციდან ყველა იმ სტრიქონისა და სვეტის ამოშლით, რომელიც განსხვავდება  $i_1, i_p$  ინდექსებისაგან. ანალოგიური პროცედურა უნდა ჩავატაროთ  $c(\mu)$  ვექტორის მიმართ ანუ უნდა ამოვშალოთ ამ ვექტორის ის მდგენელები, რომელთა ინდექსები განსხვავდება  $i_1, i_p$  ინდექსებისაგან [6]. აღნიშნული პროცედურების განხორციელების შემდეგ,  $i_1, i_p(\mu)$  ქვესისტემების რენტაბელურობისათვის, გვექნება (8) პირობის ანალოგიური პირობა.

ახლა განვიხილოთ მეორე შემთხვევა, როდესაც ინვესტირების პროცესი წარმოდგენილია შემდეგი დიფერენციალური განტოლებით [2]:

$$\frac{dI_m(t)}{dt} = \overline{\alpha}_m \cdot I_m(t) + \sum_{s=1}^m x_{sm}(t) - \sum_{s=1}^m x_{ms}(t), \quad (10)$$

სადაც  $\overline{\alpha}_m$  ორი ცვლადის ფუნქცია ზრდადია პირველი ცვლადის (შემოსავლების) და კლება-



დია მეორე ცვლადის (დანახარჯები, ამორტიზაცია) მიმართ. განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც  $m$  რაიონიდან განხორციელებული ჯამური ინვესტიციების სიდიდე ყველა დანარჩენ რაიონებში  $m$ -ის პროპორციულია  $I_m(t)$ :

$$\sum_{s=1} x_{ms}(t) = \varphi(c_m, \mu) \cdot I_m(t), \quad (11)$$

სადაც  $\varphi(c_m, \mu)$  არის ორი ცვლადის ფუნქცია, რომელიც კლებადია პირველი ცვლადის და ზრდადია მეორე ცვლადის მიმართ. ენტროპიის მაქსიმიზაციის პრინციპის თანახმად [4],  $X_{ms}(t)$  უაღბათესი სიდიდეები განისაზღვრება (2) გამოსახულებით. როდესაც რაიონის მიზიდვის ფუნქცია ლოგისტიკური ფუნქციაა, სივრცული ეკონომიკური სისტემის განსაკუთრებული ბიფურკაციის წერტილები გამოკვლეულია [2] ნაშრომში.

ახლა განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც  $a_{ij}$  აპრიორული ალბათობების მნიშვნელობები განსაზღვრულია ენტროპიის და ოქროს კვეთის პრინციპების საფუძველზე. თავდაპირველად, ყოველი  $i$  ინვესტორი განსაზღვრავს  $I^i(t)$  ჯამური ინვესტიციების სიდიდეს, საიდანაც თითოეულ რაიონში ჩაიდება იმ შემოსავლების პროპორციულად, რომელიც მოცემულ რაიონს ჰქონდა განვლილ პერიოდში. შემდეგ განისაზღვრება ალბათობები  $a_{ij}$  შემდეგი პროცედურის მიხედ-

ვით: ჯერ  $a_{ij}$  აიღება ასეთი სახით:  $a_{ij} = \frac{I^j(t)}{I^i(t)}$ .

შემდეგ გამოითვლება ენტროპიის სიდიდე  $S = -\sum a_{ij} \ln a_{ij}$ . იმ შემთხვევაში, როდესაც ენტროპიის სიდიდე  $S$  არ უდრის 0.62, მაშინ კორექტირება უკეთდება  $a_{ij}$  ინვესტირების წონებს მანამ, სანამ ენტროპიის სიდიდე არ მიუახლოვდება ოქროს კვეთის სიდიდეს. ამ შემთხვევაში განტოლება (9) იქნება წრფივი  $I(t)$  ცვლადის მიმართ. შესაბამისად, რეგიონში წონასწორობის პირობას ექნება შემდეგი სახე:

$$\frac{dI_m(t)}{dt} = (\alpha_m - \varphi(c_m(t), \mu)) \cdot I_m(t) + \sum_{k=1} \frac{v_m(t)}{v_k(t)} \cdot \varphi(c_k(t), \mu) \cdot I_k(t) \quad (12)$$

აუცილებელია შევნიშნოთ, რომ სტაციონარული მდგომარეობების არსებობა არ იძლევა იმის გარანტიას, რომ ეს მდგომარეობები იქნება რეალიზებული, რადგან ამისათვის აუცილებელია, რომ ისინი მდგრადი იყოს.

### 3. დასკვნა

მიღებულია სივრცულ-ეკონომიკური პროცესის განსაკუთრებული მდგომარეობის პოვნის ალგორითმები, ენტროპიის მაქსიმიზაციის და ოქროს კვეთის პრინციპების საფუძველზე.

### ლიტერატურა

1. მ. ახოვაძე, ლ. შავერდაშვილი. ეკონომიკური პროცესის მაკროსისტემური მოდელი // სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “ინტელექტი” №1 (39), თბილისი, 2011.
2. მ. ახოვაძე, ე. კურცხალია. სივრცული ეკონომიკური სისტემების ანალიზი კატასტროფების თეორიის საფუძველზე // სტუ-ის შრომები II, თბილისი, 2012.
3. მ. ახოვაძე, ლ. შავერდაშვილი, ნ. ვარძიაშვილი. ბიფურკაციები საინვესტიციო სისტემებში // განათლება №3(6), თბილისი, 2012.
4. Попков Ю.С. Теория макросистем. 1999.
5. Попков Ю.С. Основы теории динамических систем с энтропийным оператором и ее приложения // АТ, 2006, №8.
6. Тихонов А.Н., Васильева А.Б., Светников А.Т. Дифференциальные уравнения. Физматлит, 2005.

UDC 330.115

## SPECIFIC CONDITIONS OF SPATIAL ECONOMIC SYSTEMS

M. Akhobadze, N. Vardziashvili

Department of computer engineering, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There is considered the research methods regarding-to the specific states (conditions) of spatial economic processes mathematical models. Economic space  $E$  contains  $N$  regions and each region consists of  $F_i$  districts (from subsystems). The regions like the districts are characterized by the similar parameters. There are balance correlations between the regional and district levels. The paper considers three classes of spatial economic conditions: 1. zero income in all subsystems; 2. positive income in all subsystems; 3. positive income in only certain parts of the sub-



systems. According to the obtained results we can consider the conditions, that should be satisfied for the economic parameters of regions and districts for full cost-effectiveness in the region.

**Key words:** spatial economics; profitableness; mathematical modelling; specific states (conditions).

УДК 330.115

## ОСОБЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ахобадзе М.Н., Вардзиаშვილი Н.Н

Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Рассмотрены особые методы исследования стационарных (равновесных) состояний пространственной экономической системы. Экономическая система представляет собой связанные друг с другом подсистемы. Математическая модель экономического процесса строится на основе принципов максимизации энтропии и золотого сечения. Получены условия, которые должны удовлетворить экономические параметры подсистем, чтобы во всех подсистемах доход был положительным.

**Ключевые слова:** пространственная экономика; рентабельность; математическое моделирование; особые состояния.

*მიღებულია დასაბუტად 31.01.13*

შპს 612.82

## ნერვული უჯრედის ელექტრული პოტენციალის კომპიუტერული მოდელირება

ზ. ჯურჭიაია\*, თ. ჯიჯავაძე\*\*, მ. ფანცულაია\*\*\*

ბიოსამედიცინო ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: z.gurtskaia@gtu.ge, tati.jijavadze@gmail.com, mariam.pantsulaia@gmail.com

**რეზიუმე:** განხილულია ნერვული უჯრედის ელექტრული პოტენციალის კომპიუტერული მოდელირება.

მოდელი საშუალებას გვაძლევს წარმოვადგინოთ მოდელირების პოტენციალის მნიშვნელობასა და მისი კორექციის საშუალებებზე. ჩვენ მიერ შექმნილი მოდელით მედიცინის სფეროში მომუშავე სპეციალისტებს საშუალება ექნებათ გაზომონ კალიუმის რაოდენობა უჯრედშიგნით და უჯრედგარეთ. პროგრამა დაეხმარება აღმოაჩინონ დარღვევა და ხელსაწყო დაამატონ  $K^+$  -ის საჭირო რაოდენობა.

**საკვანძო სიტყვები:** მოსვენების პოტენციალი; კომპიუტერული მოდელირება; ინფორმაციის გადაცემა; კალიუმის კონცენტრაცია.

### 1. შესავალი

ცოცხალ ორგანიზმებში ინფორმაციის გადაცემის ექსპერიმენტული შესწავლა გართულებულია, რადგან საქმე გვაქვს უჯრედებისა და მათი შემზღობის ძალიან მცირე ზომებსა და იონის მოძრაობის ძალიან დიდ სიჩქარესთან. ამის გამო, მეცნიერები ხშირად ამ პროცესის შესასწავლად მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელირების მეთოდებს მიმართავენ. როგორც ცნობილია,

ცოცხალ ორგანიზმებში ინფორმაციის გადაცემა ელექტრულ-იონური ბუნებისაა. ნერვულ უჯრედებს შორის იმპულსების გადაცემა პოტენციალთა სხვაობაზეა დამოკიდებული. მოსვენების პოტენციალს ადგილი აქვს აუგზნებელ უჯრედში, აგზნებისას განვითარებულ მოვლენებს – მოქმედების პოტენციალს უწოდებენ.

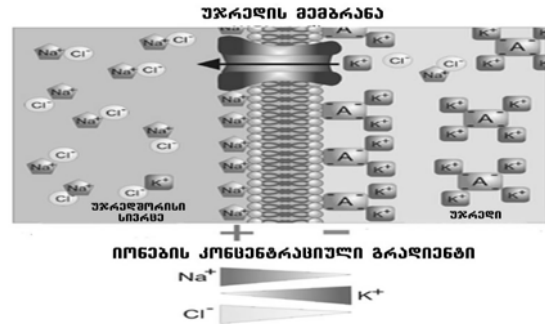
ფიზიოლოგიურ პირობებში ნერვულ უჯრედში მოსვენების პოტენციალი დაახლოებით -70 მვ-ს შეადგენს, მოქმედების პოტენციალის აღმოცენებისას კი +20 მვ-ია. მოსვენების პოტენციალის ნორმალური მნიშვნელობა აუცილებელია ფიზიოლოგიური პროცესების ოპტიმალური მიმდინარეობისათვის (იმპულსის გადაცემა ცენტრალური ნერვული სისტემიდან ეფექტორულ ორგანომდე, კუნთის შეკუმშვა, გულის სისტოლა-დიასტოლა და ა.შ.).

მოსვენების პოტენციალის ნორმიდან გადახრა ასოცირებულია სხვადასხვა პათოლოგიურ მდგომარეობასთან მაგ., გულის არითმია, ბრადიკარდია, კუნთების მოღუნება, კანკალი და სხვა. მოსვენების პოტენციალის კორექცია შესაძლებელია იონური ბალანსის აღდგენის გზით. კლინიკაში მოსვენების პოტენციალის ოპტიმალური გაზომვა შეუძლებელია, მხოლოდ ირიბი წარმოდგენა შეიძლება გვექონდეს მის მნიშვნელობებზე. ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, მოსვენების პოტენციალის კომპიუტერული მოდელირება დიდ ინტერესს იძენს. მოდელი საშუალებას მოგვცემს წარმოდგენა ვიქონიოთ მოსვენების პოტენციალის მნიშვნელობასა და მისი კორექციის საშუალებებზე.

## 2. ძირითადი ნაწილი

მოსვენების პოტენციალის ბუნების მოკლე აღწერა

ნერვული და კუნთოვანი უჯრედები გარშემორტყმულია ლიპოპროტეინული მემბრანით, რომელიც კარგი ელექტრული იზოლატორია. მემბრანის ორივე მხარეს, უჯრედის შიგთავსსა და უჯრედგარე სითხეს შორის, ჩვეულებრივ, არსებობს ელექტრულ პოტენციალთა სხვაობა – მოსვენების მემბრანული პოტენციალი. როდესაც უჯრედი მოსვენების მდგომარეობაშია, მისი მემბრანის შიგა ზედაპირის პოტენციალი უარყოფითია გარეს მიმართ. ცოცხალ უჯრედებში ელექტრული პოტენციალების არსებობა განპირობებულია  $Na^+$ ,  $Ca^+$ ,  $K^+$  და  $Cl^-$ -ის არათანაბარი კონცენტრაციით უჯრედშიგნით და უჯრედგარეთ, ასევე ზედაპირულ მემბრანაში მათი სხვადასხვა განვლადობით (სურ. 1).



სურ. 1. მემბრანული პოტენციალის მოდელი

კალმარის გიგანტურ უჯრედზე ჩატარებული ცდით დადგენილია, რომ მოსვენების პოტენციალს (-50-დან -70მვ-მდე) ძირითადად განაპირობებს  $K^+$ -ის იონების კონცენტრაცია უჯრედშიგნით და უჯრედგარეთ, ხოლო მოქმედების პოტენციალი (+30-დან +50-მდე)  $Na^+$ -ის იონების კონცენტრაციას განსაზღვრავს.

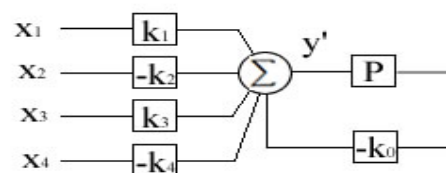
აღსანიშნავია, რომ არსებობს მრავალი ფაქტორი, რომელთა გავლენით იცვლება უჯრედის მოსვენების პოტენციალი, ასეთებია: ელექტრული დენი, ტოქსინით ზემოქმედება, გარემოს იონური შედგენილობის ცვლილება, ქსოვილების უანგბადით მომარაგების დარღვევა და სხვა. მოსვენების პოტენციალის აღდგენას ენერგიით უზრუნველყოფს შენაერთი-ადენოსტრიფოსფორმჟავა (ატფ), რომელიც ცოცხალი უჯრედის ენერჯის უნივერსალური რესურსია.

ცოცხალ ქსოვილებში აგზნებისა და შეკავების პროცესების თანხმლები ელექტრული პოტენციალების შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს როგორც ამ პროცესების ბუნების გასაგებად, ასევე აგზნებადი უჯრედების მოქმედების სხვადასხვა პათოლოგიით გამოწვეული დარღვევის ხასიათის გამოსავლენად. კლინიკურ დიაგნოსტიკაში ფართოდ გამოიყენება გულის (ელექტროკარდიოგრაფია), თავის ტვინის (ელექტროენცეფალოგრაფია) და კუნთების (ელექტრომიოგრაფია) ელექტრული პოტენციალების რეგისტრაციის მეთოდები.

### მოსვენების პოტენციალის მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელირება

ჩვენ მიერ შედგენილია მოსვენების პოტენციალის მათემატიკური მოდელი.

$$\frac{dy}{dt} = -k_0y + k_1x_1 - k_2x_2 + k_3x_3 - k_4x_4,$$

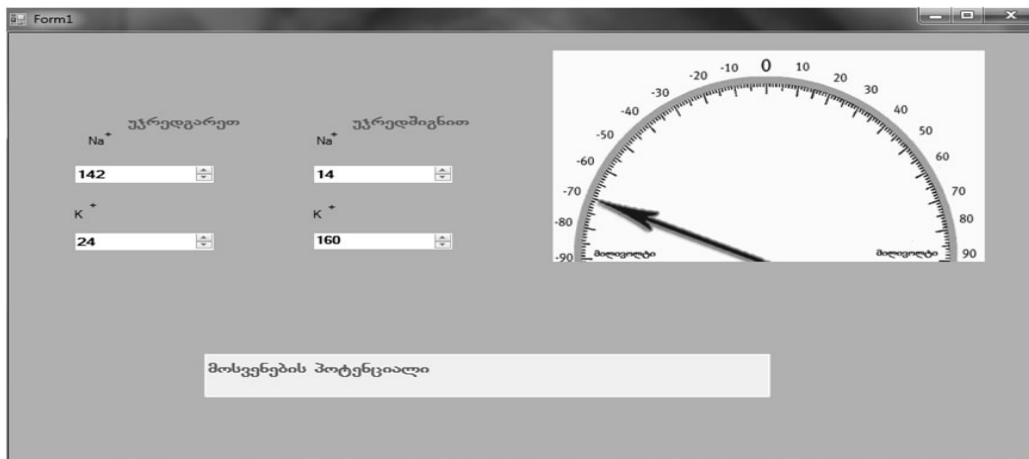


სურ. 2. მოდელის ბლოკ-სქემა

სადაც  $Y$  არის მოსვენების პოტენციალი;  $x(t)_1$  – კალიუმის კონცენტრაცია უჯრედშორის სივრცეში. მისი მომატება განაპირობებს მოსვენების პოტენციალის გაზრდას. ამის მიღწევა შესაძლებელია კალიუმის პრეპარატებით, კალიუმით მდიდარი დიეტით და სხვა;  $x(t)_2$  – კალიუმის კონცენტრაცია უჯრედში. მოდელის გამარტივების მიზნით ის შეიძლება ჩაითვალოს კონსტანტად, რადგანაც მისი მნიშვნელობა იცვლება ძალიან მცირე დიაპაზონში ( $k_2 = \text{const}$ );  $x(t)_3$  – ნატრიუმის კონცენტრაცია უჯრედშორის სივრცეში. მისი მნიშვნელობის გაზრდა ზრდის მოსვენების პოტენციალს. რეალურად მისი მნიშვნელობის შეცვლა შესაძლებელია მხოლოდ ანტიარითმიული სამკურნალო პრეპარატებით;  $x(t)_4$  – ნატრიუმის კონცენტრაცია უჯრედში. მოდელის გამარტივების მიზნით ის შეიძლება ჩაითვალოს კონსტანტად, რადგანაც მისი მნიშვნელობა იცვლება მცირე დიაპაზონში ( $k_3 = \text{const}$ );  $k_0, k_1, k_2, k_3$  – კოეფიციენტები, რომლებიც განსაზღვრავს, თუ რა კანონით ზემოქმედებს ნატრიუმის და კალიუმის იონების კონცენტრაცია უჯრედსა და უჯრედშორის სივრცეში მოსვენების პოტენციალზე.

ჩვენ მიერ ასევე შედგენილია მოსვენების პოტენციალის კომპიუტერული მოდელი. პროგრამა დაწერილია Visual Studio-ს გარემოში, Visual Basic-ის ენაზე. პროგრამის გაშვებისას ეკრანზე გამოჩნდება ფანჯარა (სურ. 3), სადაც გამოსახულია უჯრედშიგნით და უჯრედგარეთ კალიუმისა და ნატრიუმის იონების კონცენტრაცია.  $Na^+$  და  $K^+$  -ის კონცენტრაცია ჩაწერილია ტექსტურ ბლოკებში. სულ გვაქვს ხუთი ტექსტური ბლოკი, აქედან ოთხი გვიჩვენებს  $Na^+$  -ისა და  $K^+$  -ის კონცენტრაციას. ტექსტური ბლოკი გვიჩვენებს ეკრანის ქვედა მხარეს რა პროცენსია ნერვულ უჯრედში (აგზნება, შეკავება). მარჯვენა ზედა კუთხეში არის ციფერბლატიანი სკალა, რომელიც პოტენციალთა სხვაობას ასახავს.

მოდელირების პროცესში შეგვიძლია ვცვალოთ კალიუმის რაოდენობა უჯრედგარეთ, ტექსტურ ბლოკში და სკალაზე გამოჩნდება შედეგი. თუ კალიუმის რაოდენობა დასაშვებ ზღვარს დაბლაა, მაშინ დაიწერება მისი რა რაოდენობაა საჭირო მოსვენების პოტენციალის აღსადგენად. კომპიუტერული მოდელის ინტერფეისი იხილეთ მე-3 სურ-ზე.



სურ. 3. კომპიუტერული მოდელის ინტერფეისი

განვიხილოთ გულის კუმშვადობის შემთხვევა: როდესაც  $K^+$ -ის კონცენტრაცია მატულობს უჯრედშორის სივრცეში, ეს გამოიწვევს მოსვენების პოტენციალის გაზრდას. შედეგად მივიღებთ იმას, რომ იმპულსის გატარება შეფერხდება ან სრულიად შეწყდება. კლინიკურად ეს გამოვლინდება ბრადიკარდიით ან ასისტოლიით.

როდესაც კალიუმის კონცენტრაცია უჯრედშორის სივრცეში დაქვეითდება, მოდელი გვიჩვენებს მოსვენების პოტენციალის შემცირებას. კლინიკურად ეს შეიძლება გამოვლინდეს გულის რიგგარეშე შეკუმშვით (არითმია).

მოდელი გვიჩვენებს კალიუმის სასურველ კონცენტრაციას მიოკარდიუმის უჯრედშორის

სივრცეში, იმპულსის ოპტიმალური გადაცემისათვის. პროგრამის გამოყენებით ექიმს საშუალება მიეცემა განსაზღვროს ზემოსხენებული პათოლოგიური მდგომარეობის ოპტიმალური მკურნალობის ტაქტიკა, მოცემულ შემთხვევაში კალიუმის პრეპარატების დოზების შერჩევა.

### 3. დასკვნა

ვთვლით, რომ ჩვენ მიერ შექმნილი პროგრამა დაეხმარება კლინიკოსტებს და ელექტროფიზიოლოგიის სფეროში მომუშავე მეცნიერებს საკმარისი სიზუსტით, სწრაფად და მარტივად განსაზღვრონ აგზნებად უჯრედში ელექტრული პოტენციალი და მისი კორექციის ალგორითმი.

**ლიტერატურა**

1. ი. კვაჭაძე. ადამიანის ფიზიოლოგიის საფუძვლები. თბილისი: თსუ, 2009 წ.
2. ზ. ლურჯუაია, მ. მესხია. ვიზუალური დაპროგრამების საფუძვლები. დამხმარე სახელმძღვანელო. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2012 წ.
3. ადამიანის ფიზიოლოგია. პროფესორ გ. კოსიციის რედაქციით. თბილისი, 1996 წ.
4. გ. სურგულაძე. ვიზუალური დაპროგრამება C+ -2010 ენის ბაზაზე.
5. Murray J.F., Nadel J.A. Textbook of Respiratory Medicine, vol. 1, 2 ed. – Philadelphia, 1994.
6. Seperelaskis N., Bauks R.O. (eds): Essentials of physiology, 2 ed. – Boston, 1996.
7. William F. Ganong. Review of Medical physiology, 22 ed. – 2002.
8. Professional Visual Studio 2010 [Book] by Nick Randolph, David Gardner, Chris Anderson, Michael Minutillo in Books
9. Professional Visual Studio 2010 / Nick Randolph, David Gardner, Chris Anderson, Michael Minutillo / ISBN: 978-0-470-54865-3.
10. The Book of Visual Studio .NET—A Guide for Developers / Robert B. Dunaway / Copyright © 2002 Robert B. Dunaway.

**UDC 612.82****COMPUTER MODELLING OF THE ELECTRICAL POTENTIAL OF NERVOUS CELLS****Z. Gurtzkaia, T. Jjavadze, M. Fantsulaia**

Department of biomedical engineering, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** This research is dedicated to the computer modelling of electronic potential of nervous cells. The model will enable us to have an understanding of the importance of relaxation potential and of means of its correction. Due to the model, created by us, medical workers will be able to measure the amount of potassium inside and outside of the cell. The program will help them to discover the irregularity and to add manually the needed amount of K<sup>+</sup>. We have also elaborated a mathematical model of relaxation potential.

**Key words:** potential for rest; mathematical and computer modelling; information transmission; potassium concentration.

**УДК 612.82****КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НЕРВНЫХ КЛЕТОК****Гурцкаиа З.Т., Джиджавадзе Т.З., Фанцулаиа М.З.**

Департамент биомедицинской инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Работа посвящена компьютерному моделированию электронного потенциала нервной клетки. Модель дает возможность иметь представление о значении потенциала расслабления и средствах его коррекции, и позволяет измерять количество калия внутри и вне клетки. Эта программа поможет обнаружить нарушения и искусственно добавить нужное количество K<sup>+</sup>. Нами также составлена математическая модель потенциала расслаблений.

**Ключевые слова:** потенциал покоя; математическое и компьютерное моделирование; передача данных; концентрация калия.

*მიღებულია დასაბუჯდად 10.01.13*

УДК 621.315.592

**ВЛИЯНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАССЕИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ  
КВАЗИДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ОБЛУЧЕННЫХ ПРОТОНАМИ КРИСТАЛЛАХ N-Si****М.Г. Беридзе, Т.А. Пагава\*, И.Г. Каландадзе, К.К. Барамидзе, Н.А. Эсиава**

Департамент инженерной физики, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава 77

E-mail: tpagava@gtu.ge

**Резюме:** Исследуемые образцы монокристаллов  $n-Si$  с концентрацией электронов  $N=6 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$  облучались протонами с энергией 25 МэВ при 300К. Для исследования применяли метод фото-Холл-эффекта. В облученных образцах наблюдается аномально высокое значение холловской подвижности электронов, что объясняется образованием в объеме кристалла высокопроводящих включений с омическим переходом на границе с матрицей кристалла. При некоторых температурах изохронного отжига (ИО) наблюдается аномально высокое рассеяние электронов, которое уменьшается монохроматической ИК подсветкой заданной энергии. Подсветка деионизирует электростатически взаимодействующие вторичные глубокие центры, которые образуются в процессе изохронного отжига вокруг металлических включений и экранируют их. Показано, что экранирующими дефектами, которые образуются вокруг металлических включений, являются А- и Е-центры.

**Ключевые слова:** кремний; облучение протонами; фотовозбуждение.

**1. ВВЕДЕНИЕ**

В кристаллах кремния при облучении частицами высоких энергий ( $E \geq 10 \text{ МэВ}$ ), помимо точечных дефектов, образуются макроскопические повреждения кристаллической решетки, т.н. разупорядоченные области (РО). Ядра РО состоят из вакансий, дивакансий и различного рода вакансионных ассоциатов, а в формировании ее периферии (оболочки) участвуют дефекты типа примесь + вакансия. РО в  $n-Si$  характеризуются проводимостью р-типа, а в  $p-Si$  – n-типа, т.е. они являются диэлектрическими включениями и вызывают уменьшение эффективного значения  $\mu_{эфф.}$  холловской подвижности  $\mu_H$ , как в области фононного рассеяния, так и в области рассеяния на заряженных

дефектах [1–5]. Авторами работ [4,5] было высказано предположение, что ядра РО состоят из собственных межузельных атомов.

В работах [6–8] экспериментально показано, что в кристаллах  $n-Si$ , облученных протонами с энергией 25МэВ, преимущественно образуются металлические включения с омическим переходом на границе раздела с матрицей полупроводника, что приводит к аномальному увеличению  $\mu_{эфф.}$  В процессе изохронного отжига вокруг металлических включений (которые, по-видимому, являются скоплениями межузельных атомов) образуется непрозрачная для электронов проводимости оболочка из отрицательно заряженных акцепторных радиационных дефектов (РД), чем объясняется резкое уменьшение  $\mu_{эфф.}$  после отжига облученных образцов при  $T_{отж.}=110^\circ\text{C}$  и в процессе естественного старения в течение 30 суток при 300К. Источником неравновесных вакансий, по-видимому, являются дефекты вакансионного типа с низкой термостабильностью [3,5].

В работе [8] высказано предположение, что в области высоких температур (300–200К) за экранирование металлических включений ответственны Е-центры, а при низких температурах кроме Е-центров – также А-центры, которые начинают заряжаться ниже 200 К. После отжига Е-центров ( $T_{отж.}=160^\circ\text{C}$ ) экранирующая оболочка при низких температурах (<200К), по-видимому, состоит только из отрицательно заряженных А-центров. Если в атмосфере вокруг металлических включений действительно образуются А- и Е-центры и если именно они ответственны за резкое уменьшение  $\mu_{эфф.}$  электронов в кристаллах  $n-Si$ , облученных протонами с энергией 25МэВ, то, используя монохроматическую селективную подсветку, можно существенно повлиять на вид кривой  $\mu_{эфф.}(T)$  путем деионизации определенного числа этих центров.

Целью данной работы является изучение влияния селективного фотовозбуждения, с помощью ИК подсветки, части А- и Е-центров на  $\mu_H$  в исследуемых образцах.



## 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### Эксперимент

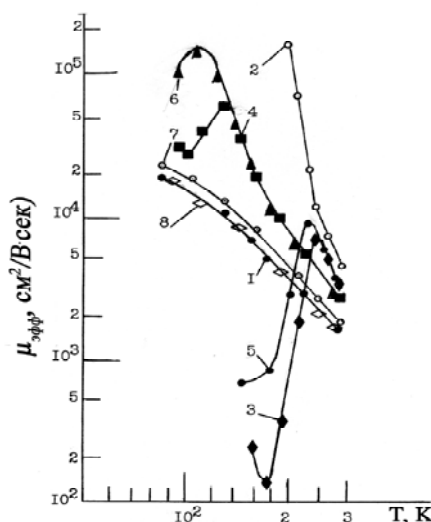
Для исследования нами были использованы монокристаллы n-Si, легированные фосфором, с концентрацией электронов  $N=6 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ . Кристаллы были получены методом зонной плавки. Соответственно концентрация кислорода  $N_O \approx 10^{16} \text{ см}^{-3}$ , а плотность ротовых дислокаций  $N_{\text{дис}} \approx 10^3 - 10^4 \text{ см}^{-2}$ .

Для изучения роли деионизации глубоких центров на  $\mu_{\text{эфф}}$ , мы использовали метод фото-Холл-эффекта: электроны с уровней данного типа возбуждались в зону проводимости светом с помощью монохроматора ИКС-21. ИК свет от одного монохроматора освещал только определенную часть исследуемого образца. Для усиления эффекта мы кристалл освещали из двух источников таким образом, что они не перекрывали друг друга. В этих условиях уровень инжекции фотоносителей не превышал 2–3%. Температурная зависимость  $N$  и  $\mu_{\text{эфф}}$  исследовалась в интервале  $T=77-300\text{K}$ . Измерения проводились компенсационным методом в магнитном поле  $H=10\text{кЭ}$ ; холловский фактор принимался равным единице. С целью осуществления перестройки атмосферы точечных дефектов, образующихся вокруг металлических включений, применялся ИО в интервале  $80-400^\circ\text{C}$ , шагом  $10^\circ\text{C}$  с охлаждением за время  $\leq 10$  сек; время выдержки при фиксированной температуре 10 мин. Погрешность измерения этих величин не превышала 10%.

### Результаты исследований и их обсуждение

На рис. представлены зависимости  $\mu_{\text{эфф}}(T)$  в исходном кристалле (кр.1), после облучения протонами с энергией 25МэВ, интегральным потоком равным  $8 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$  (кр.2), а также после отжига при  $T_{\text{отж}}=110, 160, 380$  и  $400^\circ\text{C}$  (кр.3, 4, 7 и 8, соответственно). На кр.3 наблюдается резкое уменьшение  $\mu_{\text{эфф}}$  с минимумом при 180К, а на кр.4 – при 100К.

Возбуждение электронов в зону проводимости с уровня 0,44эВ (длина волны  $\lambda=2,8\text{мкм}$ ), в образцах, отожженных при  $T_{\text{отж}}=110^\circ\text{C}$ , увеличивает значение  $\mu_{\text{эфф}}$ , немного смещая его в сторону меньших температур (см. рис., кр.5). После  $T_{\text{отж}}=160^\circ\text{C}$  возбуждение электронов с уровней 0,17эВ ( $\lambda=7,3\text{мкм}$ ) вызывает увеличение максимума на кривой зависимости  $\mu_{\text{эфф}}(T)$  и смещает его в сторону более низких температур (кр.6).



Зависимость подвижности электронов от температуры в облученных кристаллах n-Si: 1 – до облучения; 2 – после облучения; 3, 4, 7, 8 – после отжига при 110, 160, 380 и 400°C, соответственно; 5, 6 – при подсветке кристаллов ИК светом с энергиями фотонов 0,44 и 0,17эВ, отожженных при 110 и 160°C, соответственно.

Из рис. следует, что подсветка оказывает влияние на ход зависимости  $\mu_{\text{эфф}}(T)$  не только при низких температурах ( $\sim 100\text{K}$ ), в области рассеяния электронов на заряженных центрах, но и фоновых ( $\geq 180\text{K}$ ).

Энергия электрона на локальном уровне  $E=E_T+\epsilon$ , где  $E_T$  – тепловая энергия, а  $\epsilon$  – энергия электростатического взаимодействия между отрицательно заряженными дефектами в атмосфере вокруг металлических включений. Если  $E=E_i$ , где  $E_i$  – энергия деионизации центра, то электрон из локального уровня переходит в зону проводимости. По-видимому, в интервале 230–300К электроны с уровня  $E=E_i=0,44\text{эВ}$ , соответствующего E-центрам, переходят в зону проводимости, степень экранирования металлических включений уменьшается и холловская подвижность, согласно [6], может быть представлена выражением

$$\mu_{\text{эфф}} \approx \mu_n (1 + 3f_1) / (1 - 6f_1), \tag{1}$$

где  $\mu_n$  – холловская подвижность в неповрежденной матрице, а  $f_1$  – суммарная объемная доля скоплений межузельных атомов. Как видно из формулы (1),  $\mu_{\text{эфф}}$  является возрастающей функцией объемной доли  $f_1$  включений, что мы наблюдаем на кривой зависимости  $\mu_{\text{эфф}}(T)$  в интервале 230–300К (кр.3). С понижением температуры  $E$  уменьшается и E-центры начинают заряжаться. Следовательно, увеличивается степень экранирования металлических включений. Они становятся непрозрачными для электронов и,

согласно [2], холловская подвижность уменьшается по закону

$$\mu_{\text{эфф.}} \approx \mu_n (1 + f_2 / 4) / (1 - f_2 / 2), \quad (2)$$

где  $\mu_n$  – холловская подвижность электронов в исходном образце,  $f_2$  – доля объема, занимаемая диэлектрическими включениями (рис.1, кр.2).

Следует отметить, что в данном случае кроме энергии и дозы облучения,  $f_1$  и  $f_2$  являются также функциями степени экранирования металлических включений  $\eta$ . При увеличении  $\eta$ ,  $f_1$  уменьшается, а  $f_2$  увеличивается, и наоборот.

На кривой зависимости  $\mu_{\text{эфф.}}(T)$  в области 180К наблюдается минимум (кр.3). Существование минимума в работе [4] объясняется изменением степени экранирования металлических включений, входящей в зависимость от температуры, в процессе измерения. Хотя единого мнения по этому вопросу в научной литературе пока нет [7–12].

Увеличение значения  $\mu_{\text{эфф.}}$  в интервале 140–230К при возбуждении электронов в зону проводимости с уровня  $E_c-0,44\text{эВ}$ , используя ИК подсветку, объясняется уменьшением степени экранирования атомных кластеров и соответственно увеличением объемной доли металлических включений  $f_1$  (см. формулу (1)). В температурном интервале 230–300К Е-центры истощены в силу электростатического взаимодействия и высокой температуры. Поэтому ИК подсветка не влияет на величину  $\mu_{\text{эфф.}}$ .

А-центры в области фононного рассеяния (300–200К) практически электронейтральны и никак не могут повлиять на степень экранирования металлических включений и соответственно на  $\mu_{\text{эфф.}}$ .

Что касается дивакансий, они образуются в процессе облучения путем каскадного механизма и, несомненно, присутствуют в объеме кристалла. В процессе ИО, в силу электростатического отталкивания между отрицательными моновакансиями, образование дивакансий путем диффузионного механизма маловероятно. Поэтому в атмосфере вокруг металлических включений, по всей вероятности, они присутствуют в небольшом количестве.

Уменьшение  $\mu_{\text{эфф.}}$  в области низких температур (130К) после полного отжига Е-центров ( $T_{\text{отж.}}=160^\circ\text{C}$ ) в работе [8] объясняется изменением зарядового состояния А-центров. Они заряжаются отрицательно и увеличивают степень экранирования металлических включений. В этом температурном интервале металлические включения с отрицательно заряженной оболочкой на  $\mu_{\text{эфф.}}$  влияют двояко: с одной стороны,

как квазидиэлектрические включения, блокируя потоки электронов, они уменьшают фактический объем кристалла, а с другой – в виде электрического эффекта, проявляющегося в дополнительном рассеянии электронов в поле отрицательного заряда, окружающем металлические включения. Оба эти эффекта приводят к уменьшению  $\mu_{\text{эфф.}}$ .

Возбуждение электронов в зону проводимости с уровня  $E_c-0,17\text{эВ}$  с помощью ИК подсветки приводит к уменьшению степени экранирования металлических включений  $\eta$ . В результате уменьшается влияние обоих эффектов на  $\mu_{\text{эфф.}}$  – имеет место блокирование и рассеяние потока электронов отрицательно заряженными включениями. Следовательно,  $\mu_{\text{эфф.}}$  продолжает расти почти до 100К, а минимум, по-видимому, смещен влево, в области низких температур ( $T < 77\text{К}$ ).

После полного отжига А-центров при  $T_{\text{отж.}}=400^\circ\text{C}$  кривая зависимости  $\mu_{\text{эфф.}}$  в интервале температур от комнатной до точки кипения азота меняется монотонно (кр.8).

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для уточнения того, какие именно радиационные дефекты ответственны за уменьшение холловской подвижности  $\mu_{\text{эфф.}}$  в облученных протонами с энергией 25МэВ кристаллах n-Si при различных температурах, был использован метод фото-Холл-эффекта.

Исследование показало, что на селективное возбуждение Е-центров (с уровнем  $E_c-0,44\text{эВ}$ ) реагирует минимум на кривой зависимости  $\mu_{\text{эфф.}}(T)$  в области 180К, а на возбуждение А-центров – минимум при 100К.

Полученные результаты подтверждают существующее мнение о том, что экранирование металлических включений в облученных протонами кристаллах n-Si в области фононного рассеяния происходит только Е-центрами, а при низких температурах - Е- и А-центрами. После полного отжига Е-центров ( $T_{\text{отж.}}=400^\circ\text{C}$ ) за существование минимума на кривой зависимости  $\mu_{\text{эфф.}}$  ответственны только А-центры.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Gossik B.R. // J.Appl. Phys., 1959, 30, 1214.
2. Коноплева З.Ф., Литвинов В.Л., Ухин Н.А. Особенности радиационного повреждения полупроводников частицами высоких энергий. М.: Атомиздат, 1971.
3. Ухин Н.А. // ФТП, 1972, 6, 831.
4. Кузнецов В.И., Лугаков П.Ф. //ФТП, 1979, 13, 625.

5. Кузнецов В.И., Лугаков П.Ф. //ФТП, 1980, 14, 1980.
6. Пагава Т.А., Майсурадзе Н.И. ФТП, 2010, 44, 160.
7. Пагава Т.А., Майсурадзе Н.И., Беридзе М.Г. ФТП, 2011, 45, 582.
8. Пагава Т.А., Беридзе М.Г., Майсурадзе Н.И. ФТП, 2012, 46, 1274.
9. Кучис Е.В. Гальваномагнитные эффекты и методы их исследования. М.: Радио и связь, 1990.
10. Безлюдный С.В., Колесников И.В. ФТП, 1976, 10, 1964.
11. Пагава Т.А., Чхартишвили Л.С. УФЖ, 2003, 48, 232.
12. Милевский Л.С., Ткачева Т.М., Пагава Т.А. ЖЭТФ, 1975, 69, 2132.

შპს 621.315.592

### ოპტიკური ზემოქმედების გავლენა კვანძიანი ელექტრიკული ჩანართების გაბნევის უნარზე პროტონებით დასხივებულ n-Si კრისტალებში

მ. ბერიძე, თ. ფაღავა, ი. კალანდაძე, კ. ბარამიძე, ნ. ესიავა

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

**რეზიუმე:** n-Si ტიპის სილიციუმის კრისტალებს ვასხივებდით 25 მეგე ენერგიის პროტონებით 300K-ზე. გამოსაკვლევე ნიმუშებში ელექტრონების კონცენტრაცია  $N=6.6^{13}$  სმ<sup>-3</sup>-ია. კვლევისათვის ვიყენებთ ფოტო-ჰოლ მეთოდს. დასხივებულ კრისტალებში გამტარობის ელექტრონების ჰოლის ძვრადობა მკვეთრად იზრდება. ეს დაკავშირებულია კრისტალის მოცულობაში მაღალი გამტარობის ჩანართების წარმოქმნასთან, რომლებიც კრისტალის მატრიცის საზღვარზე ქმნის ომურ გადასასვლელს. იზოქრონიული გამოწვის გარკვეულ ტემპერატურაზე ადგილი აქვს ელექტრონების ანომალურად მაღალ გაბნევას. კრისტალის განათება გარკვეული ენერგიის მონოქრომატული ინფრაწითელი სინათლით იწვევს გაბნევის შემცირებას. ინფრაწითელი სინათლით კრისტალის განათება იწვევს ურთიერთქმედებაში მყოფი მეორეული რადიაციული დეფექტების დეიონიზაციას, რომლებიც იზოქრონიული გამოწვის პროცესში წარმოიქმნება ლითონური ჩანართების გარშემო და იწვევს მის დაეკრანებას. ნაჩვენებია, რომ მანკრანებელი დეფექტები, რომლებიც წარმოიქმნება ლითონური ჩანართების ირგვლივ, არის A და B ცენტრები.

**საკვანძო სიტყვები:** სილიციუმი; პროტონებით დასხივება; ფოტოაგზნება.

UDC 621.315.592

### INFLUENCE OF PHOTO-EXCITEMENT ON MOBILITY OF ELECTRONS INTO THE CRYSTALS RADIATED BY THE HIGH ENERGY PROTONS

M. Beridze, T. Pagava, I. Kalandadze, K. Baramidze, N. Esiava

Department of engineering physics, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** Investigated samples of monocrystals n-Si with the concentration of electrons  $N = 6 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$  were radiated by the protons of the energy 25 MeV at 300K. In investigations has been applied the method of photo-Hall effect. In radiated samples anomalously high value of Hall mobility of electrons is observed, caused by creation within the volume of the crystal of high conductive inclusions with Ohm transition at the border of the crystal matrix. At some temperatures of the isochronic annealing anomalously high scattering of electrons is observed, decreasing due to monochromatic IK backlight of given energies. Backlight deionize the secondary deep centers interacting in electrostatic way, which appear in the process of isochronic annealing around the metal inclusions and screen them. It is shown, that the screening defects appearing around the metal inclusions are A and E centers.

**Key words:** silicon; radiation by protons; photo-excitement.

მიღებულია დასაბუჯდად 18.01.10

## ავტორთა საძიებელი!

აბაშიძე ვ. 43, 51	მუავანაძე რ. 57	ჯიჯავაძე თ. 106
ახობაძე მ. 103	ნადირაშვილი გ. 80, 84	Барамидзе К.К. 110
გამყრელიძე ნ. 96, 98	პაპავა ლ. 84	Беридзе М.Г. 110
გონიშვილი ა. 57	პაპავა თ. 43, 51	Дадунашвили С.А. 27
გრიგოლიშვილი ა. 15	სადალაშვილი ე. 80, 84	Зедгенидзе И.Г. 74
გუგულაშვილი გ. 80, 84	საღუნიშვილი მ. 34, 38, 43	Каландадзе И.Г. 110
გუჯაბიძე ი. 57	სოსელია ბ. 88	Капанадзе М.Б. 74
ვარძიაშვილი ნ. 103	ფანცულაია მ. 106	Кучухидзе Д.Г. 9, 11
ზუბიაშვილი მ. 88	ფირალიშვილი ს. 34, 38	Мшвиладзе М.Дж. 74
კიკაბიძე ნ. 19	ღვაჩიანი ვ. 80	Мchedlishvili З.Т. 71
კიკნაძე ნ. 61	ღურჭიაია ზ. 106	Пагава Т.А. 110
კიკნაძე ნ. 88	ციხელაშვილი შ. 15	Сабашвили З.В. 71
კოპალეიშვილი ს. 65, 68	ციხელაშვილი ზ. 15	Саруханишвили А.В. 74
ლესანიძე ზ. 57	ქეკონსკაია მ. 65, 68	Тавхелидзе Д.Д. 71
მეგრელიძე თ. 80, 84	ჭიაურელი გ. 43, 51	Швангирадзе М.Г. 91
მესხი მ. 43, 51	ჯაფარიძე დ. 19	Эсиава Н.А. 110
მექვაბიშვილი ნ. 61	ჯერენაშვილი გ. 15	

## ავტორთა საყურადღებოდ!

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული არის რეგულირებული პერიოდული გამოცემა, რომელიც გამოიცემა წელიწადში ოთხჯერ (პირველი ნომერი მოიცავს პერიოდს 1 იანვრიდან 31 მარტამდე, მეორე ნომერი – 1 აპრილიდან 30 ივნისამდე, მესამე ნომერი – 1 ივლისიდან 30 სექტემბრამდე და მეოთხე – 1 ოქტომბრიდან 31 დეკემბრამდე).

კრებულის დანიშნულებაა მეცნიერების განვითარების ხელშეწყობა, მეცნიერთა და სპეციალისტთა მიერ მოპოვებული ახალი მიღწევების, გამოკვლევათა მასალებისა და შედეგების ოპერატიულად გამოქვეყნება.

სტატიების მიღება შეიძლება ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე (ქვეყნდება ორიგინალის ენაზე).

ავტორს შეუძლია მხოლოდ ორი სტატიის მოწოდება.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომელთათვის სტატიის გამოქვეყნება უფასოა.

სტატიის ავტორთა რაოდენობა ხუთს არ უნდა აღემატებოდეს.

კრებულში ქვეყნდება სტატიები ახალი მეცნიერული კვლევების შედეგების შესახებ შემდეგი თეორიული და გამოყენებითი დარგების მიხედვით:

- მშენებლობა
- ენერგეტიკა, ტელეკომუნიკაცია
- სამთო-გეოლოგია
- ქიმიური ტექნოლოგია, მეტალურგია
- არქიტექტურა, ურბანისტიკა, დიზაინი
- ინფორმატიკა, მართვის სისტემები
- ტრანსპორტი, მანქანათმშენებლობა
- ბიზნესინჟინერინგი
- ნაგებობების, სპეციალური სისტემებისა და საინჟინრო უზრუნველყოფის ინსტიტუტი

გთავაზობთ სამეცნიერო სტატიის გაფორმების წესს:

- ნაშრომის მოცულობა განისაზღვრება A4 ფორმატის ქაღალდის 1,5 ინტერვალით ნაბეჭდი 5-7 გვერდით (მინდვრები 2 სმ) ნახაზების, გრაფიკების, ცხრილების და ლიტერატურის ჩამონათვალით;
- სტატია შესრულებული უნდა იყოს DOC ფაილის სახით (MS-Word) ჩაწერილი ნებისმიერ მაგნიტურ მატარებელზე;



- ქართული ტექსტისთვის გამოიყენეთ შრიფტი – Acadnusx, ზომა 12;
- ინგლისური და რუსული ტექსტის შრიფტი – Times New Roman, ზომა 12;
- სტატიის თავი უნდა შეიცავდეს შემდეგ ინფორმაციას:
  - უაკ-ს (უნივერსალური ათწილადი კლასიფიკაცია);
  - ავტორის/ავტორების სახელს, მამის სახელს, გვარს;
  - ავტორის/ავტორების ელექტრონული ფოსტის მისამართს და საკონტაქტო ტელეფონს;
  - დეპარტამენტის დასახელებას სამივე ენაზე;
  - საკვანძო სიტყვებს სამივე ენაზე.
- სტატიაში ქვესათაურებით გამოკვეთილი უნდა იყოს შესავალი, ძირითადი ნაწილი და დასკვნა;
- ნახაზების ან ფოტოების კომპიუტერული ვარიანტი შესრულებული უნდა იყოს TIFF ფორმატში გარჩევადობით 150 dpi;
- სტატიას უნდა ახლდეს რეზიუმე ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე;
- სტატია შედგენილი უნდა იყოს წიგნიერად, სწორმეტყველებისა და ტერმინოლოგიის დაცვით, სტილისტური და ტექნიკური შეცდომების გარეშე;
- ავტორი/ავტორები პასუხს აგებს სტატიის შინაარსსა და ხარისხზე.

გთავაზობთ სტატიის წარმოდგენისთვის საჭირო დოკუმენტაციის ჩამონათვალს:

- ორი რეცენზია;
- ფაკულტეტის სწავლულ ექსპერტთა დარგობრივი კომისიის სხდომის ოქმის ამონაწერი;
- ფაკულტეტის ან მიმართულების სემინარის ოქმის ამონაწერი.

---

### **To the authors attention!**

Transactions of Georgian Technical University represents reviewed, periodical edition, which there is published four times in year. (the first number includes the period from 1 January to 31 March, the second number - from 1 April to 30 June, the third number - from 1 July to 30 September and the fourth - from 1 October to 31 December).

Purpose of collection is assistance of science development, new achievements of scientists and specialists, operative publication materials and results of scientific researches.

The articles are accepted in Georgian, English and Russian languages (are published in original language).

Author is allowed to present only two articles.

The publication of articles for the workers of Georgian Technical University is free of charge.

The amount of authors of article mustn't exceed 5.

In transactions are published articles about new results of scientific researches according to the following theoretical and applied sphere:

- Building
- Energetics, telecommunication
- Mining-geology
- Chemical technology, metallurgy
- Architecture, urbanist, design
- Informatic, systems of management
- Transport, engineering industry
- Business-engineering
- Institute of buildings, special systems and engineering maintenance

There is offered the rule of official registration of scientific articles:

- The volume of work is determined A4 paper size at 1,5 line spacing 5-7 printed page (margins - 2cm) draughts, diagrams, tables and a list of literature;
- The article should be carried out in form file DOC (MS-WORD), written down on any magnetic carrier;
- For Georgian text is used Acadnux font, size 12;
- For English and Russian texts is used font - Times New Roman, size 12;

- 
- The beginning of the article should contain the following informations:
    - UDC (Universal Decimal Classification);
    - Name, surname, of author/authors;
    - E-mail and contact telephone of author/authors;
    - The name of department in all three languages;
    - Key words in all three languages.
  - In the article with subtitles should be isolated introduction, the body of the article and conclusion;
  - Computer version of pictures or photos must be done in size TIFF with the recognition 150 dpi;
  - The article should have resume in Georgian, English and Russian languages;
  - The article should be written correctly, with the observance terminology, without stylistic and grammatical mistakes;
  - Author/authors are responsible for content and quality of article.

There is offered the following documentation for the article presentation:

- Two reviews;
- Extract from the minutes of a branch commission meeting of faculty learned experts;
- Extract from the seminar minutes of faculty or direction.

## К сведению авторов!

Сборник научных трудов Грузинского технического университета является реферированным периодическим изданием, которое выходит в свет четыре раза в год (первый номер включает период с 1 января по 31 марта, второй номер – с 1 апреля по 30 июня, третий номер – с 1 июля по 30 сентября и четвертый – с 1 октября по 31 декабря).

Назначение сборника – содействие развитию наук, новых достижений ученых и специалистов, оперативная публикация материалов и результатов исследований.

Принимаются статьи на грузинском, английском и русском языках (публикуются на языке оригинала).

Автор может представить только две статьи.

Для сотрудников Грузинского технического университета статьи публикуются бесплатно.

Количество авторов статьи не должно превышать 5.

В сборнике печатаются статьи, касающиеся новых результатов исследований по следующим теоретическим и прикладным отраслям:

- Строительство
- Энергетика, телекоммуникации
- Горное дело-геология
- Химическая технология, металлургия
- Архитектура, урбанистика, дизайн
- Информатика, системы управления
- Транспорт, машиностроение
- Бизнес-инженеринг
- Сооружения, специальные системы, инженерное обеспечение

Предлагаем порядок оформления научных статей:

- Объем работы определяется форматом бумаги А4 с интервалом 1,5, 5-7 печатными страницами (поля = 2см), с перечислением рисунков, графиков, таблиц и списка литературы;
- Статья должна быть выполнена в виде файла DOC (MS-Word), записанного на любом магнитном носителе;
- Для грузинского текста используется шрифт Acadnux, размер 12;
- Для английского и русского текстов – шрифт Times New Roman, размер 12;
- В начале статьи должна содержаться следующая информация:
  - УДК (Универсальная десятичная классификация);
  - Фамилия, имя, отчество автора/авторов;

- 
- Адрес электронной почты автора/авторов и контактный телефон;
  - Название департамента на трех языках;
  - Ключевые слова на трех языках.
  - В статье подзаголовками следует выделить введение, основную часть и заключение;
  - Компьютерный вариант рисунков или фото должен быть выполнен в формате TIFF распознаванием 150 dpi;
  - Статья должна иметь резюме на грузинском, английском и русском языках;
  - Статья должна быть написана грамотно, с соблюдением терминологии, без стилистических и грамматических ошибок;
  - Автор/авторы ответствен/ы за содержание и качество статьи.

Для представления статьи необходимы следующие документы:

- Две рецензии;
- Выписка из протокола заседания отраслевой комиссии ученых экспертов факультета;
- Выписка из протокола семинара факультета или направления.