

საქართველოს  
საინჟინრო  
სიახლენი

სსს

4'16

GEORGIAN  
ENGINEERING  
NEWS

GEN

---

ISSN 1512-0287

საქართველოს  
საინჟინრო  
სიახლანი

GEORGIAN  
ENGINEERING  
NEWS

**No.4 (vol. 80), 2016**

# GEORGIAN ENGINEERING NEWS, No. 4, 2016

## International Engineering Academy Georgian Engineering Academy

**Editor-in-Chief: Mindia Salukvadze**

### EDITORIAL BOARD

<b>Demur Chomakhidze</b>	<i>Tbilisi, Georgia</i>	<b>Romualdas Ginevičius</b>	<i>Vilnius, Lithuania</i>
<b>Guram Javakhadze</b>	<i>Tbilisi, Georgia</i>	<b>Oleg Namicheishvili</b>	<i>Tbilisi, Georgia</i>
<b>Peter Bielik</b>	<i>Nitra, Slovakia</i>	<b>Dmitry Novikov</b>	<i>Moscow, Russia</i>
<b>Ivan Gorgidze</b>	<i>Tbilisi, Georgia</i>	<b>Archil Prangishvili</b>	<i>Tbilisi, Georgia</i>
<b>Boris Gusev</b>	<i>Moscow, Russia</i>	<b>Rolf D. Shraft</b>	<i>Stuttgart, Germany</i>
<b>Paata Kervalishvili</b>	<i>Tbilisi, Georgia</i>	<b>Irakli Zhordania</b>	<i>Tbilisi, Georgia</i>
<b>Vladimir Kekelidze</b>	<i>Dubna, Russia</i>		

### EDITORIAL STAFF:

**David Gorgidze, Alexander Dolidze, Leila Kobelashvili  
and Ketevan Makhashvili**

### NGO Georgian Engineering News (GEN) LTD

**Address: TECHINFORMI Tbilisi 0179, Kostava 47**

**Tel.: 995 (32) 2335315, 2335122**

**Fax: 995 (32) 2335122**

**[e-mail:nellym@caucasus.net](mailto:nellym@caucasus.net)**

**Internet: [www.tech.caucasus.net](http://www.tech.caucasus.net)**

**Copyright © by GEN LTD**

შინაარსი - СОДЕРЖАНИЕ

ნოღარ ლომინაჲე – 80	5
ლობარტიმუჲლად წრჲიჲი ანაღიჲი საღახღჲეჲო სჲქტორჲო <i>ფრანგიშვილი ა.ი., ნამიჩეიშვილი ნ.ო.</i>	7
<b>OPERATIONAL RISK MODELING IN THE INSURANCE SECTOR</b> <i>Namischeishvili O.G. and Lekiaashvili L.B.</i>	23
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОГО УРОВНЯ ОПЕРАЦИОННЫХ РИСКОВ</b> <i>Намичеишвили О.Г., Лекиашвили Л.Б.</i>	26
ინფორმაციულ-საკომუნკაციო ტექნოლოგიების განვითარების მზადყოფნის ინდუქსიის ელემენტარული კალკულატორი <i>ციხისთავი თ.თ., სვანიძე რ.გ.</i>	31
ბიტურ შეცდომათა ალბათობის (BER) შეფასება გადაცემის ციფრულ ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემებში <i>როსტიაშვილი ნ.რ., ჩხაიძე მ.თ., სვანიძე რ.გ.</i>	37
ლაბორატორიული მონაცემების სტატისტიკური დამუშავებისა და ანაღიჲის ზოგადი მეთოდი. ნაწილი I. <i>ბუაძე ტ.გ.</i>	45
<b>СЛЕДЯЩИЕ СИСТЕМЫ С НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ УСИЛИТЕЛЯ</b> <i>Гониашвили Э.С., Вашакидзе А.А., Гогинашвили Н.Г., Чкадуа Н.В.</i>	53
ელემენტრომომხმარებლების მიერ ქსელში წარმოქმნილი კაბვის მაღალი სისწილის ჰარმონიკების სიმეტრიულობის გამოკვლევა <i>ჭუნაშვილი ბ.მ., ქობაღია მ.ი., პეტროსიანი ა.მ., ხარებავა დ.ნ., გამრეკელაშვილი თ.გ.</i>	57
<b>РАСЧЕТ ОТКОСНЫХ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ МОРСКИХ ПОРТОВ В РАЙОНАХ ПОТИ И АНАКЛИИ</b> <i>Сагинадзе И.С.</i>	62
<b>РАСЧЕТ НАКАТА ВОЛН НА БЕРЕГ В ЗОНЕ ПОДВОДНОГО КАНЬОНА ПОТИЙСКОГО И АНАКЛИЙСКОГО РЕГИОНОВ ЧЕРНОГО МОРЯ</b> <i>Сагинадзе И.С.</i>	67
<b>ЗУБЧАТЫЕ ВАРИАТОРЫ С НОВЫМИ ПЕРЕДАЧАМИ ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ</b> <i>Варсимашвили Р.Ш., Кахиани М.Р.</i>	72
<b>ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ШТАМПОВЫХ ИСПЫТАНИЙ</b> <i>Вачараძე В.В., Вачараძე Б.Ш.</i>	76
მაღალ კონცენტრირებული წყალშემცველი ფეთქებადი ნივთიერებების ემულსიის კვლევა ლაბორატორიულ პირობებში <i>შარაშენიძე თ.ვ., გაბოძე ვ.კ.</i>	80
ემულსიური კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებების ენერგეტიკული ეფექტურობის შეფასება კოლიბონურ პირობებში <i>შარაშენიძე თ.ვ., გაბოძე ვ.კ.</i>	83
<b>ЖЕЛЕЗО-МАРГАНЦОВЫЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ МАЙКОПСКОЙ СЕРИИ КAVKAZA</b> <i>Махарадзе А.И.</i>	88
მაღნულის საბაღოს სპილენძ-ოქროს კნელაღბასამდიღრებელი მაღნის ფლოტაციის პროცესის შესწავლა ოპტიმალური მართვის მიზნით <i>ენაგელი რ.პ., გამცემლიძე მ.ნ., ტალახაძე დ.გ., ჯავახიშვილი გ.გ., სამხარაძე ნ.ო., თუთბერძე მ.ლ.</i>	90

კეთილშობილი მეტალების მადნების ბამფიდრების მანბნისური მეთოდის შემუშავება  
გიგინეიშვილი ა.ა., თევზაძე დ.მ. 96

MINING AND EXTRACTIVE INDUSTRIES WASTE MANAGEMENT: MODERN APPROACHES  
Andguladze Sh.N., Berejiani A.M., Mchedlishvili G.S. 98

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ СТАЛЕЙ МАРОК ТИПА  
12X3СМФЮТ И 12X4СМФЮТ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В  
НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
Хуцишвили М.Г., Дадиანიძე Г.А., Саралиძე Б.Р., Хмалаძე М.Г. 100

ორმხრივი სქემით ჟერტილოვანი შეღუღება  
მეტრეველი-მანდარია ა.პ., კაპანაძე მ.პ., საბაშვილი ზ.გ. 105

სამანქანო რადიოაქტიური ნარჩენი ზეთების დენალოვის შემცირება მათი  
ბარემოში გაშროვის ალბათობის მინიმუმაციის მიზნით  
რაზმაძე მ.თ., კიკნაძე გ.გ., იმნაძე პ.მ., ამბარდანიშვილი თ.პ., როსტომაშვილი ზ.ი. 108

STYUDY ON THE ENERGY STRUCTURE OF MULTI-IONIZED ATOMS  
Tsirekidze M.A., Bzhalava T.N., Chkhaidze M.G. and Sikharulidze M.M. 113

იონიზებული მემბრანების ძიშიური მდებარების და მქანისური თვისებების  
გამოკვლევა ტყვიის კრონის წარმოებისჩამონარე წყლებში  
ჩხუბიანიშვილი ნ.გ., მჭედლიშვილი გ.ს., ქრისტესაშვილი ლ.გ.,  
მამულაშვილი მ.ა., ქერქაძე ჯ.გ. 116

პარბამიდის პოლიკონდენსაცია პროლონგირებული ბიოდეგრადირებადი  
აუოტოვანი სასუქების მისაღებად  
პაპავა გ.შ., გუგავა ე.დ., გურგენიშვილი მ.პ., დოხტურიშვილი ნ.ს.,  
გელაშვილი ნ.ს., გაგაშელიძე ე.შ., ლიპარტელიანი რ.გ., ხოტენაშვილი ნ.ზ. 121

სილიციუმის ტუტრაჰალოგენიდების მათემატიკურ-ძიშიური შესწავლა  
სიღამონიძე ნ.ნ., ქოიავა ნ.ა., გვერდწითელი მ.ი. 125

ბორის ჰალოგენიდების მათემატიკურ-ძიშიური გამოკვლევა  
ოვსიანიკოვა ნ.ნ., ქვარცხავა გ.რ., გვერდწითელი მ.ი. 127

ბიოლოგიური ნარჩენების ბადამუშავება ექსტრუზიური მეთოდით  
ანდელუაძე შ.ნ., ბაზლაძე ი.გ., კოლოვა ს.მ. 129

თელავის მიკროზონის სკონტანური დუდილის საფუარების შესწავლა  
მათიაშვილი ნ.შ., შილდელაშვილი ი.ი., ბუიშვილი გ.თ., მათიაშვილი შ.ი. 132

მუხის ჩიფისი, კუბის, ექსტრაქტისა და ტანინის ზეგავლენა  
წითელი ღვინის ფერის ინტენსივობასა და ფერის ტონზე  
ბიბიჩაძე ზ.მ., ხომასურიძე მ.პ., ხუციშვილი რ.ა. 134

უნახის ნაყოფები - ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების წყარო  
ბერულავა ი.ო., ნამჩევაძე ც.ვ. 141

ფენოლური ნაერთებით მდიდარი არატრადიციული ნედლეული გალექის წარმოებაში  
ყიფიანი ა.გ. 143

ნატურალური ბიოლოგიურად აქტიური საკვები დანამატები ბავშვთა  
კვების პროდუქტებისათვის  
ქარჩავა მ.ს., ბერულავა ი.ო., ჯინჯოლია მ.შ., ჯინჯოლია შ.რ.,  
ერგემლიძე თ.დ., კინწურაშვილი ნ. ჯ. 145

სკოლამდეული ასაკის ბავშვთა კვების პრობლემები საქართველოში  
ერგემლიძე თ.დ., კინწურაშვილი ნ.ჯ., ჯინჯოლია მ.შ., ქარჩავა მ.ს., ბერულავა ი.ო. 148

ანგორ შესვინიძე 153

იუზა კაპაბაძე 155

ნოდარ ლომინაძე - 80



საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ნამდვილი წევრი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ნოდარ ლომინაძე დაიბადა 1937 წელს, ქალაქ ბათუმში.

ოზურგეთის რაიონის სოფ. ცხემლისხიდის საშუალო სკოლის წარჩინებით დამთავრების შემდეგ ნოდარ ლომინაძე ჩაირიცხა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტში და 1960 წელს მიენიჭა ინჟინერ-ელექტრიკოსის კვალიფიკაცია.

ინსტიტუტის დასრულების შემდეგ ბატონი ნოდარი მუშაობდა რუსეთში, ქალაქ პეჩის სამეცნიერო-კვლევით ლაბორატორიაში.

1968 წელს ნოდარ ლომინაძემ დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია, რასაც რამდენიმე წელში მოჰყვა მისი სადოქტორო დისერტაცია და მიენიჭა ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის ხარისხი.

პროფესორი ნოდარ ლომინაძე მეცნიერთა იმ უდიდესი პლეადის ღირსეული წარმომადგენელია, ვინც ეპოქა შექმნა ქართულ საინჟინრო მეცნიერებაში და საქართველოს წარმატებულ ინჟინერთა მთელი თაობა აღუზარდა. მისი ხელმძღვანელობით დაცულია 50-ზე მეტი სადოქტორო და კიდევ უფრო მეტი საკანდიდატო დისერტაცია. ბატონი ნოდარი 25 წლის განმავლობაში ხელმძღვანელობდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტს.

1997 წელს ნოდარ ლომინაძემ შექმნა „ეკონომიკური ინფორმატიკის“ დეპარტამენტი, რომელიც დაარსების დღიდან ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ერთ-ერთი ლიდერია.

ვუსურვებთ ბატონ ნოდარს დღევანდელობას და ნაყოფიერ შემოქმედებით მოღვაწეობას ჩვენი ქვეყნის საკეთილდღეოდ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
საქართველოს საინჟინრო აკადემია  
ჟურნალ „საქართველოს საინჟინრო სიახლენის“ რედაქცია

**НОДАРУ ЛОМИНАДЗЕ – 80 ЛЕТ**

Действительный член Инженерной Академии Грузии, доктор технических наук, профессор Нодар Ломинадзе родился в 1937 г. в г. Батуми.

Окончив среднюю школу с. Цхумлиسخиди Озургетского р-на с отличием, Нодар Ломинадзе поступил в Грузинский политический институт и в 1960 г. получил классификацию инженера-электрика.

После окончания института Н. Ломинадзе работал в научно-исследовательской лаборатории в г. Пенза, Россия.

В 1968 г. он защитил кандидатскую диссертацию, а через несколько лет – докторскую диссертацию, и был удостоен степени доктора технических наук.

Профессор Нодар Ломинадзе - достойный представитель той плеяды грузинских ученых, которая создала эпоху в грузинской инженерной науке и воспитала целое поколение успешных инженеров. Под его руководством защищено более 50 докторских и еще больше кандидатских диссертаций.

Проф. Н. Ломинадзе в течение 25 лет руководил Факультетом информатики и систем управления Грузинского технического университета.

В 1997 году Н. Ломинадзе основал Департамент экономической информатики, который со дня своего основания является одним из лидеров Факультета информатики и систем управления.

Желаем проф. Нодару Ломинадзе долголетия и плодотворной творческой деятельности на благо нашей страны.

**NODAR LOMINADZE – 80**

Member of the Georgian Engineering Academy, Doctor of technical sciences, Professor Nodar Lominadze was born in Batumi in 1937. Having finished the secondary school, he entered the Georgian Polytechnical Institute. He graduated from the Institute as an electrical engineer in 1960. Having graduated from the institute, he worked at a research laboratory in the city of Penza, Russia. In 1968 N. Lominadze defended the candidate's thesis, and a few years later – the doctor's thesis, and was awarded the Doctor's degree.

Prof. N. Lominadze belongs to that galaxy of scientists who have created an era and brought up a whole generation of successful engineers. More than 50 doctor's theses and even more candidate's ones were defended under his direction.

Prof. N. Lominadze had headed the Faculty of Informatics and Control Systems of the Georgian Technical University for 25 years. In 1998 he established the Department of Economical Informatics, which has been one of the leaders of the Faculty of Informatics and Control Systems since its inception.

We wish Prof. N. Lominadze long life to live and fruitful creative work for good of our country.

*Georgian Technical University  
Georgian Engineering Academy  
Editorial group of GEN*

## ლოგარითმულად წრფივი ანალიზი სადაზღვევო სექტორში

ფრანგიშვილი ა.ი., ნამიჩიშვილი ნ.ო.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**ზოგადი წარმოდგენა ლოგარითმულად წრფივ მოდელებზე.** მონაცემთა სადაზღვევო ანალიზის ერთ-ერთ ძირითად მეთოდს კროსტაბულაცია წარმოადგენს. მაგალითად, მედიცინაში შეიძლება ავადმყოფობათა სხვადასხვა სიმპტომის სიხშირის წარმოდგენა ცხრილის სახით პაციენტთა ასაკისა და სქესის მიხედვით; განათლების სისტემაში შეიძლება ასაკის, სქესისა და ეთნიკური წარმომავლობის მიხედვით იმ მოსწავლეთა რაოდენობის წარმოდგენა ცხრილის სახით, რომლებმაც საშუალო სკოლა დატოვეს; ეკონომისტ შეუძლია გაკოტრებათა რიცხვის წარმოდგენა ცხრილის ფორმით მრეწველობის სახის, რეგიონისა და საწყისი კაპიტალის შესაბამისად; საბაზრო მოთხოვნილებათა მკვლევარმა შეიძლება განახორციელოს მომხმარებლის უპირატესობების წარმოდგენა ცხრილის სახით საქონლის ტიპის, ასაკისა და სქესის მიხედვით და ა.შ. ყველა ამ შემთხვევაში შედეგების წარმოდგენა ხდება სიხშირეთა მრავალშესახველიანი (მრავალგანზომილებიანი) ცხრილებით, ე.ი. შეუღლების ცხრილებით, სადაც ორი ან მეტი ფაქტორია წარმოდგენილი.

ლოგარითმულად წრფივი (მოკლედ: ლოგწრფივი) ანალიზი ეყრდნობა ამ ცხრილების კვლევის უფრო ღრმა მეთოდებს. სახელდობრ, იგი შეუღლების ცხრილში წარმოდგენილი სხვადასხვა ფაქტორისა და თანამოქმედების (მაგალითად, სქესის, საცხოვრებელი ადგილის და ა.შ.) სტატისტიკური მნიშვნელოვნობის შემოწმების საშუალებასაც იძლევა. ამიტომ ძალიან მნიშვნელოვანია ასეთი მიდგომის გამოყენება სადაზღვევო სექტორთან დაკავშირებული პრობლემების ანალიზისას, რაც წინამდებარე სტატიაშია განხორციელებული  $2 \times 2$  განზომილების შეუღლების ცხრილის მაგალითზე.

ტერმინი ლოგარითმულად წრფივი (ან ლოგწრფივი) იმის გამო იხმარება, რომ ლოგარითმული გარდასახვით შესაძლებელია სიხშირეთა მრავალგანზომილებიანი ცხრილების ანალიზის ხელახალი ფორმით ჩამოყალიბება დისპერსიული ანალიზის ცნებათა საშუალებით. სახელდობრ, სიხშირეთა მრავალშესახველიანი ცხრილი შეიძლება განვიხილოთ წრფივად კრებადი სხვადასხვა მთავარი და ურთიერთმოქმედი გავლენის ასახვად. ბიშოპი, ფაინბერგი და ჰოლანდი [1] დაწვრილებით აღწერენ ლოგარითმულად წრფივი იმ განტოლებების მიღებას, რომლებიც ასახავს თანაფარდობებს ფაქტორებს შორის მრავალშესახველიან ცხრილებში.

ლოგარითმულად წრფივი ანალიზი შეიძლება გამოვიყენოთ მრავალ სფეროში [2-8] და მათ შორის სადაზღვევო სექტორშიც, რომლის პრობლემათა შესწავლას ისახავს მიზნად ეს ნაშრომი. ამ მოდელების არსში ჩასაწვდომად, უპირველეს ყოვლისა, აუცილებელია შეუღლების ცხრილის ცნების შემოტანა და მისი სტრუქტურის აღწერა. შეუღლების ცხრილი, სხვანაირად კონტინგენტობის ცხრილი ან ფაქტორული ცხრილი სტატისტიკაში არის ორი ცვლადის ერთობლივი განაწილების წარმოდგენის საშუალება, რომელიც განკუთვნილია მათ შორის კავშირის გამოსაკვლევად. შეუღლების ცხრილი არის სტატისტიკური კავშირების შესწავლის ყველაზე უნივერსალური საშუალება, რადგან მასში შეიძლება იყოს წარმოდგენილი ცვლადები განზომილების ნებისმიერი დონით. შეუღლების ცხრილები ხშირად გამოიყენება ჰიპოთეზათა შესამოწმებლად კავშირების არსებობის შესახებ ორ ნიშანს შორის ფიშერის ზუსტი ტესტის ან პირსონის თანხმობის კრიტერიუმის გამოყენებით, ვთქვათ, დაქვეითებული მხედველობის კავშირის დასადგენად ალბინოსობასთან.

შეუღლების ცხრილის სტრუქტურები შეესაბამება ერთი ცვლადის (ანუ ნიშნის) მნიშვნელობებს (ანუ კატეგორიებს), სვეტები - მეორე ცვლადის (ნიშნის) მნიშვნელობებს (კატეგორიებს), მაგრამ ამ დროს რაოდენობრივი სკალები წინასწარ უნდა იყოს დაჯგუფებული ინტერვალებად. მაგალითად, შეუღლების ცხრილი შეიძლება იყოს გამოყენებული სამუსიკო უპირატესობათა საჩვენებლად მსმენელთა საცხოვრებელი ადგილის მიხედვით, როგორც ეს ნაჩვენებია ცხრილში 1, სადაც პირველი ნიშანია მსმენელის საცხოვრებელი ადგილი ( $X$  ცვლადი) ორი მნიშვნელობით (კატეგორიით) (ქალაქი) და (სოფელი) ხოლო მეორე ნიშანია მუსიკის ჟანრი ( $Y$  ცვლადი) სამი მნიშვნელობით  $y_1$  (კანტრი),  $y_2$  (როკ-ნ-როლი) და  $y_3$  (ჯაზი), ხოლო უჯრედებში ჟანრის მოყვარულთა შესაბამისი რაოდენობაა ნაჩვენები.



ცხრილი 1. სამუსიკო უპირატესობანი მსმენელთა საცხოვრებელი ადგილის მიხედვით

$X \setminus Y$	კანტრი	როკ-ნ-როლი	ჯაზი	სულ
ქალაქი	15	30	5	50
სოფელი	25	20	5	50
სულ	40	50	10	100

ზოგადი სახის შეუღლების ფორმა ნაჩვენებია ცხრილში 2.

ცხრილი 2. შეუღლების ცხრილი ზოგადი სახით

$X \downarrow Y \rightarrow$	1	2	...	$j$	...	$s$	$f_{i0}$
1	$f_{11}$	$f_{12}$		$f_{1j}$		$f_{1s}$	$f_{10}$
2	$f_{21}$	$f_{22}$		$f_{2j}$		$f_{2s}$	$f_{20}$
⋮							
$i$	$f_{i1}$	$f_{i2}$		$f_{ij}$		$f_{is}$	$f_{i0}$
⋮							
$r$	$f_{r1}$	$f_{r2}$		$f_{rj}$		$f_{rs}$	$f_{r0}$
$f_{0j}$	$f_{01}$	$f_{02}$		$f_{0j}$		$f_{0s}$	$f_{00} = n$

ახლა განვსაზღვროთ ლოგარითმულად წრფივი მოდელები, რისთვისაც დავუშვათ, რომ მოცემულია  $r \times s$  განზომილების შეუღლების ცხრილი.

განვიხილოთ შემდეგი მოდელი. შეუღლების ცხრილის უჯრედებში წარმოვადგინოთ თეორიული სისშირეები შემდეგი სახით:

$$e_{ij} = e^{u_0 + u_i^a + u_j^b + u_{ij}^{ab}},$$

ან, სხვა ფორმით,

$$\ln e_{ij} = u_0 + u_i^a + u_j^b + u_{ij}^{ab},$$

სადაც  $\ln$  ნატურალური ლოგარითმის სიმბოლოა;  $e_{ij}$ , როგორც აღინიშნა, თეორიული (მოსალოდნელი) სისშირეებია, ხოლო  $u$  - უცნობი პარამეტრები, რომლებისთვისაც შემოღებულია გარკვეული დასახელებები. კერძოდ:

$u_i^a$  -  $A$  ნიშნის  $i$ -ური კატეგორიის ეფექტი;  $u_j^b$  -  $B$  ნიშნის  $j$ -ური კატეგორიის ეფექტი;  $u_{ij}^{ab}$  - ორი,  $A$  და  $B$  ნიშნის  $i$ -ურ და  $j$ -ურ კატეგორიათა ურთიერთქმედების ეფექტი;  $u_0$  - საერთო ეფექტი,  $i = \overline{1, r}; j = \overline{1, s}$ .

ზოგჯერ ამ პარამეტრებს ასევე უწოდებენ წვლილებს, რომლებსაც სხვადასხვა ეფექტი შეაქვს თეორიულ სისშირეში. პარამეტრები უნდა აკმაყოფილებდეს შეზღუდვებს.

$$\sum_i u_{ij}^{ab} = \sum_j u_{ij}^{ab} = \sum_i u_i^a = \sum_j u_j^b = 0$$

მსგავს მოდელებს შეუღლების ცხრილის ლოგარითმულად წრფივი მოდელები ეწოდება: ლოგარითმულად წრფივ მოდელში მოსალოდნელ  $e_{ij}$  სისშირეთა გარდასახვა ხდება მათ ლოგარითმებად, რომლებიც მოდელის პარამეტრების წრფივ ჯამს წარმოადგენს.

ამრიგად, ლოგარითმულად წრფივი ანალიზი არის შეუღლების ცხრილების ბმათა სტატისტიკური ანალიზი ლოგარითმულად წრფივი მოდელების საშუალებით.

ახლა განვიხილოთ ლოგარითმულად წრფივი მოდელების ზოგადი დებულებები.

ზოგად შემთხვევაში დანაკვირვები  $f_{ij}$  სისშირე შეიძლება წარმოვადგინოთ

$$f_{ij} = e^{u_0 + u_i^a + u_j^b + u_{ij}^{ab} + \epsilon_{ij}}$$

ლოგარითმულად წრფივი მოდელის სახით, სადაც  $e$  - ნეპერის (ან ეილერის) რიცხვად წოდებული მათემატიკური კონსტანტაა, რომლის მნიშვნელობა დაახლოებით 2.71828-ს შეადგენს, ხოლო

$$e^{e_{ij}} = \frac{f_{ij}}{e_{ij}} \quad (i = \overline{1, r}; j = \overline{1, s}).$$

ამრიგად,

$$\varepsilon_{ij} = \ln e^{e_{ij}} = \ln f_{ij} - \ln e_{ij}$$

არის დანაკვირვები (ფაქტობრივი) სიხშირის ლოგარითმის გადახრა მოსალოდნელი (თეორიული) სიხშირის ლოგარითმისგან, ხოლო  $e^{e_{ij}}$  განსაზღვრავს რამდენჯერ მეტია (ნაკლებია)  $f_{ij}$  სიდიდე  $e_{ij}$  - ზე, ე.ი. უზენაეს დანაკვირვები (ფაქტობრივი) სიხშირის ფარდობით გადახრას მოსალოდნელი (თეორიული) სიხშირისგან.

ნიშნების დამოუკიდებლობის ( $H_0$  ნულოვანი) ჰიპოთეზა მდგომარეობს იმაში, რომ თანამოქმედების ეფექტი ნულის ტოლია:

$$H_0 = \{u_{ij}^{ab} = 0, i = \overline{1, r}; j = \overline{1, s}\}.$$

მისი საწინააღმდეგო ალტერნატიული  $H_1$  ჰიპოთეზით არსებობს თუნდაც ერთი

$i$  და  $j$  ინდექსი, ისეთი, რომ სამართლიანია  $f_{ij} \neq \frac{f_{i0} \cdot f_{0j}}{f_{00}}$  თანაფარდობა:

$$H_1 : \left\{ \exists i, j, f_{ij} \neq \frac{f_{i0} \cdot f_{0j}}{f_{00}} \right\}.$$

დამოუკიდებლობის ჰიპოთეზის შესამოწმებლად  $\chi^2$  კრიტერიუმი გამოიყენება, მაგრამ პირსონის

$$X^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \frac{(f_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}}$$

სტატისტიკის ნაცვლად, უფრო ხშირად ფიშერის გაუმჯობესებულ კრიტერიუმს ხმარობენ:

$$Y^2 = 2 \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s f_{ij} \ln \frac{f_{ij}}{e_{ij}} = 2 \left( \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s f_{ij} \ln f_{ij} - \sum_{i=1}^r f_{i0} \ln f_{i0} - \sum_{j=1}^s f_{0j} \ln f_{0j} + f_{00} \ln f_{00} \right).$$

ორივე ამ სიდიდეს გააჩნია  $\chi^2$  განაწილება თავისუფლების  $\nu = (r-1)(s-1)$  ხარისხით. თეორიული (მოსალოდნელი)  $e_{ij}$  სიხშირეები განისაზღვრება დანაკვირვები (ფაქტობრივი) სიხშირეებით შემდეგი ფორმულის საფუძველზე:

$$e_{ij} = \frac{f_{i0} \cdot f_{0j}}{f_{00}}.$$

$Y^2$  სიდიდის გამოთვლისას მხედველობიდან არ უნდა გაეუშვათ ის გარემოება, რომ შეუღლების ცხრილს არ უნდა გააჩნდეს ნულოვანი უჯრედები. მაგრამ, თუ ასეთი უჯრედი გვხვდება, იქ ვათავსებთ რიცხვებს (0,1) ინტერვალიდან, უფრო ხშირად 0.5-ს. ანარჩევის დიდი მოცულობის პირობებში  $X^2$  და  $Y^2$  სიდიდეები ნაკლებად განსხვავდება ერთმანეთისგან და ამიტომ  $Y^2$ -ის ნაცვლად შეიძლება  $X^2$ -ის გამოყენება, მაგრამ ანარჩევის მცირე მოცულობისას იყენებენ  $Y^2$  - სიდიდეს.

მნიშვნელოვნობის დონის არჩევის შემდეგ აუცილებელია  $\chi$  - კვადრატ განაწილების ცხრილით  $\alpha$  რიგისა და თავისუფლების  $\nu$  ხარისხის მქონე ზედა  $\chi^2(\alpha, \nu)$  კვანტილის პოვნა და გამოთვლილი სიდიდის შედარება  $X^2$  ან  $Y^2$  მნიშვნელობებთან.

თუ  $X^2 > \chi^2(\alpha, \nu)$  ან  $Y^2 > \chi^2(\alpha, \nu)$ , მაშინ მნიშვნელოვნობის მოცემული დონით  $H_0$  ჰიპოთეზა მიუღებელია. თუ  $X^2 < \chi^2(\alpha, \nu)$  ან  $Y^2 < \chi^2(\alpha, \nu)$ , მაშინ ნულოვანი

$H_0$  პიპოთეზა მისაღები ხდება.

მოდელს ნაჯერი ეწოდება, თუ იგი შეიცავს ყველა ფაქტორს, ე.ი. სხვადასხვა ეფექტით შემოტანილი ყველა წვლილი განსხვავებულია ნულისგან.

მოდელის დამოუკიდებელ პარამეტრთა რიცხვი უდრის მოდელის ყველა პარამეტრის ჯამს ამ მოდელის პარამეტრებზე დადებულ შეზღუდვათა რიცხვის გამოკლებით.

თავისუფლების ხარისხის რიცხვი პიპოთეზათა შემოწმებისას განისაზღვრება

$$d = r \cdot s - k = r \cdot s - l + m$$

თანაფარდობით, სადაც წარმოდგენილია:

$r \cdot s$  - უჯრედების რიცხვი ცხრილში;  $k$  - დამოუკიდებელ პარამეტრთა რიცხვი;  $l$  - პარამეტრთა საერთო რიცხვი;  $m$  - შეზღუდვათა რიცხვი.

განვსაზღვროთ თავისუფლების ხარისხის რიცხვი ლოგარითმულად წრფივი მოდელისათვის  $2 \times 2$  განზომილების შეუღლების ცხრილის შემთხვევაში. ცხადია, რომ:

- უჯრედების რიცხვი ცხრილში  $r \cdot s = 2 \times 2 = 4$ ;
- პარამეტრების საერთო რიცხვი  $l = 9$ :  $u_0, u_1^a, u_2^a, u_1^b, u_2^b, u_{11}^{ab}, u_{12}^{ab}, u_{21}^{ab}, u_{22}^{ab}$ .

ამის შემდეგ ჩავწეროთ შეზღუდვათა სისტემა:

$$\left. \begin{aligned} u_1^a + u_2^a &= 0 \\ u_1^b + u_2^b &= 0 \\ u_{11}^{ab} + u_{12}^{ab} &= 0 \\ u_{11}^{ab} + u_{21}^{ab} &= 0 \\ u_{21}^{ab} + u_{22}^{ab} &= 0 \\ u_{12}^{ab} + u_{22}^{ab} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

უკანასკნელი ოთხი შეზღუდვიდან ერთი დანარჩენის შედეგს წარმოადგენს და, ამრიგად, შეზღუდვათა რიცხვი  $m = 5$ . ამიტომ დამოუკიდებელ პარამეტრთა რიცხვი  $k = l - m = 9 - 5 = 4$ . მაშასადამე, ნაჯერი მოდელისათვის თავისუფლების ხარისხის რიცხვი  $d = r \cdot s - k = r \cdot s - l + m = 2 \cdot 2 - 9 + 5 = 0$ .

ახლა კი შევჩერდეთ მოდელის ტიპებზე  $2 \times 2$  განზომილების შეუღლების ცხრილებისათვის.

**I. ნაჯერი მოდელი**

დავუშვათ, რომ გვაქვს შეუღლების შერჩევითი (ცხრ. 3) არანულოვანი სიხშირეებით.

ცხრილი 3. შეუღლების ცხრილი ნაჯერი მოდელის ცნების საილუსტრაციოდ

	$B_1$	$B_1$	
$A_1$	$f_{11}$	$f_{12}$	$f_{10}$
$A_2$	$f_{21}$	$f_{22}$	$f_{20}$
	$f_{01}$	$f_{02}$	

თუ მოდელი შეიცავს იმდენივე პარამეტრს, რამდენიც უჯრედი შეუღლების ცხრილში, მაშინ მას ნაჯერს უწოდებენ. ნაჯერ მოდელს შემდეგი სახე აქვს:

$$\left. \begin{aligned} \ln e_{ij} &= u_0 + u_i^a + u_j^b + u_{ij}^{ab} \\ (i &= 1, 2; j = 1, 2) \end{aligned} \right\}$$

თავისუფლების ხარისხის რიცხვი  $d = 0$ . უფრო მეტიც: თავისუფლების ხარისხის რიცხვი ნულს უდრის ნებისმიერი განზომილების შეუღლების ცხრილისათვის, ამიტომ თეორიული (მოსალოდნელი) სიხშირეები არ განსხვავდება დანაკვირვები (ფაქტობრივი) სიხშირეებისგან, ე.ი.  $f_{ij} = e_{ij}$ . მაშინ  $X^2 = 0$  და  $Y^2 = 0$ .

მოცემულ მოდელში დამოუკიდებელ პარამეტრთა რიცხვი

$$k = 1 + (r - 1) + (s - 1) + (r - 1) \cdot (s - 1) = r \times s$$

სიდიდეს შეადგენს.

ჩავწეროთ განტოლებათა სისტემა მოსალოდნელი სიხშირეებისათვის:  
 შეზღუდვათა გათვალისწინებით სისტემის გადაწერა შესაძლებელია შემდეგი ფორმით:

$$\left. \begin{aligned} \ln e_{11} &= u_0 + u_1^a + u_1^b + u_{11}^{ab} \\ \ln e_{12} &= u_0 + u_1^a + u_2^b + u_{12}^{ab} \\ \ln e_{21} &= u_0 + u_2^a + u_1^b + u_{21}^{ab} \\ \ln e_{22} &= u_0 + u_2^a + u_2^b + u_{22}^{ab} \end{aligned} \right\}.$$

თუ ამ სისტემას  $u_0, u_1^a, u_1^b, u_{11}^{ab}$  ცვლადების მიმართ ამოვხსნით და  $f_{ij} = e_{ij}$  პირობას გავითვალისწინებთ, გვექნება:

$$\left. \begin{aligned} u_0 &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} + \ln e_{12} + \ln e_{21} + \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(\ln f_{11} + \ln f_{12} + \ln f_{21} + \ln f_{22}) = \frac{1}{4} \ln(e_{11} \cdot e_{12} \cdot e_{21} \cdot e_{22}) \\ u_1^a &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} + \ln e_{12} - \ln e_{21} - \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(\ln f_{11} + \ln f_{12} - \ln f_{21} - \ln f_{22}) = \frac{1}{4} \ln \frac{e_{11} \cdot e_{12}}{e_{21} \cdot e_{22}} \\ u_1^b &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} - \ln e_{12} + \ln e_{21} - \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(\ln f_{11} - \ln f_{12} + \ln f_{21} - \ln f_{22}) = \frac{1}{4} \ln \frac{e_{11} \cdot e_{21}}{e_{12} \cdot e_{22}} \\ u_{11}^{ab} &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} - \ln e_{12} - \ln e_{21} + \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(\ln f_{11} - \ln f_{12} - \ln f_{21} + \ln f_{22}) = \frac{1}{4} \ln \frac{e_{11} \cdot e_{22}}{e_{12} \cdot e_{21}} \end{aligned} \right\}.$$

## II. უჯერი ლოგარითმულად წრფივი მოდელები

მოდელს, რომლის ერთ-ერთი პარამეტრი ნულის ტოლია, უჯერს უწოდებენ. ნებისმიერი უჯერი მოდელის ადეკვატურობის შესახებ ჰიპოთეზის შესამოწმებლად  $\chi^2$  კრიტერიუმი გამოიყენება  $Y^2$  სტატისტიკის გამოთვლით.

განვიხილოთ უჯერი მოდელების სახეები.

**1. დამოუკიდებლობის მოდელი.** თუ ნაჯერ მოდელს  $u_{ij}$  პარამეტრი ნულს უდრის ( $u_{ij} = 0$ ), მაშინ მიღებულ მოდელს დამოუკიდებელი ან დამოუკიდებლობის მოდელი ეწოდება. თუ  $A$  და  $B$  ნიშნები დამოუკიდებელია, მაშინ თეორიული (მოსალოდნელი) სიხშირეები მოიპოვება ფორმულებით  $e_{ij} = \frac{f_{i0} \cdot f_{0j}}{f_{00}}$ , ხოლო ჭარბობის

(სიჭარბის) ფარდობა  $\psi = \frac{e_{11} \cdot e_{22}}{e_{12} \cdot e_{21}} = 1$  გამოსახულებით. მაშასადამე,

$$u_{11}^{ab} = \frac{1}{4} \ln \frac{e_{11} \cdot e_{22}}{e_{12} \cdot e_{21}} = \frac{1}{4} \ln 1 = 0.$$

თუ თანამოქმედების ეფექტი ნულის ტოლია ( $u_{11}^{ab} = 0$ ), მაშინ, პარამეტრებზე დადებულ შეზღუდვათა გათვალისწინებით, შემდეგი სიდიდეებიც ნულის ტოლი აღმოჩნდება:  $u_{12}^{ab} = u_{21}^{ab} = u_{22}^{ab} = 0$ . მიღებულ უჯერ მოდელს დამოუკიდებლობის ან დამოუკიდებელი მოდელი ეწოდება, რომელსაც ზოგად შემთხვევაში შემდეგი სახე აქვს:

$$\left. \begin{aligned} \ln e_{ij} &= u_0 + u_i^a + u_j^b \\ (i &= 1, 2; j = 1, 2) \end{aligned} \right\}.$$

დამოუკიდებლობის მოდელის პარამეტრთა შეფასებები ასეთია:

$$\left. \begin{aligned} u_0 &= \frac{1}{4} \ln(e_{11} \cdot e_{12} \cdot e_{21} \cdot e_{22}) \\ u_1^a &= \frac{1}{4} \ln \frac{e_{11} \cdot e_{12}}{e_{21} \cdot e_{22}} \\ u_1^b &= \frac{1}{4} \ln \frac{e_{11} \cdot e_{21}}{e_{12} \cdot e_{22}} \\ u_{11}^{ab} &= 0 \end{aligned} \right\}.$$

თუ  $Y^2 < \chi^2(\alpha, \nu)$ , ითვლება, რომ მოდელი ადეკვატურია და შესაძლებელია მისი შემდგომი გამარტივება.

მოცემულ მოდელში დამოუკიდებელი პარამეტრების რიცხვი  $k = 1 + (r-1) + (s-1) = r + s - 1 = 2 + 2 - 1 = 3$ .

სიდიდეს შეადგენს.

თავისუფლების ხარისხის გამოთვლისას აუცილებელია იმის გათვალისწინება, რომ ნაჯერი მოდელისგან განსხვავებით, სადაც 5 შეზღუდვაა, დამოუკიდებლობის მოდელში ჩნდება კიდევ ერთი ( $u_{11}^{ab} = 0$ ) შეზღუდვა და, ამრიგად, თავისუფლების ხარისხი

$$d = r \cdot s - k = 2 \cdot 2 - 3 = 1 \text{ და } d = r \cdot s - k = r \cdot s - l + m = 2 \cdot 2 - 9 + (5 + 1) = 1$$

შეფასებებით ერთსა და იმავე (ერთის ტოლ) მნიშვნელობას შეადგენს.

**2. მოდელი გავლენის ერთი ფაქტორის არარსებობით. დავიწყოთ ისეთი მოდელით, რომელშიც B ფაქტორის გავლენა არ არსებობს.** თუ B ფაქტორი გავლენას არ ახდენს A ფაქტორზე, მაშინ A ფაქტორის თეორიული სისშირეები  $B_1$  და  $B_2$  კატეგორიებში ტოლია:

$$\left. \begin{aligned} e_{11} &= e_{12} = \frac{f_{10}}{2} \\ e_{21} &= e_{22} = \frac{f_{20}}{2} \end{aligned} \right\}.$$

შეთანხმებულობის ცხრილის თეორიულ (მოსალოდნელ) სისშირეებს მოცემული მოდელისათვის ქვემოთ მოცემული ცხრილის (ცხრ. 4) სახე აქვს, სადაც  $e_{ij} = \frac{f_{i0}}{s}$ .

**ცხრილი 4. შეუღლების ცხრილი მოდელისათვის, რომელშიც არ არსებობს B ფაქტორის გავლენა**

	$B_1$	$B_2$	
$A_1$	$f_{10}/2$	$f_{10}/2$	$f_{10}$
$A_2$	$f_{20}/2$	$f_{20}/2$	$f_{20}$
	$f_{01}$	$f_{02}$	

ცხადია, რომ B ფაქტორის ეფექტი ნულის ტოლია, რადგან:

$$u_1^b = \frac{1}{4} \ln \frac{e_{11} \cdot e_{21}}{e_{12} \cdot e_{22}} = \frac{1}{4} \ln \frac{f_{10} \cdot f_{20}}{f_{20} \cdot f_{10}} = \frac{1}{4} \ln 1 = 0.$$

ისიც გასაგებია, რომ ამ დროს თანამოქმედების ეფექტიც ნულს უდრის:  $u_{11}^{ab} = 0$ . მოდელის სახე კი  $\ln e_{ij} = u_0 + u_i^a$  ( $i=1,2; j=1,2$ ) თანაფარდობით განისაზღვრება.

ლოგარითმულად წრფივი მოდელის პარამეტრებს B ფაქტორის გავლენის არარსებობისას  $u_j^b = 0$  და  $u_{ij}^{ab} = 0$  სახე აქვს:

$$\left. \begin{aligned} u_0 &= \frac{1}{4} \ln(e_{11} \cdot e_{12} \cdot e_{21} \cdot e_{22}) \\ u_1^a &= \frac{1}{4} \ln \frac{e_{11} \cdot e_{12}}{e_{21} \cdot e_{22}} \\ u_1^b &= 0 \\ u_{11}^{ab} &= 0 \end{aligned} \right\}.$$

დამოუკიდებელ პარამეტრთა რიცხვი მოცემულ მოდელში  $k = 1 + (r - 1) = r$  თანაფარდობით განისაზღვრება, ხოლო თავისუფლების ხარისხის რიცხვი ორს შეადგენს, რადგან:  $d = r \cdot s - k = r \cdot s - l + m = 2 \cdot 2 - 9 + (5 + 2) = 4 - 2 = 2$ .

**ანალოგიურად აიგება მოდელი A ფაქტორის გავლენის არარსებობისას:**

$$\ln e_{ij} = u_0 + u_j^b \quad (i = 1, 2; j = 1, 2).$$

შეთანხმებულობის ცხრილის თეორიულ (მოსალოდნელ) სისშირეებს მოცემული მოდელისათვის მომდევნო ცხრილის (ცხრ. 5) სახე აქვს, სადაც  $e_{ij} = \frac{f_{0j}}{r}$ .

**ცხრილი 5. შეუღლების ცხრილი მოდელისათვის, რომელშიც არ არსებობს A ფაქტორის გავლენა**

	$B_1$	$B_1$	
$A_1$	$f_{01}/2$	$f_{02}/2$	$f_{10}$
$A_2$	$f_{01}/2$	$f_{02}/2$	$f_{20}$
	$f_{01}$	$f_{02}$	

ლოგარითმულად წრფივი მოდელის პარამეტრებს A ფაქტორის გავლენის არარსებობისას  $u_i^a = 0$  და  $u_{ij}^{ab} = 0$  სახე აქვს:

$$\left. \begin{aligned} u_0 &= \frac{1}{4} \ln(e_{11} \cdot e_{12} \cdot e_{21} \cdot e_{22}) \\ u_1^a &= 0 \\ u_1^b &= \frac{1}{4} \ln \frac{e_{11} \cdot e_{21}}{e_{12} \cdot e_{22}} \\ u_{11}^{ab} &= 0 \end{aligned} \right\}.$$

დამოუკიდებელ პარამეტრთა რიცხვი მოცემულ მოდელში  $k = 1 + (s - 1) = s$  თანაფარდობით განისაზღვრება, ხოლო თავისუფლების ხარისხის რიცხვი ასევე ორს შეადგენს, რადგან:  $d = r \cdot s - k = r \cdot s - l + m = 2 \cdot 2 - 9 + (5 + 2) = 4 - 2 = 2$ .

**3. ტოლ ალბათობათა მოდელი.** ამ მოდელისათვის არ არსებობს A და B ფაქტორების გავლენა, ამიტომ დაკვირვების ობიექტისათვის ნებისმიერ უჯრედში მოხვედრის ალბათობები ერთნაირია. *ტოლ ალბათობათა მოდელს* შემდეგი სახე აქვს:

$$\ln e_{ij} = u_0 \quad (i = 1, 2; j = 1, 2).$$

დამოუკიდებელი პარამეტრების რიცხვი  $k = 1$  ტოლობით განისაზღვრება.

შეთანხმებულობის ცხრილის თეორიულ (მოსალოდნელ) სისშირეებს მოცემული მოდელისათვის სათანადო ცხრილის (ცხრ. 6) სახე აქვს, სადაც  $e_{ij} = \frac{f_{00}}{r \cdot s}$ .

**ცხრილი 6. შეუღლების ცხრილი მოდელისათვის, რომელშიც არ არსებობს A და B ფაქტორების გავლენა**

	$B_1$	$B_1$	
$A_1$	$f_{00}/4$	$f_{00}/4$	$f_{10}$
$A_2$	$f_{00}/4$	$f_{00}/4$	$f_{20}$
	$f_{01}$	$f_{02}$	

ლოგარითმულად წრფივი მოდელის პარამეტრებს  $A$  და  $B$  ფაქტორების გავლენის არარსებობისას  $u_i^a = 0, u_j^b = 0$  და  $u_{ij}^{ab} = 0$  სახე აქვს:

$$\left. \begin{aligned} u_0 &= \frac{1}{4} \ln(e_{11} \cdot e_{12} \cdot e_{21} \cdot e_{22}) \\ u_1^a &= 0 \\ u_1^b &= 0 \\ u_{11}^{ab} &= 0 \end{aligned} \right\}.$$

დამოუკიდებელ პარამეტრთა რიცხვი მოცემულ მოდელში  $k=1$  თანაფარდობით განისაზღვრება, ხოლო თავისუფლების ხარისხის რიცხვი სამს შეადგენს, რადგან:

$$d = r \cdot s - k = r \cdot s - l + m = 2 \cdot 2 - 9 + (5 + 3) = 4 - 1 = 3.$$

პრაქტიკაში ლოგარითმულად წრფივი მოდელების ანალიზი შეიძლება ტარდებოდეს ნაჯერი მოდელიდან დაწყებით და მისი მომდევნო გამარტივებით ( $i=1,2; j=1,2$ ) პირობებში. თუ ზოგიერთი პარამეტრის მნიშვნელობა ნულთან ახლოს აღმოჩნდება, ისინი მოდელიდან გამოირიცხება.

ლოგარითმულად წრფივი მოდელების ყველა სახე წარმოდგენილია ცხრილში 7.

**ცხრილი 7. ლოგარითმულად წრფივი მოდელები**

მოდელის ნომერი	მოდელის დასახელება	მოდელის სახე	თავისუფლების ხარისხის $d$ რიცხვი	
1	ნაჯერი	$\ln e_{ij} = u_0 + u_i^a + u_j^b + u_{ij}^{ab}$	0	
2	უჯერი	დამოუკიდებელი	$\ln e_{ij} = u_0 + u_i^a + u_j^b$	$(r-1)(s-1)$
3		$B$ -ს ეფექტის გარეშე	$\ln e_{ij} = u_0 + u_i^a$	$r(s-1)$
4		$A$ -ს ეფექტის გარეშე	$\ln e_{ij} = u_0 + u_j^b$	$(r-1)s$
5		თოვლ ალბათობათა	$\ln e_{ij} = u_0$	$r \times s - 1$

სტატისტიკური გამოკვლევის შედეგად, რომელიც სადაზღვევო თაღლითობის სქესთან კავშირის შესასწავლად ჩატარდა 800 დამზღვევის მასალაზე, მიღებულია შეუღლების მომდევნო ცხრილში ასახული მასალა (ცხრ. 8).

**ცხრილი 8. დამზღვევთა თაღლითობის კავშირი მათ სქესთან**

სქესი ↓ \ თაღლითობა →	თაღლითობაში შემხნეულია	თაღლითობაში შემხნეული არ არის	
ქალი	298	142	440
მამაკაცი	210	150	360
	508	292	800

ვიპოვოთ ზემოთ განხილული ყველა ლოგარითმულად წრფივი მოდელის პარამეტრები, დავადგინოთ სტატისტიკა თითოეული მოდელისათვის და შევამოწმოთ მიღებული მოდელის ადეკვატურობა ემპირიულ მონაცემებთან. დავიწყოთ ნაჯერი მოდელით და შემდეგ გადავიდეთ უჯერი მოდელების სხვადასხვა სახეზე.

**I. ნაჯერი მოდელი**

ნაჯერ მოდელს შემდეგი სახე აქვს:

$$\left. \begin{aligned} \ln e_{ij} &= u_0 + u_i^a + u_j^b + u_{ij}^{ab} \\ (i &= 1, 2; j = 1, 2) \end{aligned} \right\}.$$

ვინაიდან ნაჯერი მოდელისათვის თეორიული (მოსალოდნელი) სიხშირეები დანაკვირვები (ფაქტობრივი) სიხშირეების ტოლია, ამიტომ თეორიული (მოსალოდნელი) სიხშირეების ცხრილს იგივე სახე ექნება მათი ნატურალური ლოგარითმების გამოყენებით (ცხრ. 9):

$$\ln 298 = 5.697 \quad \ln 142 = 4.956 \quad \ln 210 = 5.347 \quad \ln 150 = 5.011.$$

ცხრილი 9. თეორიულ სისშირეთა ნატურალური ლოგარითების ცხრილი

სქესი ↓ \ თაღლითობა →	თაღლითობაში შემნეულია	თაღლითობაში შემნეული არ არის
ქალი	5.697	4.956
მამაკაცი	5.347	5.01

ვპოულობთ ლოგარითულად წრფივი მოდელის პარამეტრებს შემდეგი ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} u_0 &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} + \ln e_{12} + \ln e_{21} + \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.697 + 4.956 + 5.347 + 5.01) = 5.253 \\ u_1^a &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} + \ln e_{12} - \ln e_{21} - \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.697 + 4.956 - 5.347 - 5.01) = 0.074 \\ u_1^b &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} - \ln e_{12} + \ln e_{21} - \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.697 - 4.956 + 5.347 - 5.01) = 0.269 \\ u_{11}^{ab} &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} - \ln e_{12} - \ln e_{21} + \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.697 - 4.956 - 5.347 + 5.01) = 0.101 \end{aligned} \right\},$$

სადაც  $u_0 = 5.253$  ასახავს საერთო ეფექტს,  $u_1^a = 0.074$  -  $A_1$  ნიშნის წვლილს,  $u_1^b = 0.269$  -  $B_1$  ნიშნის წვლილს, ხოლო  $u_{11}^{ab} = 0.101$  -  $A_1$  და  $B_1$  ნიშნების თანამოქმედების ეფექტს.

ვინაიდან ნაჯერი მოდელისათვის თეორიული (მოსალოდნელი) სისშირეები დანაკვირვები (ფაქტობრივი) სისშირეების ტოლია, ამიტომ  $Y^2$  სტატისტიკა ნულს უდრის:  $Y^2 = 0$ .

**II. დამოუკიდებლობის მოდელი**

დამოუკიდებლობის მოდელს შემდეგი სახე აქვს:

$$\left. \begin{aligned} \ln e_{ij} &= u_0 + u_i^a + u_j^b \\ (i &= 1, 2; j = 1, 2) \end{aligned} \right\}.$$

შევადგინოთ თეორიული (მოსალოდნელი) სისშირეების ცხრილი, რისთვისაც გავითვალისწინოთ, რომ დამოუკიდებლობის შემთხვევაში მოსალოდნელ სისშირეთა განსაზღვრა

$$e_{ij} = \frac{f_{i0} \cdot f_{0j}}{f_{00}}$$

ფორმულით ხდება.

ამრიგად, გვქმნება:

$$\left. \begin{aligned} e_{11} &= \frac{f_{10} \cdot f_{01}}{f_{00}} = \frac{440 \cdot 508}{800} = 279.4 \\ e_{12} &= \frac{f_{10} \cdot f_{02}}{f_{00}} = \frac{440 \cdot 292}{800} = 160.6 \\ e_{21} &= \frac{f_{20} \cdot f_{01}}{f_{00}} = \frac{360 \cdot 508}{800} = 228.6 \\ e_{22} &= \frac{f_{20} \cdot f_{02}}{f_{00}} = \frac{360 \cdot 292}{800} = 131.4 \end{aligned} \right\}.$$

მოსალოდნელი  $e_{ij}$  სისშირეები მოცემულია ცხრილში 10.

ცხრილი 10. მოსალოდნელ  $e_{ij}$  სისშირეთა ცხრილი

სქესი ↓ \ თაღლითობა →	თაღლითობაში შემნეულია	თაღლითობაში შემნეული არ არის	
ქალი	279.4	160.6	440
მამაკაცი	228.6	131.4	360
	508	292	800



შევადგინოთ მოსალოდნელ  $e_{ij}$  სისშირეთა  $\ln e_{ij}$  ნატურალური ლოგარითმების ცხრილი (ცხრ. 11).

ცხრილი 11. მოსალოდნელ  $e_{ij}$  სისშირეთა  $\ln e_{ij}$  ნატურალური ლოგარითმების ცხრილი

სქესი ↓ \ თაღლითობა →	თაღლითობაში შემხნეულია	თაღლითობაში შემხნეული არ არის	
ქალი	$\ln 279.4 \approx \ln 279 \approx 5.63$	$\ln 160.6 \approx \ln 161 \approx 5.08$	440
მამაკაცი	$\ln 228.6 \approx \ln 229 \approx 5.43$	$\ln 131.4 \approx \ln 131 \approx 4.87$	360
	508	292	800

ვიპოვოთ დამოუკიდებელი ლოგარითმულად წრფივი მოდელის პარამეტრები შემდეგი ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} u_0 &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} + \ln e_{12} + \ln e_{21} + \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.633 + 5.079 + 5.432 + 4.878) = 5.255 \\ u_1^a &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} + \ln e_{12} - \ln e_{21} - \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.633 + 5.079 - 5.432 - 4.878) = 0.100 \\ u_1^b &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} - \ln e_{12} + \ln e_{21} - \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.633 - 5.079 + 5.432 - 4.878) = 0.277 \\ u_{11}^{ab} &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} - \ln e_{12} - \ln e_{21} + \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.633 - 5.079 - 5.432 + 4.878) = 0. \end{aligned} \right\}$$

დავადგინოთ  $Y^2$  სტატისტიკა

$$Y^2 = 2 \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s f_{ij} \ln \frac{f_{ij}}{e_{ij}} = 2 \left( \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s f_{ij} \ln f_{ij} - \sum_{i=1}^r f_{i0} \ln f_{i0} - \sum_{j=1}^s f_{0j} \ln f_{0j} + f_{00} \ln f_{00} \right) = 2(\Sigma_+ - \Sigma_-)$$

ფორმულით, სადაც

$$\left. \begin{aligned} \Sigma_+ &= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s f_{ij} \ln f_{ij} + f_{00} \ln f_{00} \\ \Sigma_- &= \sum_{i=1}^r f_{i0} \ln f_{i0} + \sum_{j=1}^s f_{0j} \ln f_{0j} \end{aligned} \right\}$$

ამასთან ერთად შევადგინოთ ცხრილი  $Y^2$  სტატისტიკის გამოთვლების ჩასატარებლად (ცხრ. 12)

ცხრილი 12.  $Y^2$  სტატისტიკის გამოსათვლელი ცხრილი

$ij$	$f_{ij}$	$\ln f_{ij}$	$f_{ij} \cdot \ln f_{ij}$
11	298	5,697	1697,734
12	142	4,956	703,727
21	210	5,347	1122,893
22	150	5,011	751,595
00	800	6,685	5347,689
			$\Sigma_+ = 9623,639$
10	440	6,087	2678,181
20	360	5,886	2118,997
01	508	6,230	3165,085
02	292	5,677	1657,612
			$\Sigma_- = 9619,875$

როგორც ამ ცხრილიდან გამომდინარეობს,

$$Y^2 = 2 \cdot (\Sigma_+ - \Sigma_-) = 2 \cdot (9623.639 - 9619.875) = 7.527.$$

დამოუკიდებელი მოდელისათვის თავისუფლების ხარისხის  $d$  რიცხვი ეროს შეადგენს:  $d = 1$ .

მნიშვნელოვნობის  $\alpha = 0.05$  დონისა და თავისუფლების  $d = 1$  ხარისხის პირობებში  $\chi^2$ -ის მნიშვნელობათა ცხრილით ვპოულობთ ამ სიდიდის კრიტიკულ მნიშვნელობას:

$$\chi^2_{კრიტ} = \chi^2(1, 0.05) = 3.841.$$

ვინაიდან  $Y^2 > \chi^2_{კრიტ}$ , დამოუკიდებლობის მოდელი არაადეკვატურია და მისი შემდგომი გამარტივება მოკლებულია ყოველგვარ აზრს.

**III. მოდელები გავლენის ერთი ფაქტორის არარსებობით**

ა) მოდელი გავლენის **B** ფაქტორის არარსებობით. მოდელს შემდეგი სახე აქვს:

$$\ln e_{ij} = u_0 + u_i^a \quad (i = 1, 2; j = 1, 2).$$

გამოვთვალოთ თეორიული (მოსალოდნელი) სისშირეები შემდეგი ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} e_{11} = e_{12} &= \frac{f_{10}}{2} = \frac{440}{2} = 220 \\ e_{21} = e_{22} &= \frac{f_{20}}{2} = \frac{360}{2} = 180 \end{aligned} \right\}.$$

მოსალოდნელი  $e_{ij}$  სისშირეები მოცემულია ცხრილში 13.

**ცხრილი 13. მოსალოდნელ  $e_{ij}$  სისშირეთა ცხრილი B ფაქტორის არარსებობისას**

სქესი ↓ \ თაღლითობა →	თაღლითობაში შემნეულია	თაღლითობაში შემნეული არ არის	
ქალი	220	220	440
მამაკაცი	180	180	360
	508	292	800

შევადგინოთ მოსალოდნელ  $e_{ij}$  სისშირეთა  $\ln e_{ij}$  ნატურალური ლოგარითმების ცხრილი (ცხრ. 14).

**ცხრილი 14. მოსალოდნელ  $e_{ij}$  სისშირეთა  $\ln e_{ij}$  ნატურალური ლოგარითმების ცხრილი B ფაქტორის არარსებობისას**

სქესი ↓ \ თაღლითობა →	თაღლითობაში შემნეულია	თაღლითობაში შემნეული არ არის
ქალი	$\ln 220 = 5.394$	$\ln 220 = 5.394$
მამაკაცი	$\ln 180 = 5.193$	$\ln 180 = 5.193$

ვიპოვოთ ლოგარითმულად წრფივი მოდელის პარამეტრები შემდეგი ფორმულების საფუძველზე:

$$\left. \begin{aligned} u_0 &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} + \ln e_{12} + \ln e_{21} + \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.394 + 5.394 + 5.193 + 5.193) = 5.293 \\ u_1^a &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} + \ln e_{12} - \ln e_{21} - \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.394 + 5.394 - 5.193 - 5.193) = 0.100 \\ u_1^b &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} - \ln e_{12} + \ln e_{21} - \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.394 - 5.394 + 5.193 - 5.193) = 0. \\ u_{11}^{ab} &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} - \ln e_{12} - \ln e_{21} + \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.394 - 5.394 - 5.193 + 5.193) = 0. \end{aligned} \right\}.$$

დავადგინოთ  $Y^2$  სტატისტიკის მნიშვნელობა

$$Y^2 = 2 \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s f_{ij} \ln \frac{f_{ij}}{e_{ij}} = 2 \cdot \Sigma$$

ფორმულით, სადაც

$$\Sigma = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s f_{ij} \ln \frac{f_{ij}}{e_{ij}}.$$

შევადგინოთ ცხრილი ამ სიდიდის გამოსახანგარიშებლად (ცხრ. 15).

ცხრილი 15.  $Y^2$  სტატისტიკის გამოსათვლელი ცხრილი  $B$  ფაქტორის არარსებობისას

$ij$	$f_{ij}$	$e_{ij}$	$f_{ij}/e_{ij}$	$\ln(f_{ij}/e_{ij})$	$f_{ij} \cdot \ln(f_{ij}/e_{ij})$
11	298	220	1,355	0,303	90,433
12	142	220	0,645	-0,438	-62,168
21	210	180	1,167	0,154	32,372
22	150	180	0,833	-0,182	-27,348
					= 33,289

როგორც ამ ცხრილიდან გამოძინარეობს,

$$Y^2 = 2 \cdot \Sigma = 2 \cdot 33.289 = 66.577.$$

მოდელისათვის, რომელშიც  $B$  ფაქტორის გავლენა არ არსებობს, თავისუფლების ხარისხის რიცხვი ორს შეადგენს:  $d = 2$ .

მნიშვნელოვნობის  $\alpha = 0.05$  დონისა და თავისუფლების  $d = 2$  ხარისხის პირობებში  $\chi^2$  -ის მნიშვნელობათა ცხრილით ვპოულობთ ამ სიდიდის კრიტიკულ მნიშვნელობას:

$$\chi_{კრიტ}^2 = \chi^2(2, 0.05) = 5.991.$$

ვინაიდან  $Y^2 > \chi_{კრიტ}^2$ , მოდელი  $B$  ფაქტორის არარსებობისას ასევე არაადეკვატურია და მისი შემდგომი გამარტივება მოკლებულია ყოველგვარ აზრს.

ბ) მოდელი გავლენის  $A$  ფაქტორის არარსებობით. მოდელს შემდეგი სახე აქვს:

$$\ln e_{ij} = u_0 + u_j^b \quad (i = 1, 2; j = 1, 2).$$

გამოვთვალოთ თეორიული (მოსალოდნელი) სიხშირეები შემდეგი ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} e_{11} = e_{12} = \frac{f_{01}}{2} = \frac{508}{2} = 254 \\ e_{21} = e_{22} = \frac{f_{02}}{2} = \frac{292}{2} = 146 \end{aligned} \right\}$$

მოსალოდნელი  $e_{ij}$  სიხშირეები მოცემულია ცხრილში 16.

ცხრილი 16. მოსალოდნელ  $e_{ij}$  სიხშირეთა ცხრილი  $A$  ფაქტორის არარსებობისას

სქესი $\downarrow$ \თადლითობა $\rightarrow$	თადლითობაში შემხნეულია	თადლითობაში შემხნეული არ არის	
ქალი	254	146	440
მამაკაცი	254	146	360
	508	292	800

შევადგინოთ მოსალოდნელ  $e_{ij}$  სიხშირეთა  $\ln e_{ij}$  ნატურალური ლოგარითმების ცხრილი (ცხრ. 17).

ცხრილი 17. მოსალოდნელ  $e_{ij}$  სიხშირეთა  $\ln e_{ij}$  ნატურალური ლოგარითმების ცხრილი  $A$  ფაქტორის არარსებობისას

სქესი $\downarrow$ \თადლითობა $\rightarrow$	თადლითობაში შემხნეულია	თადლითობაში შემხნეული არ არის
ქალი	$\ln 254 = 5,537$	$\ln 146 = 4,984$
მამაკაცი	$\ln 254 = 5,537$	$\ln 146 = 4,984$

ვიპოვოთ ლოგარითმულად წრფივი მოდელის პარამეტრები შემდეგი

ფორმულების საფუძველზე:

$$\left. \begin{aligned} u_0 &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} + \ln e_{12} + \ln e_{21} + \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.537 + 4.984 + 5.537 + 4.984) = 5.260 \\ u_1^a &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} + \ln e_{12} - \ln e_{21} - \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.537 + 4.984 - 5.537 - 4.984) = 0. \\ u_1^b &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} - \ln e_{12} + \ln e_{21} - \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.537 - 4.984 + 5.537 - 4.984) = 0.277 \\ u_{11}^{ab} &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} - \ln e_{12} - \ln e_{21} + \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.537 - 4.984 - 5.537 + 4.984) = 0. \end{aligned} \right\}$$

დავადგინოთ  $Y^2$  სტატისტიკის მნიშვნელობა

$$Y^2 = 2 \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s f_{ij} \ln \frac{f_{ij}}{e_{ij}} = 2 \cdot \Sigma$$

ფორმულით, სადაც

$$\Sigma = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s f_{ij} \ln \frac{f_{ij}}{e_{ij}}.$$

შევადგინოთ სათანადო ცხრილი ამ სიდიდის გამოსანგარიშებლად (ცხრ. 18).

**ცხრილი 18.**  $Y^2$  სტატისტიკის გამოსათვლელი ცხრილი A ფაქტორის არარსებობისას

$ij$	$f_{ij}$	$e_{ij}$	$f_{ij} / e_{ij}$	$\ln(f_{ij} / e_{ij})$	$f_{ij} \cdot \ln(f_{ij} / e_{ij})$
11	298	254	1,173	0,160	47,608
12	142	146	0,973	-0,028	-3,945
21	210	254	0,827	-0,190	-39,948
22	150	146	1,027	0,027	4,054
					$\Sigma = 7,770$

როგორც ამ ცხრილიდან გამომდინარეობს,

$$Y^2 = 2 \cdot \Sigma = 2 \cdot 7.770 = 15.540.$$

მოდელისათვის, რომელშიც A ფაქტორის გავლენა არ არსებობს, თავისუფლების ხარისხის რიცხვი ორს შეადგენს:  $d = 2$ .

მნიშვნელოვნობის  $\alpha = 0,05$  დონისა და თავისუფლების  $d = 2$  ხარისხის პირობებში  $\chi^2$ -ის მნიშვნელობათა ცხრილით ვპოულობთ ამ სიდიდის კრიტიკულ მნიშვნელობას:

$$\chi_{კრიტ}^2 = \chi^2(2, 0.05) = 5.991.$$

ვინაიდან  $Y^2 > \chi_{კრიტ}^2$ , მოდელი A ფაქტორის არარსებობისას ასევე არაადეკვატურია და მისი შემდგომი გამარტივება მოკლებულია ყოველგვარ აზრს.

**IV. ტოლ აღბათობათა მოდელი**

მოდელს შემდეგი სახე აქვს:

$$\ln e_{ij} = u_0 \quad (i = 1, 2; j = 1, 2).$$

გამოვთვალოთ თეორიული (მოსალოდნელი) სიხშირეები შემდეგი ფორმულებით:

$$e_{11} = e_{21} = e_{12} = e_{22} = \frac{f_{00}}{4} = \frac{800}{4} = 200.$$

მოსალოდნელი  $e_{ij}$  სიხშირეები მოცემულია ცხრილში 19.

**ცხრილი 19.** მოსალოდნელ  $e_{ij}$  სიხშირეთა ცხრილი ტოლ აღბათობათა მოდელისათვის

სქესი ↓ \ თაღლითობა →	თაღლითობაში შემჩნეულია	თაღლითობაში შემჩნეული არ არის	
ქალი	200	200	400
მამაკაცი	200	200	400
	400	400	800

შევადგინოთ მოსალოდნელ  $e_{ij}$  სისშირეთა  $\ln e_{ij}$  ნატურალური ლოგარითმების ცხრილი (ცხრ. 20).

ცხრილი 20. მოსალოდნელ  $e_{ij}$  სისშირეთა  $\ln e_{ij}$  ნატურალური ლოგარითმების ცხრილი ტოლ ალბათობათა მოდელისათვის

სქესი ↓ \ თაღლითობა →	თაღლითობაში შემხნეულია	თაღლითობაში შემხნეული არ არის
ქალი	$\ln 200=5.298$	$\ln 200=5.298$
მამაკაცი	$\ln 200=5.298$	$\ln 200=5.298$

ვიპოვოთ ლოგარითმულად წრფივი მოდელის პარამეტრები შემდეგი ფორმულების საფუძველზე:

$$\left. \begin{aligned} u_0 &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} + \ln e_{12} + \ln e_{21} + \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.298 + 5.298 + 5.298 + 5.298) = 5.298 \\ u_1^a &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} + \ln e_{12} - \ln e_{21} - \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.298 + 5.298 - 5.298 - 5.298) = 0. \\ u_1^b &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} - \ln e_{12} + \ln e_{21} - \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.298 - 5.298 + 5.298 - 5.298) = 0. \\ u_{11}^{ab} &= \frac{1}{4}(\ln e_{11} - \ln e_{12} - \ln e_{21} + \ln e_{22}) = \frac{1}{4}(5.298 - 5.298 - 5.298 + 5.298) = 0. \end{aligned} \right\}$$

დავადგინოთ  $Y^2$  სტატისტიკის მნიშვნელობა

$$Y^2 = 2 \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s f_{ij} \ln \frac{f_{ij}}{e_{ij}} = 2 \cdot \Sigma$$

ფორმულით, სადაც

$$\Sigma = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s f_{ij} \ln \frac{f_{ij}}{e_{ij}}.$$

შევადგინოთ ცხრილი ამ სიდიდის გამოსაანგარიშებლად (ცხრ. 21).

ცხრილი 21.  $Y^2$  სტატისტიკის გამოსათვლელი ცხრილი ტოლ ალბათობათა მოდელისათვის

$ij$	$f_{ij}$	$e_{ij}$	$f_{ij} / e_{ij}$	$\ln(f_{ij} / e_{ij})$	$f_{ij} \cdot \ln(f_{ij} / e_{ij})$
11	298	200	1.49	0.399	118.835
12	142	200	0.71	-0.342	-48.634
21	210	200	1.05	0.049	10.246
22	150	200	0.75	-0.288	-43.152
					$\Sigma = 37.295$

როგორც ამ ცხრილიდან გამომდინარეობს,

$$Y^2 = 2 \cdot \Sigma = 2 \cdot 37.295 = 74.591.$$

ტოლ ალბათობათა მოდელისათვის თავისუფლების ხარისხის რიცხვი სამს შეადგენს:  $d = 3$ .

მნიშვნელოვნობის  $\alpha = 0.05$  დონისა და თავისუფლების  $d = 3$  ხარისხის პირობებში  $\chi^2$  - ის მნიშვნელობათა ცხრილით ვპოულობთ ამ სიდიდის კრიტიკულ მნიშვნელობას:

$$\chi_{კრიტ}^2 = \chi^2(3, 0.05) = 7.81473.$$

ვინაიდან  $Y^2 > \chi_{კრიტ}^2$ , ტოლ ალბათობათა მოდელი ასევე არაადეკვატურია და მისი შემდგომი გამარტივება მოკლებულია ყოველგვარ აზრს.

**V. ლოგარითმულად წრფივი მოდელების აგების შედეგები**

განვიხილოთ ლოგარითმულად წრფივი მოდელების აგების შედეგები. ამისათვის მივმართოთ სათანადო ცხრილს (ცხრ. 22) და გავაანალიზოთ იგი.

ცხრილი 22. აგებული ლოგარითულად წრფივი მოდელების კრებისთი მონაცემები

დასახელება	თეორიული სისწორეები				მოდელების პარამეტრები				d	Y <sup>2</sup>
	e <sub>11</sub>	e <sub>12</sub>	e <sub>21</sub>	e <sub>22</sub>	u <sub>0</sub>	u <sub>1</sub> <sup>a</sup>	u <sub>1</sub> <sup>b</sup>	u <sub>11</sub> <sup>ab</sup>		
ნაჯერი	298	142	210	150	5,253	0,074	0,269	0,101	0	0
დამოუკიდებელი	279,4	160,6	228,6	131,4	5,255	0,100	0,277	0	1	7,527
B-ს გარეშე	220	220	180	180	5,293	0,100	0	0	2	66,577
A-ს გარეშე	254	146	254	146	5,260	0	0,277	0	2	15,540
თოლ ალბათობათა	200	200	200	200	5,298	0	0	0	3	74,591

განსხვავება პირველსა და მეორე მოდელებს შორის u<sub>11</sub><sup>ab</sup> წევრის არსებობაში მდგომარეობს.

ამ პარამეტრის მნიშვნელოვნობის შემოწმება ხდება Y<sup>2</sup> სიდიდეთა შედარებით. სახელდობრ, ვპოულობთ Y<sub>2-1}^2 = Y\_2^2 - Y\_1^2 = 7.527 - 0 = 7.527 სხვაობას d<sub>2-1} = d<sub>2</sub> - d<sub>1</sub> = 1 - 0 = 1 თავისუფლების ხარისხის პირობებში. χ<sup>2</sup> სიდიდის კრიტიკული მნიშვნელობა თავისუფლების d<sub>2-1} = 1 ხარისხისა და მნიშვნელოვნობის α = 0.05 დონეზე χ<sup>2</sup> ფუნქციის ცხრილის საფუძველზე χ<sub>კრიტ</sub><sup>2</sup> = χ<sup>2</sup>(1, 0.05) = 3.841 ტოლობით განისაზღვრება.</sub></sub></sub>

ვინაიდან დანაკვირვები Y<sub>2-1}^2 = 7.527 მნიშვნელობა კრიტიკულ χ<sub>კრიტ</sub><sup>2</sup> = 3.841 სიდიდეს აღემატება, ვასკვნით, რომ u<sub>11</sub><sup>ab</sup> პარამეტრი ნიშნადია (ნიშნეირია) Y<sup>2</sup> - ში შეტანილი წვლილით.</sub>

არანაკლებ საინტერესოა დამოუკიდებელი მოდელების შედარება მოდელებთან, რომელშიც A ფექტის გავლენა არ არის. სათანადო დასკვნების გამოსატანად მივმართოთ ცხრილს 23.

ცხრილი 23. დამოუკიდებელი მოდელების შედარება მოდელებთან, რომელშიც A ფექტის გავლენა არ არის

მოდელები	ჩართული პარამეტრები	თავისუფლების ხარისხი	Y <sup>2</sup>
დამოუკიდებელი	u <sub>0</sub> , u <sub>1</sub> <sup>a</sup> , u <sub>1</sub> <sup>b</sup>	1	7.527
A ფექტის გარეშე	u <sub>0</sub> , u <sub>1</sub> <sup>b</sup>	2	15.540
განსხვავება	u <sub>1</sub> <sup>a</sup>	1	8.013

ვინაიდან u<sub>1</sub><sup>a</sup> წევრის მიერ Y<sup>2</sup> სტატისტიკაში შეტანილი წვლილი 8.013 მნიშვნელობის ტოლია (15.540 - 7.527 = 8.013) თავისუფლების ხარისხის d = 1 პირობებში, ამიტომ u<sub>1</sub><sup>a</sup> პარამეტრი, უდავოდ, ნიშნადია (8.013 > 3.841).

ყველა მოდელების ურთიერთშედარების კრებისთი ინფორმაცია მოცემულია ცხრილში 24, სადაც ნაჩვენებია Y<sup>2</sup> სტატისტიკის სხვაობები მოდელების სხვადასხვა წყვილისათვის.

ცხრილი 24. მოდელების ურთიერთშედარების კრებისთი ინფორმაცია

No	მოდელების დასახელება	ჩართული პარამეტრები	Y <sup>2</sup>	მოდელების შედარება	განსხვავება	Y <sup>2</sup> - თა სხვაობა
1	ნაჯერი	u <sub>0</sub> , u <sub>1</sub> <sup>a</sup> , u <sub>1</sub> <sup>b</sup> , u <sub>11</sub> <sup>ab</sup>	0	(1)-ის (2)-თან	u <sub>11</sub> <sup>ab</sup>	7.527
2	დამოუკიდებელი	u <sub>0</sub> , u <sub>1</sub> <sup>a</sup> , u <sub>1</sub> <sup>b</sup>	7.527	(2)-ის (3)-თან	u <sub>1</sub> <sup>b</sup>	59.05
				(2)-ის (4)-თან	u <sub>1</sub> <sup>a</sup>	8.013
3	B-ს გარეშე	u <sub>0</sub> , u <sub>1</sub> <sup>a</sup>	66.577	(3)-ის (5)-თან	u <sub>1</sub> <sup>a</sup>	8.014
4	A-ს გარეშე	u <sub>0</sub> , u <sub>1</sub> <sup>b</sup>	15.540	(4)-ის (5)-თან	u <sub>1</sub> <sup>b</sup>	59.051
5	თოლ ალბათობათა	u <sub>0</sub>	74.591			

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ არც ერთი პარამეტრი უმნიშვნელო არ არის, რაც იმას ადასტურებს, რომ აღეკვამურია სწორედ ნაჯერი მოდელები, სადაც ყველა პარამეტრია წარმოდგენილი.

ამასთან ერთად ყველაზე ნიშნადია  $u_1^b$  პარამეტრი, ე.ი. წვლილი, რომელიც  $B$  ნიშნის (ე.ი. თაღლითობის) პირველი კატეგორიის (ე.ი. თაღლითობაში შემჩნევის) ეფექტს შეაქვს თეორიულ (მოსალოდნელ) სიხშირეებში.

**დასკვნა.** ზემოთ ლოგარითმულად წრფივი ანალიზით შესწავლილია კავშირი დამზღვევის სქესსა და თაღლითობას შორის სადაზღვევო ინდუსტრიაში. ლოგარითმულად წრფივი მოდელი პუასონის კანონით განაწილებულ მონაცემთა წრფივი მოდელების ერთ-ერთი სპეციფიკური შემთხვევაა. ლოგარითმულად წრფივი ანალიზი წარმოადგენს ორშესასვლელიანი (ორგანზომილებიანი) ცხრილის გაფართოებას პირობითი ურთიერთკავშირების შემთხვევაზე, როცა პირობითი კავშირი კატეგორიის ამსახველ ორ ან მეტ ცვლადს შორის ანალიზდება შეუღლების ცხრილის უჯრედებში მოთავსებული სიხშირეების ნატურალური ლოგარითმებით. თუმცა ლოგარითმულად წრფივი მოდელების გამოყენება შეიძლება კატეგორიის ამსახველ ორ ცვლადს შორის კავშირის გასაანალიზებლად, მათ უფრო ხშირად უნდა მიმართავდნენ მრავალგანზომილებიანი ცხრილების შესაფასებლად, რომლებიც შეიცავს სამ ან მეტ ცვლადს. ლოგარითმულად წრფივი მოდელებით შესასწავლი ყველა ცვლადი განიხილება როგორც «გამოძახილი». სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, განსხვავება დამოუკიდებელ და დამოკიდებულ ცვლადებს შორის არ კეთდება. ამრიგად, ლოგარითმულად წრფივი მოდელები ცვლადებს შორის მხოლოდ კავშირების დემონსტრირებას ახდენს. თუ ერთი ან რამდენიმე ცვლადი განიხილება როგორც აშკარად დამოკიდებული, ხოლო დანარჩენები – როგორც დამოუკიდებელი, მაშინ ლოგარითმულად წრფივი ანალიზი დაუშვებელია და მის ნაცვლად ლოგისტიკური რეგრესიის გამოყენებაა საჭირო. გარდა ამისა, როცა უწყვეტი ცვლადის კვლევა ხდება და მისი დაყოფა ცალკეულ კატეგორიად არ ხერხდება, ამ შემთხვევის შესაბამისი კვლევის ინსტრუმენტი კვლავ ლოგისტიკური რეგრესია უნდა გახდეს.

#### ლიტერატურა

1. Bishop, Yvonne M., Fienberg, Stephen E., Holland, Paul W. Discrete Multivariate Analysis: Theory and Applications. - Springer; 2007, 559 p.
2. Трошин Л.И., Балаш В.А., Балаш О.С. Статистический анализ нечисловой информации: Учебно-практическое пособие. – М.: МЭСИ, 1999, 81 с.
3. Agresti, A. An Introduction to Categorical Data Analysis. -John Wiley & Sons, Inc., New York, New York, USA, 1996.
4. Tabachnick, B.G., Fidell L.S. Using Multivariate Statistics. 3<sup>rd</sup> Edition. -Harper Collins. New York, New York, USA, 1996.
5. Christensen, R. Log-Linear Models and Logistic Regression. -Springer-Verlag Inc. New York, New York, USA, 1997.
6. Everitt, B.S. The Analysis of Contingency Tables. -John Wiley & Sons, Inc. New York, New York, USA, 1977.
7. Knoke, D., Burke P.J. Log-Linear Models. -Sage Publications, Inc. Newberry Park, California, USA, 1980.
8. Read, T.R.C., Cressie, N.A.C. Goodness-of-Fit Statistics for Discrete Multivariate Data. -Springer-Verlag Inc. New York, New York, USA, 1988.

#### SUMMARY

#### LOG-LINEAR ANALYSIS IN THE INSURANCE SECTOR

Prangishvili A.I. and Namicheishvili N.O.

Georgian Technical University

In this paper a method of log-linear analysis explores the relationship between the gender of the assured (insured) policy holder / owner and fraud in the insurance industry.

The loglinear model is one of the specialized cases of generalized linear models for Poisson-distributed data. Loglinear analysis is an extension of the two-way contingency table where the conditional relationship between two or more discrete, categorical variables is analyzed by taking the natural logarithm of the cell frequencies within a contingency table. Although loglinear models can be used to analyze the relationship between two categorical variables (two-way contingency tables), they are more commonly used to evaluate multiway contingency tables that involve three or more variables. The variables investigated by log linear models are all treated as „response variables“. In other words, no distinction is made between independent and dependent variables. Therefore, log linear models only demonstrate the association between variables. If one or more variables are treated as explicitly dependent and others as independent, then logit or logistic regression should be used instead. Also, if the variables being investigated are continuous and cannot be broken down into discrete categories, logit or logistic regression would again be the appropriate analysis.

**Keywords:** log-linear analysis (model), contingency table (frequency table), categorical variables, fraudulent insurance claim, insured (policy holder), observed frequency, theoretical (expected) frequency

## OPERATIONAL RISK MODELING IN THE INSURANCE SECTOR

Namicheishvili O.G. and Lekiasvili L.B.

Georgian Technical University

**Abstract.** We suggest the approach to the operational risk modeling that distinguishes two types of risks from their multiplicity. They are: the frequency risk or frequency of occurrence and the risk of gravity.

**Keywords:** operational risks, probability, assessment, management, modeling.

Solvency II Directive - one of the main news of the document is to raise a demand to the insurance companies about mobilization the part of their own sources foreseeing the tendency to operative risks. The regulative document names two approaches for detecting this amount of capital: standard and extended.

The standard approach is simplified and implies distribution of the reserve fund or the percentage of premiums. The extended model is an inner model, where the risk really coincides with the circumstances of the company. In this part of the paper, we offer an approach that distinguishes two types of risks. These are: risk frequency or frequency of risk and the risk of gravity of results. First one characterizes a large group of risks, which high frequency of risk and low gravity of results is characteristic for. They are modeled according to the loss distribution method. Another type of the relationship between risk frequency and gravity of the results is characterized by low frequency, is distinguished with rarity, but with high gravity of results, and big loss. Such risks are modeled by Bayesian networks.

**Frequency risks modeling: Loss distribution approach**

Loss Distribution Approach (LDA) aims to detect statistical regularities with the data on the loss, and also, on the one hand, to determine the frequency of operating incidents, and, on the other hand, to perform more accurate modeling of their gravity and then to consolidate these data for determining the total loss distribution.

The necessary condition for application of this method is the existence of those historical data that refer to loss. The data of this kind are necessary for model calibration.

**Stage 1: Selection and calibration of frequency and gravity laws** (Calibration – the procedure accomplished in specified terms, which, at the first stage, sets the attitude by the measurement unit standard, providing the mean value and the relevant testimony)

Modeling of loss distribution for each the K-like risk is based on the following ratio:

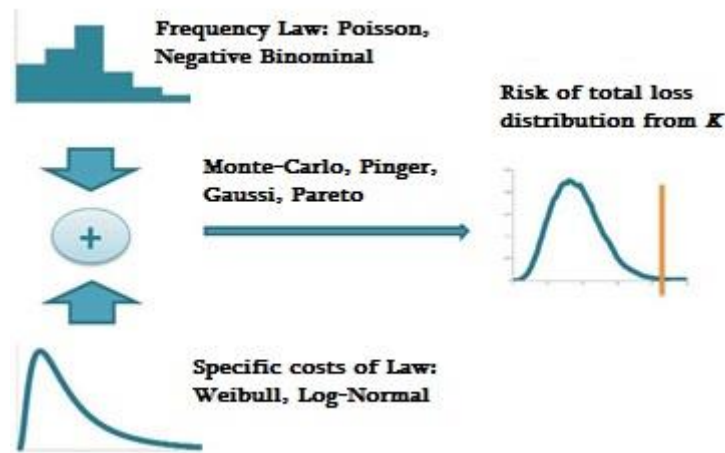
$$S_k = \sum_{j=1}^{N_k} X_k^{(j)},$$

where  $N_k$  is the random variable, which represents the number of loss for the K-like risk;  $X_k^{(j)}$  is the random variable, which represents the risks caused by j -like loss for the k-like risk;  $S_k$  is the random variable representing the amount of loss for the K-like risk.

**Stage 2 : Construction of the distribution of unified losses**

By using the Monte Carlo method (Monte Carlo Methods are a broad class of computational algorithms that rely on repeated random sampling to obtain numerical results. Their essential idea is using randomness to solve problems that might be deterministic in principle. They are often used in physical and mathematical problems and are most useful when it is difficult or impossible to use other approaches. Monte Carlo methods are mainly used in three distinct problem classes: optimization, numerical integration, and generating draws from a probability distribution.), a good approximation can be obtained for the distribution function of  $S_k$  loss probability through modeling.





**Practical problem: Data collection threshold**

As a rule, employees who directly manage the case in the company do not provide complete information about all losses, do not reveal everything. Therefore, it will be essential to define the threshold, the marginal value of the information of this kind. If we do not take into consideration the fact that the data is reduced, we could reduce the frequency and specify incorrectly the individual loss [1,2].

**Risk gravity modeling: Bayesian method**

Bayesian approach is the realization of the qualitative analysis of risks with experts and its transformation into the quantitative analysis. We are considering the XOG method that determines and models three characteristic values of risk, namely, exposure, occurrence and gravity.

These three values are among the Key Risk Indicators (KRI are the characteristics, which indicates the concentration of risks, including gathered negative occurrences in business processing and so on, for example: deviation from the plan, failure to comply the plan, according to some indicators of the target rate of the activity, can be considered as key risk indicator, As well as failure, car crash, delay, accidents, product defects, insurance claims and lawsuits, publication in the press of negative points etc. quantity (or the share of the total mass of the deals) for a certain period of time. Sometimes key indicator can even controls the risk (such indicator is, for example, quantity of limits and violations) variables. Here we present the methods for evaluation of various elements of the Bayesian network.

**Exposure** (Exposure – is a literary device used to introduce background information about events, settings, characters etc. to the audience or readers.)

**valuation.** Exposure is a set of elements of entrepreneurial activities that are at a certain risk or contain it. Exposure must be defined so that risk occurred only once during some period of time.

**Occurrence valuation.** Since the object at risk is selected so that risk can affect it only once, the occurrence probability construction  $B(n, p)$ , where  $n$  is the number of objects at risk and  $p$  is the probability of risk occurrence that is to be evaluated, is described by the binomial law.

**Gravity evaluation.** We must imagine ourselves in a situation when the occurrence of the loss is recognized, and define the representation of quantitative variables that are involved in the calculation of gravity. The structure of the Bayesian network is to be defined by experts by means of determined scenario. Bayesian network parameters can be identified empirically or according to experts' opinions.

When the Bayesian network has been constructed, it remains only to determine design algorithms.

$(X_1, X_2, \dots, X_n)$  are the studied objects at an operation risk. Also, suppose that  $P_i = P(\text{Exposition} = X_i)$  represents the probability that the exposure consists of  $X_i$  objects. Suppose that  $PS_i = P(\text{Occurence} = \langle \text{YES} \rangle | \text{Exposition} = X_i)$  is the probability of risk occurrence on

condition that the value of exposure is  $X_i$ . These two probabilities are known. Suppose that  $PG_i = P(\text{Severity} | \text{Occurrence} = \langle \text{YES} \rangle | \text{Exposition} = X_i)$  is the gravity distribution on condition that the risk has occurred and it showed up on  $X_i$  objects. The algorithm consists in the implementation of the following stages in a sequence:

1. In Bayesian trust network, exposure must be fixed at  $X_i$  -, by settled at variable « yes» the gravity distribution must be read  $PG_i = P(\text{Severity} | \text{Occurrence} = \langle \text{YES} \rangle | \text{Exposition} = X_i)$ .
2. The discrete representation of the  $F_i$  amount of loss must be  $B(nb(X_i); PS_i)$  according to the binomial law.
3. For all these cases from 1 to  $F_i$  - discrete representation must be implemented according to distribution of  $PG_i$  variable.
4. Gravities  $F_i$  must be summed up.

These four stages must be repeated many times by conserving the sums of gravity in each repetition. In this manner we will obtain the total loss distribution. The Bayesian method has many advantages, namely:

- It allows taking into account both quantitative and qualitative factors, which s excluded in the majority of models.
- It allows visualization of the cause-effect relationship between variables: risk aggregation (enlargement, joining, merging) is implemented by constructing such networks that free us from evaluating the correlations.
- It allows revealing the factors of risk reduction by means of logical conclusions.
- It iss possible to use risk management for the realization of action plans and the evaluation of the effectiveness of these plans;

The major disadvantage of Bayesian networks is that it takes a lot of time to construct them, as each risk requires a thorough analysis [3].

#### REFERENCES

1. Condamin L., Louisot J.-P., Naïm P. Risk Quantification. - Wiley, 2007, 286 p.
2. Partrat Christian, Besson Jean-Luc. Assurance non-vie, Modélisation, Simulation. – Paris, Economica, 2004, 820 p.
3. Naïm P., Willemin P.-H., Leray P., Pourret O., Becker A. Réseaux Bayésiens, Eyrolles, Collection Algorithmes. - Paris, 2007, 424 p.

#### РЕЗЮМЕ

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ РИСКОВ В ИНДУСТРИИ СТРАХОВАНИЯ

Намичишвили О.Г., Лекиашвили Л.Б.

Грузинский технический университет

В статье предлагается подход к моделированию операционных рисков, который из множества рисков выделяет два вида: частота риска и риск тяжести последствий.

**Ключевые слова:** операционный риск, вероятность, оценка, управление, моделирование.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОГО УРОВНЯ ОПЕРАЦИОННЫХ РИСКОВ

Намичеიშვილი О.Г., Лекиაშვილი Л.Б.

Грузинский технический университет

**Банковское регулирование.** Разумное регулирование, то есть регулирование с совещательным правом, за последние двадцать лет значительно развилось в результате работы Базельского Комитета по банковскому надзору (BCBS). Несмотря на то, что рекомендации указанного Комитета не обладают силой закона, правительствами различных государств осуществлялось незамедлительное их выполнение [1].

**Операционные риски.** Операционный риск (Операционный риск – значительный операционный риск возникает в системе контроля качества из-за возможных провалов, неэффективности оказанного обслуживания, а также ошибок, допущенных в управлении) может быть определен, как риск убытка, который является результатом неадаптированных или неправильных внутренних процедур, человеческих ошибок, погрешности информационной системы и внешних явлений. Таким образом, это именно те риски, которые всегда существуют в банках и компаниях. Операционный риск – это риск, результат наступления которого может очень дорого обойтись. Для того, чтобы был дан ответ многообразию погрешностей, аналогичных операционным рискам, и данные об убытках стали бы однородными, Базельский Комитет представляет классификацию погрешностей различной категории, в которой нотация EL для категории риска принята из фразы *Event Line* [1].

### Классификация категорий операционных рисков, согласно Второму Базельскому соглашению

Категория риска	Название
EL1	внутреннее мошенничество
EL2	внешнее мошенничество
EL3	персональные ошибки
EL4	затруднения в осуществлении бизнес-процессов и обслуживания клиентов
EL5	причинение физического ущерба активам
EL6	повреждение информационной системы
EL7	нарушение процессов обработки и хранения данных

Для измерения уровня операционных рисков Второе Базельское соглашение (Basel II) согласно первому компоненту предлагает нам три основных метода.

**Подход с применением базисного индикатора.** Это один из фиксированных, заранее определенных прочных подходов. Базельский Комитет (Базельский Комитет был создан в 1974 году по инициативе ведущих стран мира, и объединяет в своем составе более 130 государств. Его основным назначением является сближение банковских законодательств разных стран. Это, конечно, не означает идентификации законодательства или нормативной базы, речь идет об их взаимной совместимости с тем, чтобы банки различных государств могли легко общаться друг с другом) предлагает сохранить индикатор экспозиции (*IE*), который опирается на среднюю чистую прибыль банка за последние три года (*PNB*). Экспозиция *n*-ного года определяется по следующей формуле:

$$IE_n = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \max(PNB_{n-1}, 0).$$

Таким образом, индикатор экспозиции, фактически по своей сути является средним годовым положительным общим доходом в течение предыдущих трех лет.

**Стандартизованный (унифицированный) подход.** В рамках стандартизованного подхода вся банковская деятельность делится на 8 направлений: корпоративные финансы, торговля и продажи, розничное банковское обслуживание, коммерческие банковские операции, налоги и расчеты, агентское обслуживание, управление активами, розничные брокерские операции. Общая прибыль от каждого направления является основанием для установления его процентной нормы. Эта процентная норма, которая получила название «Бета», колеблется от 12% до 18% в соответствии с уровнем рисков и их видами, характерными для каждого

направления. Суммарная величина капитала, необходимого для покрытия операционных рисков, определяется как средний годовой размер капитала за предыдущие три года, необходимого для покрытия рисков по каждому направлению. Так что, к  $n$ -ному году у нас будет:

$$FP_n = \sum_i FP_n(i) = \sum_i \beta(i) \cdot IE_n(i).$$

**Усовершенствованный подход** (Усовершенствованный подход (АМА) – это один из трех возможных методов операционных рисков, который может применяться согласно Basel II другим кредитным учреждением и банком) (**АМА - Advanced Measurement Approach**). Это усовершенствованный метод, который опирается на собственный способ расчета величины капитала, необходимого для покрытия операционного риска. Он может быть использован только тем банком, который несет ответственность за определенное множество качественных и количественных стандартов. Руководство банка должно убедить орган по надзору в возможностях своей системы оценки операционных рисков, качества сбора данных, механизмов контроля, сценариев операционных рисков и организации управления. Независимо от выбранного банком метода, определение уровня операционного риска должно соответствовать однолетней перспективе и 99,9 процентному уровню доверия. Усовершенствованный подход, по сравнению с другими методами, как правило, характеризует сокращение собственного капитала, необходимого для покрытия операционного риска, хотя это не всегда проверяется. В усовершенствованном подходе Базельский Комитет предусматривает три различных метода [2].

**Подход с использованием внутренних измерений (Internal Measurement Approach), подход, опирающийся на таблицу оценки (Scorecard Approach), и подход с использованием распределения убытков (Loss Distribution Approach).** Этот последний чаще всего применяется различными банковскими группами, а также при тарификации таких страховых контрактов, которые не связаны со страхованием жизни. Это позволяет успешнее предсказать операционный риск и сократить в общем потребность на собственный капитал банка [3].

#### **Итоговая информация об основных этапах метода LDA.**

**Оценка распределения уровня рисков.** Это самый важный и в то же время особенно сложный этап метода распределения убытков LDA. Применяемый на сегодняшний день в практике закон уровня рисков является логнормальным (Процесс логарифмически нормального распределения, статистическая реализация мультипликативного произведения многих независимых случайных величин, каждая из которых является положительной), параметры  $\mu$  и  $\sigma$  которого оцениваются по методу максимальной убедительности (англ. ML - Maximum-Likelihood method) или по методу определения моментов (англ. GMM - Generalized Method of Moments) [4].

**Оценка распределения частоты.** Имеется в виду, что частота убытков параметром  $\lambda$  подчиняется закону Пуассона. Этот параметр, который по своей сути является общим количеством годовых убытков, легко оценивается по методу максимальной убедительности.

**Определение начислений для покрытия операционных рисков (англ. capital charges).**

Показатель *CaR* (Capital at Risk) рассчитывается в результате моделирования по методу Монте-Карло. Поэтому обычно надо брать число симуляции  $N_{MC}$  порядка  $10^4$ , с тем чтобы точность составляла хотя бы один процент, поскольку точность метода Монте-Карло

пропорциональна величине  $\frac{1}{\sqrt{N_{MC}}}$ .

И, наконец, два дополнительных этапа восполняют полный расчет собственного капитала (Расчет капитала – один из ключевых моментов анализа кредитоспособности банка-контрагента. Ситуация в банковской системе заставляет предполагать наличие различного рода схем искусственного увеличения) для операционных рисков банка. Таковыми являются интеграция экспертных сценариев и агрегация начислений для покрытия операционных рисков.

**Интеграция экспертных сценариев.** Этот метод дает возможность восполнения информации внутренней базы данных. В качестве образца эксперты берут особенные убытки, которые испытали другие банковские группы, или же обращаются к историческим случаям, которые касаются опасных нарушений финансового равновесия банка.

**Начисления из капитала для покрытия операционных рисков.** Начисление для покрытия операционных рисков (англ. capital charges) является разновидностью амортизационных начислений, то есть является целевым накоплением денежных средств с целью их дальнейшего применения, в этом конкретном случае – с целью покрытия операционных рисков. Согласно Базельскому Комитету, агрегация риска (Функцию агрегации можно использовать для уплотнения данных о размере риска. В бизнес-контенте для модели кредитного портфеля дефолтного режима в качестве уровней агрегации используются деловой партнер и сочетание сектора и диапазонов рисков) – это процесс определения, сбора и обработки данных, связанных с рисками.

**Распределение высокого уровня убытков.** Самой большой сложностью метода *LDA* (Loss Distribution Approach) является спецификация его параметров. Важно, чтобы распределение, выбранное для моделирования уровня, было непрерывным и основанным на фактах. А затем рабочая процедура моделирования будет проведена в условиях следующих требований: **согласованность, стабильность, гибкость, простота, реалистичность** [5].

**«Толстохвостое» распределение вероятностей.** Эта часть дает аналитическую характеристику таких «хвостов», которые известны под названием «толстого хвоста». Интуицией нетрудно догадаться, что важна вероятность получения высокой величины «толстохвостым» распределением случайной переменчивости. Формализация этого может быть осуществлена в следующем определении, которое опирается на теорию сербского математика Иована Карамата (англ. Jovan Karamata, 1902-1967) [6].

Непрерывная постоянная  $X$  случайная переменная, для которой допустима плотность  $f$  и функция  $F$  распределения, является «толстохвостой» (fat-tailed distribution), если существует такой  $p > 0$ , чтобы  $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{t \cdot f(t)}{1 - F(t)} = p > 0$ .

### Особые ограничения

**Порог сбора данных** – исходя из рекомендаций Базельского Комитета и с целью обеспечения надежности (свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования), сбор данных о потерях, связанных с операционными рисками, происходит только тогда, когда сумма превышает предел, который должен учитываться. Такой предел сбора является значением, с которого начинается сбор информации для сбора статистического вывода. Поэтому необходимо принять это во внимание с тем, чтобы модель была статистически корректной. Именно поэтому, для вынесения заключения, вместо рассмотрения плотности распределения уровня, нужно учитывать условную плотность в отношении  $H$ :

$$\tilde{f}_\theta(x | x \geq H) = \frac{f_\theta(x)}{1 - F_\theta(x)} \Big|_{x \geq H}.$$

Это позволяет предвидеть наличие усеченных данных в оценке распределения уровней рисков. Таким образом, этот параметр является параметром глобального, общего распределения потерь, поскольку во внимание принимаются все потери, начиная с нуля [7].

**Обобщенные показатели.** У базы данных операционных потерь есть также следующая особенность – она включает в себя обобщенные показатели, то есть агрегаты. И правда, стоимость некоторых потерь представлена с некоторой погрешностью, сумма потерь от которой неизвестна. Базы данных построены по такому принципу, исходя из соображений конфиденциальности, или в силу профессиональных причин. Результатом этого является уничтожение важной информации, так как, например, совместный результат двух потерь, который равен 10 000 евро, может быть представлен как 9999€+1€, а также как сумма 5000€+5000€. Вектор числа погрешностей, связанных с отбором, обозначен символом

$(K_1, \dots, K_n)$ . Поэтому для рассмотрения в роли исследуемого множества выбирают «редуцированный» («сводный») отбор:

$$X^K = \left( \frac{x_1}{K_1}, \dots, \frac{x_n}{K_n} \right) [8].$$

**Закон вероятности.** Для моделирования величины операционных потерь используется множество законов вероятности. Эти законы должны быть определены для неотрицательного значения случайной переменной (это математическое понятие, служащее для математического представления состояния объектов и процессов, свойств объектов, процессов и событий, которые принципиально не могут быть однозначно определены до проведения опыта по их измерению, или для событий - до их осуществления), должна появиться асимметричность (отсутствие или нарушение симметрии. Чаще всего термин употребляется в отношении визуальных объектов и в изобразительном искусстве. В художественном творчестве асимметрия может выступать в качестве одного из основных средств формообразования) и толстый правый «хвост». Внизу дан перечень законов, которые особенно часто используются в связи с операционными рисками [9].

Закон вероятностей	плотность $f(x)$
экспоненциальный	$\lambda \exp(-\lambda x)$
Вейбула	$\alpha \theta x^{\theta-1} \exp(-\alpha \theta x)$
Гамма	$\frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \exp(-\lambda x)$
логнормальный	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\log x - \mu}{\sigma}\right)^2\right]$
логлогистический	$\frac{\eta(x-\alpha)^{\eta-1}}{\left[1+(x-\alpha)^\eta\right]^2}$
Парето (движением, замещением)	$\frac{\alpha}{\theta} \left(1 + \frac{x}{\theta}\right)^{-(\alpha+1)}$

Простые параметрические законы (максимум по двум параметрам), которые используются для моделирования уровня рисков в страховании и финансах, дает аналитикам эффективные инструменты доступа к механизмам будущих потерь, исходящих из сферы рисков. Однако существует множество явлений, которые не подчиняются таким законам, и требуют принятия законов, приспособленных к большим трудностям. В таком случае интересуются семействами распределения, называемыми обобщенными, чтобы стало возможным обеспечение большей точности между (исследование объектов познания на их моделях; построение и изучение моделей реально существующих объектов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя) данными и моделями. Второй мотивацией желая обобщить законы вероятностей является то, что адекватные простые параметрические законы часто меняют вид рисков с одной категории на другую и один годовой платеж – на другой. А это создает реальные проблемы управления финансовым учреждениям и усложняет задачу автоматизации процесса управления рисками. Семейство обобщенных распределений включает в себя законы, у которых как минимум четыре параметра, и из этих законов можно произвести несколько других, простых параметрических распределений или приблизительно отразить статусом частного случая.

Упомянутые четыре параметра, как правило, таковы:

- Локализация (медиальная, или срединная);

- Шкала (волатильность/изменчивость - Volatility или стандартное отклонение – Standard Deviation);
- Ассиметрия (Skewness);
- Сплюсченность (экссцесс - Kurtosis).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Basel Committee, 2011, Operational risk- Supervisory guidelines for the advanced measurement approaches.
2. Hoaglin, D. C. Summarizing Shape Numerically: The g-and-h Distributions. Chapter 11 in *Exploring Data Tables Trends, and Shapes*. Eds. Hoaglin, Mosteller, and Tukey. - New York.
3. Matthias Degen, Paul Embrechts Dominik & D. Lambrigger (April 2007): The Quantitative Modeling of Operational Risk: Between g-and-h and EVT.
4. Dutta, Kabir K. and David F. Babbel. On Measuring Skewness and Kurtosis in Short Rate Distributions: The Case of the US Dollar London Inter-Bank Offered Rates, - Wharton Financial Institutions Center Working Paper, 2002.
5. Kabir Dutta and Jason Perry A Tale of Tails: An Empirical Analysis of Loss Distribution Models for Estimating Operational Risk Capital, 2007.
6. J. KARAMATA sur un mode croissance régulière. //Mathematica (Cluj) Vol.4 (1930)38-53.
7. MacGillivray, H. L., W. Cannon (1997). Generalizations of the g-and-h distributions and their uses. *Unpublished*.
8. CHERNOBAI A., RACHEV S., FABOZZI F., 2005, *Composite Goodness-of-Fit Tests for Left-Truncated Loss Samples*, -Department of Statistics and Applied Probability, University of California, USA.
9. A.R. Conn, N.I.M. Gould, Ph.L. Toint (2000). Trust-Region Methods. MPS/SIAM Series on Optimization 1. SIAM and MPS, Philadelphia.

#### SUMMARY

##### MODELING OF HIGH-LEVEL OPERATIONAL RISKS

**Namicheishvili O.G. and Lekiasvili L.B.**

**Georgian Technical University**

Conventional parametric laws that include not more than two parameters are very often used for modeling of high-level risks. However, not so often the data are too complex for such distribution and require application of more flexible methods easily adapting to the specificity. This paper deals with the law belonging to the family of so-called generalized parametric distributions. First we studied the elementary properties of this family in the aspect of one generalization and then the most convenient methods for estimation of these parameters. Finally, based on the factual data, they were compared with the results of the log-normal law, which currently is used almost by financial institutions.

**Keywords:** operational risk, modeling, generalized parametric distribution.

## ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების განვითარების მზარდობის ინდიკსის ელემენტარული კალკულატორი

ცინისთავი თ.თ., სვანიძე რ.გ.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მოთხოვნა ICT სტატისტიკის მიმართ სულ უფრო სწრაფად იზრდება, მსოფლიოს ქვეყნები მისწრაფიან ამ მიმართულებით შეიმუშაონ მონიტორინგის სისტემები და მოახდინონ ნაციონალური პოლიტიკისა და სტრატეგიის შეფასება, რათა გამოიყენონ მსოფლიოში მიმდინარე ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარების მიზანსწრაფული პროგრესი.

ICT -ის სტატისტიკა უნდა იყოს საიმედო, შედარებისთვის თავსებადი და დროული. რაც თავის მხრივ მოითხოვს მონაცემების სწრაფ დამუშავებას. ხელით ამ მონაცემების დამუშავება ხანგრძლივი პროცესია, ამიტომ გაჩნდა დაანგარიშების პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნის აუცილებლობა. შედეგად, გარდა იმისა, რომ ამარტივდება ოპერატიულობა, ასევე, შეიქმნება ამ მონაცემების შენახვის, შედარების, ანალიზის შესაძლებლობა.

ასეთი ბაზა საშუალებას იძლევა რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ინდიკატორების მონაცემების ანალიზის შედეგად ჩამოვყალიბოთ დარგის განვითარების მიზნობრივი პოლიტიკა. მოსახლეობის სხვადასხვა სოციალურ სეგმენტებისა და ეკონომიკური სექტორების ICT-ის წვდომის, გამოყენების და გავლენის შეფასება, ასევე, განსაზღვროთ მათი გაუმჯობესების სტრატეგია. მოვახდინოთ ქვეყნების და სხვადასხვა ადმინისტრაციული თუ გეოგრაფიული ტერიტორიული დანაყოფების ICT-ის მიმართულებით მიმდინარე პროცესების შედარება და დასკვნის გამოტანა.

ITU-ის (International Telecommunication Union, ელექტროკავშირის საერთაშორისო ორგანიზაცია) სრულყოფილი კონფერენციაზე 2006 წელს (რეზოლუცია 131) [1] მიღებული დადგენილების მიხედვით IDI განისაზღვრება 11 ინდიკატორით, რომელთაც აქვთ განსაზღვრული ეტალონური მნიშვნელობები (რაც წლიდან წლამდე შეიძლება შეიცვალოს). ცხრილში მოცემულია ITU-ის 2015 წლის ანგარიშის მნიშვნელობები [2]. თავის მხრივ 11 ინდიკატორი (ცხრილი, სვეტები - I და II) დაჯგუფებულია 3 ჯგუფად:

- I. ICT-თან წვდომა, განსაზღვრულია 5 ინდიკატორით;
- II. ICT-ის გამოყენება, განსაზღვრულია 3 ინდიკატორით;
- III. ICT-ის შესაძლებლობები, განსაზღვრულია 3 ინდიკატორით;

თითოეულ ჯგუფში შემავალი ინდიკატორების მიხედვით ხდება შესაბამისად სამი სუბინდექსის გამოთვლა:

- I. ICT-თან წვდომის სუბ-ინდექსი;
- II. ICT-ის გამოყენების სუბ-ინდექსი;
- III. ICT-ის შესაძლებლობების სუბ-ინდექსი.

ჯგუფში შემავალ თითოეულ ინდიკატორს გააჩნია საკუთარი ეტალონური მნიშვნელობა (ცხრილი, სვეტი - III, მოყვანილია ITU-ის 2015 წლის მნიშვნელობები), ასევე მათ აქვთ თანაბარი წილით სუბ-ინდექსში (ცხრილი, სვეტები - IV). ასევე, თითოეულ სუბ-ინდექსს გააჩნიათ წონა (ცხრილი, სვეტები - V) ICT-ის განვითარების საბოლოო ინდექსის IDI-ის მნიშვნელობაში (ცხრილი, სვეტები - VI), რომელიც განისაზღვრება ათბალიანი სისტემით.

გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი მონაცემებისა, ინდიკატორების გამოსათვლელად საჭიროა სხვა სტატისტიკური მონაცემები, რომელსაც ფლობს საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სააგენტო, საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისია, გაერო და სხვა სტრუქტურები.

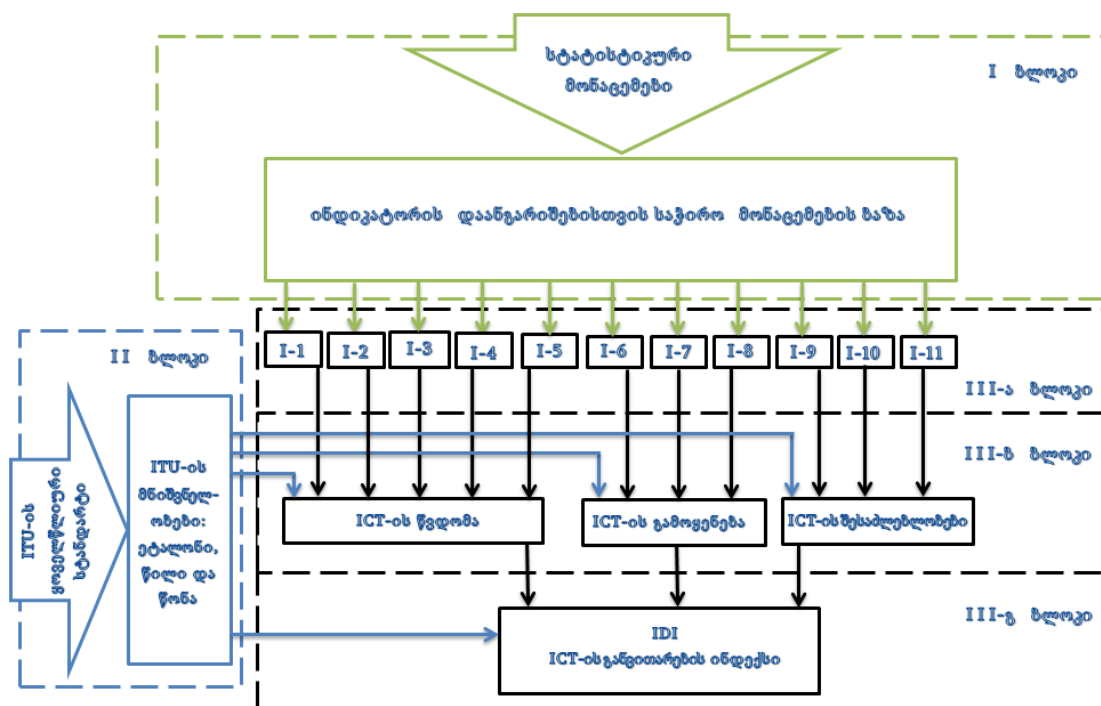
მონაცემების პროგრამული დამუშავებისთვის ამ ეტაპზე ვიყენებთ საოფისე პროგრამას Microsoft Excel-ს, რათა იგი ადვილად ხელმისაწვდომი იყოს ნებისმიერი დაინტერესებული პირისათვის.



ICT-ის განვითარების ინდექსი: ინდიკატორები, ეტალონური მნიშვნელობები და წონები

ICT-ის წევობა		ეტალონური მნიშვნელობა	%	წონა	ICT-ის განვითარების ინდექსი
1	ფიქსირებული სატელეფონო კავშირი 100 მოსახლეზე	60	20	40	
2	მობილური სატელეფონო კავშირი 100 მოსახლეზე	120	20		
3	საერთაშორისო ინტერნეტ-ტრაფიკი (სიჩქარე) (ბიტ/წმ) ინტერნეტის 1 მომხმარებელზე	962*216*	20		
4	კომპიუტერების მქონე ოჯახების წილი	100	20		
5	ინტერნეტთან წევობის მქონე ოჯახების წილი	100	20		
ICT-ის გამოყენება				40	
6	ინტერნეტის მომხმარებელი პირების წილი	100	33		
7	ფიქსირებული (სადენიანი)-ფართოზოლოვანი აბონენტი 100 მოსახლეზე	60	33		
8	უკაბელო ფართოზოლოვანი კავშირი 100 მოსახლეზე	100	33	20	
ICT-ის შესაძლებლობები					
9	ზრდასრულთა (15 წლის და მეტი ასაკის) განათლების კოეფიციენტი (ხვედრითი წილი %)	100	33		
10	საშუალო სკოლებში რეგისტრირებული, დარჩენილი მოსწავლეების (ხვედრითი წილი %)	100	33	20	
11	უმაღლეს სასწავლებლებში რეგისტრირებული, მესამეული (ხვედრითი წილი %)	100	33		

IDI ინდექსის რიცხვობრივი მნიშვნელობის განსაზღვრის პროგრამული უზრუნველყოფის ალგორითმის ბლოკ-სქემა (ნახ. 1) მოიცავს მონაცემების შეტანის და დამუშავების ბლოკებს.



ნახ. 1. IDI ინდექსის რიცხვობრივი მნიშვნელობის განსაზღვრის პროგრამული უზრუნველყოფის ალგორითმის ბლოკ-სქემა

ნახ.2 ბელოკ-სქემა პირველი ბლოკის შესაბამისი ცხრილი

რევიონი	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2														
3		3 713.7	256.10	555 520	5 550 730	70 966	50	45	539579	541613	2230755	99.6	53.5	107
4	ს ა ქ ა რ თ ე ე ლ თ	1 108.9	76.47	325 431	-	-	78	76	292325	0	0	99.8	58.9	118
5	თბილისი	0.0	-	-	-	-	0	0	1	0	0	0	-	0
6	აფხაზეთის არ	334.3	23.05	35 341	-	-	58	52	42043	0	0	99.8	55.4	111
7	აჭარის არ	113.3	7.81	3 688	-	-	35	30	5334	0	0	99.8	50.0	100
8	ბურია	533.6	36.80	71 884	-	-	34	32	57204	0	0	99.6	53.0	106
9	იმერეთი	318.4	21.96	20 523	-	-	30	2825	23556	0	0	99	49.0	98
10	კახეთი	94.5	6.52	3 494	-	-	35	30	6621	0	0	99.8	47.0	94
11	მცხეთა-მთიანეთი													
12	რაჭა-ლეჩხუმი და ქვემო სვანეთი	32.0	2.21	347	-	-	34	32	731	0	0	99.6	48.0	96
13	სამეგრელო-ზემო სვანეთი	330.5	22.79	21 617	-	-	42	32	26021	0	0	99.7	50.0	100
14	სამცხე-ჯავახეთი	160.6	11.08	13 971	-	-	35	30	12481	0	0	99.8	50.0	100
15	ქვემო ქართლი	424.2	29.25	7 466	-	-	43	40	18306	0	0	99	49.5	99
16	შიდა ქართლი	263.4	18.16	51 758	-	-	41	31	54956	0	0	99.8	49.5	99

მონაცემების შეტანა ხდება ორ ბლოკში (I ბლოკი და II ბლოკი):

I ბლოკი - ინდიკატორების გამოთვლისთვის საჭირო საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სააგენტოს [3] და საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისიის მონაცემების [4] შეტანის ბლოკი.

II ბლოკი - ITU-ის ყოველწლიური მონაცემები ICT-ის განვითარების ინდექსის ინდიკატორების ეტალონური მნიშვნელობები და წონები (ცხრილიდან აღებული მონაცემები).

III ბლოკი - წარმოადგენს პროგრამულ ნაწილს, რომელშიც შესაბამისი ალგორითმების [5] მიხედვით ხდება გამოძავალი მნიშვნელობების გამოთვლა. იგი მოიცავს სამ ქვებლოკს:

III-ა ბლოკი - ხდება ინდიკატორების (I-1, ..., I-11) გამოთვლა;

III-ბ ბლოკი - სუბ-ინდექსებისა (ICT-ის წვდომის, ICT-ის გამოყენების, ICT-ის შესაძლებლობების) გამოთვლა;

III-გ და IDI ინდექსის რიცხვითი მნიშვნელობების გამოთვლა.

პირველი ბლოკის შესაბამისი მონაცემების შეტანა ხდება ნახ. 2-ზე მოცემულ ცხრილში. მათი დაჯგუფება შესაძლებელია სხვადასხვა სახით, მაგალითად, ქვეყნებად, რეგიონებად, ქალაქებად და ა.შ.

მეორე ბლოკის შესაბამისი ინფორმაციის შეტანა ხდება ნახ. 3-ზე ნაჩვენებ ცხრილში, რომელიც შეესაბამება ITU-ის ყოველწლიურ ანაგრიშებში მოცემულ ცხრილს.

ICT განვითარების ინდექსი: ინდიკატორები, ეტალონური მნიშვნელობები და წონები				ITU - ის მონაცემები		
ICT წვდომა, ICT access, Доступ к ИКТ	ეტალონური მნიშვნელობა	%		IDI	ICT Development Index	
1	ფიქსირებული სატელეფონო კავშირი 100 მოსახლეზე	60	20			40
2	მობილური სატელეფონო კავშირი 100 მოსახლეზე	120	20			
3	საერთაშორისო ინტერნეტ-ტრაფიკი (სიჩქარე) (მიტ/წმ) ინტერნეტის 1 მომხმარებელზე	962*216	20			
4	კომპიუტერების მქონე ოჯახების წილი	100	20			
5	ინტერნეტთან წვდომის მქონე ოჯახების წილი	100	20			
ICT გამოყენება, ICT use, Использование ИКТ	ეტალონური მნიშვნელობა	%				40
6	ინტერნეტის მომხმარებელი პირების წილი	100	33.33			
7	ფიქსირებული (სადენიანი)-ფართოზოლოვანი ამონეტი 100 მოსახლეზე	60	33.33			
8	უკაბელო ფართოზოლოვანი კავშირი 100 მოსახლეზე	100	33.33			
ICT შესაძლებლობები, ICT skills, Навыки в области ИКТ	ეტალონური მნიშვნელობა	%				20
9	ზრდასრულთა (15 წლის და მეტი ასაკის) განათლების კოეფიციენტი (ხვედრითი წილი %)	100	33.33			
10	სამუშაო სკოლებში რეგისტრირებული, მეორადი (ხვედრითი წილი %)	100	33.33			
11	უმაღლეს სასწავლებლებში რეგისტრირებული, მესამეული (ხვედრითი წილი %)	100	33.33			

ნახ.3 ბლოკ-სქემა მეორე ბლოკის შესაბამისი ცხრილი

B2 saqarTvelo

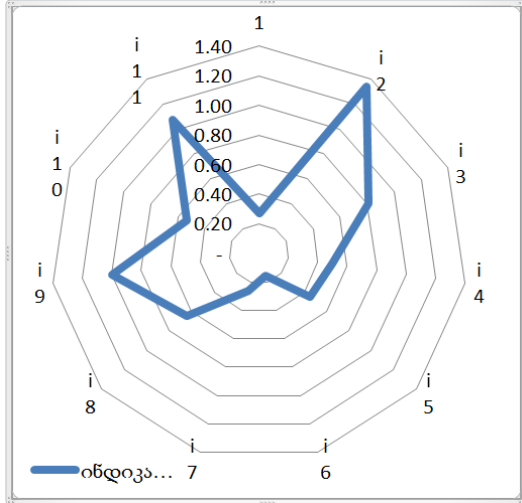
ICT განვითარების ინდექსი: ინდიკატორები, ეტალონური მნიშვნელობები და წონება  
 ICT Development Index: indicators, reference values and weights  
 Показатели Индекс развития ИКТ, эталонные значения и веса

**გადათვლა**

**ს ა ქ ა რ თ ვ ე ლ ო**

**2015 წელი**

	ინდიკატორები	სუბ-ინდექსები	ინდექსი				
<b>ICT წვდომა, ICT access, Доступ к ИКТ</b>							
1	ფიქსირებული სატელეფონო კავშირი 100 მოსახლეზე	16.07	0.27	0.54	6.736	2.694	5.84
2	მობილური სატელეფონო კავშირი 100 მოსახლეზე	160.54	1.34	2.68			
3	საერთაშორისო ინტერნეტ-ტრაფიკი (სიტ/წმ) ინტერნეტის 1 მომხმარებელზე	70 966	0.81	1.62			
4	კომპიუტერების მქონე ოჯახების წილი	50.00	0.50	1.00			
5	ინტერნეტთან წვდომის მქონე ოჯახების წილი	45.14	0.45	0.90			
<b>ICT გამოყენება, ICT use, Использование ИКТ</b>							
6	ინტერნეტის მომხმარებელი პირების წილი	15.61	0.16	0.52	3.541	1.416	
7	ფიქსირებული (სადენიანი)-ფართოზოლოვანი აბონენტი 100 მოსახლეზე	15.66	0.261	0.87			
8	უკაბელო ფართოზოლოვანი კავშირი 100 მოსახლეზე	64.52	0.65	2.15			
<b>ICT შესაძლებლობები, ICT skills, Навыки в области ИКТ</b>							
9	ზრდასრულთა (15 წლის და მეტი ასაკის) განათლების კოეფიციენტი (ხვედრიითი წილი %)	99.60	1.00	3.32	8.672	1.734	
10	საშუალო სკოლებში რეგისტრირებული, მეორადი (ხვედრიითი წილი %)	53.50	0.54	1.78			
11	უმაღლეს სასწავლებლებში რეგისტრირებული, მესამეული (ხვედრიითი წილი %)	107.10	1.07	3.57			



A B

ნახ. 4. გამომავალი ცხრილი, IDI-ის ინდიკატორების მნიშვნელობების ამსახველი დიაგრამა

ნახ. 4-ის A-მხარეს მოცემულია მონაცემების საბოლოო ცხრილი, რომელშიც არჩეული რეგიონალური დანაყოფისათვის, გადათვლის შემდეგ ხდება ინდიკატორების, სუბ-ინდექსებისა და ინდექსის პროგრამულად (ელექტრონულად) დაანგარიშებული მნიშვნელობების ავტომატურად ასახვა. აღნიშნულის შემდეგ ხორციელდება IDI-ის ინდიკატორების მნიშვნელობების ამსახველი დიაგრამის აგება (ნახ. 4-ის B-ზე).

ამრიგად, შემუშავებულია ICT-ის განვითარების ინდექსის გამოთვლის უნივერსალური პროგრამა, მოცემულია პროგრამული უზრუნველყოფის ბლოკ-სქემის

მუშაობის პრინციპი. პროგრამა საშუალებას იძლევა ოპერატიულად იქნას გამოთვლილი და შეფასებული ICT-ის განვითარების ინდექსის (IDI) პარამეტრები, როგორც მთელი ქვეყნის, ისე მისი რეგიონების მიხედვით.

#### ლიტერატურა

1. [Final Acts of the Plenipotentiary Conference \(Antalya, 2006\) - ITU](#), International Telecommunication Union.
2. [Measuring the Information Society Report 2015 - ITU](#), <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/misr2015/MISR2015-w5.pdf>.
3. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის ვებ-გვერდი <http://www.geostat.ge>.
4. საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისიის საიტი ვებ-გვერდი <http://gncc.ge>.
5. The ICT Development Index (IDI): conceptual framework and methodology <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis2015/methodology.aspx>.

#### SUMMARY

#### ELLECTRONIC CALCULATOR OF THE INFORMATON COMMUNICATION TECHNOLOGY DEVELOPMENT INDEX

**Tsikhistavi T.T. and Svanidze R.G.**  
**Georgian Technical University**

For assessment of the information communication technology (ICT) development index (IDI), it is essential to obtain and process timely the data. The paper deals with the development of software (electronic calculator) for computation of IDI. The schematic diagram of the algorithm and the principles of application of the software are given. The developed software allows computing, correlating and analyzing quickly the ICT indicators, subindices and indices of any country as well as of any administrative or geographical territorial unit.

**Keywords:** information communication technology, IDI, software.

**ბიტურ შეცდომათა ალბათობის (BER) შეფასება ბადაცემის ციფრულ ბოჭკოვან-  
ოპტიკურ სისტემაში**

როსტიაშვილი ნ.რ., ჩხაიძე მ.თ., სვანიძე რ.გ.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი**

რიგ შემთხვევაში გადაცემის ციფრულ ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემების (გცბოს) მიმღების გადამწყვეტ მოწყობილობაში ზღურბლის დონე ( $I_b$ ) განისაზღვრება, როგორც „1“ და „0“-ის დონეებს შორის სხვაობის ნახევარი. თუმცა ზღურბლის დონე დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, როგორებიცაა „1“-ის და „0“-ის დონეები, ბიტური სიმბოლოების დისპერსიების  $\sigma_0$ ,  $\sigma_1$  მნიშვნელობები. ვინაიდან, ნებისმიერი ციფრული სისტემის ხარისხის მაჩვენებელი ძირითადად განისაზღვრება Q-ფაქტორით, ამიტომ მნიშვნელოვანია განსაზღვროთ ბიტურ შეცდომათა ალბათობის კოეფიციენტის (BER) დამოკიდებულება ზღურბლის დონის ( $I_b$ ) მნიშვნელობის მიმართ.

ციფრული სისტემების მუშაობა ითვლება ნორმალურად მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ BER არ აღემატება მოცემულ შემთხვევაში გამოყენებული ციფრული სტანდარტით განსაზღვრულ დონეს. თანამედროვე კავშირის ოპტიკური ხაზები აიგება ისე, რომ დააკმაყოფილოს ნებისმიერი ქსელური სტანდარტი. ამის გამო, ასეთი ციფრული სისტემების დაპროექტების, ანგარიშისა და მშენებლობის დროს გაითვალისწინება საკმაოდ მკაცრი შეზღუდვა ბიტურ შეცდომათა ალბათობის კოეფიციენტის მიმართ (BER=10-9-დან BER=10-15-მდე).

გცბოს-ის ხარისხის შემცირებაზე მოქმედებს ისეთი ფაქტორები, როგორიცაა: დისპერსია (საშუალო კვადრატული გადახრა), არაწრფივი ეფექტები ოპტიკურ ბოჭკოში, ტაიმერების არასტაბილობა, პირობითი სპონტანური გამოსხივება და სხვა [1]. ამ ფაქტორების კუმულიანტური ზემოქმედება შეიძლება აღიწეროს ოთხი პარამეტრით: ციფრულ ხაზში გადაცემული „0“ და „1“ დონეებით, შესაბამისად,  $I_0$  და  $I_1$  და მათი საშუალო კვადრატული გადახრებით  $\sigma_0$  და  $\sigma_1$ . აქედან გამომდინარე, BER-ის განსაზღვრად საჭიროა ერთი მაჩვენებლის, კავშირის ხარისხის მაჩვენებლის Q-ფაქტორის განსაზღვრა, რომელიც იანგარიშება, როგორც:

$$BER = \frac{|I_1 - I_0|}{\sigma_1 + \sigma_0}$$

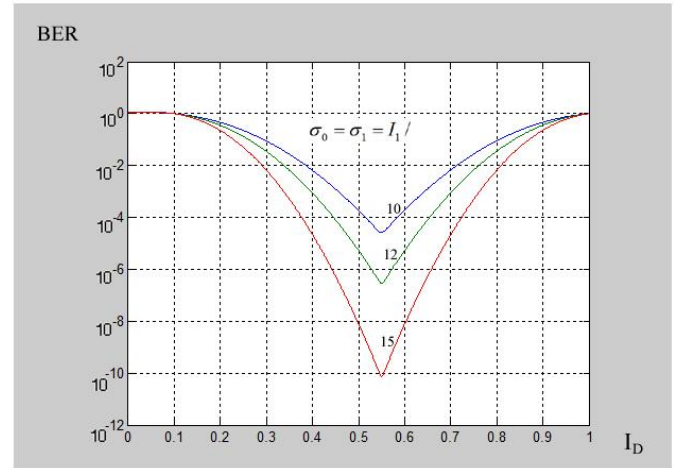
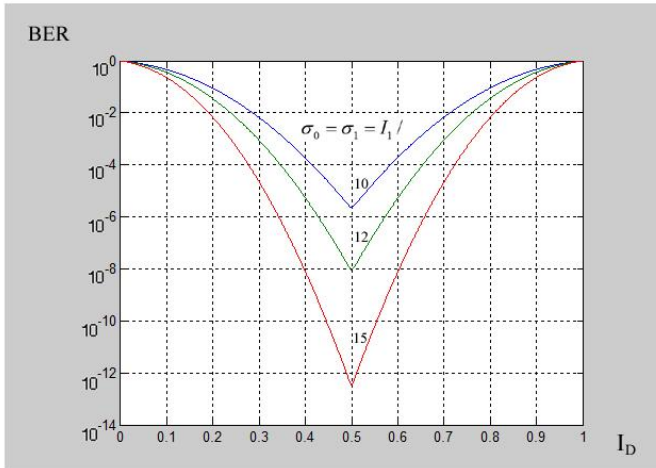
BER-ის მნიშვნელობასა და Q-ს მნიშვნელობას შორის არსებობს ასეთი დამოკიდებულება

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \frac{Q}{\sqrt{2}} \right) \approx \frac{1}{Q\sqrt{2}} \exp \left( -\frac{Q^2}{2} \right)$$

ქვემოთ მოყვანილია ფორმულა, რომლის მიხედვითაც გამოთვლილ იქნა ბიტურ შეცდომათა ალბათობის (BER) მნიშვნელობის დამოკიდებულება ზღურბლის დონის ( $I_b$ ) მნიშვნელობის მიმართ [2]:

$$BER = \frac{1}{4} \left[ \operatorname{erfc} \left( \frac{I_1 - I_D}{\sigma_1 \sqrt{2}} \right) + \operatorname{erfc} \left( \frac{I_D - I_0}{\sigma_0 \sqrt{2}} \right) \right]$$

ნახ. 1-15 წარმოდგენილია გრაფიკები  $BER=Y(I_D)$ , როდესაც ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები  $\sigma_0 = \sigma_1 = \frac{I_1}{10}; \frac{I_1}{12}; \frac{I_1}{15}$ , აგრეთვე  $\sigma_0$ -ის,  $\sigma_1$ -ის, „1“-ის ( $I_1$ ) და „0“-ის ( $I_0$ ) დონეების სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის.

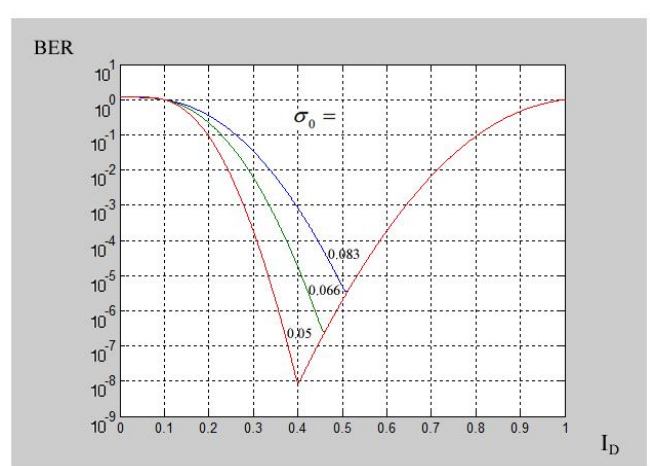
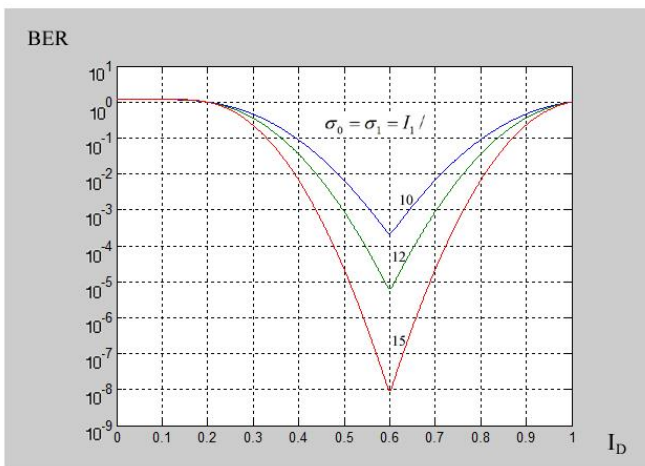


ნახ.1. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები

$$\sigma_0 = \sigma_1 = \frac{I_1}{10}; \frac{I_1}{12}; \frac{I_1}{15}, \text{ „1“-ის დონე } I_1=1, \text{ „0“-ის დონე } I_0=0$$

ნახ.2. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები

$$\sigma_0 = \sigma_1 = \frac{I_1}{10}; \frac{I_1}{12}; \frac{I_1}{15}, \text{ „1“-ის დონე } I_1=1, \text{ „0“-ის დონე } I_0=0,1$$

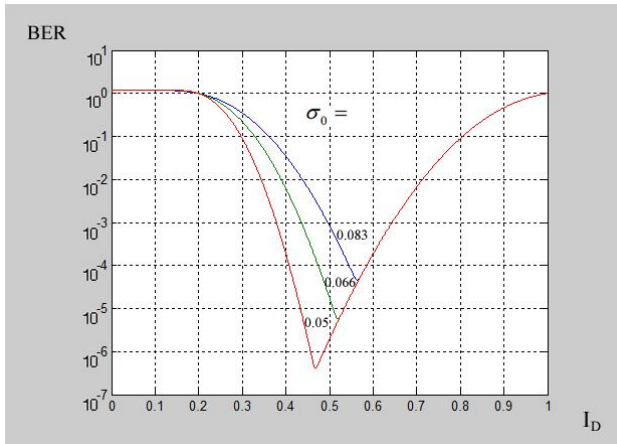


ნახ.3. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები

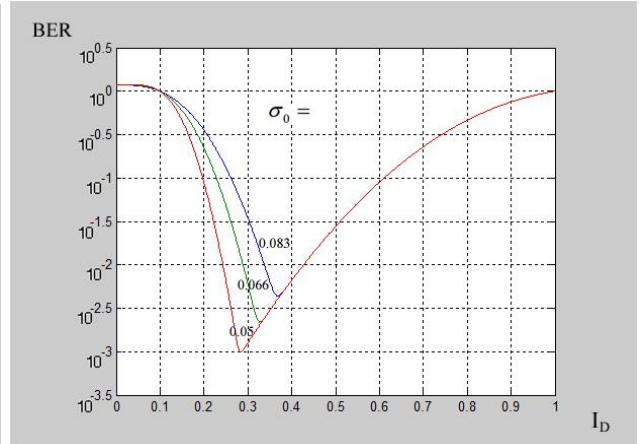
$$\sigma_0 = \sigma_1 = \frac{I_1}{10}; \frac{I_1}{12}; \frac{I_1}{15}, \text{ „1“-ის დონე } I_1=1, \text{ „0“-ის დონე } I_0=0,2$$

ნახ.4. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები

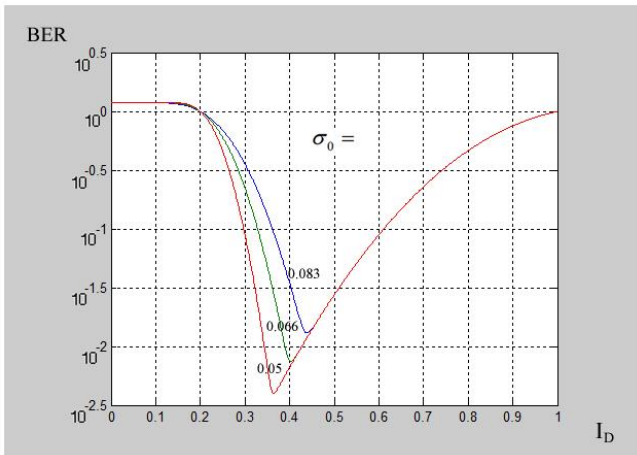
$$\sigma_0 = 0,05; 0,066; 0,083, \sigma_1 = 0,1 \text{ „1“-ის დონე } I_1=1, \text{ „0“-ის დონე } I_0=0,1$$



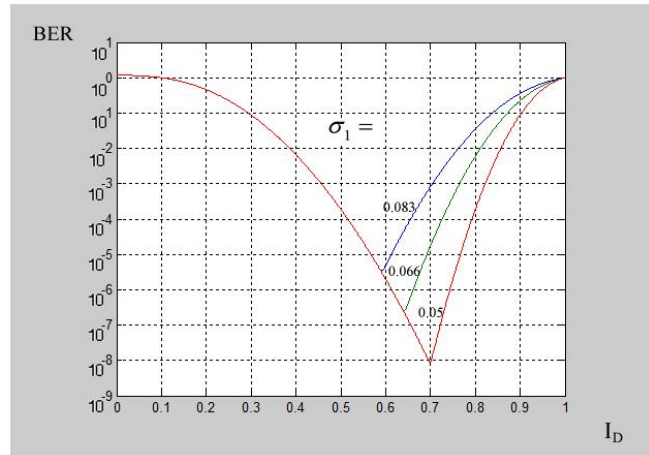
ნახ.5. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები  
 $\sigma_0 = 0,05; 0,066; 0,083, \sigma_1 = 0,1$  „1“-ის დონე  
 $I_1=1,$  „0“-ის დონე  $I_0=0,2$



ნახ.6. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები  
 $\sigma_0 = 0,05; 0,066; 0,083, \sigma_1 = 0,2$  „1“-ის დონე  
 $I_1=1,$  „0“-ის დონე  $I_0=0,1$

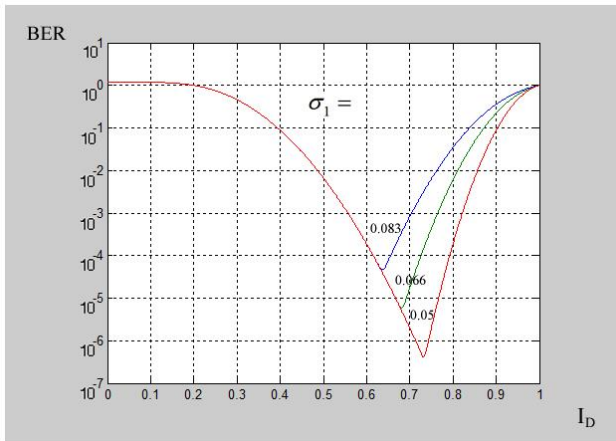


ნახ.7. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები  
 $\sigma_0 = 0,05; 0,066; 0,083, \sigma_1 = 0,2$  „1“-ის დონე  
 $I_1=1,$  „0“-ის დონე  $I_0=0,2$

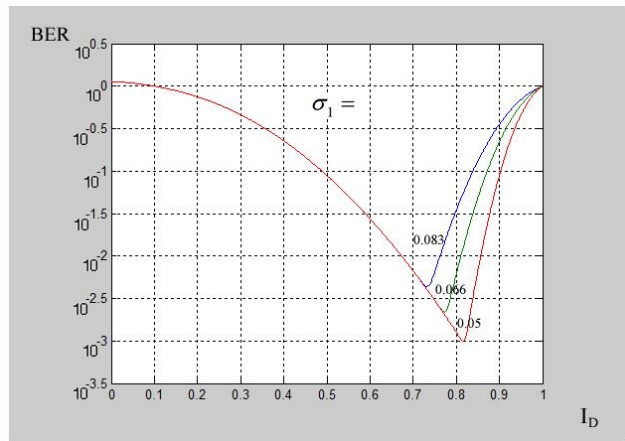


ნახ.8. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები  
 $\sigma_0 = 0,1; \sigma_1 = 0,05; 0,066; 0,083.$  „1“-ის დონე  
 $I_1=1,$  „0“-ის დონე  $I_0=0,1$

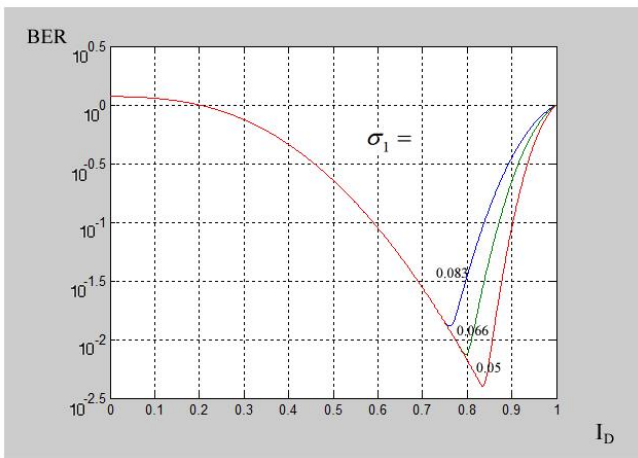




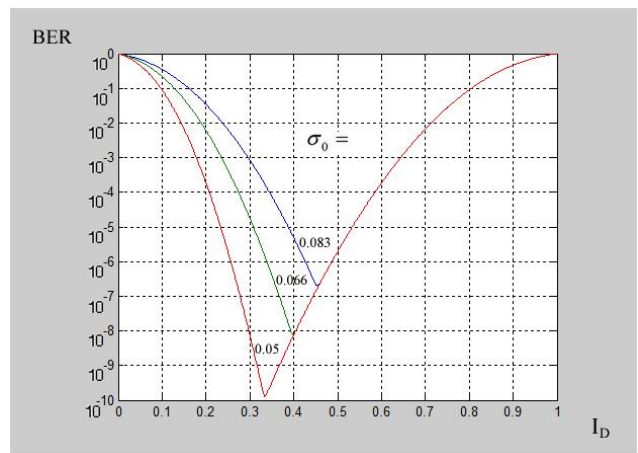
ნახ.9. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები  
 $\sigma_0 = 0, 1; \sigma_1 = 0, 05; 0, 066; 0, 083$ . „1“-ის დონე  
 $I_1 = 1$ , „0“-ის დონე  $I_0 = 0, 2$



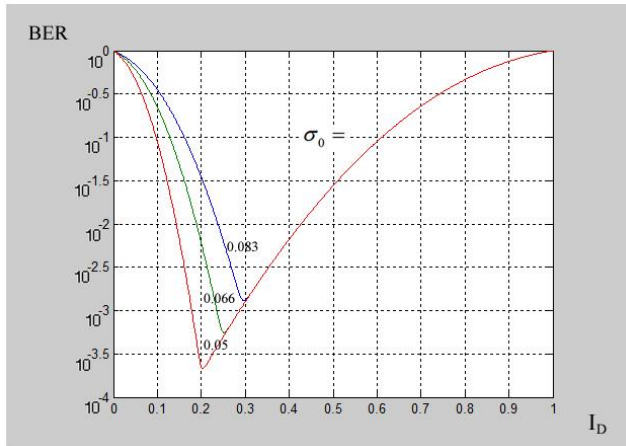
ნახ.10. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები  
 $\sigma_0 = 0, 2; \sigma_1 = 0, 05; 0, 066; 0, 083$ . „1“-ის დონე  
 $I_1 = 1$ , „0“-ის დონე  $I_0 = 0, 1$



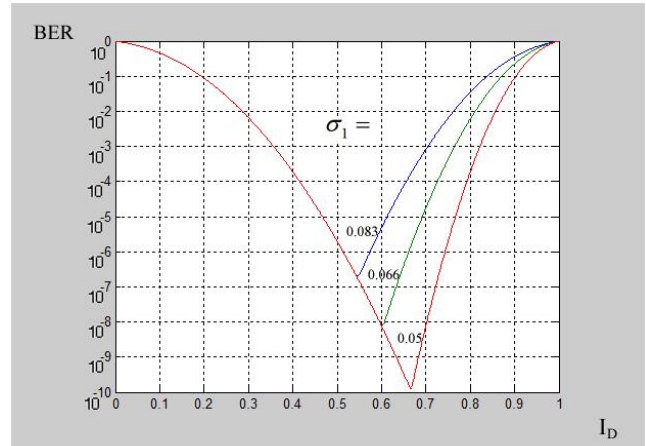
ნახ.11. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები  
 $\sigma_0 = 0, 2; \sigma_1 = 0, 05; 0, 066; 0, 083$ . „1“-ის დონე  
 $I_1 = 1$ , „0“-ის დონე  $I_0 = 0, 2$



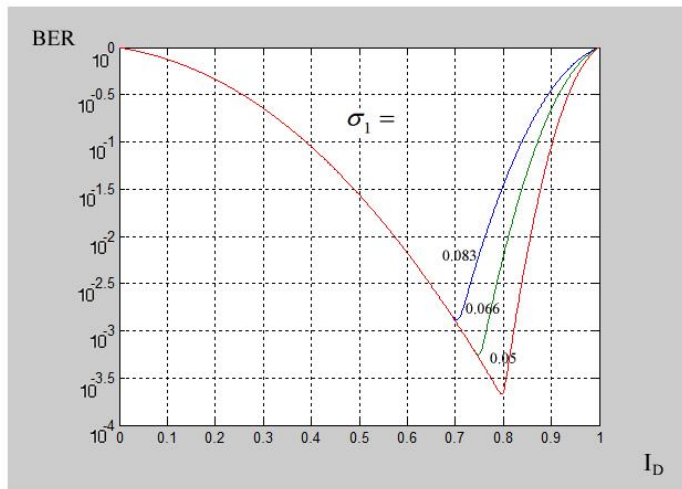
ნახ.12. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები  
 $\sigma_0 = 0, 05; 0, 066; 0, 083; \sigma_1 = 0, 1$ . „1“-ის დონე  
 $I_1 = 1$ , „0“-ის დონე  $I_0 = 0$



ნახ.13. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები  
 $\sigma_0 = 0,05; 0,066; 0,083; \sigma_1 = 0,2$ . „1“-ის დონე  
 $I_1=1$ , „0“-ის დონე  $I_0=0$



ნახ.14. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები  
 $\sigma_0 = 0,1; \sigma_1 = 0,05; 0,066; 0,083$ . „1“-ის დონე  
 $I_1=1$ , „0“-ის დონე  $I_0=0$



ნახ.15. ბიტური სიმბოლოების დისპერსიები  
 $\sigma_0 = 0,2; \sigma_1 = 0,05; 0,066; 0,083$ . „1“-ის დონე  $I_1=1$ , „0“-ის დონე  $I_0=0$

ამ დამოკიდებულებებიდან ჩანს, რომ, როდესაც, „1“ და „0“ დონეებს გააჩნიათ მაქსიმალური და მინიმალური შესაძლო მნიშვნელობები „1“-ის დონე  $I_1=1$ , „0“-ის დონე  $I_0=0$ , მაშინ, გადამწყვეტი მოწყობილობის ზღურბლის მნიშვნელობა  $I_D=0,5$ , ნებისმიერი დასაშვები მნიშვნელობის დროს (ნახ. 1), ამ შემთხვევაში BER-ს გააჩნია

სხვადასხვა მნიშვნელობები, კერძოდ,  $\sigma_0 = \sigma_1 = I_1/10$ , BER  $10^{-6}$ ;  $\sigma_0 = \sigma_1 = I_1/12$ , BER  $=10^{-8}$ ;  $\sigma_0 = \sigma_1 = I_1/15$ , BER  $10^{-12}$ .

როდესაც „1“ დონე უცვლელი რჩება, ხოლო „0“ დონე „0“-ზე მეტია  $I_0=0,1$ , მაშინ, ზღურბლის დონე  $\sigma_0 = \sigma_1$  სხვადასხვა მნიშვნელობების შემთხვევაში ინაცვლებს და  $I_D=0,55$ , ფარგლებშია. ამ შემთხვევაში BER-ის მნიშვნელობა იზრდება და იგივე სიდიდეების შემთხვევაში შესაბამისად არის BER  $\approx 10^{-4}$ ; BER  $\approx 10^{-6}$ ; BER  $\approx 10^{-10}$  (ნახ. 2).

გადამწვევტი მოწყობილობის ზღურბლის ზრდის კვალობაზე ( $I_D=0,6$ ) შეცდომათა ალბათობის მნიშვნელობა თანდათან მატულობს და შესაბამისად ხდება BER  $=10^{-3,5}$ ; BER  $=10^{-5}$ , BER  $=10^{-8}$  (ნახ. 3).

ბიტური სიმბოლოების დისპერსიების სხვადასხვა მნიშვნელობების დროს  $\sigma_0 = 0,05; 0,066; 0,083$ ;  $\sigma_1 = 0,1; 0,2$ . ხოლო „1“-ის დონე  $I_1=1$  და „0“-ის დონე  $I_0=0,1; 0,2$ , ბიტურ შეცდომათა კოეფიციენტი მოქცეულია BER  $=10^{-2}-10^{-8}$  ფარგლებში, გადამწვევტი მოწყობილობის ზღურბლი კი  $I_D=0,3-0,45$ -მდე (ნახ.4 - 7).

თუ შევცვლით ბიტური სიმბოლოების დისპერსიების მნიშვნელობებს:  $\sigma_0 = 0,1; 0,2$ , ხოლო  $\sigma_1 = 0,05; 0,066; 0,083$  და „1“-ის და „0“-ის დონეს იგივე მნიშვნელობებს მივცემთ, ანუ „1“-ის დონე  $I_1=1$  და „0“-ის დონე  $I_0=0,1; 0,2$ , მაშინ ბიტურ შეცდომათა კოეფიციენტის სიდიდე დაახლოებით იგივე შუალედში იმერყეებს BER  $=10^{-2}-10^{-8}$ , გადამწვევტი მოწყობილობის ზღურბლი კი გაიზრდება და იქნება  $I = 0,7 - 0,85$  შუალედში (ნახ. 8 - 11).

როდესაც, „1“ და „0“ დონეებს გააჩნიათ მაქსიმალური და მინიმალური შესაძლო მნიშვნელობები „1“-ის დონე  $I_1=1$ , „0“-ის დონე  $I_0=0$ ,  $\sigma_0 = 0,05; 0,066; 0,083$  და  $\sigma_1$ -ს ვანიჭებთ მნიშვნელობებს 0,1 და 0,2, ვღებულობთ მკვეთრ განსხვავებას როგორც ბიტურ შეცდომათა კოეფიციენტებს ასევე გადამწვევტი მოწყობილობის ზღურბლების სიდიდეებს შორის. კერძოდ, როცა  $\sigma_1 = 0,1$ , BER  $10^{-7} - 10^{-10}$ ,  $I_D=0,32 - 0,45$ , ხოლო როცა  $\sigma_1 = 0,2$ , BER  $\approx 10^{-3} - 10^{-4}$ ,  $I_D=0,2 - 0,3$  (ნახ. 12 - 13).

ანალოგიური ხდება როდესაც „1“ და „0“ დონეებს გააჩნიათ მაქსიმალური და მინიმალური შესაძლო მნიშვნელობები „1“-ის დონე  $I_1=1$ , „0“-ის დონე  $I_0=0$ ,  $\sigma_1 = 0,05; 0,066; 0,083$  და  $\sigma_0$ -ს ვანიჭებთ მნიშვნელობებს 0,1 და 0,2, ვღებულობთ, როცა  $\sigma_0 = 0,1$ , BER  $\approx 10^{-7} - 10^{-10}$ ,  $I_D=0,55 - 0,68$ , ხოლო როცა  $\sigma_0 = 0,2$ , BER  $\approx 10^{-3} - 10^{-3,5}$ ,  $I_D=0,7 - 0,8$  (ნახ. 14 - 15).

ამრიგად, დადგენილია დამოკიდებულებები გცბოს-ის მიმდების გადამწვევტი მოწყობილობაში ორობითი სიმბოლოების დონეების და შესაბამისი დისპერსიების სხვადასხვა მნიშვნელობებს შორის, რომელთა მიხედვითაც შესაძლებელია შევაფასოთ ციფრული სისტემის ხარისხის მაჩვენებელი Q-ფაქტორის (ბიტურ შეცდომათა კოეფიციენტის - BER) მნიშვნელობა.

#### ლიტერატურა

1. Оценка показателей ошибок цифровых линий передфчи. ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, 5/2002, стр, 22-25.
2. <https://www.youtube.com/watch?v=YAgdbIqV6VQ>

#### SUMMARY

#### ASSESSMENT OF THE BIT ERROR RATE (BER) IN FIBER OPTIC DIGITAL TRANSMISSION SYSTEMS

Rostiashvili N.R., Chkhaidze M.T. and Svanidze R.G.

Georgian Technical University

The paper deals with the assessment of the bit error rate (BER) in fiber optic transmission systems. The Q-factor for different values of the symbol rate and dispersion of binary signals was determined. The regularity of BER variation was determined.

**Keywords:** bit error rate, Q-factor, binary signal, digital transmission, fiber optic communications.

ლაბორატორიული მონაცემების სტატისტიკური დამუშავებისა და ანალიზის ზოგადი მეთოდი. ნაწილი I.

ბუაძე ტ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. მეცნიერების სხვადასხვა დარგში წარმოებული კვლევებისას შესაბამის ლაბორატორიებში ჩატარებული დაკვირვებებით მოპოვებული სტატისტიკური მონაცემების დამუშავების, ანალიზისა და პროგნოზირების, ერთიანი სტატისტიკური კონცეფციის შემუშავებას დიდი მნიშვნელობა აქვს, როგორც თეორიული ისე პრაქტიკული მიმართულებით. შემდგომში იგი ასახვას პოულობს აღნიშნული მიმართულებით დაწერილ სამეცნიერო ნაშრომებში, სათანადო პროგნოზირებისა და პრაქტიკული რეკომენდაციების შემუშავების პროცესში.

ლაბორატორიული სტატისტიკური მონაცემების მოპოვების, დამუშავების, ანალიზისა და პროგნოზირების, ერთიანი ზოგადი სტატისტიკური მეთოდის შემუშავებისთვის ძალზედ ხელსაყრელი ობიექტია სხვადასხვა მიმართულებით. სამედიცინო ლაბორატორიებში (სამედიცინო დარგების მიხედვით) წარმოებული კვლევებით მიღებული სტატისტიკური მონაცემები. ამ მხრივ ჩვენთვის მოსახერხებელი აღმოჩნდა ჰემატოლოგიის ინსტიტუტის (ამჟამად მედიცინის ჰემატოლოგია) დონორთა სისხლში ჰემოგლობინის კონცენტრაციის დადგენისათვის (H G B გ/ლ) კლინიკო-დიაგნოსტიკურ ლაბორატორიაში ჩატარებული კვლევების სტატისტიკური მონაცემები. კვლევის პროცესში დიდი დახმარება გაავიწია ინსტიტუტის დირექტორმა მედიცინ. მეცნ. დოქტორმა, პროფესორმა მარინა აბაშიძემ. მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორებმა: ნანა ლოლაშვილმა, ადა კიკნაძემ, დარეჯან ნებიერიძემ, გიორგი ხიხაძემ, ციცო ოშიაძემ, ქალბატონმა ციცო ბაღათურიამ და სტუდენტმა თ. ხვედელიძემ, რისთვისაც მათ დიდ მადლობას ვუხდით. ქართველი მედიკოსების დაინტერესება მედიცინაში ალბათურ-სტატისტიკური კვლევების მიმართულებით აშკარად გამოხატულია და ქართველი მედიკოსების მაღალ კვალიფიკაციაზე მიანიშნებს.

სამედიცინო-ბიოლოგიური სტატისტიკის საფუძვლების ცოდნა და მისი გამოყენება კლინიკო-ლაბორატორიული მონაცემების სტატისტიკური დამუშავებისა და ანალიზის პროცესში არსებით როლს თამაშობს სამედიცინო პარამეტრებს შორის არსებული კანონზომიერებების პროგნოზირების საქმეში.

წინამდებარე ნაშრომში განიხილება კლინიკო-ლაბორატორიული სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებისა და ანალიზის ძირითადი ასპექტები. წარმოდგენილია და აღწერილია სტიუდენტის t-კრიტერიუმის გათვლის მაგალითი, სისხლში ჰემოგლობინის კონცენტრაციის მაჩვენებლის სხვადასხვა ფაქტორებზე დამოკიდებულების განსაზღვრისათვის.

2. განვიხილოთ წინამდებარე ნაშრომი. ვთქვათ, მოვიპოვეთ ლაბორატორიულ-სტატისტიკური მონაცემები, შემდეგ? ვპასუხობთ: შემდეგ ჩნდება პოპულაციის სხვადასხვა მახასიათებლების ერთმანეთთან შედარების იდეა, მაგრამ რა რას უნდა შევადაროთ? ამ საკითხებს ქვემოთ განვიხილავთ. წინასწარ აღვნიშნავთ, რომ სტატიაში ვერ შევძლებთ გადმოვცეთ ამომწურავი ინფორმაცია სტატისტიკური ანალიზის მეთოდების შესახებ. სპეციალისტებს კი, რომლებიც სამედიცინო დარგში ალბათურ-სტატისტიკური ანალიზით დაინტერესდებიან, შეგვიძლია ვურჩიოთ გაეცნონ კალიფორნიის სამედიცინო უნივერსიტეტის დოქტორის ს.გლანცის ნაშრომს [1].

შევეცდებით ეტაპობრივად გადმოვცეთ ჩვენ წინაშე დასმული ამოცანები.

I ეტაპი: მონაცემთა აღწერა

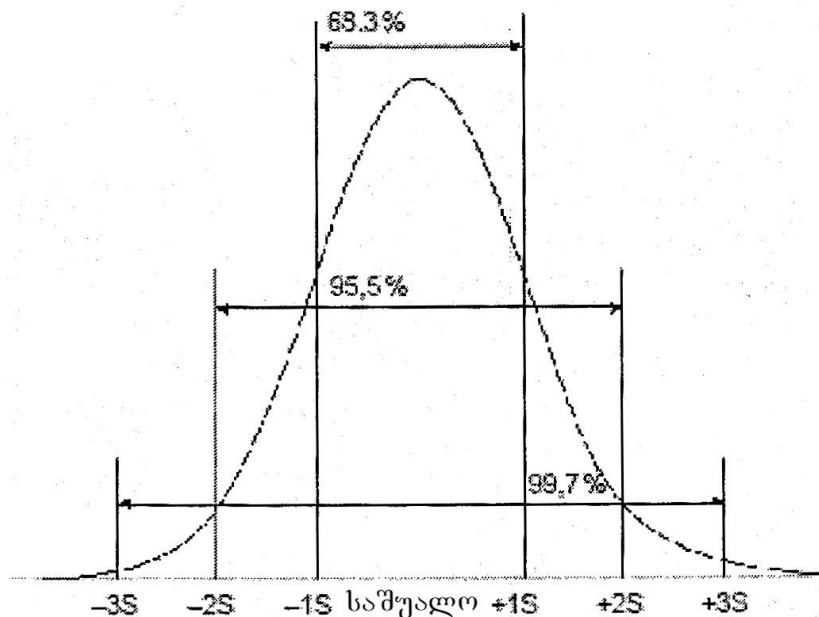
უმრავლეს შემთხვევაში სტატისტიკური ანალიზის ძირითად ამოცანას წარმოადგენს:

1. მონაცემთა ჯგუფების აღწერა განაწილების პარამეტრების დათვლით [3,4].

2. მონაცემთა სხვადასხვა ჯგუფების შედარება განაწილების პარამეტრების გათვალისწინებით [2,4].

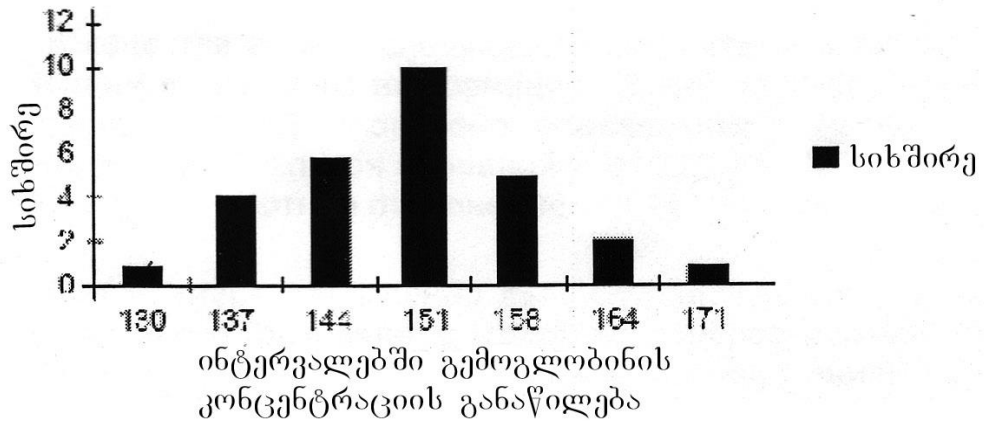
მონაცემთა კომპაქტურ აღწერას ახდენს აღწერითი სტატისტიკა, რომლის ფუნდამენტში ჩადებულია „ნორმალური (გაუსის) განაწილება“ [2]. ცენტრალური ზღვარითი თეორემა წარმატებულად ახსნის იმ ფაქტს, რომ პოპულაციის შესასწავლი ნიშანთვისების ნორმალური განაწილება ძალზედ გავრცელებულია პრაქტიკაში. ვთქვათ რაიმე სიდიდე, დავარქვათ მას  $X$  ცვლადი, მაგალითად ჰემოგლობინის კონცენტრაცია სისხლში, თავისივე საშუალო მნიშვნელობისაგან გადახრება (გაიფანტება) მრავალი სუსტი, ერთმანეთისგან დამოუკიდებელი ფაქტორების ზეგავლენით, როგორცაა რკინისა და კალციუმის მატება ან კლება ორგანიზმში, ერთროციტების ინტენსივობა, ერთროციტების სიცოცხლისუნარიანობა და ა.შ. უმრავლეს შემთხვევაში  $X$  შემთხვევითი სიდიდის ალბათობების განაწილება ემორჩილება ნორმალური განაწილების კანონს.

ასე რომ, თუ შესასწავლი მნიშვნელობები ხშირად (უპირატესად) ახლოს არიან თავისივე საშუალო მნიშვნელობასთან, როგორც მეტობით, ისე ნაკლებობით ტოლი გადახრის ალბათობებით, მაშინ განაწილებას ნორმალური (გაუსის) განაწილების სახე აქვს. (ნახ.1.)



ნახ. 1. გაუსის განაწილება

შესასწავლი ნიშანთვისების, კერძოდ, დონორთა სისხლში ჰემოგლობინის კონცენტრაციის ალბათური განაწილების (კერძოდ, ამ შემთხვევაში ნორმალურობის) საჩვენებლად, პირველ რიგში, უნდა აიგოს ლაბორატორიაში მოპოვებული სტატისტიკური მონაცემების სისშირეთა ან ფარდობით სისშირეთა განაწილების ჰისტოგრამა. ნორმალურობის შემთხვევაში ამ ჰისტოგრამას აქვს სახე (ნახ. 2.).



ნახ. 2. ჰემოგლობინის კონცენტრაციის განაწილება

შენიშვნა: - ნორმალური განაწილების სიმკვრივის უწყვეტ მრუდს აქვს ზარისებური ფორმა, რაც ნათლად ჩანს ნახ. 1-ზე. ანალოგიური ფორმა ექნება აგებული მართკუთხედების ზედა გვერდების შუა წერტილების შეერთების მიხედვით აგებულ უწყვეტ მრუდსაც, თუმცა უწყვეტობის მისათითებლად აუცილებელია იგივე სიხშირეთა, ან ფარდობით სიხშირეთა ტოლი სიმაღლის შესაბამისი მართკუთხედების ფუძეების მიხედვით პორიზონტალურ დერძზე ინტეგრალებად დაყოფის წერტილების შესაბამისად ერთმანეთზე გადაბმულად, მიდგმულად აგება.

ნორმალური განაწილება ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი განაწილებაა. ამასთან იგი შეიძლება სრულად აღიწეროს თუ ცნობილია განაწილების საშუალო  $\mu$  და სტანდარტული გადახრა  $\sigma$ , მედიანა, მოდა ასიმეტრიისა და ექსცესის კოეფიციენტები.

რეალური პოპულაციისათვის მონაცემები ხშირად არაა ისე განაწილებული, რომ განაწილება იყოს ზუსტად ნორმალური. ასეთ შემთხვევაში შესაძლებელია დავეუშვათ, რომ პოპულაციის მონაცემებს აქვთ მიახლოებით ნორმალური განაწილება.

საჭიროა სტატისტიკური მონაცემების სიხშირეთა ჰისტოგრამის მიხედვით და დამატებითი კვლევების საფუძველზე, ცნობილი თეორიული მოსაზრებებიდან გამომდინარე, მოხდეს ნორმალურობის დადგენა. პირველ რიგში, უნდა შემოწმდეს ნახ. 1-ის მიხედვით პორიზონტალურ დერძზე მითითებული საშუალოდან გადახრის შუალედებისათვის დადგინდეს ამ შუალედებში მოხვედრილი სტატისტიკური მონაცემების პროცენტული რაოდენობები ემთხვევა თუ არა ნახაზზე მითითებულ მნიშვნელობებს. ამის გარდა, სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით უნდა გამოითვალოს და შეფასდეს განაწილების სხვადასხვა რიცხვითი მახასიათებლები: ნორმალური განაწილების აღსაწერად ვიყენებთ ისეთ პარამეტრებს, როგორებიცაა M - საშუალო

მნიშვნელობა,  $M = \frac{\sum x}{n}$ ; S - სტანდარტული გადახრა  $S = \sqrt{\frac{\sum (X - M)^2}{n - 1}}$ ; A - ასიმეტრიის

კოეფიციენტი,  $A_s = \frac{\frac{1}{n} * \sum (X - M)^3}{S^3}$ ;  $E_x$  - ექსცესი. უნდა შემოწმდეს

$E_s = \frac{\frac{1}{n} * \sum (X - M)^4}{S^4}$ , აკმაყოფილებენ თუ არა ეს მახასიათებლები ნორმალურობის პირობებს.

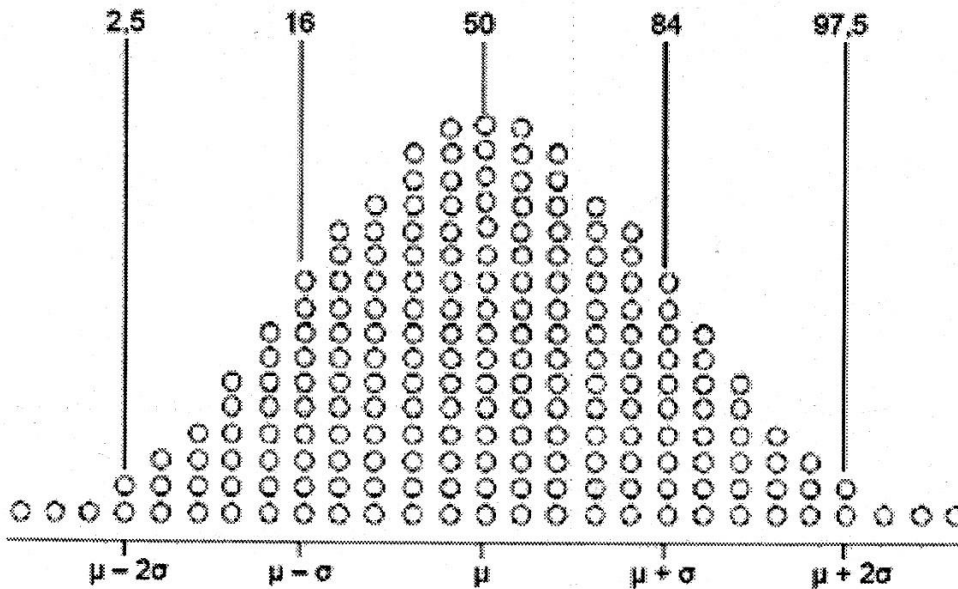
მონაცემთა „ნორმალურობის“ ჰიპოთეზის შემოწმებას შემდგომში განვიხილავთ.

მიღებულია, რომ გამოთვლილი პარამეტრები ჩაიწეროს შემდეგი ფორმით:  $M \pm S$  (გ/ლ) განზომილების მიწერით. სისხლში ჰემოგლობინის კონცენტრაციის დონე იზომება (გ/ლ)-ში.

შემდგომში „ფრთხილად“ გადავდივართ პრაქტიკულ მოღვაწეობაზე. ამოვიწერეთ ლაბორატორიული ჟურნალიდან რეალური სტატისტიკური მონაცემები. კერძოდ, ჰემატოლოგიის ინსტიტუტის” 40 ზრდასრული დონორი მამაკაცის (ცხრ. 1) და 30 ზრდასრული დონორი ქალის (ცხრ. 2) სისხლში ჰემოგლობინის კონცენტრაციის გაზომვის შედეგები. მეთოდოლოგიურად სახეზეა პოპულაციიდან სხვადასხვა მოცულობიანი შემთხვევითი შერჩევა. გარკვეული მოსაზრებებიდან გამომდინარე, ჰემატოლოგიის ინსტიტუტის კლინიკური ლაბორატორიის ჟურნალიდან ამოვიწერეთ და განვიხილეთ 2011 წლის 10,23 მარტის და 27 მაისის დონაციის მონაცემები და სისხლში ჰემოგლობინის კონცენტრაციის მაჩვენებლის სტატისტიკური მონაცემები ერთდროულად ავიღეთ შემთხვევითი შერჩევის პრინციპით პოპულაციის დონორთა ორი ჯგუფისათვის. ცალკე მამაკაცებისათვის და ცალკე ქალებისათვის. შევადგინეთ გათვლებისათვის საჭირო სამუშაო ცხრილები: (ცხრ. 1 და 2).

ამასთან, ნორმალურად განაწილების შესამოწმებლად უნდა განვიხილოთ საშუალოდან გადახრის სტანდარტულ ინტერვალებში მონაცემთა სიხშირეების პროცენტული განაწილებები. ვიკვლევთ შეესაბამება თუ არა ნორმალური განაწილებისათვის დამახასიათებელ მითითებულ ინტერვალებში სტატისტიკურ მონაცემთა სიხშირეების განაწილების შემდეგ პროცენტულ მაჩვენებლებს:  $[M-S; M+S]$ -ში 68,3%;  $[M-2S; M+2S]$ -ში – 95,5%,  $[M-3S; M+3S]$ -ში – 99,7%.

პროცენტილები



ნახ. 3. შეთანხმება პროცენტილებსა და საშუალო მნიშვნელობიდან სტანდარტული გადახრის რიცხვებს შორის

განაწილების პარამეტრების გამოთვლის ალგორითმი

ცხრილი 1. საშუალო მნიშვნელობისა და სტანდარტული გადახრის, ასიმეტრიისა და ექსცესის კოეფიციენტების გამოთვლა დონორ მამაკაცთა პოპულაციისათვის

№	X	(X-M)	(X-M) <sup>2</sup>	(X-M) <sup>3</sup>	(X-M) <sup>4</sup>
1	143	1	1	1	1
2	134	-8	64	-512	4096
3	128	-14	196	-2744	38416
4	146	4	16	64	256
5	142	0	0	0	0
6	142	0	0	0	0
7	141	-2	4	-8	16
8	146	4	16	64	256
9	133	-9	81	-729	6561
10	139	-3	9	-27	81
11	157		225	3375	50625
12	143	1	1	1	1
13	140	-2	4	8	16
14	125	-17	289	-4913	83521
15	150	8	64	512	4096
16	131	-11	121	-1331	14641
17	146	4	16	64	256
18	152	10	100	1000	10000
19	149	7	49	343	2401
20	139	-3	9	-27	81
21	131	-11	121	-1331	14641
22	154	12	44	1728	1936
23	137	-5	25	-125	625
24	131	-11	121	-1331	14641
25	149	7	49	343	2401
26	148	6	36	216	1296
27	160	18	324	5832	104976
28	144	2	4	8	16
29	146	4	16	64	256
30	139	-3	9	-27	81
31	165	20	400	8000	160000
32	162	17	289	4913	83521
33	160	15	225	3375	50625
34	160	15	225	3375	50625
35	159	14	196	2744	38416
36	157	12	144	1728	20736
37	158	13	169	2197	28561
38	140	-5	25	-125	625
39	127	-18	224	-5832	104976
40	130	-15	225	-3375	50625



ცხრილი 2. საშუალო მნიშვნელობისა და სტანდარტული გადახრის, ასიმეტრიისა და ექსცესის კოეფიციენტების გამოთვლა დონორ ქალთა პოპულაციისათვის

N <sup>o</sup>	X	(X-M)	(X-M) <sup>2</sup>	(X-M) <sup>3</sup>	(X-M) <sup>4</sup>
1	138	1	1	1	1
2	129	-8	64	-512	4096
3	123	-14	196	-2744	38416
4	141	4	16	64	256
5	137	0	0	0	0
6	137	0	0	0	0
7	135	-3	4	-8	16
8	141	4	16	64	256
9	128	-9	81	-729	6561
10	134	-3	9	-27	81
11	152	15	225	3375	50625
12	138	-1	1	1	1
13	135	-2	4	8	16
14	120	-17	289	-4913	83521
15	145	8	64	512	4096
16	126	-11	121	-1331	14641
17	141	4	16	64	256
18	147	10	100	1000	10000
19	144	7	49	343	2401
20	134	-3	9	-27	81
21	126	-11	121	-1331	14641
22	149	12	144	1728	1936
23	132	-5	25	-125	625
24	126	-11	121	-1331	14641
25	144	7	49	343	2401
26	143	6	36	216	1296
27	155	18	324	5832	104976
28	139	2	4	8	16
29	141	4	16	64	256
30	134	-3	9	-27	81

- ნედლი მონაცემები ჩაწერეთ ცხრ. 1 და 2-ის მეორე ძირითად სვეტში.
- პირველ სვეტში ნედლ მონაცემთა რიგითი ნომრებია მათი ურნალში ჩაწერის თანმიმდევრობის მიხედვით

- თავდაპირველად, მოცემული მონაცემების მიხედვით გამოვთვალოთ (ცხრ. 1-სთვის):

ნაბიჯი 1. მონაცემთა საერთო ჯამი  $\sum x = 5802,8$

ნაბიჯი 2. მონაცემთა მოცულობა  $N=40$

ნაბიჯი 3. არითმეტიკული საშუალო ფორმულით  $M = \frac{\sum x}{n}$ . მივიღეთ, რომ  $M=145,07$ .

- სტატისტიკაში ცნობილია დებულება: შერჩევითი საშუალო (მონაცემთა საშუალო) წარმოადგენს პოპულაციის  $\mu$  საშუალოსათვის ჩაუნაცვლებელ წერტილოვან შეფასებას. ჩაუნაცვლებლობის პირობა შეფასების „სიკარგეს“ ნიშნავს.

ნაბიჯი 4. ცხრილის მესამე სვეტში ჩაწერეთ მონაცემთა საშუალოდან თითოეული მონაცემის გადახრის მნიშვნელობებს  $X-M$ .

ნაბიჯი 5. ცხრილი 1-ის მე-4 სვეტში ჩაწერეთ მიღებული გადახრების კვადრატები  $(X - M)^2$ .

ნაბიჯი 6. გამოვთვალოთ შესწორებული სტანდარტული გადახრა, შესწორებული საშუალო კვადრატული გადახრა ფორმულით:  $S = \sqrt{\frac{\sum (X - M)^2}{n - 1}}$ , რადგან სტატისტიკურ ლიტერატურაში ცნობილია დებულება იმის შესახებ, რომ სწორედ შერჩევის (მონაცემთა) შესწორებული სტანდარტული გადახრა წარმოადგენს თეორიული სტანდარტული გადახრის „კარგ“ შეფასებას და არა სტანდარტული გადახრა. მივიღეთ  $S = 11,0160$

ნაბიჯი 7. სტანდარტული გადახრის ცდომილება აღინიშნება  $m$ -ით და გამოვთვალოთ ფორმულით:  $m_1 = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{11,0160}{6,32} = 1,74$

ნაბიჯი 8. გამოვთვალოთ მოდა მოდალური ინტერვალის მიხედვით  $Mo = 146$  და მედიანა  $Me = 145$ .

ნაბიჯი 9. გამოვთვალოთ შერჩევითი ასიმეტრიის კოეფიციენტი ფორმულით:  $A_S = \frac{\frac{1}{n} * \sum (X - M)^3}{S^3}$ ; მივიღეთ, რომ  $A_S = 0,2644$ .

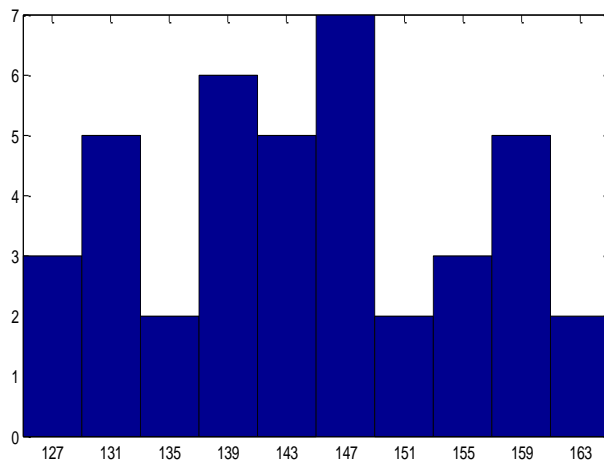
ნაბიჯი 10. გამოვთვალოთ შერჩევითი ექსცესის კოეფიციენტი ფორმულით:  $E_x = \frac{\frac{1}{n} * \sum (X - M)^4}{S^4}$ ; მივიღეთ, რომ  $E_x = 0,616$ .

სტატისტიკაში ცნობილია, რომ ნორმალური თეორიული განაწილების ასიმეტრია და ექსცესი ნულის ტოლია (ან მიახლოებით ნულია). ამ თეორიული მახასიათებლების შესაფასებლად გამოიყენება შერჩევის მიხედვით გამოთვლილი ასიმეტრია და ექსცესი.

ასიმეტრიისა და ექსცესის კოეფიციენტებით შეიძლება ნორმალულისგან განსხვავებული განაწილებების ან მიახლოებითი ნორმალური განაწილების გარკვეული აზრით დახასიათება, კერძოდ:

ა) ასიმეტრიის კოეფიციენტი გვიჩვენებს არის თუ არა განაწილება სიმეტრიული მათემატიკური ლოდინის მიმართ. დადებითი ასიმეტრია მიუთითებს, რომ განაწილების წირის „გრძელი ნაწილი“ მდებარეობს ამ მრუდის ლოგიკური მაქსიმუმის (მოდის) მარჯვნივ, ხოლო უარყოფითი ასიმეტრია მიუთითებს, რომ წირის „გრძელი ნაწილი“ მდებარეობს მრუდის მარცხნივ.

ბ) ექსცესის აზრი იმაში მდგომარეობს, რომ მისი საშუალებით შეიძლება შემთხვევითი სიდიდის განაწილების წირი შევადაროთ სტანდარტული, ნორმალური განაწილების წირს. თუ  $E_x > 0$ , შესაფასებელ განაწილების წირს ექნება ნორმალურზე უფრო მაღალი და მახვილი წვერო, ხოლო თუ  $E_x < 0$ , მაშინ განაწილების წირს აქვს ნორმალურზე უფრო დაბალი და ბლაგვი წვერო. დონორ მამაკაცთა ჯგუფისათვის სისხლში ჰემოგლობინის კონცენტრაციის სიხშირეთა განაწილების ჰისტოგრამას აქვს შემდეგი სახე:



ნახ. 4. კრიტიკულ ინტერვალებში მონაცემთა პროცენტული რაოდენობა მამაკაც დონორთა პოპულაციისათვის

[M-S; M+S]; [134,054; 156,08], ანუ [134;156] 57,5%

[M-2S; M+2S]; [123,03; 167,102], ანუ [123;167] 100%

[M-3S; X+3S]; [112,02; 178,11] 100%

განაწილების მრუდის სახე დაახლოებით ნორმალურია, მაღლაა გაწეილი, ასიმეტრიული მარცხნივ.

დონორ ქალთა ჯგუფისათვის იგივე მეთოდიკით ჩატარებული სტატისტიკური ანალიზი გამოიყურება შემდეგნაირად:

1. მონაცემთა საერთო ჯამი  $\sum x = 4134$

2. მონაცემთა მოცულობა  $N=30$

3. არითმეტიკული საშუალო გამოვთვალეთ ფორმულით  $M = \frac{\sum x}{n}$ . მივიღეთ, რომ

$M=137,8$

ცხრილის მესამე სვეტში ჩავწერეთ მონაცემთა საშუალოდან თითოეული მონაცემის გადახრის მნიშვნელობებს  $X-M$ .

4. ცხრილი 2-ის მომდევნო მე-4 სვეტში ჩავწერეთ მიღებული გადახრების კვადრატები  $(X-M)^2$ .

5. გამოვთვალეთ შესწორებული სტანდარტული გადახრა (შესწორებული საშუალო

კვადრატული გადახრა) ფორმულით:  $S = \sqrt{\frac{\sum (X-M)^2}{n-1}}$ , მივიღეთ  $S=8,54$

6. სტანდარტული გადახრის ცლომილება აღვნიშნოთ  $m_2$ -ით და გამოვთვალეთ

ფორმულით:  $m_2 = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{8,54}{5,47} = 1,56$

7. გამოვთვალეთ მოდა, მოდალური ინტერვალის მიხედვით  $Mo=141$  და მედიანა  $Me=137,5$

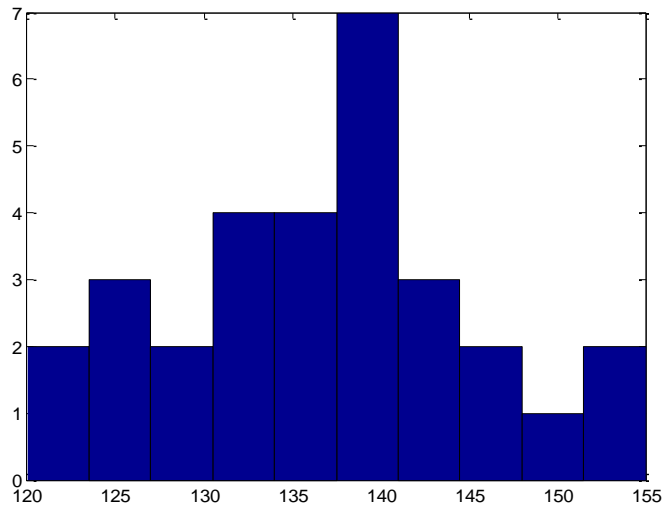
8. გამოვთვალეთ შერჩევითი ასიმეტრიის კოეფიციენტი ფორმულით:

$A_S = \frac{\frac{1}{n} * \sum (X-M)^3}{S^3}$ ; მივიღეთ, რომ  $A_S=0,027$

9. გამოვთვალოთ შერჩევითი ექსცესის კოეფიციენტი ფორმულით:  $E_x = \frac{1}{n} \sum (X - M)^4$  ;

მივიღოთ, რომ  $E_x = 0,64$

დონორ ქალთა ჯგუფისათვის სისხლში ჰემოგლობინის კონცენტრაციის სისშირეთა განაწილების ჰისტოგრამას აქვს შემდეგი სახე:



ნახ.5. კრიტიკულ ინტერვალებში მონაცემთა პროცენტული რაოდენობა ქალ დონორთა პოპულაციისათვის:

[M-S; M+S]; [128,96; 146,34], ანუ [129-146] 66,6%

[M-2S; M+2S]; [120,72; 154,8], [121;155] 93,3%

[M-3S; X+3S]; [112,18; 163,42] 100%

განაწილება აშკარად ნორმალურია, სიმკვრივის წირის გრძელი ნაწილი არის, მოდის მარჯვნივ.

## II. სტიუდენტის კრიტერიუმის გათვლა

ამრიგად, ჩვენ დავადგინეთ, რომ მოპოვებული მონაცემები დონორთა ორივე ჯგუფისათვის ნორმალური განაწილების შესატყვისია, ძირითად დაკვირვებათა რაოდენობა 40 და 30-ია.  $n \geq 30$ , ცნობილია, რომ ასეთ შემთხვევაში საქმე გვაქვს ნორმალურ და მიახლოებით ნორმალურ განაწილებებთან.

რა არის შემდეგი ნაბიჯი სტატისტიკურ ანალიზში? წინასწარ შევნიშნავთ, რომ საინტერესო ამოცანაა 2 ჯგუფის შედარება. გვაქვს ორი – დონორ მამაკაცთა და დონორ ქალთა პოპულაციიდან შემთხვევითი ამორჩევა, ანუ შემთხვევითი დაკვირვება ერთი და იმავე დღეებში და ერთი და იმავე პირობებში. მიღებულია სტატისტიკური მონაცემების 2 ჯგუფი.

სტატისტიკურ მონაცემთა ცხრ. 1 და 2-ის მიხედვით ერთი შეხედვით თითქოს ჩანს, რომ სისხლში ჰემოგლობინის კონცენტრაციის მაჩვენებელი  $x$  დონორ მამაკაცებში უმეტეს შემთხვევაში მეტია ვიდრე იგივე მაჩვენებელი  $y$  დონორ ქალთა პოპულაციაში, რაც ნიშნავს იმას, რომ ამ მაჩვენებლების სიდიდე დამოკიდებული ყოფილა გენდერზე ან თუნდაც სხვა ფაქტორებზე. რამდენად სწორია აღნიშნული დასკვნა (ჰიპოთეზა)? იქნებ ეს ასე არაა და ჭეშმარიტია ალტერნატიული ჰიპოთეზა, იმის შესახებ, რომ დონორთა ორი ჯგუფის სისხლში ჰემოგლობინის კონცენტრაციის მაჩვენებელი სულაც არაა დამოკიდებული გარეშე ფაქტორებზე, გენდერზე და ა.შ.

გვაქვს ორი ჰიპოთეზა. ნულოვანი ჰიპოთეზა: სისხლში ჰემოგლობინის კონცენტრაციის საშუალო მაჩვენებელი ზრდასრულ მამაკაცთა პოპულაციას და

იგივე ტიპის საშუალო მაჩვენებელი ზრდასრულ ქალთა პოპულაციას ტოლი აქვთ. საპირისპიროდ ალტერნატიული ჰიპოთეზისა: რომლის მიხედვითაც სისხლში ჰემოგლობინის კონცენტრაციის მაჩვენებელი დამოკიდებულია „გენდერზე“ ან სხვა ფაქტორებზე და ორივე პოპულაციისთვის საშუალო მაჩვენებელი განსხვავებულია. იმისათვის, რომ შევამოწმოთ ამ ორი დაშვებიდან რომელია სწორი და ორი ჯგუფის შედარებისათვის გამოვიყენოთ სტატისტიკურ კვლევებში ფართოდ გავრცელებული სტიუდენტის t კრიტერიუმი.

ვიხილავთ ორ დამოუკიდებელ, ნორმალურად განაწილებულ პოპულაციას უცნობი საშუალოებითა და განსხვავებული დისპერსიებით. პოპულაციის მოცულობები განსხვავებულია და თითოეული 29-ზე მეტია. ჩვენი ამოცანაა t კრიტერიუმის გამოყენებით შევამოწმოთ სხვადასხვა მოცულობის შემთხვევაში საშუალოების ტოლობის ჰიპოთეზის სამართლიანობა ალტერნატიული ჰიპოთეზის სანაცვლოდ, რის მიხედვითაც პოპულაციათა საშუალოები განსხვავებული რიცხვებია და სწორად შევაფასოთ მიღებული შედეგი.

სხვადასხვა მოცულობიანი შემთხვევითი შერჩევის შემთხვევაში სტიუდენტის კრიტერიუმს აქვს შემდეგი სახე:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

სადაც  $S^2$  დისპერსიის გაერთიანებული შეფასებაა ორი შერჩევისათვის:

$$S^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 - (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

გამოთვლების შედეგად ვღებულობთ:

$$S^2 = \frac{(40 - 1)11,016^2 - (30 - 1)8,54^2}{40 + 30 - 2} = 24,15$$

$$t = \frac{7,27}{\sqrt{0,6 + 0,8}} = \frac{7,27}{\sqrt{1,4}} = 6,16$$

შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ მივედით საშუალოდ ფინიშამდე. გამოვთვალოთ სტიუდენტის კრიტერიუმი,  $t = 6,16$ , მაგრამ ამის შემდეგ საჭირო იქნება სწორად ჩავატაროდ სტატისტიკური ანალიზი და შევაფასოთ მიღებული შედეგები, რაც შემდგომი სტატისტიკური კვლევების საფუძველი გახდება.

#### ლიტერატურა

1. Гланс С. Медико-биологическая статистика/Пер. С. Англ. Ю. А. Данилова -М., Практика, 1999, 459с.
2. გ. მანია. ალბათობის თეორია და მათემატიკური სტატისტიკა. –თბილისი, თსუ, 1976.
3. ტ. ბუაძე. ალწერთი სტატისტიკის, ალბათობის თეორიისა და მათემატიკური სტატისტიკის ელემენტები. -თბილისი, 2016, 272 გვ.
4. ქეთევან მანჯგალაძე, გრიგოლ სოხაძე, ომარ ფურთუხია. გამოყენებითი სტატისტიკის საფუძვლები. -თბილისი, თსუ, 2015, 343 გვ.

#### SUMMARY

#### GENERAL METHOD OF STATISTICAL PROCESSING AND ANALYSIS OF THE LABORATORY DATA. PART I.

Buadze T.G.

Georgian Technical University

The paper discusses the clinical and laboratory data processing and analysis of the main aspects; t- criteria to calculate different groups of donors' blood hemoglobin level gender attitude.

**Keywords:** statistical data, arithmetic mean, standard deviation, Gauss normal distribution, student's t- criteria.

## СЛЕДЯЩИЕ СИСТЕМЫ С НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ УСИЛИТЕЛЯ

Гониашвили Э.С., Вашакидзе А.А., Гогиашвили Н.Г., Чкадуа Н.В.

Грузинский технический университет

Для анализа следящей системы с нелинейностью усилителя применяем приведенное в [1] дифференциальное уравнение:

$$T^* \overset{\dots}{\alpha} + \overset{\dots}{\alpha} + 2h^* \overset{\cdot}{\alpha} + \omega_0^2 \alpha = T^* (1 - \varepsilon)^* \overset{\dots}{v} - (1 - \varepsilon)^* \overset{\cdot\cdot}{v} \quad (1)$$

Введем в уравнение (1) нелинейность усилителя, положив вместо  $K_\gamma = K_\gamma a(\alpha_0)$  и выделим действительную и мнимые части уравнения. тогда

$$\left. \begin{aligned} X(\alpha_0, v) &= -v^2 + \omega_0^{*2} a(\alpha_0) = 0 \\ Y(\alpha_0, v) &= -T^* v^3 + 2h_1^* v + 2H^* a(\alpha_0) v \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

На основании совместного решения системы [1] получим:

$$\left. \begin{aligned} a(\alpha_0) &= \frac{k_{\partial \alpha}^* \partial \alpha}{k_{\partial \alpha}^* (T^* - k_k)} \\ v &= \sqrt{\frac{\omega_0^{*2} k_{\partial \alpha}^*}{k_{\partial \alpha}^* (T^* - k_k)}} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Это равенство выполняется при  $T > K_K$ . Следовательно, при  $T^* < K_K$  или периодических решений не существует.

$$T < K_K \quad (\text{т.к. } T^* \geq T) \quad (4)$$

Периодические решения устойчивы при выполнении неравенства [2]. Составляющие этого неравенства:

$$\begin{aligned} \left( \frac{\partial x}{\partial \alpha_0} \right)^* \left( \frac{\partial y}{\partial v} \right)^* - \left( \frac{\partial y}{\partial \alpha_0} \right)^* \left( \frac{\partial x}{\partial v} \right)^* &> 0 \\ \left( \frac{\partial x}{\partial \alpha_0} \right)^* &= \omega_0^{*2} \left( \frac{\partial a}{\partial \alpha_0} \right)^*; \left( \frac{\partial x}{\partial v} \right)^* = -2v; \\ \left( \frac{\partial y}{\partial \alpha_0} \right)^* &= 2H^* \left( \frac{\partial a}{\partial v} \right)^* v; \left( \frac{\partial y}{\partial v} \right)^* = -3T^* v^2 + 2h_1^* + 2H^* a. \\ \text{т.к. } v^2 &= 2h_1^* + \frac{2H^* a}{T}, \text{ то } \left( \frac{\partial y}{\partial \alpha_0} \right)^* &= -2(2h_1^* + 2H^* a) \end{aligned}$$

Тогда условие устойчивости периодических решений будет:

$$-2\omega_0^{*2} \left( \frac{\partial a}{\partial \alpha_0} \right)^* (2h_1^* + 2H^* a) + 4H^* \left( \frac{\partial a}{\partial v} \right)^* v^2 > 0 \quad (5)$$

Так как из уравнения (3) видно, что  $\frac{\partial a}{\partial v} = 0$ , то при отношении величины линейной

зоны усилителя к величине зоны нечувствительности усилителя  $\frac{\alpha_{лин}}{\alpha_{неч}} \geq 1,5$  знак производной

$\partial a / \partial \alpha_0$  - отрицательный и, следовательно (5) принимает вид:

$$2h_1^* + 2H^* a > 0 \quad (6)$$

Таким образом, условие устойчивости периодических решений системы с управлением по двум обмоткам выполняется при  $T^* > K_k$ .

Рассмотрим переходные просесы следящих систем с нелинейностями электронного тракта. Коэффициенты исходного уравнения [1],

$$T\ddot{\alpha} + (1 + 2h_1T)\dot{\alpha} + 2h_1\alpha + 2HF(\alpha_0)\dot{\alpha} + \omega_0^2 F(\alpha_0)\alpha = \\ = T(1 - \varepsilon)\ddot{v} + (1 - \varepsilon + 2h_1T)\dot{v} + 2h_1v,$$

приведенного к виду [2] при  $F(\alpha_0) = a(\alpha_0)$ , запишем:

$$P^3 + A_1P^2 + A_2P + A_3 = 0 \tag{7}$$

$$A_1 = \frac{1 + 2h_1T}{T}, \quad A_2 = \frac{2(h_1 + Ha)}{T}, \quad A_3 = \frac{\omega_0^2 a}{T}$$

Подставим значения этих коэффициентов в [3]

$$\zeta = -\frac{A_1A_2 - A_3}{2[A_2 + (A_1 + 2\zeta)^2]} \tag{8}$$

$$v^2 = \frac{A_3}{A_1 + 2\zeta} - \zeta^2$$

получим:

$$\zeta = -\frac{2h_1(1 + 2h_1T) + a\omega_0^2[(k_k - T) + 2h_1Tk_k]}{4T(h_1 + Ha) + 2(1 + 2h_1T + 2\zeta T)^2} \tag{9}$$

$$v^2 = \frac{\omega_0^2 a}{1 + 2h_1T + 2\zeta T} - \zeta^2 \tag{10}$$

При  $\zeta > 0$  - процесс расходящийся, при  $\zeta < 0$  - процесс сходящийся.

Чтобы процесс был расходящийся, необходимо выполнение неравенства:

$$\frac{2h_1}{T}(1 + 2h_1T) + \left[ (1 + 2h_1T)\frac{k_k}{T} - 1 \right] \omega_0^2 a < 0, \tag{11}$$

которое справедливо при  $T > k_k / (1 - 2h_1k_k)$ , совпадающее с условием [3].

$$T > \frac{K_k}{1 - 2h_1k_k}$$

Параметры переходных процессов с учетом момента сухого трения в механической передаче подсчитывается

$$\zeta = -\frac{2\left(h_1 + \frac{2h_1}{\pi\alpha_0\nu}\right)(1 + 2h_1T) + a\omega_0^2[(k_k - T) + 2h_1Tk_k]}{4T\left(h_1 + Ha + \frac{2h_1}{\pi\alpha_0\nu}\right) + 2(1 + 2h_1T + 2\zeta T)^2} \tag{12}$$

$$v^2 = \frac{\omega_0^2 a}{1 + 2h_1T + 2\zeta T} - \zeta^2 \tag{13}$$

Полученные формулы позволяют определить границу между монотонными и колебательными процессами, а также периодические решения.

При  $\zeta = 0$  можно построить границу колебательных переходных процессов по формуле:

$$\zeta^2 = \frac{\omega_0^2 a}{1 + 2h_1T + 2\zeta T} \tag{14}$$

При  $\zeta^2 > \omega_0^2 a / (1 + 2h_1 T + 2\zeta T)$  переходные процессы носят монотонный характер, при  $\zeta^2 < \omega_0^2 a / (1 + 2h_1 T + 2\zeta T)$  переходные процессы носят колебательный характер. При  $\zeta = 0$ ;  $\nu^2 = \omega_0^2 a / (1 + 2h_1 T)$ . Это выражение совпадает с [3],

$$\nu^2 = \frac{\omega_0^2 a (\alpha_0)}{1 + 2h_1 T}$$

которое определяет границу периодических решений.

Переходные процессы с нелинейностью исполнительного двигателя определяются на основании (8). Следующими выражениями, записанными через коэффициенты уравнения, являются

$$\begin{aligned} & T \ddot{\theta} + \left[ 1 + 2h_1 T - 2HC_1 M_1(\nu) \frac{1}{\nu} u_{\gamma_0}^2 \right] \ddot{\theta} + \left[ 2h + 2H - 6HC_1 M_2(\nu) u_{\gamma_0}^2 - \omega_0^2 c_1 M_1(\nu) \frac{1}{\nu} u_{\gamma_0}^2 \right] \dot{\theta} + \\ & + \left[ \omega_0^2 - 3\omega_0^2 c_1 M_2(\nu) u_{\gamma_0}^2 \right] \theta = \varepsilon T \ddot{\nu} + \left[ \varepsilon - 2HC_1 M_1(\nu) u_{\gamma_0}^2 \frac{1}{\nu} \right] \dot{\nu} + \end{aligned} \quad (15)$$

$$\left[ 2H - \omega_0^2 c_1 M_1(\nu) \frac{1}{\nu} u_{\gamma_0}^2 - 6HC_1 M_2(\nu) u_{\gamma_0}^2 \right] \dot{\nu} + \left[ \omega_0^2 - 3\omega_0^2 c_1 M_2(\nu) u_{\gamma_0}^2 \right] \nu$$

После некоторых преобразований.

$$\zeta = - \frac{\left( 1 + 2h_1 T - 2HC_1 M_1 \frac{1}{\nu} U_{\gamma_0}^2 \right) \left\{ 2h_1 + \omega_0^2 \left[ k_k - C_1 k_0 U_{\gamma_0}^2 \sin \varphi_1 \left( 3 \frac{k_k}{\operatorname{tg} \varphi_1} + \frac{1}{\nu} \right) - T(1 - 3C_1 M_2 U_{\gamma_0}^2) \right] \right\}}{2 \left( 1 + 2h_1 T - 2HC_1 M_1 \frac{1}{\nu} U_{\gamma_0}^2 + 2\zeta T \right)^2 + 2T \left\{ 2h_1 + \omega_0^2 \left[ k_k - C_1 k_0 C_{\gamma_0}^2 \sin \varphi_1 \left( \frac{3k_k}{\operatorname{tg} \varphi_1} + \frac{1}{\nu} \right) \right] \right\}} \quad (16)$$

$$\nu^2 = \frac{\omega_0^2 (1 - 3C_1 M_2 U_{\gamma_0}^2)}{1 + 2h_1 T - 2HC_1 M_1 \frac{1}{\nu} U_{\gamma_0}^2 + 2\zeta T} - \zeta^2 \quad (17)$$

Для случаев, когда члены, содержащие  $U_{\gamma_0}^2$ , малы уравнения (10,11) переходят в (9,10).

При малых значениях начального отклонения параметры переходных процессов мало отличаются от параметров линейной системы.

Особенностью полученных выражений в общем случае является наличие искомым параметров переходных процессов  $\zeta$  и  $\nu$  в правых частях системы уравнений. Удобным решением этих выражений является метод последовательных приближений. Он может быть осуществлен в следующей последовательности. Определяют значение  $\nu$  по заданным начальным отклонениям системы и её параметрам. Полученное первое приближение значения частоты и параметры системы подставляют в правую часть формулы для  $\zeta$  и определяют его значение. Подставляя полученные приближения поочередно в формулы системы для  $\zeta$  и  $\nu$ , получают следующие приближения. Обычно достаточно 2-3 приближений для достаточного совпадения последующего приближения с предыдущим. По коэффициенту затухания  $\zeta$  легко определить постоянную времени переходного процесса  $T = \frac{1}{|\zeta|}$ .

В таблице представлены значения  $\zeta$ , подсчитанные по формуле (14) для различных значений  $\omega_0^2$  при  $2h \approx 10 \frac{1}{\text{сек}}$  и  $T = 1 \cdot 10^{-3}$  сек. при  $\nu = 0$



$\omega_0^2 \left[ \frac{1}{\text{сек}^2} \right]$	50000	40000	19000	13000
$a(\alpha_0)$				
Значения $\zeta$ при $\nu = 0$				
1	222	200	139	115
0,74	200	172	119	98,5
0,5	164	141	98	81
0,254	117	100	70	57,5

В системе существуют колебательные переходные процессы при значениях  $\zeta$ , не превышающих представленных в таблице.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чкадуа Н.В., Бодокия Т.Д., Гониашвили Э.С. Особенности следящих систем на подвижных основаниях. //Georgian Engineering News, 2008, №1, сс.87-91.
2. Бодокия Т.Д., Чкадуа Н.В., Гониашвили Э.С. Анализ следящих систем с учетом нелинейности двухфазного исполнительного двигателя. //Georgian Engineering News, 2008, №1, сс. 80-86.
3. Бодокия Т.Д., Абуладзе В.Ш., Гониашвили Э.С., Чкадуа Н.В. Влияние частоты переменного тока на уравнение движений следящих систем с учетом эксплуатационных особенностей. //Georgian Engineering News, 2008, №3, сс.28-34.

#### SUMMARY

##### TRACKING SYSTEMS WITH THE NONLINEARITY OF AN AMPLIFIER

Goniashvili E.S., Vashakidze A.A., Goginashvili N.G. and Chkadua N.V.

Georgian Technical University

The paper deals with the analysis of nonlinear tracking system with consideration of the nonlinearity of the control system amplifier. The analytical calculation was performed for the boundary between monotonic and vibrational processes. It was found that, at zero attenuation constant, it is easy to determine the boundary of transient vibrational processes. By the attenuation constant, the time constant of the transient process was determined. The peculiarity of the derived expressions consists in that, in the set of equations, there are transient process parameters to be sought, the attenuation constant and vibration frequency. The sequential approximation method is convenient for solving these equations. The value of vibration frequency is determined by the set initial deviations of the system and by its parameters. They substitute the first obtained frequency approximation into the expression for the attenuation constant and determine its value. The obtained approximations are substituted one by one into the expressions for the attenuation constant and vibration frequency of the system. Two or three approximations are usually enough for coincidence of the values of parameters of the subsequent approximation with those of the previous one.

**Keywords:** tracking systems, amplifier, nonlinearity, attenuation constant, vibration frequency.

ელექტრომომარაგების მიერ ქსელში წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი სიხშირის სიხშირის ჰარმონიკების სიმეტრიულობის გამოკვლევა

ჭუნაშვილი ბ.მ., ქობალია მ.ი., პეტროსიანი ა.მ., ხარებავა დ.ნ., გამრეკელაშვილი თ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

ელექტრომომარაგების ქსელში წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი სიხშირის ჰარმონიკები მნიშვნელოვან უარყოფით ზეგავლენას ახდენს ელექტრომომარაგების ქსელის ელემენტებისა და მასთან მიერთებული ელექტრომიმღებების ძალოვან ელემენტებსა და მართვის სისტემებზე. ხშირ შემთხვევაში მას დამანგრეველი ეფექტი გააჩნია და ზემოქმედების შედეგი დამოკიდებულია ჰარმონიკის სიხშირესა და ამპლიტუდაზე.

აღსანიშნავია რომ, ელექტრომომარაგების მიერ ელექტრომომარაგების ქსელში წარმოქმნილ ძაბვის თითოეული სიხშირის ჰარმონიკის ამპლიტუდას, ქსელის ძალოვანი ელემენტების პარამეტრები და მათში გამავალი დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯების ხარისხი განაპირობებს [1]. თავის მხრივ, ელექტრომომარაგების დატვირთვის დენის ფორმა დამოკიდებულია მასში გაერთიანებული ცალკეულ ელექტროტექნოლოგიური დანადგარებისა და კომპლექსების (ეტდკ) მოქმედების პრინციპზე [2].

მრავალი, თანამედროვე ეტდკ-ის დატვირთვის დენის მრუდის, მუშაობის ნორმალურ რეჟიმში, დამახინჯებული ფორმა განპირობებულია ეტდკ-ში მიმდინარე ელექტროდინამიკური პროცესებით, რომელიც გამოწვეულია მათი რთული მუშაობის საექსპლუატაციო რეჟიმებით [3]. ამასთან ერთად, მრავალი ეტდკ-ის მართვის პრინციპი და პარამეტრების რეგულირების პრინციპი დატვირთვის დენის მრუდის ფორმის დამახინჯებაზე დაფუძნებული და ცალკეული ფაზის დენის დამახინჯების პროცესი განსხვავებულად მიმდინარეობს [4].

ძირითადი ნაწილი

ნაშრომის მიზანია აქტიური სიმძლავრით სიმეტრიულად დატვირთული 0,4 ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელის გამანაწილებელი მოწყობილობის მიერ ელექტრომომარაგების ქსელის ელემენტებში ელექტრომომარაგების დიდი სიმძლავრის ერთფაზა ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მუშაობის რეჟიმების შედეგად, ცალკეულ ფაზებში გამავალი დატვირთვის დენების მრუდის ფორმის დამახინჯების შესწავლა, მათ მიერ ქსელში წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი რიგის ჰარმონიკების გამოკვლევა და არასიმეტრიულობის ხარისხის დადგენა და შეფასება.

ქსელში წარმოქმნილი ჰარმონიკების გამოკვლევა.

ელექტრომომარაგების ქსელში ელექტრომომარაგების მუშაობის რეჟიმების შედეგად განვითარებული ელექტროდინამიკური პროცესების ექსპერიმენტული გამოკვლევების ოპტიმალურად წარმართვისათვის მასში გაერთიანებული ეტდკ-ბი დაყვით შემდეგ ძირითად სამ ჯგუფად:

1. ელექტროტექნოლოგიური დანადგარები, რომელთა ძალური ნაწილი ალტურ-ვილია სამფაზა ლარიონოვის სქემით შესრულებული ტირისტორული გამმართველებით და რომელთა ყოველი ფაზის დატვირთვის დენის მართვა ურთიერთდაკავშირებულ განივ-იმპულსური რეგულირების პრინციპზეა დაფუძნებული (მუდმივი დენის ელექტრორკალური ღუმელები, ტირისტორული გარდამსახ-ძრავას სისტემა, სიხშირულ-რეგულირებადი ასინქრონული ელექტროამძრავები და ა.შ.). ამ დანადგარების

ყოველი ფაზის დატვირთვის დენის აქტიური მდგენელის მოქმედი მნიშვნელობები ერთნაირი სიდიდისაა, მათ მრუდებს ერთნაირი ფორმა გააჩნიათ და ერთმანეთის მიმართ  $120^{\circ}$ -ით არიან დაძრუნდი. მაშასადამე, ამ ჯგუფში გაერთიანებული ეტდკ-ები ელექტრომომარაგების ქსელისათვის სიმეტრიულ დატვირთვას წარმოადგენს. შესაბამისად, ასეთი ეტდკ-ის დატვირთვის დენების ელექტრომომარაგების ქსელის ელემენტებში გადინების შედეგად, ერთიდაიგივე პარამეტრების ძაბვის მაღალი სიხშირის სიმეტრიული სპექტრი წარმოიქმნება.

2. სამფაზა ელექტრორკალური დანადგარები, რომელთა ყოველი ფაზის ელექტროდი გადაადგილების მექანიზმის ელექტრული ამძრავები დამოუკიდებელი მათვის სისტემებითაა აღჭურვილი. ასეთი დანადგარების თითოეული ფაზის (ელექტროდის) დატვირთვის დენი, გაუთვალისწინებელი ფაქტორებით განპირობებული დიაგრამის მიხედვით იცვლება, მიუხედავად ფაზათა ერთნაირი მუშაობის რეჟიმისა და ციკლისა. ეს ეტდკ-ები ხასიათდებიან მკვეთრად გამოხატული არასიმეტრიული დინამიკური რეჟიმებით. მიუხედავად ამისა, ასეთი დანადგარების ყოველი ფაზის მუშაობის ციკლი ერთნაირია და რკალის ანთების (საექსპლოატაციო მოკლედშერთვის), რკალის მდგრადი ნათების რეჟიმებსა და პაუზას მოიცავს. შესაბამისად, ასეთი ეტდკ-ების სამივე ფაზის დატვირთვის დენების ფორმის ცვლილება ერთნაირ ხასიათს ატარებს. შედეგად, მათ მიერ ელექტრომომარაგების ქსელის სამივე ფაზაში ერთნაირი პარამეტრების და ციკლის მიხედვით ცვალებადი სამ სახასიათო ჯგუფად წარმოდგენილი, ძაბვის მაღალი სიხშირის სპექტრი წარმოიქმნება.

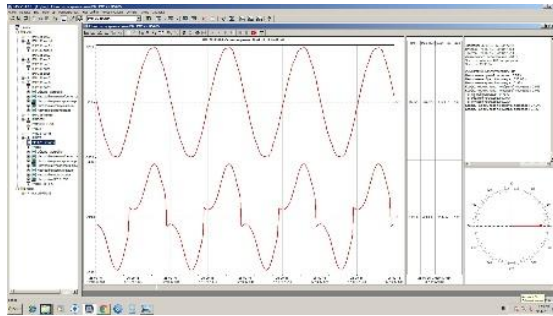
3. ერთფაზა ეტდკ-ები (ელექტრორკალური შესადული აპარატები, ელექტროპლანზური დანადგარები, რეგულირებადი და ა.შ.), რომელთა დატვირთვის დენის მრუდს მკვეთრად დამახინჯებული ფორმა გააჩნია. ასეთი დანადგარებით აღჭურვილი ელექტრომომარაგებლები, ცალკეული ფაზების აქტიური დატვირთვის დენების მოქმედი მნიშვნელობების გათანაბრების (სიმეტრიულობის) პირობებშიც კი, ფაზათა დატვირთვის დენების ფორმის დამახინჯების ხარისხის დიდი გასხვავების გამო, ელექტრომომარაგების ქსელში წარმოქმნის არასიმეტრიულ მაღალი რიგის ჰარმონიკების სპექტრს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ელექტრომომარაგების ტექნოლოგიების დეპარტამენტში, „ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების კონტროლისა და აღრიცხვის“ ლაბორატორიულ სტენდზე [5] გამოკვლეულ იქნა ელექტრომომარაგების ქსელის ცალკეულ ფაზებში გამავალი დენების დამახინჯებისა და წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების სიმეტრიულობის ხარისხი, დატვირთვის დენის მოქმედი მნიშვნელობის სიმეტრიულობის პირობებში.

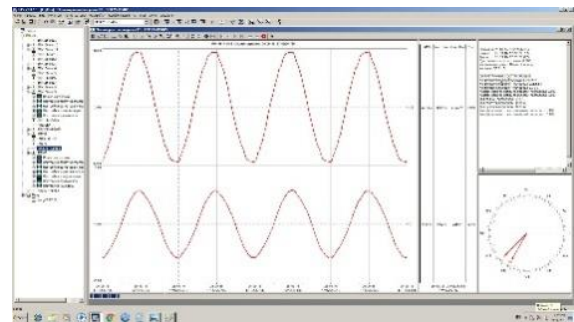
ექსპერიმენტი ჩატარდა „დამტვირთავი სტენდის“ ასინქრონული, ელექტრორკალური და აქტიური დატვირთვის უჯრედების მონაწილეობით. შესაბამისად, სალტესთან მიერთებულ იქნა დატვირთული ასინქრონული ძრავა, სალტის ფაზასთან ელექტრორკალური დატვირთვის უჯრედი, B და C ფაზებთან აქტიური დატვირთვის უჯრედის ელექტრორკალური დატვირთვის ტოლი სიმძლავრის წინაღობები.

ქვემოთ (ნახ. 1 და 2) მოცემულია, „ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების კონტროლისა და აღრიცხვის“ ლაბორატორიული სტენდის ანალიზატორებიდან მიღებული, „დამტვირთავი სტენდის“ ჯამური და ცალკეული უჯრედების დატვირთვის დენის მრუდები და მათი ფორმის დამახინჯების შედეგად წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების ამპლიტუდები. როგორც მიღებული ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებიდან ჩანს, B და C ფაზაში გამავალი დენები თითქმის სინუსოიდალური ფორმისაა, ხოლო ფაზაში გამავალ დენს მნიშვნელოვნად დამახინჯებული ფორმა გააჩნია. შედეგად, და C ფაზაში მაღალი სიხშირის ჰარმონიკები თითქმის არ არსებობს (უმნიშვნელოა), ხოლო A ფაზაში წარმოიქმნა: მესამე რიგის 28%-იანი, მეხუთე რიგის 9%-იანი და მეშვიდე რიგის 6%-იანი ამპლიტუდის ჰარმონიკები.

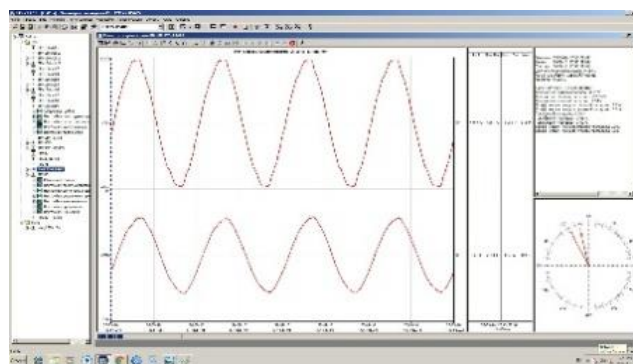
მაშასადამე, მომხმარებლის დატვირთვის დენის შედეგად, ქსელში წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი რიგის ჰარმონიკების სპექტრის ყოველი სისშირის მკვეთრად გამოსატული ასიმეტრიულობით ხასიათდება.



ფაზა A

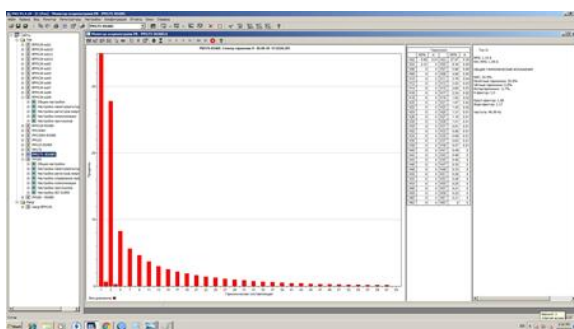


ფაზა B

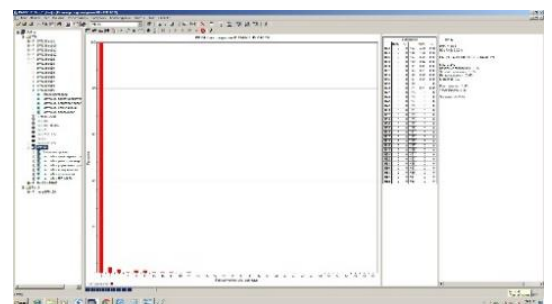


ფაზა C

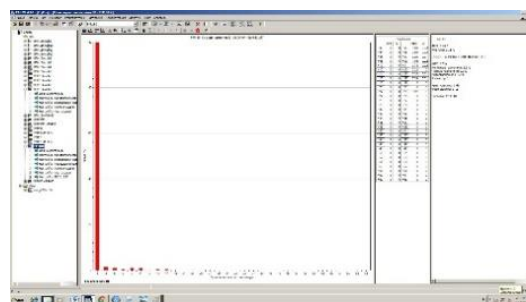
ნახ.1. „დამტვირთავი სტენდის“ დატვირთვის დენის და ძაბვის მრუდები



ფაზა A



ფაზა B



ფაზა C

ნახ. 2. მაღალი რიგის ჰარმონიკების ამპლიტუდები

არასიმეტრიული მაღალი რივის ჰარმონიკების სისტემის ზემოქმედება ელექტრომომარაგების ქსელის ელემენტებსა და ეტდ-ზე სხვადასხვა სახის შედეგებით ვლინდება და იგი დამოკიდებულია ჰარმონიკის რიგსა და ძაბვაზე. თუ ჰარმონიკის წრედში ჩართულია დიდი ინდუქტიურობის მქონე ელემენტი (ტრანსფორმატორი, დროსელი და სხვა) ჰარმონიკის ზემოქმედება სუსტდება. ეს განსაკუთრებით მაღალი რივის ჰარმონიკებისას ვლინდება.

მაღალი რივის ჰარმონიკების სპექტრის ზემოქმედების ჯამურ ეფექტს მასში შემავალი ყოველი ჰარმონიკის ზემოქმედება განაპირობებს. შესაბამისად, ცალკეული ჰარმონიკის ზემოქმედების ეფექტის შეფასებისათვის შემოვიღოთ „ჰარმონიკის ზემოქმედების კოეფიციენტი“:

$$K_{\Sigma} = f_{\Sigma} U_{\Sigma}, \quad (1)$$

სადაც  $f_{\Sigma}$  – ჰარმონიკის სისშირე, ჰც;  $U_{\Sigma}$  – ძაბვა, ვ

შესაბამისად, სპექტრის ზემოქმედების ჯამური ეფექტი ტოლი იქნება:

$$K_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{\infty} f_{\Sigma} U_{\Sigma}, \quad (2)$$

(1) და (2) გამოსახულებებით მაღალი რივის ჰარმონიკების სპექტრის ზემოქმედების ჯამურ ეფექტის განსაზღვრისათვის საჭიროა გამოსაკვლევი ფუნქცია საჭიროა ფურიეს მწკრივების საშუალებით იქნეს წარმოდგენილი.

### დასკვნები

1. ელექტრომომარაგების ქსელში წარმოქმნილი მაღალი რივის ჰარმონიკების სპექტრის ექსპერიმენტული გამოკვლევების ოპტიმალურად წარმართვის მიზნით, შემოთავაზებულია ეტდ-ების შეფასების სამ სახასიათო ჯგუფში გაერთიანების კრიტერიუმები, რომელიც დაფუძნებულია ეტდ-ის მიერ თითოეული ფაზის დატვირთვის დენის მრუდის ფორმის დამახინჯების ხარისხზე.

2. რიგი ელექტრომომხმარებლის დატვირთვის დენის შედეგად ქსელში წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი რივის ჰარმონიკების სპექტრის ყოველი სისშირის ჰარმონიკების სისტემა მკვეთრად გამოხატული ასიმეტრიულობით ხასიათდება და საჭიროა, რომ იგი გათვალისწინებულ იქნას ჰარმონიკების ჩამხშობი ფილტრების შეერთების სქემების შედგენისა და პარამეტრების განსაზღვრისას.

3. ჰარმონიკის ზემოქმედების დონის შეფასებისათვის შემოღებულია „ჰარმონიკის ზემოქმედების ეფექტის კოეფიციენტი“ და შემოთავაზებულია მაღალი რივის ჰარმონიკების სპექტრის ზემოქმედების ჯამურ ეფექტის საანგარიშო გამოსახულება.

### ლიტერატურა

1. Жежеленко И.В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях – М.: Энергоатомиздат, 2005.
2. Шеховцев В.П. Электрическое и электромеханическое оборудование: Учебник. -М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004, 407 с.
3. Техническая коллекция SchneiderElectric. Гармонические искажения в электрических сетях и их снижение. -Москва: ЗАО «Шнейдер Электрик», Выпуск № 22, 2008, с. 32.
4. ჭუნაშვილი ბ., პეტროსიანი ა., გამრეკელაშვილი თ., ბულაშვილი გ. ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მიერ ელექტრომომარაგების ქსელებში წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი სისშირის ჰარმონიკები და მათი გაერცვლებით გამოწვეული შედეგები. // ენერგეტიკა, რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები. ქუთაისი, №3, 2015, გვ. 38-41.

5. ჭუნაშვილი ბ., კობალია მ. პეტროსიანი ა., შამფრიანი ნ. ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვების ფიზიკური მოდელის დამუშავება. //ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები. ქუთაისი, №3, 2015, გვ. 6-8.

**SUMMARY**

**RESEARCH AND ESTIMATION OF ASYMMETRIC QUALITY OF REACTIVE TENSION GENERATED BY ENERGY CONSUMERS**

**Tchunashvili B.M., Kobalia M.I., Petrosyan A.M., Kharebava D.N. and Gamrekelashvili T.G. Georgian Technical University**

Based on the results of experimental research conducted on the stand called „Control and Accounting of electric energy quality indices“ we can substantiate that higher order harmonics generated in the network show a sharply asymmetric frequency range when the load of power consumed by the customer is increased and it is essential to be considered for while drawing up filter merging schemes. In order to assess the level of influence of harmonics, the coefficient of harmonics effect is introduced, and the expressions to calculate the total effect of of the higher-order harmonic spectrum are suggested.

**Keywords:** harmonics, unbalance, network, single phase, effect.

## РАСЧЕТ ОТКОСНЫХ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ МОРСКИХ ПОРТОВ В РАЙОНАХ ПОТИ И АНАКЛИИ

Сагинадзе И.С.

Государственный университет Акакия Церетели, Кутаиси

Морской Порт города Потти от действий штормовых волн защищен длинным оградительным сооружением (мола) откосного профиля, который закреплен фасонными бетонными блоками (гексалегами). В результате сильного шторма, который произошёл в 2013 году и продолжался около двух недель, произошло частичное разрушение оградительного мола (рис. 1). В ближайшее время в районе Потти намечается расширение акватории порта и строительство, со стороны северного рукава реки Риони, нового мола длиной 1,5-2 км, а в Анаклии строительство глубоководного порта. Поэтому для защиты акваторий портов, с учетом местных условий, необходимо изучение вопросов выбора надежной и экономически выгодной схемы оградительных сооружений, расчет их конструкций и волновых воздействий, а также разработка способов восстановления разрушенных участков существующего мола порта Потти.



Рис. 1. Разрушенный участок оградительного мола порта Потти

Оградительные сооружения откосного профиля строят из различного вида набросок: каменных, массивных и из фасонных блоков.

Фасонные блоки обладают значительно большей волногасящей способностью, чем обыкновенные массивы. Наброска из фасонных блоков имеет высокую пористость и шероховатость, что приводит к разделению накатывающейся волны на большое количество отдельных струй. Энергия этих струй теряется при столкновении друг с другом [1].

Наиболее широкое распространение из всех фасонных блоков получили тетраподы. Наброска из тетраподов обладает большим сцеплением и, следовательно, большой устойчивостью. Применение тетраподов позволяет создать крутизну морского откоса в пределах от 1:1,5 до 1:1 [1,3].

Поперечные профили откосных оградительных сооружений, как правило, имеют трапециевидальную форму с переменной или постоянной крутизной откосов.

В Грузии, недалеко от Потти и Анаклии можно добыть твердые массы горных пород, поэтому при строительстве оградительных сооружений в этих местах использование этого материала целесообразно и экономически выгодно.

Конструктивная схема сечений ограждающих сооружений откосного типа с тетраподами в Анаклийских и Потийских регионах, предложена на рис. 2. Однако надо

учесть, что при глубинах больше 20 - 25 м из-за большого расхода строительных материалов более целесообразны сооружения смешанного профиля.

Для Потийского региона, с учетом глубины воды - 12м, произведем расчет волновых воздействий на откос сооружения (рис. 2) определим: высоту наката волн на откос, возвышение гребня откосного сооружения, максимальное волновое давление на откос и массу отдельного элемента (тетрапода) крепления откоса сооружения.

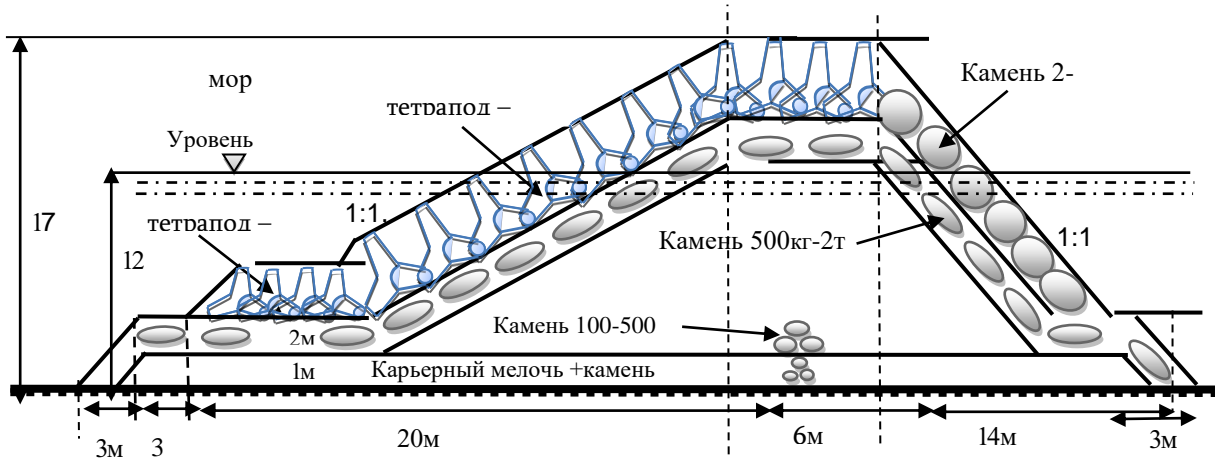


Рис. 2. Поперечное сечение Потийского мола с тетраподами

#### Исходные данные (рис. 2):

Элементы волн  $h_{1\%} = 5\text{м}$ ;  $\lambda = 90\text{м}$ ; глубина воды перед сооружением  $d = 12\text{м}$ ; глубина воды над постелью  $d_f = 9\text{м}$ ; ширина сооружения на расчетном уровне воды  $b = 18\text{м}$ . Сооружение представляет собой наброску сортированного камня морской откос которого закреплен укладкой тетраподов, а тыловой откос - укладкой камня массой 2-4т. Сооружение установлено на каменную постель, которая состоит из карьерной мелочи и камня массой до 100 кг. Ядро сооружения отсыпан камнями 100-500кг. Постель и ядро закреплены камнями 500 кг-2т. Крутизна откоса  $\cot \varphi = 3/2$ ; плотность бетона  $\rho_m = 2,4\text{т/м}^3$ ; плотность камня  $\rho_k = 2,6\text{т/м}^3$ ; плотность воды  $\rho = 1\text{т/м}^3$ . Подход волны к сооружению - фронтальный.

#### 1. Определение высоты наката волн на откос

Высоту наката на откос волн обеспеченностью 1% по накату для фронтально подходящих волн определяется по формуле [4]:

$$h_{run} = k_r \cdot k_p \cdot k_{sp} \cdot k_{run} \cdot k_i \cdot k_a \cdot h_{1\%} \quad (1)$$

где  $k_r$  и  $k_p$  - коэффициенты шероховатости и проницаемости откоса, которые в нашем случае равны  $k_r = 0,7$  и  $k_p = 0,5$ ;  $k_{sp}$  - коэффициент, который равен -  $k_{sp} = 1,1$ ;  $k_{run}$  - коэффициент, зависящий от глубины воды перед сооружением и пологости волны  $\lambda_d / h_{1\%}$ . Для мола Потийского порта уклоноткоса -  $\cot \varphi = 3/2$ ,  $\lambda_d / h_{1\%} = 18$  и  $k_{run} = 2,2$ ;

$k_i$  - коэффициент обеспеченности по накату -  $k_i = 1$ ;  $k_a$  - коэффициент зависящий от угла  $a$  между урезом воды и фронтом волны. Для Потийского мола, при  $a = 0$ ,  $k_a = 1$ ; и при  $a = 40^\circ$ ,  $k_a = 0,87$ . При  $a = 0$  после вычисления получаем:  $h_{run} = 4,3\text{м}$ .

#### 2. Определение возвышения гребня откосного сооружения

Превышение гребня откосного сооружения  $h_{тр}$  над спокойным уровнем воды определяется по формуле [3,4]:



$$h_{\text{тп}} = h_{\text{run}} + \Delta h + h_3, \quad (2)$$

где  $h_{\text{run}} = 4,3\text{м}$ ;  $h_3$  – запас высоты сооружения, который, для сооружения набросного типа, равен:  $h_3 = 0,1 \cdot h_{2\%} = 0,5\text{м}$ ;  $\Delta h$  – высота ветрового нагона.

Для Потийского и Анаклийского регионов максимальный подъем воды был в 1998 году – 1,29м, средний подъем воды можно взять – 0,6м. и для высоты превышения гребня откосного сооружения из (2) получаем  $h_{\text{тп}} = 5,4\text{м}$ .

### 3. Определение максимального волнового давления на откос.

Максимальное волновое давление на откос определяется по формуле [4]:

$$p_d = k_s \cdot k_f \cdot p_{\text{rel}} \cdot \rho \cdot h, \quad (3)$$

где коэффициенты  $k_s$  и  $k_f$  определяются по формулам:

$$k_s = 0,85 + 4,8 \cdot \frac{h}{\lambda} + \cot \varphi \cdot \left( 0,028 - 1,15 \cdot \frac{h}{\lambda} \right); \quad k_f = 1 + 0,092 \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{p} - 10}. \quad (4)$$

$p_{\text{rel}}$  – максимальное относительное волновое давление в точке 2 (рис. 3), принимаемое при  $h < 4\text{м}$  значение

$$p_{\text{rel}} = \left( \frac{20}{h} \right)^{1/3},$$

При  $h > 4\text{м}$ ,  $p_{\text{rel}} = 1,7$ .

Ордината  $z_2$ , точки 2 приложения максимального расчетного волнового давления  $p_d$  определяется по формуле [3,4]

$$z_2 = A + \frac{1}{(\cot \varphi)^2} \cdot \left( 1 - \sqrt{2} \cdot (\cot \varphi)^2 + 1 \right) \cdot (A + B), \quad (5)$$

где  $A$  и  $B$  параметры, значения которых определяются по формулам:

$$A = h \cdot \left( 0,47 + 0,023 \cdot \frac{\lambda}{h} \right) \cdot \frac{1 + (\cot \varphi)^2}{(\cot \varphi)^2}; \quad B = h \cdot \left[ 0,95 - (0,84 \cdot \cot \varphi - 0,25) \cdot \frac{\lambda}{h} \right]. \quad (6)$$

Ордината  $z_3$ , соответствует высоте наката волн на откос -  $z_3 = h_{\text{run}} = 4,1\text{м}$ .

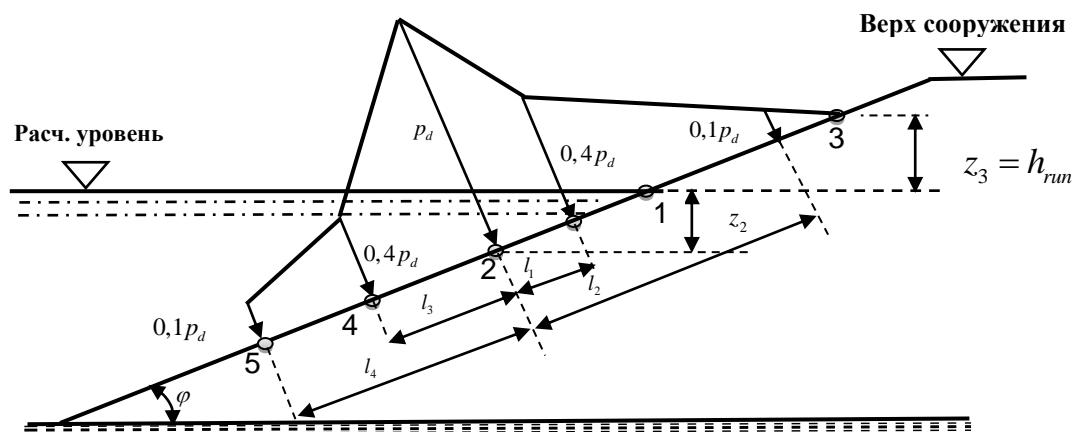


Рис. 3. Эпюра максимального расчетного волнового давления на откос, укрепленный плитами

На участках крепления по откосу выше и ниже точки 2 (рис. 3) могут принимать значения ординат эпюры волнового давления на расстояниях:

При  $l_1 = 0,0125 \cdot L_\varphi$  и  $l_3 = 0,0125 \cdot L_\varphi - p = 0,4 \cdot p_d$ ;

При  $l_2 = 0,0325 \cdot L_\varphi$  и  $l_4 = 0,0675 \cdot L_\varphi - p = 0,1 \cdot p_d$ , где  $L_\varphi = \frac{\lambda \cdot \cot \varphi}{\sqrt[4]{(\cot \varphi)^2 - 1}}$ .

После расчетов получаем:  $l_1 = 1,6\text{м}$ ,  $l_2 = 4,2\text{м}$ ,  $l_3 = 3,4\text{м}$  и  $l_4 = 8,6\text{м}$ .

На рис. 4 и 5 представлены изменения максимального волнового давления  $p_i$  т/м<sup>2</sup> и ордината его точки приложения  $z_i$  в зависимости от безразмерного параметра  $a_i = \lambda_i / h$  ( $\lambda_i$  - меняется в диапазоне от 55 до 125м).

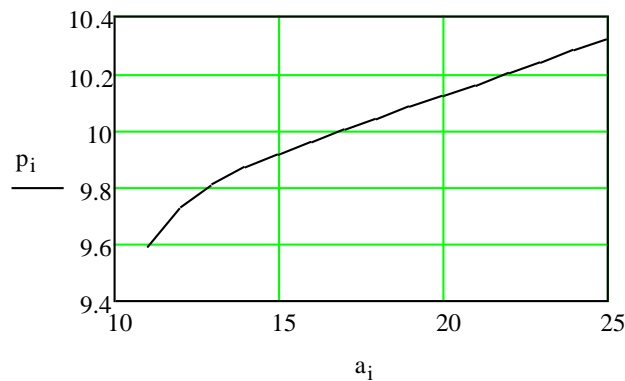


Рис. 4. График изменения максимального волнового давления в зависимости от длинной волны

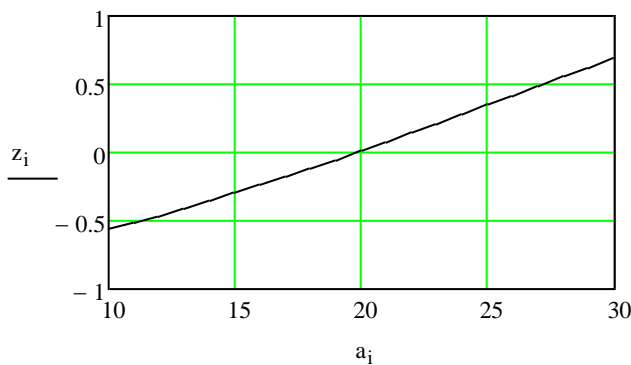


Рис. 5. График изменения ординаты точки приложения максимального волнового давления в зависимости от длинной волны

#### 4. Определение массы отдельного элемента крепления откоса сооружения.

Устойчивость защитного крепления откосов при воздействии волн зависит от устойчивости его элементов и крутизны откосов. Для набросных сооружений с постоянной крутизной откосов массу  $m$  отдельного элемента, расположенного на участке откоса от верха сооружения до глубины  $z = 0,7 \cdot h$ , соответствующую состоянию его предельного равновесия от действия волн фронтального подхода, определяются по формуле [3,4]:

$$m = \frac{3,16 \cdot K_{fr} \rho_m \cdot h^3}{\left(\frac{\rho m}{\rho} - 1\right)^3 \cdot \sqrt{1 + (\cot \varphi)^3}} \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{h}}, \quad (7)$$

где  $K_{fr}$  – коэффициент учитывающий форму защитного элемента, принимающий для обыкновенных бетонных массивов значения 0,021, для тетраподов – 0,008;  $\varphi$  – угол наклона

откосак горизонту;  $\rho_m$  - плотность материала из которого выполнен отдельный элемент, т/м<sup>3</sup>;  $\rho$  - плотность воды, т/м<sup>3</sup>;  $h$  и  $\lambda$  - высота и длина волны 1%-ной обеспеченности в мелководной зоне, м.

Во второй зоне масса элементов может быть определена из выражения [3,4]:

$$m_z = m \cdot e^{-\frac{7,5 \cdot z^2}{h \cdot \lambda}}, \text{ при } z > 0,7 \cdot h. \quad (8)$$

Массу элементов крепления откосов сооружений от действия косо подходящих волн рекомендуется определять умножением массы элементов, рассчитанной от действия волн фронтального подхода, на коэффициент -  $K_a$ , который вычисляется по формуле [2]:

$$K_a = 0,4 + 0,6 \cos a$$

где  $a$  - угол между лучом исходных волн и нормалью к сооружению.

Используя формулы (7) и (8) определим массу  $m$  отдельного элемента откосного оградительного сооружения для случая Потийского побережья Черного моря (рис.2). Коэффициент  $K_{fr}$  для тетраподов равен:  $K_{fr} = 0,008$  и окончательно получаем:

1. Для первой зоны масса тетраподов, которая соответствует их предельному равновесию на откос, получаем -  $m = 8$ т. С учетом коэффициента надежности  $k = 1,2$  получаем:  $T_{10} = 10$ т;
2. Для второй зоны масса тетраподов -  $m_z = 4,9$ т, с учетом коэффициента запаса  $k = 1,2$ , берем  $T_6 = 6$ т.

Для обыкновенных бетонных массивов соответственно:  $m = 22,4$ т и  $m_z = 18$ т.

Проведенные исследования показывают, что предлагаемая нами схема оградительного сооружения (рис. 2) является устойчивой к местным волновым воздействиям, экономически выгодной и надежной при эксплуатации. При строительстве используются твердые камни горных пород массой до 4 т., которые добываются вблизи указанных регионов.

*Работа выполнена в рамках гранта №AR/22/3-109/14, финансируемого Грузинским национальным научным фондом им. Ш. Руставели.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев П. И., Тюрин А. П., Фортученко Ю. А. Портовые гидротехнические сооружения: Учебн. для сред. спец. учебн. завед. - М.: Транспорт, 1989, 320 с.
2. ВСП 33-03-07. Инструкция по проектированию откосных и сквозных оградительных сооружений, и специальных подводных стендов. -М.: МО РФ, 2008, 90с.
3. Удовиченко В. Н., Яковлев П. И. Морские и речные гидротехнические сооружения. -М.:Транспорт, 1976, 416 с.
4. СНиП 2.06.04-82. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) /Минстрой России. - М.: ГП ЦПП, 2012, 112с.

#### SUMMARY

#### CALCULATION OF THE SLOPING PROTECTIVE STRUCTURES IN THE AREAS OF POTI AND ANAKLIA SEAPORTS

Saghinadze I. S.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The paper presents the design scheme of building of the protective structures (moles) of the ports of Poti and Anaklia. The slope of the structure is secured by tetrapods. The lateral dimensions of the structure were established. The calculation takes into account the local conditions of the excitement. It is recommended to use hard mountain stones that are mined in the vicinity of these regions. For the Poti region, taking into account the depth of the water of 12m, the wave effects on slope structures were calculated. The height of waves rolling on the slope, the elevation of the ridge of sloping structures over the calm sea level, the maximum wave pressure on the slope and the weight of an individual item (tetrapod) mounting the slope facilities are defined. The studies showed that the proposed scheme of the protective structures is robust to the local wave impacts, cost-effective and reliable in operation.

**Keywords:** seaport, protective structures, sloping construction, tetrapod.

## РАСЧЕТ НАКАТА ВОЛН НА БЕРЕГ В ЗОНЕ ПОДВОДНОГО КАНЬОНА ПОТИЙСКОГО И АНАКЛИЙСКОГО РЕГИОНОВ ЧЕРНОГО МОРЯ

Сагинадзе И.С.

Государственный университет Акакия Церетели, Кутаиси

В прибрежных зонах, где имеются подводные каньоны, подходящие из открытого моря волны значительно трансформируются. При этом на ряде участков наблюдается увеличение высот волн, что может приводить к существенному возрастанию волновых нагрузок на гидротехнические сооружения.

Попытка обоснования увеличения высот волн в зонах подводных каньонов была предпринята в работе [1]. В ней исследовалась концентрация энергии волн в зоне их обрушения. Непосредственно в зоне каньона и на его подветренной стороне амплитуда волны оказывается меньше, чем амплитуда исходной волны, так как часть волновой энергии отражена каньоном.

Результаты натурных наблюдений свидетельствуют о том, что накат волн на берег в зонах, расположенных против подводных каньонов, существенно превышает накат на соседних участках берегов вне зоны каньонов.

Таким образом, актуальной задачей является разработка методики расчета наката волн на пляжи с учетом уклонов их подводных частей (каньонов).

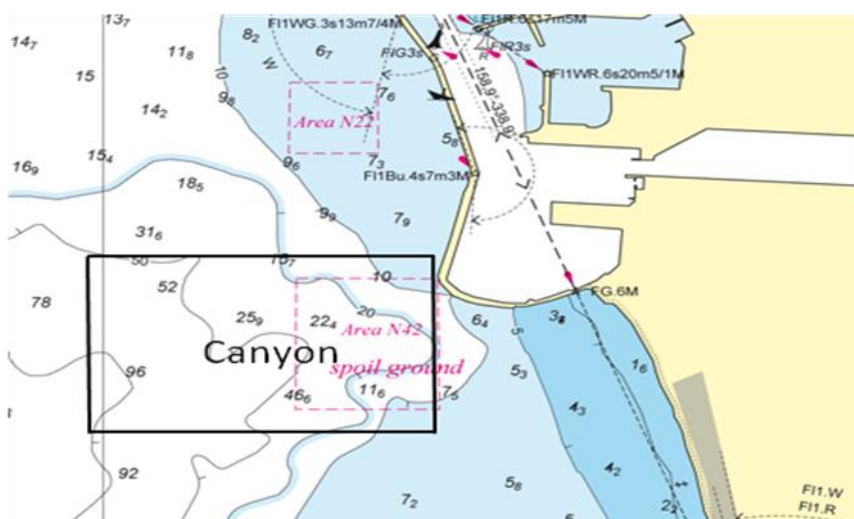


Рис. 1. Расположение подводного каньона на побережье Черного моря Потийского региона

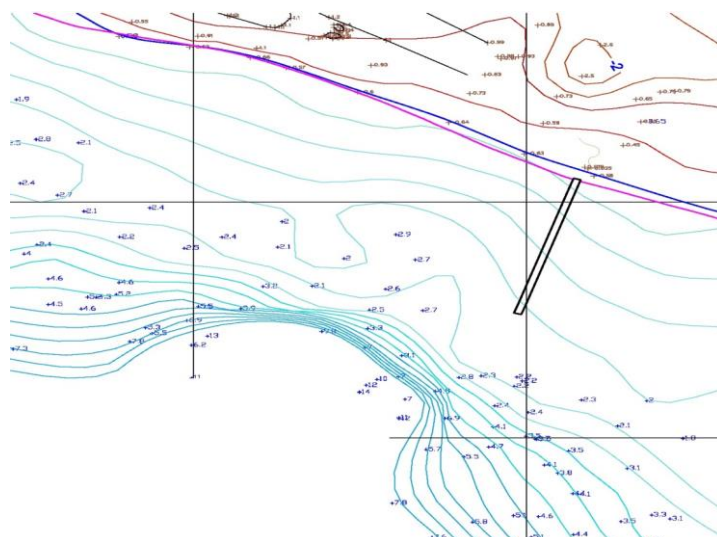


Рис. 2. Расположение подводного каньона на побережье Черного моря Анаклийского региона

На Потийском побережье Черного моря вблизи берега расположен подводный каньон. Вершина каньона максимально приближена к берегу. Его бровка выражена в рельефе с глубиной 9–10 м и расстояние до берега и оградительного мола Потийского порта составляет, соответственно, около 750 и 200 метров (рис.1). В Анаклии подводный каньон начинается около 200 метров от берега (рис. 2).

Рассмотрим задачу о накате волн на берега в зонах, расположенных против подводных каньонов. Обозначим средний уклон дна моря –  $\alpha$ .

Для Потийского и Анаклийского регионов, в качестве конкретного примера рассмотрим приближенный расчет трансформации западных волн, которые распространяются от точки  $C$ , находящейся, соответственно, на расстоянии 1,5 и 1,125 км от берега. Рассматриваются штормовые условия. Начальная высота волны  $H_C$  в указанной точке равна  $H_C = 6$  м, период  $T = 7,2$  с, глубина  $h_C = 90$  м. Глубина моря изменяется в зависимости от расстояния берега по линейному соотношению по формуле:  $h(x) = ax$ , где координата  $x$  отсчитывается от береговой линии.

Длина волны  $\lambda$  в точке  $B$  вычисляется по дисперсионному соотношению для линейных (при  $H > \frac{\lambda}{2}$ ) волн и равна:

$$\lambda_C = \frac{gT^2}{2\pi} = 81 \text{ м}$$

Из экспериментальных исследований [2] известно, что, начиная с некоторой глубины  $h_b$ , длина волны  $\lambda(h)$  изменяется с глубиной  $h$  следующим образом:

$$\lambda(h) = 1,6\lambda_C^{0,666} h^{0,333}, \quad (1)$$

где  $\lambda_C$  - начальная длина волны.

Глубину  $h_b$  определим из условия:

$$\lambda_C = 1,6\lambda_C^{0,666} h_b^{0,333},$$

или  $h_b = 0,0244\lambda_C$ , что в рассматриваемом случае равно 19,8 м.

Таким образом, нелинейные эффекты, связанные с трансформацией поверхностной гравитационной волны из-за влияния дна, начинают проявляться с глубины примерно  $h_b = 20$  м на расстоянии  $x_b$  от береговой линии. Изменение длины волны в зависимости от расстояния от берега вычисляется по следующему соотношению:

$$\lambda(x) = 29,9(h(x))^{0,333}, \quad \text{при } x_{cr} \leq x \leq x_b, \quad (2)$$

где  $x_{cr}$  – горизонтальная координата гребня обрушившейся волны.

Изменение высоты и групповой скорости волн при изменении глубины или расстояния от берега вычисляется по формулам [1]:

$$U(x) = \frac{\lambda(x)}{2T} \left[ 1 + \frac{4\pi h(x)}{\lambda(x) \cdot \operatorname{sh} \left( \frac{4\pi h(x)}{\lambda(x)} \right)} \right], \quad H(x) = H_C \sqrt{\frac{U_C \cdot \lambda_C}{U(x) \cdot \lambda(x)}}, \quad (3)$$

где  $H_C$ ,  $\lambda_C$ ,  $U_C$  - соответственно, начальная высота, длина и групповая скорость волны.

Глубина  $h_{cr}$ , на которой волна начинает терять устойчивость, определяется по эмпирическому соотношению [2].

$$h_{cr} = 4,368 H_C^{1,714} \lambda_C^{-0,714}. \quad (4)$$

Для рассматриваемых условий эта величина равна  $h_{cr} = 4,1$  м, координата  $x_{cr}$  для Поти равна 68 м, для Анаклии – 51 м.

Завершающей стадией формирования волны при ее выходе на берег является образование гребня, который может рассматриваться как уединенная волна, соответствующая уравнению Кортевега-де Фризе. Профиль волны, движущейся со скоростью  $c$  уединенной волны, имеет вид:

$$\zeta(x,t) = a \operatorname{sech}^2[\beta(x-ct)],$$

где  $\beta^2 = \frac{3a}{4h^2(h+a)}$ ;  $c^2 = g(h+a)$ ;  $a = 0,5H$ .

Построим график волновых полей при следующих значениях параметров системы:

1. Для Потийского региона возьмем средний уклон дна  $\alpha_1 = 0,06$  и  $68 \leq x \leq 335$ ;
2. Для Анаклийского региона:  $\alpha_1 = 0,08$  и  $51 \leq x \leq 250$ .

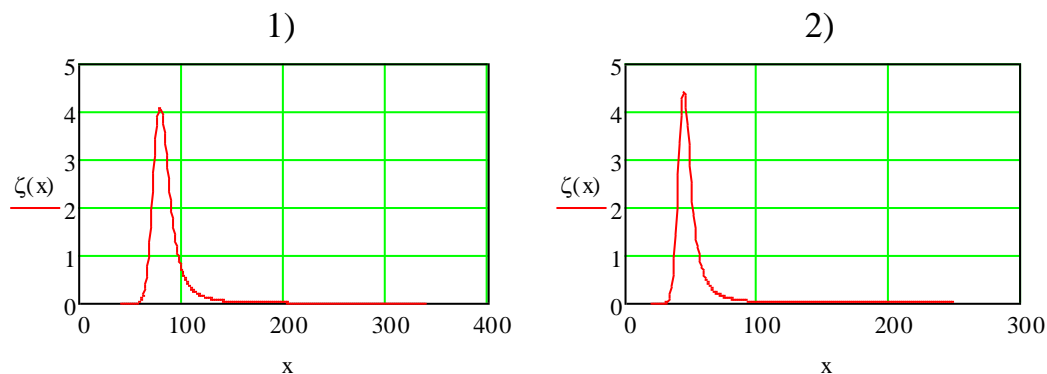


Рис. 3. Профиль уединенной волны в зоне обрушения: 1) – Потти; 2) – Анаклия

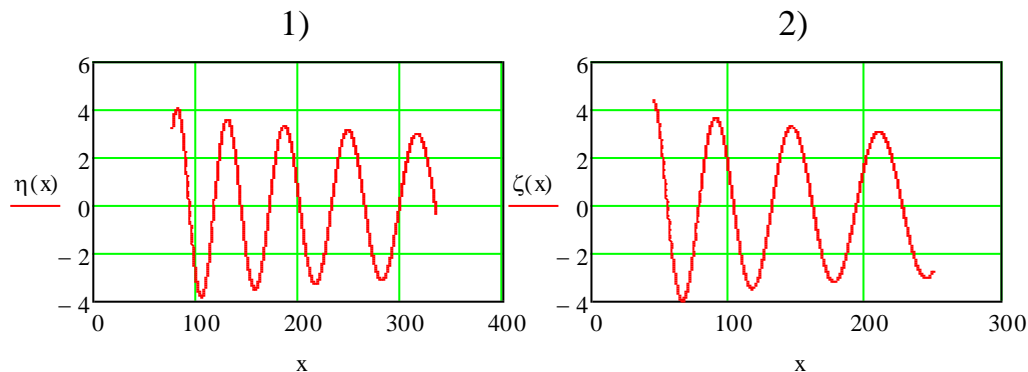


Рис. 4. График возвышения свободной поверхности  $\zeta(x,t)$ : 1) – Потти; 2) – Анаклия

Из рис. 4 видно, что при увеличении глубин моря, высота волн увеличивается, а длина волн уменьшаются. Амплитуда волн при обрушении в Потийском регионе Черного моря равна  $\zeta_{\max} = 4,1$  м, а в Анаклийском регионе  $\zeta_{\max} = 4,4$  м.

Если после обрушения волны пренебречь потерями энергии на преодоление силы трения дна, турбулентной вязкости и проницаемости откоса, то для определения длины наката волны на сухой берег можно определить следующим образом:  $l = \zeta_{\max} / \beta$ , где  $\beta$  уклон надводной части. В нашем случае, при  $\beta = 0,003$  получаем  $l_{\text{П}} = 141$  м и  $l_{\text{А}} = 147$  м.

Рассмотрим далее накат волн на берег в зоне подводного каньона с учетом потерь энергии на преодоление силы трения дна, турбулентной вязкости и проницаемости откоса. В случае распространения волнения с волновыми лучами, параллельными оси каньона (фронт волны), центральный луч пройдет вдоль оси каньона, и волна разрушится в непосредственной близости от берега. Таким образом, участок сооружения, расположенный против вершины каньона окажется практически в начале зоны наката волн, то есть гораздо ближе к линии обрушения, чем соседние участки. Согласно [1], волновые нагрузки на сооружения

максимальны на линии обрушения волн и линейно убывают по мере удаления сооружения от нее. Следовательно, волновые нагрузки на участок сооружения, расположенный против вершины каньона, будут значительно выше, чем на соседних участках.

На реальные пляжи и сооружения накатываются фактически волны перемещения, образовавшиеся из колебательных волн в результате скачкообразного перехода при их последнем обрушении. Причем зоной наката следует считать зону от последнего обрушения волны и ее перехода из волны колебательной в волну перемещения до границы ее наката на сухой берег. В этой области рассмотренная нами теория не работает, поэтому воспользуемся энергетическим методом определения высоты наката волны на берег.

Всю зону наката обрушающихся волн на берега и сооружения можно разделить на подводную часть шириной  $a = \frac{h_{kp}}{\alpha}$ , где  $h_{kp}$  - глубина последнего обрушения волны,  $\alpha$  - уклон подводной части берегового склона, и надводную шириной  $I = \frac{h_1}{\beta}$ , где  $h_1$  высота наката волны на берег,  $\beta$  - уклон надводной части пляжа.

Кинетическая энергия единицы массы воды в гребне разрушающейся волны определяется следующим образом:

$$E_K = \rho \frac{V^2}{2},$$

где  $\rho$  - плотность воды,  $V$  - скорость частицы в гребне волны, равная  $V = \sqrt{g(h_{kp} + \zeta_{kp})}$ ;  $\zeta_{kp}$  - высота волны при обрушении. Полагая для последнего обрушения  $h_{kp} \approx \zeta_{kp}$ , получим  $V = \sqrt{2gh_{kp}}$  и

$$E_K = \rho gh_{kp} \quad (5)$$

$h_{kp}$  - определяется по формуле (4) и для нашего случая равно:  $h_{kp} = 4,1$  м.

После обрушения вода теряет кинетическую энергию на преодоление сил турбулентной вязкости, тяжести и трения и поднимается на высоту наката  $h_1$ . При этом частица будет обладать потенциальной энергией

$$E_{\Pi} = \rho gh_1. \quad (6)$$

Проходя зону между линией обрушения и урезом воды (подводная часть берегового склона), частица потеряет на турбулизацию потока часть энергии [1,3]

$$E_{\text{тур}} = \rho g k_{\text{тур}} \frac{h_{kp}}{\alpha}, \quad (7)$$

где  $k_{\text{тур}}$  - линеаризованный (безразмерный) коэффициент турбулентной вязкости (Battjes, 1975), который равен:  $a = 0,08, h_1 = 2\text{ м } l = 69\text{ м } a = 0,008, h_1 = 1,54\text{ м } l = 51\text{ м}$

$$k_{\text{тур}} = K_{\text{э}} \frac{5\alpha gh_{kp} T}{96\lambda_{kp}},$$

$\lambda_{kp}$  - длина волны на линии обрушения,  $K_{\text{э}}$  - эмпирический коэффициент, равный  $K_{\text{э}} \approx 0,08$ .

При подъеме на высоту  $h_1$  по надводной части берегового откоса с уклоном  $\beta$ , частица затратит на преодоление силы трения и проницаемости откоса энергию, равную

$$E_{\text{тр}} = \rho gh_1 \frac{(1-k_1)(1-k_2)}{\beta}, \quad (8)$$

где  $k_1, k_2$  - коэффициенты шероховатости и проницаемости надводного откоса пляжа, которые определены в [3].

На основе закона сохранения энергии прибойных волн из уравнения (5)-(7) и (8) получим

$$\rho g h_{kp} = \rho g h_1 + \rho g k_{\text{тип}} \frac{h_{kp}}{\alpha} + \rho g h_1 \frac{(1-k_1)(1-k_2)}{\beta},$$

или

$$h_1 = h_{kp} \frac{\beta(\alpha - k_{\text{тип}})}{\alpha[\beta + (1-k_1)(1-k_2)]} \quad (9)$$

где  $k_{\text{тип}} = 0,002$ .

Проведем расчет с учетом каньона при следующих значениях параметров системы:  $h_{kp} = 4,1$ ;  $T = 7,2$ с;  $\lambda_{kp} = 48$ м;  $\beta = 0,03$ ;  $k_1 = 0,9$ ;  $k_2 = 0,7$ . Зависимость высоты наката  $h_i$  по надводной части берегового откоса, при среднем уклоне подводной части моря  $\alpha$ , представлена на рис. 5.

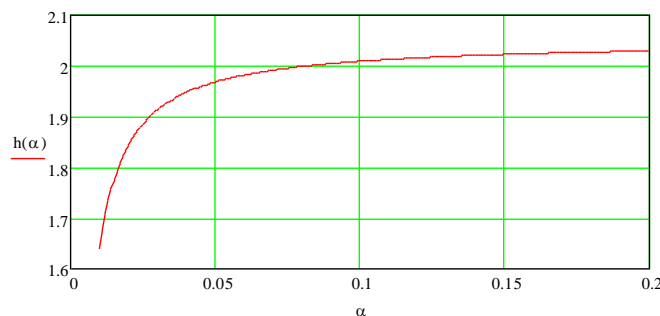


Рис. 5. Зависимость высоты  $h_i$  от уклона подводной части моря  $\alpha$

Из рис. 5 видно, что  $h(\alpha)$  при  $0,01 \leq \alpha \leq 0,1$  с увеличением  $\alpha$  растет и при  $0,1 \leq \alpha \leq 0,2$  почти не меняется.

Проводя расчет наката волн по формуле (9), получаем:

1. Поты - при  $\alpha = 0,06$ ,  $h_1 = 1,98$ м и  $l = 67$ м. Вне зоны каньона при  $\alpha = 0,008$ :  $h_1 = 1,54$ м и  $l = 51$ м;
2. Анаклия - при  $\alpha = 0,08$ ,  $h_1 = 2$ м и  $l = 69$ м. Вне зоны каньона при  $\alpha = 0,009$ :  $h_1 = 1,59$ м и  $l = 53$ м;

Проведенные расчеты показывают, что при накате волн на берег в зоне подводного каньона высота и ширина подъема воды на пляж и соответственно волновые нагрузки существенно больше, чем вне зоны каньона.

*Работа выполнена в рамках гранта №AR/22/3-109/14, финансируемого Грузинским национальным научным фондом им. Ш. Руставели.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шеппард Ф., Дилл Р. Подводные морские каньоны. - Л.: Гидрометеиздат, 1972, 412 с.
2. Вольцингер Н.Е., Клеванный К. А., Пелиновский Е. Н. Длинноволновая динамика прибрежной зоны. - Ленинград, Гидрометеиздат, 1989, 272с.
3. Катлине Коблев А.Х., Лещенко С.В., Макаров К.Н. Накат разрушающихся волн на берег в зонах подводных каньонов. XXIV Береговая конференция, «Морские берега – эволюция, экология, экономика. Туапсе, 2012, сс. 193-198

#### SUMMARY

#### CALCULATION OF THE WAVE ROLLING ON THE SHORE IN THE SUBMARINE CANYON AREA IN THE BLACK SEA NEAR ANAKLIA AND POTI

Saginadze I.S.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The paper discusses an approximate method for calculating the waves rolling on the shore in the submarine canyon area in the Black Sea near Anaklia and Poti. The chart of wave fields was plotted, and the effect of the submarine slope on the change in the elevation of the free surface of water. Using the energy method, the height and width of the waves rolling on the beach were calculated. The calculation showed that, when the waves rolled on the beach in the submarine canyon area, the height and width of the water rise on the beach and hence the wave load are considerably higher than beyond the canyon area.

**Keywords:** wave rolling, seashore, submarine canyon, the Black Sea.



## ЗУБЧАТЫЕ ВАРИАТОРЫ С НОВЫМИ ПЕРЕДАЧАМИ ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ

Варсимашвили Р.Ш., Кахиани М.Р.

Инженерная академия Грузии

### 1. Введение

К современным машинам часто предъявляется требование осуществить движение исполнительных органов по заданному закону переменного передаточного отношения.

Для решения этой задачи, в настоящее время, используются зубчатые передачи с некруглыми цилиндрическими колесами. Их отрицательной стороной считаются высокие динамические характеристики передачи, а также трудности изготовления некруглых колес.

### 2. Основное содержание и результаты работы

Для получения заданного закона переменного передаточного отношения возможно использовать передачи, зубчатые венцы ведущих и ведомых колес которых оснащены равновысокими зубьями полной и неполной длины, расположенными вдоль плоских или пространственных кривых, которые представляют собой функцию переменного передаточного отношения. Данные передачи могут быть использованы для изготовления вариаторов скорости, так как могут заменить используемые для этой цели фрикционные передачи или передачи с использованием некруглых колес.

Двухступенчатый вариатор скорости (рис. 1) состоит из ведущего тороидального 1, промежуточного сферического или эллипсоидного 2, 3 (или эллипсоидного 2 и сферического 3) и ведомого тороидального 4 колес. Колеса 2, 3 жестко закреплены между собой с возможностью вращения на неподвижной оси 5. Колеса 1, 4 оснащены равновысокими прямыми зубьями 6 полной длины. Колеса 2, 3 оснащены равновысокими прямыми зубьями 7, 8 неполной длины, которые расположены вдоль одинаковых или разных пространственных кривых 9, 10, которые представляют заданную функцию переменного передаточного отношения.

Передаточные отношения имеют вид:

$$\begin{aligned}
 U_{\max} &= \frac{R_2 \cos \varphi_2}{r_{1 \min}} \cdot \frac{r_{4 \max}}{R_3 \cos \varphi_2} = \frac{R_2 \cos \varphi_2}{R_3 \cos \varphi_3} \cdot \frac{r_{4 \max}}{r_{1 \min}}; \\
 U_{\min} &= \frac{R_2 \cos \varphi_2}{r_{1 \max}} \cdot \frac{r_{4 \min}}{R_3 \cos \varphi_2} = \frac{R_2 \cos \varphi_2}{R_3 \cos \varphi_3} \cdot \frac{r_{4 \min}}{r_{1 \max}}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Диапазон регулирования равен

$$D = \frac{r_{1 \max} \cdot r_{4 \min}}{r_{1 \min} \cdot r_{4 \max}}.$$

Трехступенчатый вариатор скорости (рис. 2) состоит из ведущего тороидального колеса 1, промежуточного сферического или эллипсоидного колеса 2, промежуточных тороидальных колес 3, 4, которые соединены между собой посредством валов 5, 6, круглых конических колес 7, 8, 9, 10, вала 11 и ведомого сферического или эллипсоидного колеса 12, которое жестко закреплено на ведомом валу 13. Колесо 2 свободно закреплено на неподвижной оси 14. Колеса 1, 3, 4 оснащены равновысокими прямыми зубьями 15 полной длины, а колеса 2, 12 оснащенными равновысокими прямыми зубьями 16, 17 неполной длины, которые расположены вдоль кривых 18, 19, которые представляют заданную функцию переменного передаточного отношения.

Передаточные отношения:

$$U_{\max} = \frac{R_2 \cos \varphi_2}{r_{1 \min}} \cdot \frac{r_{3 \max}}{R_2} \cdot \frac{R_{12} \cos \varphi_{12}}{r_{4 \min}} = \frac{r_{3 \max}}{r_{1 \min} r_{4 \min}} \cos \varphi_2 \cdot \cos \varphi_{12};$$

$$U_{\min} = \frac{R_2}{r_{1 \max}} \cdot \frac{r_{3 \min}}{R_2 \cos \varphi_2} \cdot \frac{R_{12}}{r_{4 \max}} = \frac{r_{3 \min}}{r_{1 \max} r_{4 \max}} \cdot \frac{1}{\cos \varphi_2}. \quad (2)$$

Диапазон регулирования

$$D = \frac{r_{1 \max} \cdot r_{3 \max} \cdot r_{4 \max}}{r_{1 \min} \cdot r_{3 \min} \cdot r_{4 \min}} \cdot \cos^2 \varphi_2 \cdot \cos \varphi_{12}.$$

Четыреступенчатый вариатор скорости (рис. 3) состоит из ведущего 1, промежуточных 2, 3, ведомого тороидального колеса 4 и промежуточных сферических или эллипсоидных колес 5, 6, которые с возможностью вращения закреплены на неподвижной оси 7. Колеса 1, 2, 6 оснащены равновысокими прямыми зубьями 8 неполной длины, которые расположены вдоль пространственных кривых 9, 10, 11, которые представляют заданную функцию переменного передаточного отношения. Колеса 3, 4, 5 оснащены равновысокими прямыми зубьями 12 полной длины. Колеса 2, 3 между собой соединены посредством валов 13, 14, 15 и круглых конических колес 16, 17, 18, 19.

Передаточные отношения

$$U_{\max} = \frac{R_5 \cos \varphi_5}{r_{1 \min}} \cdot \frac{r_{2 \max}}{R_5} \cdot \frac{R_6 \cos \varphi_6}{r_{3 \min}} \cdot \frac{r_{4 \max}}{R_6} = \frac{r_{2 \max} \cdot r_{4 \max}}{r_{1 \min} \cdot r_{3 \min}} \cos \varphi_5 \cdot \cos \varphi_6,$$

$$U_{\min} = \frac{R_5}{r_{1 \max}} \cdot \frac{r_{2 \min}}{R_5 \cdot \cos \varphi_5} \cdot \frac{R_6}{r_{3 \max}} \cdot \frac{r_{4 \min}}{R_6 \cdot \cos \varphi_6} = \frac{r_{2 \min} \cdot r_{4 \min}}{r_{1 \max} \cdot r_{3 \max}} \cdot \frac{1}{\cos \varphi_5 \cdot \cos \varphi_6}. \quad (3)$$

Диапазон регулирования

$$D = \frac{r_{1 \max} \cdot r_{2 \max} \cdot r_{3 \max} \cdot r_{4 \max}}{r_{1 \min} \cdot r_{2 \min} \cdot r_{3 \min} \cdot r_{4 \min}} \cdot \cos^2 \varphi_5 \cdot \cos^2 \varphi_6.$$

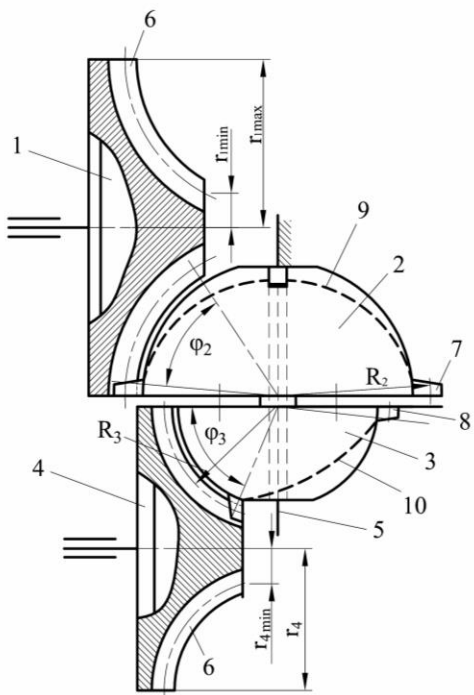
Если необходимо, чтобы ведомые колеса и валы зубчатых передач и вариаторов скорости, с переменным передаточным отношением совершали вращательное движение переменного-постоянной угловой скоростью, то равновысокие зубья неполной длины должны быть расположены вдоль кривых, которые состоят из частей с изменяющимися и постоянными радиусами.

Расчет основных кинематических параметров зубчатых колес вариаторов можно провести согласно заданных геометрических параметров.

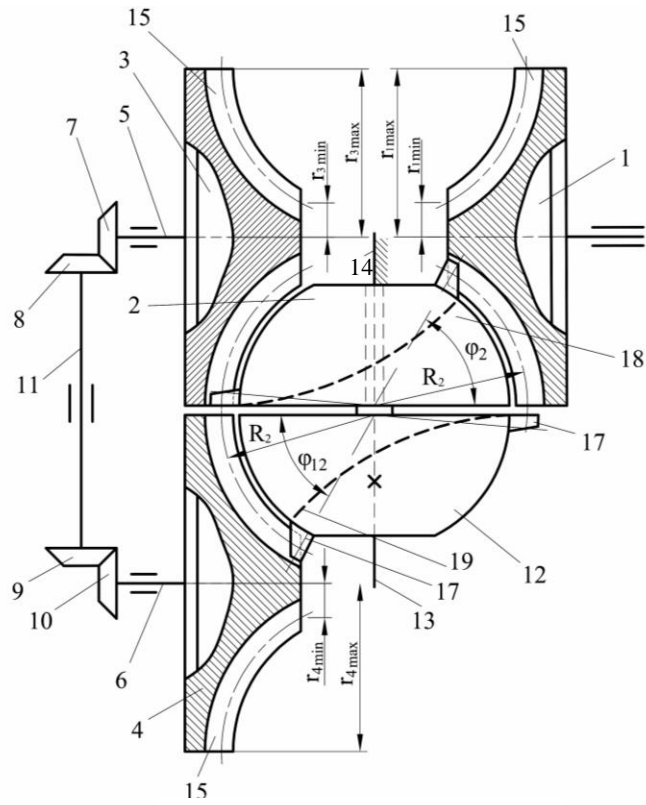
Результаты расчета приведены в таблице, при  $\varphi_2=\varphi_3=\varphi_{12}=\varphi_5=\varphi_6=62^\circ$ ,  $R_2=R_5=190\text{mm}$ ;  $R_3=140\text{mm}$ ;  $R_6=150\text{mm}$

#### Результаты расчета кинематических параметров

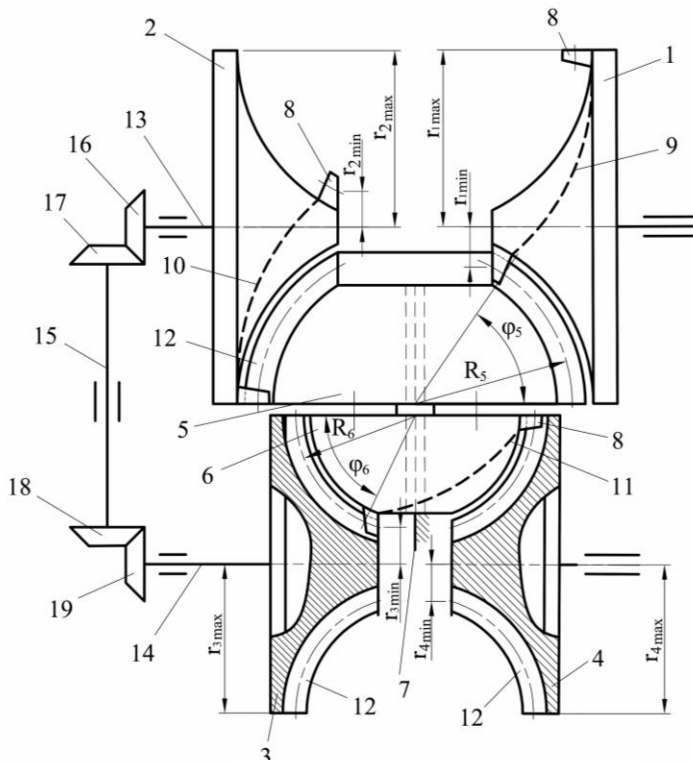
№	Наименование	$r_{1 \min}$	$r_{1 \max}$	$r_{2 \min}$	$r_{2 \max}$	$r_{3 \min}$	$r_{3 \max}$	$r_{4 \min}$	$r_{4 \max}$	$U_{\min}$	$U_{\max}$	$D$
1	Двухступенчатый вариатор	40	210	—	—	—	—	40	180	0,222	5,25	23,64
2	Трехступенчатый вариатор	40	210	—	—	40	210	40	210	0,0019	0,029	14,98
3	Четырехступенчатый вариатор	50	220	45	220	45	185	45	185	0,192	5,207	27,12



რის. 1. Двухступенчатый вариатор скорости



რის. 2. Трехступенчатый вариатор скорости



რის. 3. Четырехступенчатый вариатор скорости

Если необходимо, чтобы ведомые колеса и валы передачи осуществляли вращения разными законами передаточного отношения, то зубья неполной длины должны быть расположены вдоль различных кривых, которые представляют разные функции заданного закона переменного передаточного отношения. Кривая, составленная из частей, соответствующих разным функциям переменного передаточного отношения, располагается на начальной поверхности ведущего или ведомого колес.

Двухступенчатый вариатор скорости (рис. 1) работает следующим образом. Колесу 1 сообщим вращательное движение с постоянной угловой скоростью. Посредством боковых поверхностей зубьев полной 6 и неполной 7 длины колес 1, 2, колесо 2 совершит вращательное движение с переменной угловой скоростью, которое передается жестко соединенному колесу 3. Посредством боковых поверхностей зубьев неполной 8 и полной 6 длины колес 3 и 4, колесо 4 совершит движение с суммарной переменной угловой скоростью.

Трехступенчатый вариатор скорости (рис. 2) работает следующим образом. Колесу 1 сообщим вращательное движение с постоянной угловой скоростью. Посредством зацепления боковых поверхностей зубьев полной 15 и неполной 17 длины колес 1, 2, 3 колесо 3 совершает вращательное движение с переменной угловой скоростью, которое посредством валов 5, 6, 11, колес 7, 8, 9, 10, взаимозацеплением боковых поверхностей зубьев полной 15 и неполной 17 длины, колес 4, 12 передается ведомому колесу 12, которое совершит движение с суммарной переменной угловой скоростью.

Четырехступенчатый вариатор (рис. 3) работает следующим образом. Колесу 1 сообщим вращательное движение с постоянной угловой скоростью. Посредством зацепления боковых поверхностей зубьев полной 12 и неполной 8 длины колес 1, 5, 2, колесо 2 совершает вращательное движение с переменной угловой скоростью, которое посредством валов 13, 14, 15, колес 16, 17, 18, 19, взаимозацеплением боковых поверхностей зубьев полной 12 и неполной 8 длины колес 3, 6 и 6, 4 передается ведомому колесу 4, которое совершит движение суммарной переменной угловой скоростью.

### 3. Заключение

Таким образом, выполненные исследования позволили реализовать следующее:

1. Разработать конструкции зубчатых вариаторов, позволяющие намного уменьшить динамические характеристики механизма.
2. Значительно упростить процесс изготовления зубчатых передач вариаторов с использованием стандартного серийного оборудования.
3. Увеличить диапазон регулирования и КПД передачи вариатора.
4. Передать большую мощность и упростить конструкцию вариатора.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Варсимашвили Р.Ш. Теория зацепления зубчатых передач с переменным передаточным отношением. – Тбилиси, Технический университет, 2008, – 497 с.
2. Кожевников С.Н., Есипенко Я.И., Раскин Я.М. Механизмы. -Москва, Машиностроение, 1976, сс. 329-332.
3. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. – Москва: Наука, 1968, 484 с.
4. Варсимашвили Р.Ш., Варсимашвили З.Р. Зубчатая передача. Патент 2864В (Грузия). Оpubл. Б.И. 2002, № 24.
5. Варсимашвили Р.Ш., Кахиани М.Р. Патент GE P 2013 5888 B 2013 07 25 N14. Сакпатент, Грузия.

### SUMMARY

#### GEAR VARIATORS WITH NEW VARIABLE RATIO GEARS

Varsimashvili R.S. and Kakhiani M.R.

Georgian Engineering Academy

The paper discusses various designed speed variators with new gears which have drive and driven gears fitted with uneven full and partial length teeth along plane and spatial curves. Some kinematic parameters of the variators are given. The kinematic calculation of the variators with consideration of geometric parameters of their constituent parts was performed.

**Keywords:** gears, speed variator, variable gear ratio, drive gear, driven gear, teeth.

## ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ШТАМПОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

Вачарадзе В.В., Вачарадзе Б.Ш.

Грузинский технический университет

Сравнительные испытания жесткого штампа и равномерно-распределенной нагрузки на структурном маловлажном основании в диапазонах нагрузок от 0 до 0,4 МПа позволили оценить напряженно-деформированное состояние основания.

Анализ экспериментальных данных показал, что с ростом внешней нагрузки, передаваемой на основание через жесткий штамп или в виде равномерно-распределенной нагрузки, практически все отклики основания позволяют характеризовать его напряженно-деформированное состояние [1].

Лабораторные исследования по оценке деформируемости грунта, выполненные в компрессионном устройстве, в зависимости от влажности показали существенное изменение модуля деформации. Опыты проводились на образцах, отобранных на опытной площадке через 20 см по глубине, до глубины 2,2 метра от поверхности. При изменении влажности грунта от 5 до 25% модуль деформации менялся от 2,5 до 37,5 МПа.

Нижняя граница влажности при компрессионных испытаниях ограничена 5%, а в природных условиях влажность грунта в верхнем слое, примерно до 10 см от поверхности, составляла не более 2%.

Характер распределения контактных напряжений по подошве жесткого штампа, линейное нарастание напряжений в основании и линейное приращение перемещений в процессе роста нагрузки на основание, позволяет в качестве расчетной схемы принять модель линейно-деформируемого полупространства. Расчеты напряженно-деформированного состояния выполнялись с использованием метода конечных элементов.

На рис. 1 представлены расчетные схемы модели основания, по которым были выполнены расчеты. Первая схема - однородное линейно-деформируемое полупространство. Вторая схема - неоднородное линейно-деформируемое полупространство с переменным модулем деформации грунта по глубине, при этом модуль меняется линейно от 100 МПа, в 10 см слое от поверхности, до 16 МПа на глубине 1,6 м. Ниже 1,6 м модуль деформации остается неизменным и равным 16 МПа. По результатам лабораторных исследований коэффициент Пуассона  $\nu$  изменяется в диапазоне 0,10-0,20. В расчетах он принят постоянным и равным 0,15.

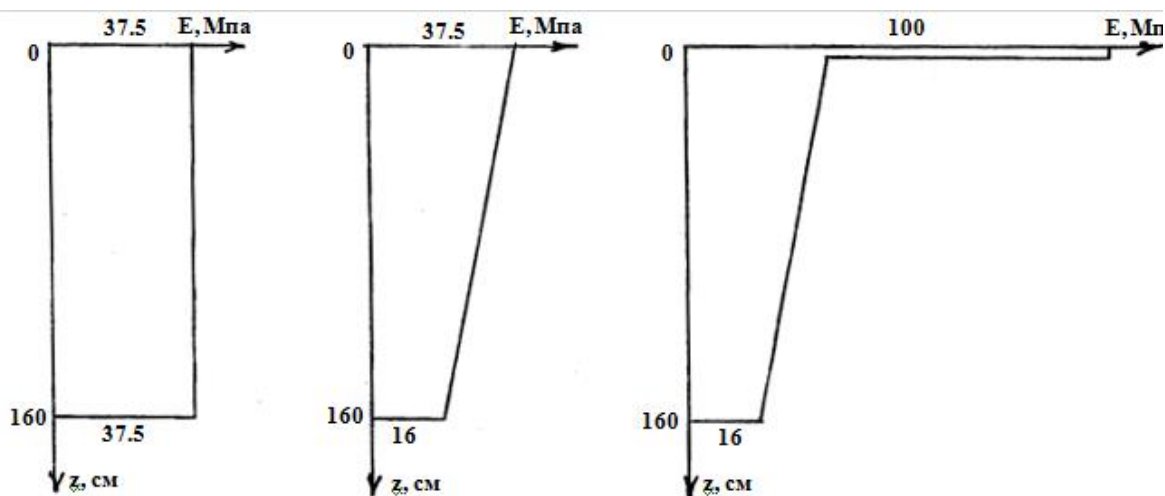


Рис. 1. Расчетные схемы модели основания с учетом модуля деформации грунта E

Принятая конечноэлементная сетка при радиусе штампа 0,4 м состоит из 288 треугольных элементов, покрывающих на плоскости область размерами: глубина – 3,1 м; ширина – 3,733 м. Ограничение размеров области неизбежно при использовании МКЭ, однако

выбор их должен быть строго обоснован с тем, чтобы исключить влияние границ области на результаты расчета [2]. Выбранные для расчета размеры области отвечают указанному требованию.

Граничные условия следующие: отсутствие радиальных перемещений ( $u$ ) на левой и правой границах, отсутствие всяких перемещений ( $u$  и  $v$ ) на нижней границе, отсутствие напряжений на свободной части верхней границы ( $\sigma_z$  и  $\tau_{rz}$ ), постоянство вертикальных перемещений ( $w$ ) под жестким штампом и отсутствие горизонтальных перемещений ( $u$ ), т.е. штамп имеет полное сцепление с основанием, а для равномерно-распределенной нагрузки вертикальная  $\sigma_z = P$  и отсутствие касательных напряжений  $\tau_{rz} = 0$ .

Треугольные элементы объединяются попарно, образуя прямоугольную сетку. Перемещения вычисляются в узлах сетки, а напряжения в центрах треугольных элементов, и затем осредняются попарно для двух элементов, составляющих прямоугольник.

Неравномерность модуля деформации учитывается приближенно. В каждом треугольном элементе модуль принимается постоянным и равным его значению в центре тяжести, т.е., если для верхней части основания принималось

$$E = E_1 - \alpha z, \quad (1)$$

то для каждого элемента в этой части принимается модуль деформации

$$E_s = E_1 - \alpha z_s, \quad (2)$$

где  $z_s$  – глубина центра тяжести элемента.

В результате численного расчета были получены все компоненты напряженно-деформированного состояния основания. Однако, для анализа и сравнения с экспериментальными данными сделана выборка закономерностей распределения вертикальных и горизонтальных напряжений, перемещений и эпюры контактных напряжений. Результаты представлены в виде эпюр безразмерного вида. Так, например, напряжения представлены в виде:

$$\bar{\sigma}_z = \frac{\sigma_z}{P}, \quad \bar{\sigma}_r = \frac{\sigma_r}{P}, \quad (3)$$

где  $P$  – среднее давление по подошве жесткого штампа или равномерно-распределенная нагрузка.

Безразмерность перемещений выражена в следующем виде:

$$\bar{w} = \frac{E_1 w}{PR} \quad \text{и} \quad \bar{u} = \frac{E_1 u}{PR}. \quad (4)$$

На рис. 2 представлены экспериментальная эпюра распределения контактных давлений и расчетные эпюры по схеме однородного и неоднородного линейно-деформируемого основания с переменным модулем деформации по глубине. При расчете, учет изменения модуля деформации грунта, с максимальным значением на поверхности и последовательным уменьшением с глубиной, меняет эпюру контактных давлений по сравнению с однородным полупространством. При этом, практически во всех точках, для неоднородного основания контактное давление на 10-25% меньше, чем для однородного, за исключением краевых областей. Эпюра контактных давлений, с учетом неоднородности основания по жесткости, ближе описывает экспериментальную эпюру.

На рис. 3 представлены относительные осадки жесткого и гибкого штампа и вертикальные перемещения поверхности основания для неоднородного линейно-деформируемого основания, абсолютные значения осадок жесткого и гибкого штампа и вертикальные перемещения основания [3]. В эксперименте имеется некоторое различие в интенсивности затухания перемещений от центра к периферийным областям.

Однако, объем осадки основания под равномерно-распределенной нагрузкой, как в эксперименте так и в расчете, на 25-40% больше чем под жестким штампом.

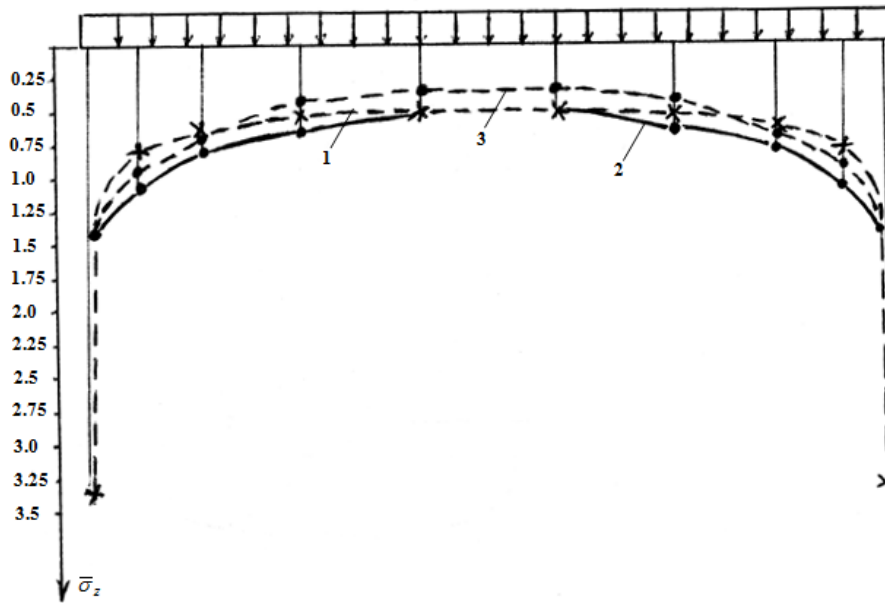


Рис. 2. Экспериментальная и расчетные эпюры контактных напряжений  
 1 – экспериментальная; 2 – однородное л.д. основание; 3 – неоднородное л.д. основание с переменным E по глубине

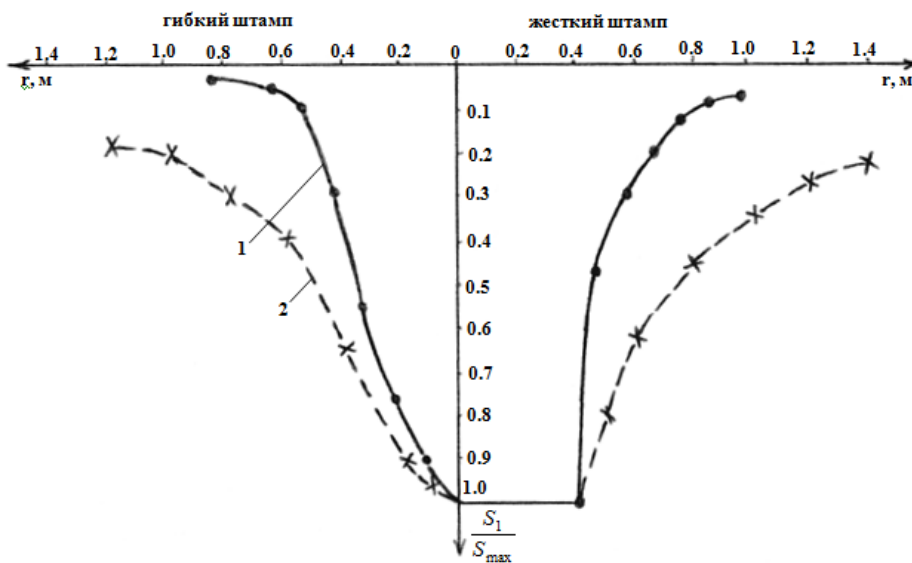


Рис. 3. Относительные осадки и вертикальные перемещения поверхности для неоднородного л.д. основания  
 1 – расчетные; 2 - экспериментальные

На рис. 4 представлены эпюры вертикальных сжимающих напряжений под центром, краем и за пределами, на расстоянии 20 см от краев штампов, полученных в эксперименте и расчетом для однородного и неоднородного полупространства.

Во всех случаях видно, что расчет, выполненный с учетом изменения модуля деформации по глубине, приближает расчетные значения к экспериментальным. Из этого следует, что при расчете напряженно-деформируемого состояния основания под действием

жесткой и гибкой нагрузки необходимо учитывать жесткость оснований и характер распределения этой жесткости по глубине. Расхождение экспериментальных значений с расчетными можно объяснить как некоторой погрешностью измерений в эксперименте, так и возможной неточностью заданных в расчете закономерностей распределения жесткости по глубине. Также следует отметить, что установка датчиков давления в столь жесткий массив, каким являлся в момент проведения испытаний лессовый грунт, потребовало изменить отработанную методику закладки датчиков путем их вдавливания, и перейти на их забивку. Забивка приводит к большому нарушению природного сложения грунта и вызывает дополнительные погрешности в определении напряжений.

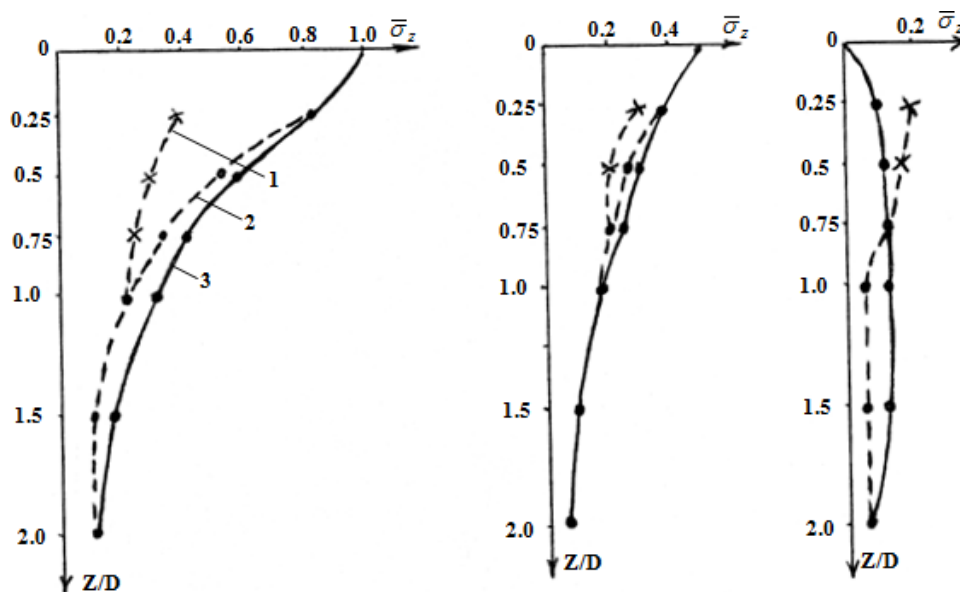


Рис. 4. Эпюры вертикальных сжимающих напряжений в пределах и за пределами штампа  
1 – экспериментальные; 2 – расчетные для однородного основания; 3 – расчетные для неоднородного основания

Сравнение расчетных и экспериментальных значений вертикальных сжимающих напряжений под центром и краем штампа, показывает, что в основной сжимаемой зоне, до одного диаметра штампа, напряжения под гибким штампом на 20-40% выше чем под жестким. Это и является причиной, приводящей к большей осадке основания под действием равномерно-распределенной нагрузки, чем под жестким штампом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вачарадзе В.В., Вачарадзе И.В. Экспериментальные исследования взаимодействия грунтового основания с абсолютно гибкой и жесткой нагрузкой. //Georgian Engineering News, 2009, №3, сс. 103-106.
2. Ухов С.Б. Расчет сооружений и методы конечных элементов. –М., 1973, 123 с.
3. Вачарадзе В.В., Вачарадзе Б.Ш. Полевые испытания лёссовых грунтов абсолютно гибким штампом. //Georgian Engineering News, 2013, №2, сс. 77-80

#### SUMMARY

#### THEORETICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE RESULTS OF STAMP TESTS

Vacharadze V.V. and Vacharadze B.Sh.

Georgian Technical University

The paper deals with the results of comparative tests of a hard and a flexible stamps on a little wet loessial base. The diagrams of distribution of contact and vertical compressive stresses, and of the base surface displacement and stamp settlement are given. The design outline of the base in the form of inhomogeneous linearly deformable half-space with a variable deformation modulus by depth is offered. In the result of the numerical calculation, all the components of the stress-strained state of the base were determined. The comparison of design and experimental data showed that it is necessary to take into consideration the base rigidity and rigidity distribution in depth.

**Keywords:** hard stamp, flexible stamp, loessial base, contact stress, vertical compressive stress.



მაღალ კონცენტრირებული წყალშემცველი ფეთქებადი ნივთიერებების  
ემულსიის კვლევა ლაბორატორიულ პირობებში

შარაშენიძე თ.ვ., გაბოძე ვ.კ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

ემულსია წარმოადგენს ამონიუმის გვარჯილის ნაჯერ ხსნარში ემულგირებულ დიზელის ზეთს „წყალ-ზეთში“. წარმოდგენილი სამუშაოს მიზანია საქართველოს ბაზარზე არსებული ნედლეულით შეგვექმნა ისეთი წყალშემცველი ემულსიური ფეთქებადი ნივთიერებები, რომლებიც თავისი ენერგეტიკული მაჩვენებლებით, დამზადების სიმარტივით და სიაფით დააკმაყოფილებდა მასზე წაყენებულ მოთხოვნებს. ამავდროულად ემულსიის ერთ-ერთი ძირითადი მოთხოვნა უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას - ამ ემულსიაზე დამზადებულმა ფეთქებადმა ნივთიერებამ ჭაბურღილის წყლის სვეტში გავლისას და ჭაბურღილში ხანგრძლივი დროით ყოფნისას შეინარჩუნოს სტრუქტურა და მაღალი დეტონაციური თვისებები.

2. ძირითადი ნაწილი

ძირითადად ემულსიური კონცენტრირებული ფეთქებადი ნარევეები გამოიყენება, ნებისმიერი სიმაგრის ქანებში, წყლიანი ჭაბურღილების ასაფეთქებლად. დიდი მწარმოებლურობის კარიერებზე აღნიშნული ფეთქებადი ნივთიერებების ჩატვირთვა წყლიან ჭაბურღილებში ხდება სპეციალური დამმუხტველი მანქანებით წყლის სვეტის ქვეშიდან, ხოლო სხვა შემთხვევაში ასეთი ტიპის ფეთქებადი ნივთიერებების ჩატვირთვა ხდება დავაზნული მასრებით (მასრების გაუჭრელად), რათა არ მოხდეს ფეთქებადი მასალის წყალში გახსნა (მასალაში წყლის შეღწევა), ეს უკანასკნელი კი ამცირებს ჭაბურღილში ფეთქებადი ნივთიერებების ხაზოვან ენერგიას, რადგან მასრის ჭაბურღილში თავისუფლად ჩასვლის პრინციპიდან გამომდინარე მასრის დიამეტრი ჭაბურღილის დიამეტრის 0,8%-ს შეადგენს [1].

ასევე ცნობილია, რომ ემულსია წარმოადგენს ამონიუმის გვარჯილის ნაჯერ ხსნარში ემულგირებულ დიზელის ზეთს, „წყალი-ზეთში“.

ზემო აღნიშნულიდან გამომდინარე, მიზნად დავისახეთ შეგვექმნა ისეთი წყალშემცველი ემულსიური ნივთიერებები, რომლებიც თავისი ენერგეტიკული მაჩვენებლებით, დამზადების სიმარტივითა და სიაფით დააკმაყოფილებდა მასზე წამოყენებულ მოთხოვნებს. ამავდროულად, ახლადშექმნილი წყალშემცველი ფეთქებადი მასალების ერთ-ერთი ძირითადი მოთხოვნა უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას-ფეთქებადი ნივთიერების გაჭრილი მასრით (ხაზოვანი ენერგიის გაზრდის მიზნით) ჭაბურღილის წყლის სვეტში გავლისას და ჭაბურღილში ხანგრძლივი დროით ყოფნისას შეინარჩუნოს სტრუქტურა და მაღალი დეტონაციური თვისებები. ემულსიის დამზადება ხდებოდა მაღალკონცენტრირებული (80-85%) ამონიუმის გვარჯილის ნაჯერ ხსნარში სხვადასხვა მარკის დიზელის ზეთების ემულგირებით. ამ უკანასკნელზე დამოკიდებულია ემულსიის სიბლანტე და სიმკვრივე, ექსპერიმენტებისათვის გამოყენებული იქნა ნახშირწყალბადების ნაერთები, მძიმე დიზელის ზეთებიდან პარაფინის შემცველ ზეთებამდე.

ნაჯერ ხსნარში ზეთის ემულგირება მოხდა მაღალი ზედაპირული აქტივობის მქონე ნივთიერებებით. პირველ შემთხვევაში, საპნის მრეწველობაში გამოყენებული ოქსიეთილირებული ფენოლით (OII-5), მეორე შემთხვევაში  $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$  სამატომიან სპირტზე დამზადებული გლიცერინის ეთერით. მაღალი კონსისტენციაზე ნაჯერ ხსნარში, სხვადასხვა მარკის ზეთების (AC-4, AC-8, ინდრუსტრიული ზეთი და 15W40) ემულგირებით მივიღეთ ემულსიები, რომელთა გამოცდაც მოხდა ლაბორატორიულ პირობებში. გამოცდა ხდებოდა ემულგაციის ხარისხზე, ემულსიის სიმკვრივეზე და მის კონსისტენციაზე გაცივების ტემპერატურული რეჟიმის ცვალებადობის

მიხედვით, ასევე წყალმედვეობაზე. ლაბორატორიულ პირობებში ექსპერიმენტები ჩატარდა ორ ეტაპად: პირველ შემთხვევაში ზემოთ აღნიშნული ზეთების ემულგირებას ნაჯერ ხსნარში ვახდენდით ოქსიეთილირებული ფენოლით, ხოლო ემულგაცია წარმოებოდა ტუმბოს საშუალებით, რომლის ბრუნვათა რიცხვი შეადგენდა 900 ბრ/წთ-ში. მეორე შემთხვევაში, იმავე მასალებზე, ემულგაცია მოხდა გლიცერინის ეთერით სპეციალური საემულგაციო აპარატის დახმარებით, რომლის ბრუნვათა რიცხვი შეადგენდა 3000ბრ/წთ-ში. მოვახდინეთ დაკვირვება დროის მიხედვით (დღეები, კვირები), 100 მმ დიამეტრისა და 2000 მმ სიგრძის მინის მილში.

როგორც ცნობილია, ემულსიის აფეთქების უნარი დამოკიდებულია დამჟანგველის და საწვავის ფაზების მდგომარეობაზე. ისინი აუცილებლად უნდა იყოს თხევადი. ზემოთ ჩამოთვლილ ზეთებზე დამზადებული ემულსიების დამჟანგველი და საწვავი ფაზის მდგომარეობა დამოკიდებულია ემულსიის გაცივების სინქარეზე. ემულსიის სწრაფად გაცივებისას ხდება ნიტრატების ხსნარის კოაგულაცია შედარებით დიდ წვეთებად და მათი კრისტალიზაცია. ცნობილია, რომ ოქსიეთილირებული ფენოლით ემულგირებული ემულსიები მდგრადობას ინარჩუნებს 48 საათის განმავლობაში. შემდეგ იწყებს თანდათანობით გაყოფას და სრული გაყოფა ხდება 7-8 დღე-ღამეში. ორგანული საწვავის ფიზიკურ მახასიათებლებზეა დამოკიდებული ემულსიის სიბლანტე და სიმკრივე. ლაბორატორიულ პირობებში გამოკვლეული იქნა ემულსიების ფიზიკური მახასიათებლების შედეგები (ცხრილი) [2].

**ემულსიების ფიზიკური მახასიათებლები**

საწვავი	ემულსიის სიბლანტე	ემულსიის სიმკვრივე გ/სმ <sup>3</sup>
დიზელის ზეთი AC-4	თხელი ემორჩილება გადატუმბვას	1,29
დიზელის ზეთი AC-8	25-30 <sup>0</sup> ემორჩილება გადატუმბვას	1,31
ინდუსტრიული ზეთი	თხელი	1,25
დიზელის ზეთი 15W-40	ჯემისმაგვარი, სქელი	1,33

ცხრილის მონაცემებიდან ნათლად ჩანს, რომ ფეთქებადი ემულსიის დასამზადებლად უკეთესია გამოვიყენოთ დაბალი ხარისხის ზეთები, რადგან, რაც ნაკლებია მასში შეყვანილი დამატებითი მინარევები, მით ნაკლებია ემულსიის სისქე გაცივებულ მდგომარეობაში. აგრეთვე აღსანიშნავია, რომ მცირდება ემულსიის სიმკვრივე, რაც მის ნაკლად უნდა ჩაითვალოს.

როგორც წესი, განსხვავებით სუსპენზიებისა და გელებისა, ემულსიას არც ასქელებენ და არც ჟელატინირებას უკეთებენ, რადგან ემულსიას არ აქვს ქიმიური სენსიბილიზატორები, მისი მგრძობელობა, დეტონაციის უნარი და დეტონაციური სტაბილურობა, ასევე მისი სიმკრივე დამოკიდებულია ემულსიაში ფიზიკური ან ქიმიური გზით შეყვანილი ჰაერის ბუშტულაკების შემცველობაზე [1]. ჩვენს შემთხვევაში, ემულსიაში შეყვანილი იქნა სენსიბილიზატორად ამონიუმის გვარჯილის გრანულები. დამზადებული ემულსიების გამოცდამ წყალმედვეობაზე, ლაბორატორიულ პირობებში, დაგვანახა, რომ ვერც ერთი ემულსია წყლის სვეტში გავლისას ვერ ინარჩუნებს მდგრადობას. წყლის სვეტში გავლილას ხდება ემულსიაში წყლის შეღწევა და მისი გაყოფა.

ემულსიის წყალმედვეობის მისაღწევად მივმართეთ ემულსიის სტრუქტურირებას ნატრიუმსილიკატით. შესქელებას ვახდენდით: ერთ შემთხვევაში სუფთა კარბოქსიმეთილცელულოზით (კმც), ხოლო მეორე შემთხვევაში მაღალპოლიმერულ ფლოკურით მაგნაფლოკ-10-ით. გამოცდები ჩატარდა ლაბორატორიულ პირობებში.

გამოკვლევების შედეგად დადგინდა, რომ შემასქელებლად გამოყენებულ კმც-ს შემთხვევაში ემულსია წყლის სვეტში გავლისას ინარჩუნებს მდგრადობას. ამავდროულად, ემულსია ხდება მაგარი და ირღვევა მისი ძირითადი პრინციპი, საწვავისა და დამჟანგველის ფაზები არ იმყოფება თხევად მდგომარეობაში. აღსანიშნავია, რომ კმც ემულსიას კრავს ერთი მიმართულებით, ხოლო მაღალპოლი-

მერული მაგნაფლოკ-10-ით ემულსიის მასა იკვრება ყველა მიმართულებით, ხდება ბლანტი, წელვადი და მას გააჩნია უნარი ემულსიის ორივე ფაზა შეინარჩუნოს თხევად მდგომარეობაში. წყლის სვეტში გავლილას ემულსია ინარჩუნებს მდგრადობას, როდესაც სტრუქტურის შემქმნელი ნატრიუმსილიკატის და შემასქელებლის მაგნაფლოკ-10-ის ოპტიმალური რაოდენობა შესაბამისად შეადგენს 0,15 და 0,26%-ს.

### 3. დასკვნა

ემულსიის კონცენტრაცია, გაცივებულ მდგომარეობაში, მთლიანად დამოკიდებულია ორგანული საწვავის ფიზიკურ მახასიათებლებზე, ხოლო საწვავის ემულგირება მაღალკონცენტრირებულ ამონიუმის გვარჯილის ნაჯერ ხსნარში - მაღალზედაპირულად აქტიურ ემულგატორზე. მაღალი ხარისხის ემულსიის მისაღებად, მიზანშეწონილია, ამონიუმის გვარჯილის ნაჯერ ხსნარში საწვავად, სამატომიან სპირტზე დამზადებული გლიცერინით, ინდუსტრიული ან დიზელის ზეთის AC-4-ის ემულგირება. ემულსიის წყალმდეგობის უზრუნველყოფა წყლის სვეტში გავლისას და წყალში ხანგძლივი დროის განმავლობაში ყოფნისას, შესაძლებელია მისი სტრუქტურით მაღალპოლიმერული ფლოკურალით მაგნაფლოკ-10-ით და ნატრიუმსილიკატით.

### ლიტერატურა

1. Барон Л.И., Кантор В.Х. Техника и технология взрывных работ в США. -Москва, Недра, 1989, 376 с.
2. Коваленко И.Л., Куприн В.П. Обоснование выбораэмульгатора матриц эмульсионных взрывчатыхвеществ на основе аммиачной и кальциевой селитр. //Вопросы химии и химической технологии, 2001, №1, сс. 87-90.

### SUMMARY

#### LABORATORY RESEARCH OF THE EMULSION OF HIGHLY CONCENTRATED WATER-CONTAINING EXPLOSIVES

Sharashenidze T.V. and Gabodze V.K.

Georgian Technical University

The paper deals with the laboratory research of the emulsion of highly concentrated water-containing explosives. It is possible to introduce air bubbles into the emulsion by using microporous or porous substance powder, but, to produce a concentrated waterproof emulsion explosive, we used ammonia nitrate granules. To prevent the precipitation of granules in the emulsion, we condensed the emulsion chemically. We found that, with the use of Carboxymethylcellulose (CMC) as a thickener, the emulsion preserved its stability. At the same time, the emulsion consolidated and its main character destructed, in the phase of burning and oxidation, it was not in a liquid or viscous state. The emulsion bulk is bound by highly polymeric Magnafloc 10 in all directions. It becomes viscous and ropy. Testing of the prepared emulsions on waterproofness showed that, passing through a water column, none of the emulsions preserved stability. When the emulsion passes through the water column, water enters the emulsion, and the emulsion gets divided. Passing through the water column, the emulsion preserves stability if the optimal amounts of structure-forming sodium silicate and thickener Magnafloc 10 make up 0.15 and 0.26 %, respectively.

**Keywords:** granules, detonation, emulsification, emulsion, coagulation, concentrated sensitizer, structure, waterproofness.

ემულსიური კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებების ენერგეტიკული  
ეფექტურობის შეფასება პოლიბონურ პირობებში

შარაშენიძე თ.ვ., გაბოძე ვ.კ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

ემულსიით შევსებული კონცენტრირებული წყალშემცველი ფეთქებადი ნივთიერებები მიეკუთვნება უმარტივესი ტიპის ფეთქებადი ნივთიერებების რიგს. მათ, იგდანიტთან შედარებით გაზრდილი მოცულობითი კუთრი ენერგია და გაზრდილი წყალმდეგობა აქვთ.

ამჟამად, საქართველოს სამთო მრეწველობაში გამოყენებულ ფეთქებად ნივთიერებებთან შედარებით, ემულსიური კონცენტრირებული წყალმდეგი ფეთქებადი ნივთიერებები გაცილებით იაფია. ის გარემოება, რომ საქართველოს ბაზარზე, მოიპოვება ხსენებული ფეთქებადი ნივთიერებების კომპონენტები და რადგან ამ ფეთქებადი ნივთიერებების დამზადების ტექნოლოგია გაცილებით მარტივია, მეტყველებენ ჩვენს პირობებში მათი გამოყენების მიზანშეწონილობაზე.

2. ძირითადი ნაწილი

ემულსია თავისთავად არ წარმოადგენს ფეთქებად ნივთიერებას, სანამ მასში ფიზიკური ან ქიმიური გზით არ იქნება შეყვანილი ჰაერის ბუშტულაკები. შესაძლებელია ემულსიაში ჰაერის ბუშტულაკების შეყვანა მიკრო ფორების ან ფოროვანი ნივთიერების ფხვნილის საშუალებით (მაგალითად პერლიტის ფხვნილი, მინის ბურთულები, ამონიუმის გვარჯილის გრანულები და სხვა), მათმა თითოეული კომპონენტის რაოდენობამ არ უნდა გადააჭარბოს 4%-ს [1]. ჩვენს მიერ დამზადებული კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერება წარმოადგენს ემულსიის და აგ-დს-ის, (ამონიუმის გვარჯილა-დიზელის საწვავი) ისეთ ნარევს, რომელშიც ემულსიამ უნდა შეავსოს ამონიუმის გვარჯილის ბურთულებს შორის სივრცე. ამ შემთხვევაში ამონიუმის გვარჯილის მყარი ბურთულები ასრულებენ სენსიბილიზატორის და სიმკრივის რეგულატორის როლს.

კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებები მზადდებოდა სხვადასხვა პროცენტული შემადგენლობის 25/75, 40/60, 50/50, და შესაბამისად 1,27; 1,32; 1,34 გ/სმ<sup>3</sup> სიმკრივის, (მრიცხველში - ემულსია, მნიშვნელში აგ-დს-ი).

ნარევების კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ აგ-დს-ში 25% ემულსია სრულად ავსებს გვარჯილის ბურთულებს შორის სივრცეს. ემულსიის პროცენტული რაოდენობის გაზრდით (40, 50 და 75%) მაღალპოლიმერული შემასქელებლის მაგნაფლოკ 10-ის ბლანტი წებოვნების თვისებიდან გამომდინარე, გვარჯილის ბურთულების დალექვას ემულსიაში ადგილი არ ჰქონია. ფეთქებად ნარევს შესწევს უნარი შეინარჩუნოს თავდაპირველი ტექსტურა რამდენიმე თვის განმავლობაში.

შეფასებისათვის გამოსაცდელი და ეტალონური ფეთქებადი ნივთიერებების აფეთქება მოხდა ერთგვაროვანი თვისებების მქონე სამთო მასივში. აღსანიშნავია, რომ ასეთი ერთგვაროვანი თვისებების გარემო პრაქტიკულად არ არსებობს. ხსენებული მეთოდით, ძნელია იმსჯელო დიდი მასშტაბის აფეთქებით მიღებულ შედეგებზე. ასევე ძნელია იმსჯელო აფეთქებული ქანის გამოყრის მუხტის

მაჩვენებელზე, შესრულებული სასარგებლო მუშაობის ისეთ ფორმებზე როგორც არის ქანის დანგრევა და მოცემული ინტენსივობით გაფხვიერება.

ზემოთ აღნიშნულიდან ნათლად ჩანს, რომ ფეთქებადი ნივთიერების ფარდობითი მუშაუნარიანობის განსაზღვრა, ძაბრწარმოქმნის მეთოდით, ნაკლები სიზუსტისაა, მაგრამ გაცილებით მარტივად და ადვილად განსახორციელებელია ლაბორატორიულ მეთოდებთან შედარებით (ტრაუსკლის სინჯი, ბალისტიკური ქანქარა და სხვა), მისი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი უპირატესობა ისაა, რომ იგი საშუალებას იძლევა, დამატებითი მოწყობილობების გარეშე, მოხდეს დიდი კრიზისული დიამეტრის მქონე თანამედროვე ფეთქებადი ნივთიერებების (აგ-დს, კონცენტრირებული ნივთიერებები) მუშაუნარიანობის შეფასება [2]. ძაბრწარმოქმნის მეთოდის სრულყოფის მიზნით, უკანასკნელ პერიოდში მნიშვნელოვანი სამუშაოებია შესრულებული რუსეთში. ექსპერიმენტებით დადგენილია, რომ დიდი კრიზისული დიამეტრის მქონე ფეთქებადი ნივთიერებების მუხტების დეტონაციის სისრულეზე საგრძნობ გავლენას ახდენს ინიციატორის სიმძლავრე. მისი გაზრდისას მუხტში აღიძვრება გადაკუმშული დეტონაცია. რაც უფრო მძლავრია ინიციატორი, მით უფრო დიდია გადაკუმშული დეტონაციის ინტენსივობა და აფეთქებისას გამოყოფილი ენერჯის რაოდენობა [3,4]. წყალშემცველი ფეთქებადი ნივთიერებების მგრძობიარობა ინიცირებაზე, დამოკიდებულია ამ ნივთიერების ტემპერატურაზე. როგორც წესი, ფეთქებადი ნივთიერების ინიცირების იმპულსზე ტემპერატურის აწევა იწვევს მგრძობიარობის გაზრდას და შესაბამისად ტემპერატურის დაწევა მგრძობიარობის შემცირებას. აქედან გამომდინარე, წყალშემცველი ფეთქებადი ნივთიერებების ინიცირებისას საჭიროა ინიციატორის სიმძლავრის კორექტირება. კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერების პოლიგონური გამოცდა ძაბრწარმოქმნის მეთოდით მიმდინარეობდა შპს „ჰაიდელბერგ ცემენტის“ კავთისხევის კირქვის კარიერზე.

გამოსაცდელი კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერებები, რომლებშიც სტრუქტურირებული ემულსიის და აგ-დს-ის პროცენტული შემადგენლობა შეადგენდა 25/75, 40/60 და 50/50, ხოლო მათი სიმკვრივე შესაბამისად 1,27, 1,32 და 1,34 გ/სმ<sup>3</sup>, შედარებული იქნა ეტალონურ ფეთქებად ნივთიერებად აღებულ შპს „გეონიტროს“ მიერ გამოშვებულ წყალმდევე ფეთქებად ნივთიერება „გეონიტ 750“-თან.

ექსპერიმენტების ჩატარება გამოსაცდელ და ეტალონური ფეთქებადი ნივთიერების ფარდობითი მუშაუნარიანობის განსაზღვრისათვის მიმდინარეობდა კარიერის შედარებით ხელუხლებელ უბანზე. ექსპერიმენტები ითვალისწინებს გამოსაცდელი და ეტალონური ფეთქებადი ნივთიერებების 40კგ-იან მუხტების აფეთქებას. ექსპერიმენტები ჩატარდა სამ ეტაპად: აფეთქება გატყორცნის მუხტებით, დამუხტვიდან ორ საათში, მეორე დამუხტვიდან ექვს საათში და მესამე გამოსაცდელი ფეთქებადი ნივთიერების ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით შუალედი დეტონატორის (პოვერჟელ მაგნუმის) სიდიდის დადგენაზე. ექსპერიმენტების მაქსიმალური იდენტურობისათვის დაცული იყო აფეთქებისათვის საჭირო ყველა პარამეტრი გარდა გამოსაკვლევისა.

ჩატარებული სამუშაოების საიმედო შეფასებისათვის თითოეული ექსპერიმენტი ჩატარდა სამჯერ. ექსპერიმენტალური სამუშაოებისათვის დაიბურდა 3მ სიგრძის 60 ჭაბურღილი. ფეთქებადი ნივთიერების ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით, შუალედი დეტონატორის სიდიდის დასადგენად, ექსპერიმენტები ჩატარდა ზაფხულში და ზამთარში. ზამთარში ექსპერიმენტების ჩატარებისას ატმოსფერული ტემპერატურა იყო – 6°C.

ცხრილი 1

მაჩვენებლები	ფეთქებადი ნივთიერება			
	აფეთქება დამუხტვიდან 2 საათში			
	გეონიტი 750	25/75	40/60	50/50
ჭაბურღილის სიგრძე, Lმ	3	3	3	3
ფნ-ის წონა კგ	40	40	40	40
უმცირესი წინაღობის ხაზი W,მ	2,1	2,11	2,13	2,14
დამრტყმელი ვაზნის მასა კგ	1	1,5	1,5	1,5
ფნ-ის სიგრძე Lფნ,მ	1,81	1,78	1,79	1,71
დაცობის სიგრძე Lდაც,მ	1,19	1,22	1,26	1,29
ამოყრის კონუსის რადიუსი r,მ	1,5	1,5	1,48	1,45
ამოყრის ძაბრის მოცულობა V,მ <sup>3</sup>	4,94	5,18	4,88	4,71

ცხრილი 2

მაჩვენებლები	ფეთქებადი ნივთიერება			
	აფეთქება დამუხტვიდან 6 საათში			
	გეონიტი 750	25/75	40/60	50/50
ჭაბურღილის სიგრძე, Lმ	3	3	3	3
ფნ-ის წონა კგ	40	40	40	40
უმცირესი წინაღობის ხაზი W,მ	2,11	2,11	2,13	2,14
დამრტყმელი ვაზნის მასა კგ	1	1,5	1,5	1,5
ფნ-ის სიგრძე Lფნ,მ	1,81	1,78	1,74	1,71
დაცობის სიგრძე Lდაც,მ	1,19	1,22	1,26	1,29
ამოყრის კონუსის რადიუსი r,მ	1,53	1,37	1,49	1,48
ამოყრის ძაბრის მოცულობა V,მ <sup>3</sup>	5,14	4,15	4,94	4,90

ცხრილში 1 და 2 მოყვანილი მონაცემების შედარების ანალიზმა გვაჩვენა, რომ გამოსაცდელი ფეთქებადი ნივთიერებიდან, ფეთქებადი ნარევის 25/75-ის ენერგეტიკული მაჩვენებელი დამოკიდებულია ამ ნივთიერების წყალში ყოფნის ხანგრძლივობაზე. როგორც ანალიზიდან ჩანს, პირველიდან მეორე აფეთქებამდე ოთხი საათი წყალში ყოფნისას, ამოყრის ძაბრის მოცულობა 24%-ით შემცირდა, ხოლო ფეთქებადი ნარევის 40/60 და 50/50-ის მაჩვენებლები ეტალონურ ფეთქებად ნივთიერებასთან, მნიშვნელოვნად არ შეცვლილა.

როგორც მე-3 და მე-4 ცხრილების მონაცემებიდან ჩანს ყველა გამოსაცდელი ფეთქებადი ნივთიერების დეტონაციური მახასიათებლები დამოკიდებულია ამ ნივთიერების ტემპერატურაზე. ამ უკანასკნელის სრული დეტონაცია თავისმხრივ დამოკიდებულია დამრტყმელი ვაზნის სიდიდეზე. ცხრილების 2, 3 და 4 ანალიზი გვიჩვენებს, იმისათვის, რომ გამოსაცდელი ფეთქებადი ნივთიერების ზაფხულის და ზამთრის პერიოდში ჩატარებული ექსპერიმენტული მონაცემები ერთმანეთს დაახლოებოდა საჭირო გახდა ზამთრის პერიოდში ზაფხულთან შედარებით, დამრტყმელი ვაზნის მასა გაზრდილიყო 60-70%-ით.

ცხრილი 3

მაჩვენებლები	ფეთქებადი ნივთიერება			
	გეონიტი 750	25/75	40/60	50/50
ჭაბურღილის სიგრძე, Lმ	3	3	3	3
ფნ-ის წონა კგ	40	40	40	40
უმცირესი წინაღობის ხაზი W,მ	2,1	2,11	2,13	2,14
დამრტყმელი ვაზნის მასა კგ	1	1,5	1,5	1,5
ფნ-ის სიგრძეLფ.ნ,მ	1,81	1,78	1,74	1,71
დაცობის სიგრძე Lდაც,მ	1,19	1,22	1,26	1,29
ამოყრის კონუსის რადიუსიr,მ	1,48	1,09	1,1	1,12
ამოყრის ძაბრის მოცულობაV,მ <sup>3</sup>	4,81	1,78	2,69	2,80

ცხრილი 4

მაჩვენებლები	ფეთქებადი ნივთიერება			
	გეონიტი 750	25/75	40/60	50/50
ჭაბურღილის სიგრძე, Lმ	3	3	3	3
ფნ-ის წონა კგ	40	40	40	40
უმცირესი წინაღობის ხაზი W,მ	2,1	2,11	2,13	2,14
დამრტყმელი ვაზნის მასა კგ	1	2,5	2,5	2,5
ფნ-ის სიგრძეLფ.ნ,მ	1,81	1,78	1,74	1,71
დაცობის სიგრძე Lდაც,მ	1,19	1,22	1,26	1,29
ამოყრის კონუსის რადიუსიr,მ	1,52	1,45	1,48	1,50
ამოყრის ძაბრის მოცულობაV,მ <sup>3</sup>	5,07	4,64	4,88	5,03

### 3. დასკვნა

სხვადასხვა პროცენტული შემადგენლობის კონცენტრირებულ ფეთქებად ნარევებში სტრუქტურირებული ემულსია ხელს უშლის ამონიუმის გვარჯილის მყარი ბურთულების დაღეჭვას და უნარჩურებს თვეების განმავლობაში ნარევეს თავდაპირველ ტექსტურას.

ნარევეს (25/75%) წყლით სავსე ჭაბურღილის სვეტში გავლისას და მასში ექვსი საათის განმავლობაში ყოფნისას უქვეითდება ენერგეტიკული მაჩვენებლები 20-25%-ით, მაშინ როდესაც ნარევეს, რომლის პროცენტული შემადგენლობა 40/60 და 50/50 ჭაბურღილის წყლის სვეტში გავლისას და წყალში ნსთ. ყოფნის შემდეგ ინარჩუნებს კარგ წყალმედევობას და ენერგეტიკულ თვისებებს.

კონცენტრირებული ფეთქებადი ნივთიერების დამრტყმელი ვაზნის მასა დამოკიდებულია ამ ფეთქებადი ნივთიერების ტემპერატურაზე და იგი ტემპერატურის მიხედვით მოითხოვს კორექტირებას. რაც დაბალია ნერევის ტემპერატურა მით მეტია დამრტყმელი ვაზნის მასა.

#### ლიტერატურა

1. Барон Л.И., Кантор В.Х. Техника и технология взрывных работ в США. - Москва, Недра, 1989, 376 с.
2. Маторин А.С., Павлютенков В.М. Водосодержащие взрывчатые вещества местного приготовления. – Екатеринбург, Изд-во Уральск.отд. РАН, 2004, 194 с.
3. Крысин Р.С., Домничев В.Н. Современные взрывчатые вещества местного приготовления. - Днепропетровск, Наука и образование, 1998, 40 с.
4. Горинов С.А., Куприн В.П., Коваленко И.Л. Оценка детонационной способности эмульсионных взрывчатых веществ. В сборнике: Высокэнергетическая обработка материалов. – Днепропетровск, Арт-пресс, 2009, сс. 18-26.

#### SUMMARY

#### ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF THE CONCENTRATED EMULSION EXPLOSIVE IN FIELD CONDITIONS

**Sharashenidze T.V. and Gabodze V.K.**

**Georgian Technical University**

The paper discusses the production of a simple concentrated emulsion explosive and the assessment of its energetic effectiveness. The explosive substance used in Georgian mining industry is much simpler than other explosives of the same purpose from the point of view of its production. Explosive components are available locally. For research purposes, concentrated explosive substances of different percentage composition were fabricated. For reliable assessment of the performance of the concentrated explosives, the test and reference explosives were exploded in a homogeneous limestone massif. The tests showed that the determination of specific performance of explosives by the method of crater formation is less accurate, but simpler and easier to implement as compared to laboratory methods. The sensitivity of water-containing explosives to initiation depends on the temperature of the explosive. As a rule, an increase in the temperature causes the sensitivity to the initiation impulse, and a decrease in the temperature decreases the sensitivity. The results of the tests showed that, passing through the water column of a well, the mixture of percentage 40/60 and 50/50 preserves high waterproof and high energetic properties, which were no worse than those of the reference explosive. Besides, with temperature fluctuations it is necessary to adjust the striking cartridge mass, particularly in winter period the cartridge mass has to be increased by 60-70%.

**Keywords:** emulsion, water-containing explosive, explosive, detonation, sensitizer, initiator, waterproofness.



**ЖЕЛЕЗО-МАРГАНЦЕВЫЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ МАЙКОПСКОЙ СЕРИИ КAVKAZA****Махарадзе А.И.****Государственный университет Акакия Церетели, Кутаиси**

На Кавказе в майкопской серии (олигоцен-нижний миоцен) во всех регионах её распространения встречаются железо-марганцевые рудопроявления, которые в основном приурочены к майкопским глинам, являющимися образованиями застойной, зараженной сероводородом среды осадконакопления.

В майкопской серии повышенное содержание железа и марганца, в виде карбонатных соединений (манганокальцит, сидерит, манганосидерит, олигонит), присутствуют в септариях, линзах и линзовидных прослоях. В зоне гипергенеза эти тела покрываются окислами и гидроокислами железа и марганца, которые образуют также пропластки и примазки по плоскостям напластования и трещинам майкопских глин. Соотношение содержания железа и марганца в рудных образованиях варьирует в широких пределах. Содержание марганца достигает 20%, железа – 40%. В этих телах отмечается также повышенное содержание некоторых металлов (%): Zn – 0,27; Ni – 0,3; Cr – 0,5. Минералы марганца и железа в зоне гипергенеза представлены окислами и гидроокислами.

Условия формирования этих железо-марганцевых рудопроявлений существенно отличаются от условий формирования нижнеолигоценых марганцевых месторождений Чиатурского типа [1,2].

В образовании железо-марганцевых карбонатных линз и прослоев песчаников цементом такого же состава, особо важную роль играли физико-химические режимы бассейнов осадконакопления и процессы диагенеза. Возникновение рудных тел обязано гипергенезу. Майкопский бассейн, зараженный сероводородом, характеризовался низким значениями pH, Eh и высоким содержанием органического вещества. Такие условия способствуют накоплению марганца в морской среде в растворенном виде в количествах превосходящих железо. В бассейнах зараженных сероводородом, высокие концентрации марганца обычны при его привносе в количествах, не превышающих кларковые. В Майкопском же бассейне Грузии часть марганца, содержащаяся в зараженном сероводородом морской воде, не исключено, была рассеяна гидротермальными растворами, являющимися источниками нижнеолигоценых месторождений и проявлений марганца. Не вызывает сомнения, что рассеянный гидротермальный марганец играл основную роль в формировании железо-марганцевых рудных тел в зоне дальнего выклинивания нижнеолигоценых месторождений марганца.

Со среднего олигоцена, с началом процесса сероводородного заражения, в морской воде происходило постепенное увеличение содержания марганца. Со временем концентрация марганца достигла предела, превышающего его растворимость. Кроме того, в результате начавшейся раннемиоценовой регрессии произошли изменения режима pH, Eh и pCO<sub>2</sub> бассейна, вызывавшие понижение растворимости марганца. Отмеченные факторы обусловили выпадение его в тонко рассеянном и адсорбированном виде и обогащение им глинисто-олевролитовых осадков. Доказательством последнего служит железо-марганцевый состав карбонатных линз, которые образуются в процессе диагенеза при низком седиментационном обогащении осадка марганцем. Что касается прослоев песчаников, то их обогащение марганцем объясняется по схеме, которая была предложена Н.М. Страховым [3] для объяснения генезиса Лабинского месторождения. Согласно ей, из обогащенных в период седиментогенеза марганцем глин и олевролитов, в процессе диагенеза, при уплотнении осадка происходило выжимание и перетекание железа и марганца в виде бикарбонатов в соседние, более крупнозернистые образования – в песчаные осадки, где они выпадали в виде карбонатов. Это было обусловлено разным режимом pH, Eh и pCO<sub>2</sub> в глинистых и песчаных отложениях. В песчаных отложениях, по сравнению с глинистыми, отмечается некоторые повышения pH, Eh и понижение pCO<sub>2</sub>.

После мобилизации марганца в составе карбонатных тел при процессах диагенеза его значительная часть оставалась в осадке в рассеянном виде. Дальнейшее перераспределение

железа и марганца происходило в зоне гипергенеза. Этому способствовало отделенность пород по слоистости и трещиноватость, обеспечивающие циркуляцию инфильтрационных вод. Под воздействием последних органическое вещество окислялось, марганец и железо связывались в бикарбонаты и выносились из глин. На поверхности они окислялись с образованием линзочек, прожилок и корок окисных железо-марганцевых руд, обволакивающих и замещающих глинистые породы.

Эти типы рудонакопления на уровне нижнего олигоцена заслуживают особого внимания, поскольку не исключено, что, районы их распространения являются зонами дальнего выклинивания нижнеолигоценых месторождений Чиатурского типа. Примером к этому служит Вани-Багдадская полоса выходов железо-марганцевых рудопроявлений раннего олигоцена, являющаяся зоной дальнего выклинивания марганцевого месторождения Квирильской депрессии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Махарадзе А.И. Об источниках и путях приноса Mn, Si, В и Pb в нижнеолигоценых отложениях Западной Грузии. //ДАН СССР, 202, №4, 1972.
2. Makharadze A.J. On the genesis of Lower Oligocene manganese deposits in Georgia. //Acta Mincrabodika-Petrographika. XXVI, Szeged, 1973.
3. Страхов Н.М., Штеренберг Л.Е. и др. Геохимия осадочного марганцеворудного процесса. –М., Наука, 1968.

#### SUMMARY

#### IRON-MANGANESE ORES OF MAYKOP SERIES OF THE CAUCASUS

**Makharadze A.I.**

**Akaki Tsereteli State University, Kutaisi**

Iron-Manganese Deposits of Maykop Series of the Caucasus formed in the hypergenesis zone in the result of oxidation of iron-manganese carbonate bodies contained in Maykop clays.

**Keywords:** iron-manganese ores, Maykop series, hypergenesis zone, carbonate bodies, oxidation.

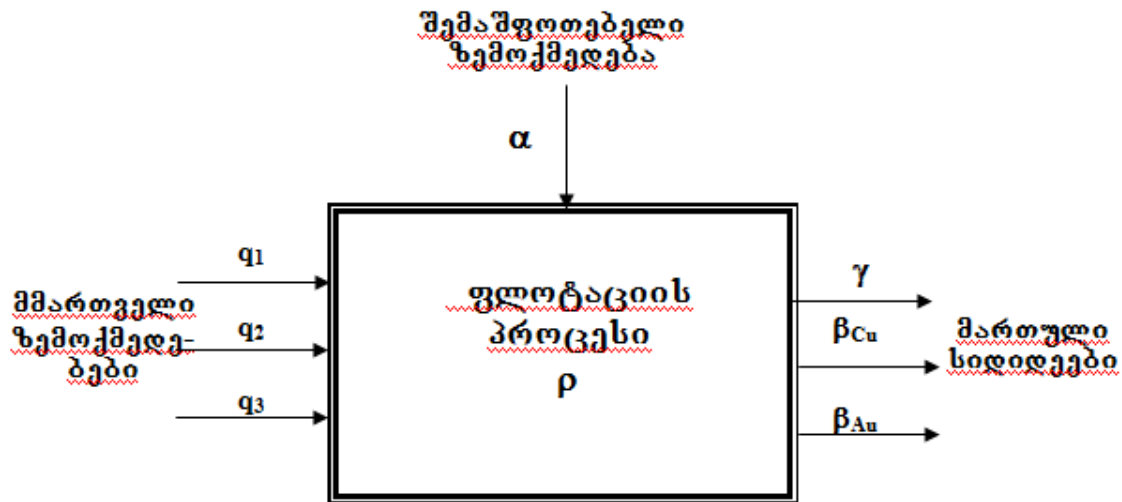
მადნეულის საბადოს სპილენძ-ოქროს ძნელადგასამდიდრებელი მადნის ფლოტაციის პროცესის შესწავლა ოპტიმალური მართვის მიზნით

ენაგელი რ.პ., გამცემლიძე მ.ნ., ტალახაძე დ.გ., ჯავახიშვილი გ.გ.,  
სამხარაძე ნ.ო., თუთბერიძე მ.ლ.

სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სპილენძისა და ოქროს შემცველი მადნის გამდიდრების სირთულეს განაპირობებს ერთის მხრივ მადანში სპილენძის ნაკლები და პირიტის მომეტებული შემცველობა და, მეორეს მხრივ, სპილენძისა და ოქროს მინერალების ფუჭი ქანის მინერალებთან სხვადასხვა ზომით ჩაწინააღმდეგება. აღნიშნული მასალის ფლოტაციური მეთოდით გამდიდრების შედეგად მიღებულ ცალკეულ კონცენტრატებში შესაბამისი სასარგებლო კომპონენტების შემცველობის გაზრდისა და მიღებული პროდუქტების თვითღირებულების შემცირების მიზნით მიზანშეწონილია მოხდეს პროცესის შესწავლა ავტომატიზაციის თვალსაზრისით და მმართველი ზემოქმედებების ოპტიმალური სიდიდეების შერჩევა.

ძნელადგასამდიდრებელი სპილენძისა და ოქროს შემცველი მადნის ფლოტაციური მეთოდით გამდიდრების პროცესი, როგორც ავტომატიზაციის ობიექტი, შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ ნახ. 1-ზე ნაჩვენები სტრუქტურული სქემის სახით.



ნახ.1. სპილენძ-ოქროს შემცველი მადნის ფლოტაციის პროცესი – მართვის ობიექტი

სქემაზე ნაჩვენებია პროცესის ძირითადი ტექნოლოგიური პარამეტრები, რომლებიც პირობითად შეგვიძლია დავეყოს სამ ჯგუფად:

- მმართველი (შესავალი) ზემოქმედებები - ფლოტაციის პროცესზე მიწოდებული რეაგენტების ხარჯები:  $q_1$  – კოლექტორის ხარჯი, გრ/ტ;  $q_2$  - ამქაფებელის ხარჯი, გრ/ტ;  $q_3$  - რეგულატორის ხარჯი (ნახევრად დაქანებული სპილენძის მინერალების სულფიდობრივობის), გრ/ტ.

- მართული სიდიდეები – (გამდიდრების პროცესის ხარისხობრივი მაჩვენებლები) - კონცენტრატის გამოსავალი  $\gamma\%$  და მასში სასარგებლო კომპონენტების - სპილენძის  $\beta_{Cu}(\%)$  და ოქროს  $\beta_{Au}(\%)$  შემცველობები;

- შემაშფოთებელი ზემოქმედება - სასარგებლო კომპონენტის (სპილენძის) შემცველობა საწყის მადანში  $\alpha, \%$ ;

- პროცესის მახასიათებელი, ანუ რეჟიმული სიდიდე - საფლოტაციო კამერაში გასამდიდრებელი პულპის სიმკვრივე  $\rho, კგ/სმ^3$ ;

ცხრილი 1. ფლოტაციის ექსპერიმენტების შედეგები

№	$\alpha_{Ca}, \%$	$\rho, \text{კგ/მ}^3$	ფ1.გრ/ტ	ფ2.გრ/ტ	ფ3.გრ/ტ	$\beta_{Ca}, \%$	$\beta_{Au}, \%$	$\gamma, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,3	1170	5	15	50	13,8	5,8	0,75
2	0,3	1190	10	15	100	14,2	6,1	1,1
3	0,35	1200	25	20	115	16,5	7	1,8
4	0,35	1200	25	25	115	17,3	7,2	2,1
5	0,4	1220	28	23	200	18,2	7,3	2,2
6	0,4	1225	30	25	200	19,1	8,1	2,3
7	0,35	1200	20	30	300	15,9	6,2	1,8
8	0,35	1190	26	30	250	18	6,9	1,7
9	0,4	1230	20	25	200	18,2	7,1	1,9
10	0,4	1250	20	25	200	19,5	7,8	2,1
11	0,35	1230	30	40	350	15,1	5,8	1,55
12	0,3	1190	35	40	400	14,8	5,2	1,35
13	0,3	1170	35	40	400	13,9	5,1	1,4
14	0,3	1170	10	20	100	12,9	5,3	1,3
15	0,3	1210	10	15	100	12,5	4,9	1
16	0,3	1190	35	40	400	11,9	4,7	1,35
17	0,4	1235	25	20	200	18,8	6,9	1,9
18	0,35	1240	20	25	150	19,1	6,8	1,8
19	0,33	1210	20	24	140	19,2	7	1,9
20	0,4	1250	20	25	115	19,3	7,1	2,5
21	0,4	1260	22	23	110	18,8	6,9	2,3
22	0,25	1180	35	38	400	12,1	5,1	1,5
23	0,3	1185	33	36	350	13,1	4,9	1,6
24	0,3	1190	30	35	300	14,5	5	1,8
25	0,35	1210	25	30	250	16,9	5,2	1,7
26	0,25	1175	11	12	100	13,2	4,8	1,25
27	0,25	1165	14	15	100	12,7	4,5	1,3
28	0,3	1180	10	15	50	12,8	3,9	1,2
29	0,28	1180	10	20	50	11,9	4	1,15
30	0,2	1155	15	12	100	11,5	3,8	1,2

**ძირითადი სტატისტიკური მონაცემები**

საშუალო	0,33	1201,67	21,80	25,27	196,50	15,52	5,88	1,63
სტანდ. ცვლილება	0,01	5,14	1,64	1,63	21,25	0,51	0,22	0,08
მედიანა	0,32	1195,00	21,00	25,00	175,00	14,95	5,80	1,65
სტანდ. გადახრა	0,05	28,14	8,99	8,92	116,41	2,77	1,22	0,43
დისპერსია	0,00	791,95	80,79	79,65	13551,9	7,70	1,50	0,19
ასიმეტრია	-0,21	0,46	-0,12	0,35	0,61	0,11	0,01	0,11
მინიმუმი	0,20	1155,00	5,00	12,00	50,00	11,50	3,80	0,75
მაქსიმუმი	0,40	1260,00	35,00	40,00	400,00	19,50	8,10	2,50
ჯამი	9,51	34880,00	649,00	743,00	5845,00	451,90	170,60	48,05

პროცესის ოპტიმიზაცია გულისხმობს მმართველი ზემოქმედებების ისეთი სიდიდეების მოძებნას, რომლებიც შემაშფოთებელი ზემოქმედებების ცვალებადობის მიუხედავად უზრუნველყოფენ მართული სიდიდეების (პროცესის ხარისხობრივი მაჩვენებლები) ოპტიმალური მნიშვნელობების მიღებას. ამ მიზნის ფორმულირებისათვის მიღებულია ტექნოლოგიური კრიტერიუმი: დასახული  $\gamma$  ხარისხის კონცენტრატის მაქსიმალური  $\gamma$  გამოსავლის მიღება მმართველი ზემოქმედებების გარკვეულ ფარგლებში ცვალებადობის დროს:

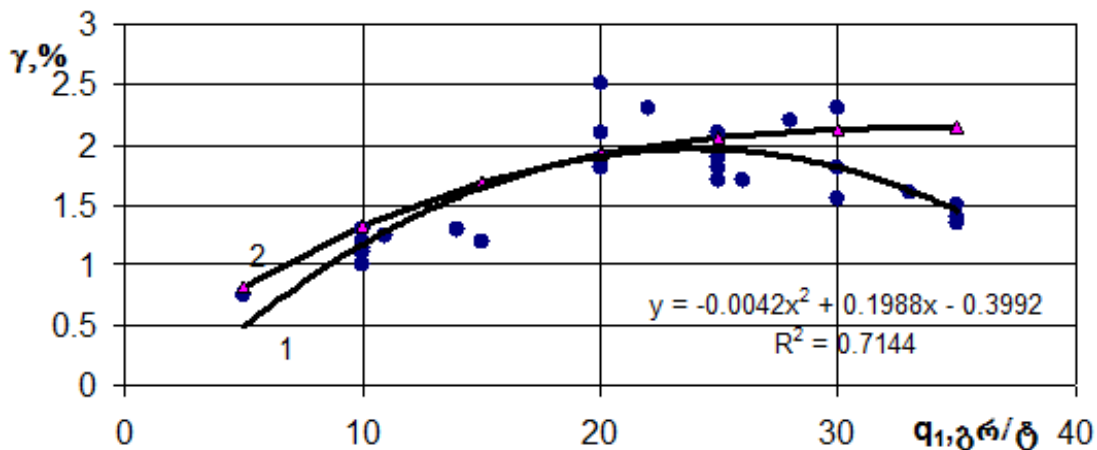
$$\begin{aligned} \gamma(q_1, q_2, q_3) &\rightarrow \max; \\ \beta(q_1, q_2, q_3, \alpha) &= \text{const}; \\ q_{1\min} \leq q_1 \leq q_{1\max}; q_{2\min} \leq q_2 \leq q_{2\max}; q_{3\min} \leq q_3 \leq q_{3\max}. \end{aligned} \quad (1)$$

როგორც ვხედავთ, ოპტიმიზაციის კრიტერიუმი (1) შედგება სამი წევრისაგან- მიზნის ფუნქცია, შეზღუდვის ფუნქცია და მმართველი ზემოქმედებების ცვალებადობის ზღვრები.

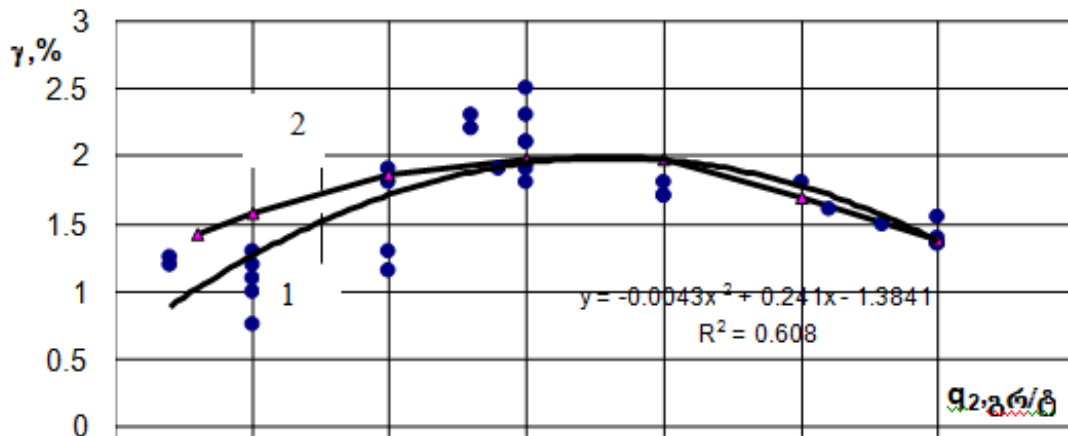
ფლოტაციის პროცესის კვლევის მიზნით ჩატარდა ექსპერიმენტები, რომელთა მონაცემები მოცემულია ცხრილში 1. აქვე მოყვანილია თითოეული პარამეტრის ძირითადი სტატისტიკური მაჩვენებელი.

ცხრილი 1-ის მონაცემებით აგებული იქნა ფლოტაციის პროცესის ძირითადი სტატისტიკური მაჩვენებლები, კერძოდ, მმართველი ზემოქმედების არხით კორელაციური კოეფიციენტი და დამოკიდებულებები (ნახ. 2, 3, და 4):

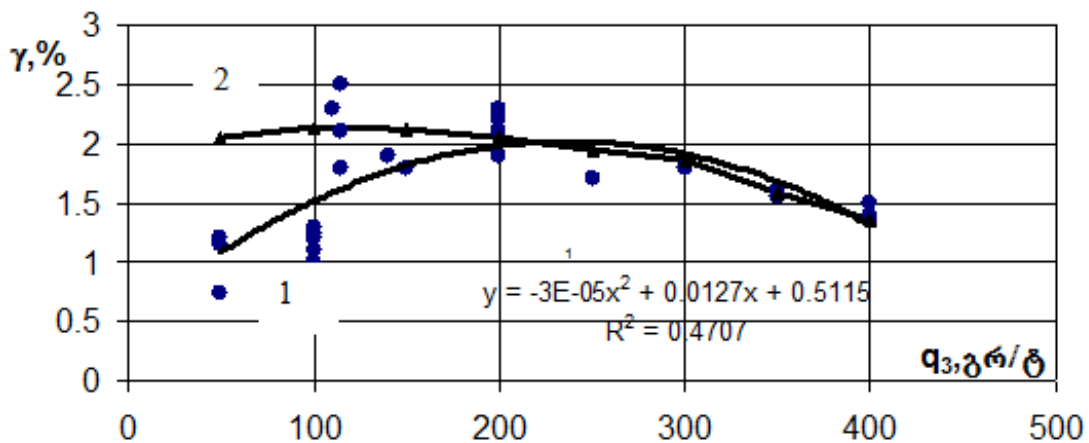
$$\gamma = f(q_1), \quad \gamma = f(q_2), \quad \gamma = f(q_3). \quad (2)$$



ნახ.2. დამოკიდებულებები: 1 - წყვილი  $\gamma=f(q_1)$ ; 2 - მრავლობითი  $\gamma=f(q_1, q_2, q_3)$ , როდესაც  $q_1$  იცვლება,  $q_2$  და  $q_3$  -ს აქვთ საშუალო მნიშვნელობები



ნახ.3. დამოკიდებულებები: 1 - წყვილი  $\gamma=f(q_2)$ ; 2 - მრავლობითი  $\gamma=f(q_1, q_2, q_3)$ , როდესაც  $q_2$  იცვლება,  $q_1$  და  $q_3$  -ს აქვთ საშუალო მნიშვნელობები



ნახ.4. დამოკიდებულებები: 1 - წყვილი  $\gamma=f(q_3)$ ; 2 - მრავლობითი  $\gamma=f(q_1, q_2, q_3)$ , როდესაც  $q_3$  იცვლება,  $q_1$  და  $q_2$  -ს აქვთ საშუალო მნიშვნელობები

კორელაციური ველის აპროქსიმაცია მოხდა კვადრატული დამოკიდებულებით, რომელთაც აქვთ სახე

$$\begin{aligned} \gamma &= -0,0042q_1^2 + 0,1988q_1 - 0,3992, \\ \gamma &= -0,0043q_2^2 + 0,241q_2 - 1,3841, \\ \gamma &= -3 \cdot 10^{-5}q_3^2 + 0,0127q_3 + 0,5115. \end{aligned} \quad (3)$$

შესაბამისი კორელაციის კოეფიციენტებია:  $r(q_1)=71,4\%$ ,  $r(q_2)=60,8\%$  და  $r(q_3)=47,07\%$ . ასევე, (1) კრიტერიუმის შესაბამისად, განისაზღვრა მიზნის (კონცენტრატის საერთო გამოსავლის) და შეზღუდვის (საერთო კონცენტრატში სპილენძის და ოქროს შემცველობის) მმართველი და შემაშვოთებელი ზემოქმედებებისაგან მრავლობითი დამოკიდებულებები:

$$\begin{aligned} \gamma &= a d^{k_1} a^{k_2} a^{k_3} e^{(-c_1 q_1 - c_2 q_2 - c_3 q_3)} \\ \beta_{Au} &= b_2 q_1^{\psi_{21}} q_2^{\psi_{22}} q_3^{\psi_{32}} \alpha^{\theta_2} \\ \beta_{Cu} &= b_1 q_1^{\psi_{11}} q_2^{\psi_{21}} q_3^{\psi_{31}} \alpha^{\theta_1} \end{aligned} \quad (4)$$

ცხრ. 1-ს მონაცემებით და კომპიუტერული პროგრამა Matlab-ის საშუალებით მოხდა ამ გამოსახულებებში შემავალი უცნობი კოეფიციენტების რიცხვითი მნიშვნელობების ანგარიში. შედეგად მივიღეთ (ცხრ.2):

ცხრილი 2. რეგრესის გამოსახულებებში (4) შემავალი კოეფიციენტების მნიშვნელობები

a	0.002951		b1	49.92718		b2	23.5008
K1	0.908863		ψ1.1	0.106871		ψ2.1	0.072974
K2	1.535314		ψ1.2	-0.11183		ψ2.2	-0.16606
K3	0.228258		ψ1.3	-0.02059		ψ2.3	0.024307
C1	0.026573		θ1	0.918995		θ2	1.075181
C2	0.055998						
C3	0.00234						

ამ მონაცემების გათვალისწინებით (4)-ით მოცემულმა გამოსახულებებმა მიიღეს სახე:

$$\gamma = 0.003 q_1^{0.91} q_2^{1.54} q_3^{0.228} e^{(-0.027 q_1 - 0.056 q_2 - 0.002 q_3)}, \quad (5)$$

$$\beta_{Cu} = 49.93 q_1^{0.107} q_2^{-0.112} q_3^{-0.021} \alpha^{0.919}, \quad (6)$$

$$\beta_{Au} = 23.5 q_1^{0.073} q_2^{-0.166} q_3^{0.024} \alpha^{1.075}. \quad (7)$$

ცხრილი 1-ის მიხედვით მმართველი ზემოქმედებების ცვალებადობის ზღვრებია:

$$5 \leq q_1 \leq 35; \quad 12 \leq q_2 \leq 40; \quad 50 \leq q_3 \leq 400. \quad (8)$$

წყვილ დამოკიდებულებებში, ასევე მიზნის და შეზღუდვის ფუნქციებში შემავალი უცნობი კოეფიციენტების რიცხვითი მნიშვნელობები განისაზღვრა უმცირეს კვადრატთა მეთოდით კომპიუტერული პროგრამა «Matlab»-ის საშუალებით.

ამრიგად, როგორც კორელაციურ ველზე ექსპერიმენტული წერტილების განლაგება, ასევე აგებული წყვილი დამოკიდებულებები რეალურად აღწერენ ტექნოლოგიური პროცესის ხასიათს. კერძოდ, როგორც ვხედავთ მმართველი ზემოქმედებების ზრდა იწვევს კონცენტრატის გამოსავლის  $\gamma$  (%) გაზრდას. მაგრამ, ამავე დროს, მმართველი ზემოქმედების გარკვეული, ოპტიმალური სიდიდის შემდეგ მცირდება გამოსავალი  $\gamma$ . ეს გარემოება მიუთითებს პროცესის ტექნოლოგიური კრიტერიუმის (1)-ს მიხედვით ოპტიმალური მართვის აუცილებლობაზე.

*აღნიშნული სტატია შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული საგრანტო პროექტის (საგრანტო ხელშეკრულება №FR/354/3-180/13) ფარგლებში. პუბლიკაციაში გამოქვეყნებული მოსაზრებები ეკუთვნის ავტორებს და შესაძლოა არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.*

#### ლიტერატურა

1. Барский Л. А., Козин В. З. Системный анализ в обогащении полезных ископаемых. -Москва, Недра, 1978, 486 с.
2. გ. ბუცხრიკიძე და მ. ონიანი. ფლოტაციის პროცესის ოპტიმიზაცია წრფივი დაპროგრამების მეთოდით. //სამთო ჟურნალი, №1(8), 2002, გვ. 48-49.
3. გ. ბუცხრიკიძე და მ. ონიანი. ოპტიმიზაციის კრიტერიუმი და ამოცანები წიაღისეულის გამდიდრების პროცესებისათვის. //სამთო ჟურნალი, №2(15), 2005, გვ. 79-81.
4. Буцхрикидзе Г. Д. Вывод формулы кондиционного продукта. Труды Грузинского политехнического института. //Горное дело, №9 (191), 1976, сс. 110-113.
5. Буцхрикидзе Г. Д. Метод оптимизационной идентификации технологических процессов обогащения при многих управляющих параметрах. /Известия ВУЗ-ов. Горный журнал, №11, 1980. сс. 82-86.

#### SUMMARY

#### STUDY ON THE PROCESS OF ENRICHMENT OF MADNEULI DEPOSIT REFRACTORY COPPER-GOLD ORE BY FLOTATION METHOD FOR OPTIMAL CONTROL

**Enageli R.P., Gamtsemlidze M.N., Talakhadze D.G., Javakhishvili G.V., Samkharadze N.O. and Tutberidze M.L.**

**LEPL G.Tsulukidze Mining Institute, Georgian Technical University**

The paper deals with the study on the process of enrichment of Madneuli Deposit refractory copper-gold ore by flotation method with the aim of its automation. . To resolve this task, based on the results of the experiments, paired and multiple dependences between control variables (consumption of reagents:  $q_1$  -the collector represented by 1 part of butyl xanthate and 0.3 parts of Aeroflot 247;  $q_2$  - the foaming agent, MIBC;  $q_3$  - the regulator – sulphidizer of semi-oxidized copper minerals NaHS) and controlled variables (concentrate output and content of copper and gold) were constructed. The corresponding analysis showed that, based on these dependences, the parameters of the flotation process can be determined.

**Keywords:** copper-gold ore, enrichment, flotation, paired and multiple dependences.



კეთილშობილი მეტალების მადნების გამდიდრების  
მაგნიტური მეთოდის შემუშავება

გიგინეიშვილი ა.ა., თევზაძე დ.მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

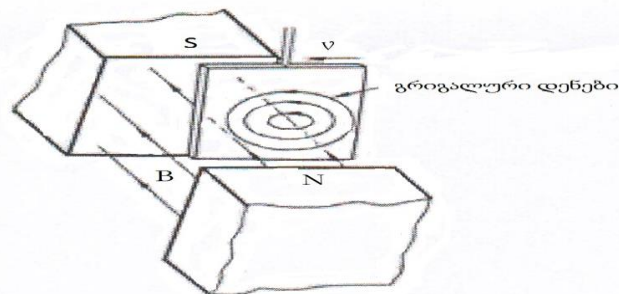
ძველი დროიდან ადამიანი იცნობდა მაგნიტურ მინერალებს, კერძოდ, მაგნეტიტს და იყენებდა მის თვისებებს. საწყის ეტაპზე კმაყოფილებოდა მისი გამოყენებით მხარეების დასადგენად (კომპასი). დღევანდელი დღისათვის მაგნიტის თვისებები კარგადაა შესწავლილი. მაგნიტურმა სეპარაციამ რომელიც ემყარება მინერალების გაყოფის ტექნოლოგიას მათი მაგნიტური თვისებების (მაგნიტური ამთვისებლობის) ანუ მათი მაგნიტურ ველის ზონაში ქმედების სხვაობაზე და მინერალების გრავიტაციული ტრაექტორიების ცვლილებაზე, ფართო გამოყენება ჰპოვა სამთო საქმეში. კერძოდ, სასარგებლო წიაღისეულის გამდიდრებაში.

სასარგებლო წიაღისეულის მაგნიტური მეთოდით გამდიდრება დაფუძნებულია მინერალური ნაწილაკების (ნატეხების) მაგნიტურ ამთვისებლობაზე და კოერციტიურ ძალაზე არაერთგვაროვანი მაგნიტური ველის ზემოქმედებით [1].

გასამდიდრებელი მასალის მაგნიტური ამთვისებლობიდან გამომდინარე მაგნიტური სეპარაცია იყოფა სუსტმაგნიტურ და ძლიერმაგნიტურად, გარემოს მიხედვით კი სველ და მშრალად. მაგნიტური სეპარატორის გამოყენებით მაგნიტური მეთოდით მდიდრდება ძირითადად რკინის, ტიტანის, ვოლფრამის, მანგანუმის და სხვა მაგნიტური ამთვისებლობის მქონე მინერალების მადნები. მაგრამ სხვა ლითონების, როგორცაა ოქრო, ვერცხლი და სხვა, მათი მაგნიტური სეპარაციით გამდიდრება დღემდე შეუძლებელად ითვლებოდა, რადგანაც ფერად და იშვიათ მეტალებს მაგნიტი არ იზიდავს.

მუდმივი მაგნიტური ველის შესწავლის პროცესში ახლებურად იქნა გაანალიზებული ფუკოს მიერ აღმოჩენილი ეფექტი, რომელიც დეტალურად აღწერა და განმარტა ფარადეიმ. ეს ეფექტი ასევე ცნობილია არაგოს მოვლენის სახით. გრიგალური დენების ზემოქმედებით მაგნიტურ ველში გამტარი იწყებს მოძრაობას. ეს მეთოდი ფართოდ გამოიყენება ტექნიკაში ხელსაწყოების მოძრავი ნაწილების დემფირებისათვის ხახუნის ძალის გამოყენების გარეშე [2].

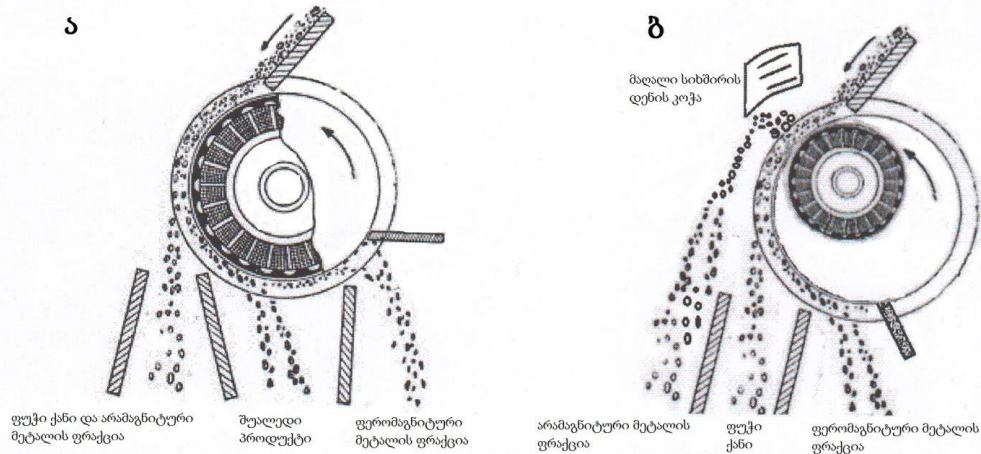
ნახ.1. მოცემულია მუდმივ მაგნიტურ ველში მოძრავი გამტარის ზედაპირზე წარმოქმნილი ფუკოს დენების, რომელიც კარგადაა შესწავლილი და აღწერილი.



ნახ.1. მუდმივ მაგნიტურ ველში მოძრავი გამტარის ზედაპირზე წარმოქმნილი ფუკოს დენების ძალწირების სქემა

ჩვენი მიზანი იყო უძრავი გამტარის ამოძრავებით მიგვეღწია მინერალების გაყოფის ეფექტი. კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ თუ გამტარში წარმოვქმნით ფუკოს დენებს, მაშინ ის მუდმივ მაგნიტურ ველში დაიწყებს მოძრაობას თავისი გრავიტაციული ტრაექტორიისგან განსხვავებული ტრაექტორიით, გამტარი განიზიდება მაგნიტებისგან.

ნახ.2. მოცემულია ლაბორატორიული დანადგარების ზოგადი სქემატური ნახაზი, რომელიც უჩვენებს მინერალური მარცვლების გრავეიტაციული ტრაექტორიის ცვლილებებს ჩვეულებრივ (ა) და ფუკოს დენების (ბ) გამოყენებით მაგნიტური სეპარაციისას.



ნახ.2. მაგნიტურ სეპარატორში მარცვლების მოძრაობის ტრაექტორია  
 ა - ჩვეულებრივი; ბ - ფუკოს დენების გამოყენებით

ექსპერიმენტისთვის გამოყენებული იყო 1-0 მმ კლასის ფრაქცია რკინის, ვერცხლის და კვარცის მინერალებით. როგორც ნახაზიდან ჩანს ვერცხლის მარცვლები ფუკოს დენის ზემოქმედებით განიზიდებიან მუდმივი მაგნიტისაგან და იცვლიან ვარდნის ტრაექტორიას, ხოლო ფერომაგნიტური მარცვლები მიიზიდებიან მუდმივი მაგნიტებით და ინარჩუნებენ ძველ ტრაექტორიას.

მიღებული შედეგით შეიძლება დავასკვნათ, რომ შემუშავებული მაგნიტური სეპარაციის მეთოდით და სეპარატორით შესაძლებელია არა მარტო ფერო მაგნიტური მასალის გამდიდრება, არამედ ოქროს, ვერცხლის და სხვა მინერალების ან მარცვლების გამდიდრება. ამასთან გამდიდრების მაგნიტური სეპარაციის შედეგად მივიღოთ არა ტრადიციულად ორი, არამედ სამი პროდუქტი: მაგნიტური, არამაგნიტური და არამაგნიტური მეტალის. სიახლის გამო სტატიაში დანადგარის სრული აღწერა და გაყოფილი მასალის სრული შედეგების დეტალიზაცია შეზღუდულია. ამდენად დანადგარის კონსტრუქცია და მეთოდის სრული ვერსია განხილული იქნება შემდგომ სტატიებში.

**ლიტერატურა**

1. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. –М., Недра, т.1, 2014, 417с.
2. Кармазин В.И., Кармазин В.В. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых. –М., Недра, т.1. Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых. 2012, 669с.

**SUMMARY  
 DEVELOPMENT OF THE METHOD OF NOBLE METAL ENRICHMENT  
 Gigineishvili A.A. and Tevzadze D.M.  
 Georgian Technical University**

Enrichment of minerals by a magnetic method is based on magnetic susceptibility of mineral particles (fragments) and the coercive force under the influence of an inhomogeneous magnetic field. When studying the permanent magnetic field, we analyzed the Arago phenomenon in a new fashion. The objective of the investigation was to achieve the effect of ore separation by making a motionless nonmagnetic conductor move. By the developed magnetic separation method, it is possible to obtain three, instead of traditional two, products. Because of the novelty, the complete description of the device and the details of the obtained results in the paper are limited.

**Keywords:** noble metal enrichment, magnetic separator.

## MINING AND EXTRACTIVE INDUSTRIES WASTE MANAGEMENT: MODERN APPROACHES

Andguladze Sh.N., Berejiani A.M. and Mchedlishvili G.S.

Georgian Technical University

**Abstract.** The paper discusses modern waste management methods and relevant European Directives, in particular the Directives that are aimed at mining and extractive industries waste management, ensuring prevention or reduction of an adverse impact on the environment and human health.

**Keywords:** waste management, mining and extractive industries, EU Directives.

Waste management problems are becoming increasingly important in the world. Mining industry remains a major source of pollution [1]. Elaboration of safe and techno-economically feasible non-waste techniques for waste treatment and disposal for processing businesses operating in Georgia [2,3] in relevance to modern requirements is a pressing task.

A number of positive steps have been taken during the recent years in the field of waste management in Georgia. However, since challenges have been accumulated in the waste management sector for many years, there is a need for a systemic approach and the implementation of effective actions.

International Conventions are not fully transported into national legislation. Practice proves that, without complete adjustment of the national legislation, the implementation of the conventions is not effective. Therefore, further transposition of EU waste legislation, its effective implementation and enforcement are crucial for the establishment of the robust waste management system throughout the country.

Challenges existing in the country:

- Need for further transposition of EU requirements of the AA and International Conventions into the national legislation

- Need for full implementation of national and international requirements

- Need for strengthening the enforcement

Waste management shall be carried out in accordance with the following principles:

a) **Precaution** means that in order to avoid the threat or danger to the environment deriving from waste, measures shall be taken even if full scientific certainty is not available;

b) **Polluter pays** means that the producer or holder of waste shall cover the costs of waste management;

c) **Proximity** means that the treatment of waste shall be undertaken at the nearest appropriate waste treatment facility, taking into consideration the environmental and economic efficiency.

The overall objective for the Georgian waste management system is to have a good waste management in place that meets the international legal requirements as laid down by the EU through the AA and International Conventions ratified by Georgia.

Depending on its type, properties and composition, waste shall be collected, transported and treated in a manner not impeding its further recycling. Waste shall be collected, transported and treated in a manner which excludes as much as possible the pollution of the environment and risks for human health [4].

Over time the waste management hierarchy leads to a gradual change in any waste management system in the world. In most countries, the most common practice of waste management was landfilling. However, as a result of resource limitations, currently waste is seen as a kind of valuable resources. “Recycling” means any recovery operation by which waste materials are reprocessed into products, materials or substances whether for the original or other purposes. It includes the reprocessing of organic materials, but does not include energy recovery and the reprocessing into materials that are to be used as fuels or for backfilling operations.

Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 “on the management of waste from extractive industries” provides for measures, procedures and guidance to prevent or reduce as far as possible any adverse effects on the environment, in particular water, air, soil, fauna and flora and landscape, and any resultant risks to human health, brought about as a result of the management of waste from the extractive industries [5].

According to the Association Agreement between the EU and Georgia, the following provisions of that Directive shall apply:

- Adoption of national legislation and designation of competent authorities.
- Establishment of a system to ensure that operators draw up waste management plans; identification and classification of waste facilities.
- Establishment of a permit system, of financial guarantees and of an inspection system.
- Establishment of procedures for the management and monitoring of excavation voids.
- Establishment of closure and after-closure procedures for mining waste facilities.
- Drawing up an inventory of closed mining waste facilities.

International experience shows that waste management is a complex process and the creation of the management system similar to those of the developed countries is a long process.

#### REFERENCES

1. Сластунов С.В., Королева В.Н., Коликов К.С. и др. Горное дело и окружающая среда. - М., Логос, 2001, 272 с.
2. Andguladze Sh., Berejiani A. Development of Madneuli Ore Mining and Processing Enterprise Acid Mine Water Treatment Technology. //Inteleqtuali, 2008, No 6, pp. 85-89.
3. Andguladze Sh., Berejiani A. Process of Copper Extraction from Mineral Resource Industry Caused Waste Waters. //Proceedings of the Georgian National Academy of Sciences, Chem. Series, 2008, Vol. 34, No 2, pp. 221-224.
4. Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the Management of Waste from Extractive Industries and Amending Directive 2004/35/EC. [http://www.eurits.org/waste\\_management](http://www.eurits.org/waste_management)
5. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. [http://www.eurits.org/waste\\_management](http://www.eurits.org/waste_management)

#### РЕЗЮМЕ

#### ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ – СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ

Андгуладзе Ш.Н., Бережани А.М., Мchedlishvili Г.С.

Грузинский технический университет

Изложены современные методы и соответствующие европейские директивы обращения с отходами, в частности – директивы, относящиеся к обращению с отходами горнодобывающих производств, направленные на предотвращение или уменьшение вредного воздействия на окружающую среду и здоровье людей.

**Ключевые слова:** обращение с отходами, горнодобывающее производство, директивы Евросоюза.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ СТАЛЕЙ МАРОК ТИПА 12Х3СМФЮТ И 12Х4СМФЮТ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Хуцишвили М.Г., Даданидзе Г.А., Саралидзе Б.Р., Хмаладзе М.Г.

Грузинский технический университет

Дальнейшее развитие и совершенствование производства металло-конструкций в различных отраслях промышленности повысили уровень требований, предъявляемых к материалам. В следствие этого стало необходимым создание новых коррозионностойких сталей и разработка передовой технологии их сварки.

Особо большими потерями вызванными коррозией характеризуются металлические конструкции, эксплуатируемые в химической и нефтегазовой промышленности. Если в химических средах, характеризующихся высокой агрессивностью, требуются лишь высоколегированные стали, то в нефтегазовой промышленности, в связи с меньшей агрессивностью среды, могут быть использованы низко и среднелегированные стали.

При автоматической сварке подача сварочной проволоки и передвижение дуги вдоль свариваемого соединения механизированы. Этот способ призван не только заменить тяжелый труд сварщика-ручника, но и повысить производительность производства крупногабаритных изделий. Имея ряд технологических преимуществ этот способ сварки металлов предоставляет возможность в корне изменить технологию производства в ряде отраслей промышленности [1,2].

Коренные изменения внесла автоматическая сварка под флюсом в нефтегазовую промышленность и химическое машиностроение.

Сварка под флюсом среднелегированных сталей нашла широкое применение. В настоящее время изготавливают сварные конструкции разнообразного назначения разной толщины, в основном, в пределах 4-50 мм.

При сварке среднелегированных сталей с пониженной стойкостью к образованию трещин (повышенное содержание углерода, легирующих примесей, большая толщина листов, большая жесткость закрепления) приходится применять дополнительные меры: использование постоянного тока обратной полярности, предварительный подогрев или разогрев области шва при наложении многослойного шва сварку первого слоя по присадочной проволоке и при увеличенном угле разделки кромок.

Для сварки под флюсом среднелегированных сталей, в основном, применяют высококремнистые марганцевые флюсы и низкокремнистые флюсы. Высококремнистыми марганцевыми флюсами сваривают соединения, к которым не предъявляются высокие требования по ударной вязкости металла шва, а низкокремнистые флюсы с небольшим содержанием окислов марганца позволяют получать сварные соединения со значительно более высокими показателями ударной вязкости; сварка выполняется на постоянном токе обратной полярности.

Для сварки сталей 12Х3СМФЮТ и 12Х4СМФЮТ нами был выбран низкокремнистый флюс АН-22, который перед сваркой прокаливается. Химический состав флюса приведен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав флюса АН-22

Химический состав в %-ах									
SiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O и Na <sub>2</sub> O	CaF <sub>2</sub>	Не более		
							Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P
18,0-21,5	7,0-9,0	12,0-15,0	11,5-15,0	19,0-23,0	1,0-2,0	20,0-24,0	1,0	0,05	0,05

Сварочной проволокой служила проволока из стали 12Х4СМФЮТ.

Параметры режима при автоматической сварке стали 12Х3СМФЮТ и 12Х4СМФЮТ, даны в табл. 2.

Химический состав сварных швов дан в табл. 3. Механические свойства сварного соединения сталей 12Х3СМФЮТ и 12Х4СМФЮТ при автоматической сварке сведены в табл. 4.

Таблица 2. Режим сварки сталей 12Х3СМФЮТ и 12Х4СМФЮТ под флюсом

Тип шва	Толщина металла, катеты шва, мм	I св А	Uд В	Vсв каждого слоя × 10 <sup>-3</sup> , м/с	V под эл. проволоки × 10 <sup>-3</sup> , м/с	Число слоев
Стыковой	10	400-500	32	8,89	30	3

Таблица 3. Химический состав сварных швов

Марка сталей	Химический состав в %-ах						
	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ti
12Х3СМФЮТ	0,13	0,48	1,08	3,4	0,3	0,09	0,1
12Х4СМФЮТ	0,11	0,48	1,1	4,31	0,3	0,1	0,035

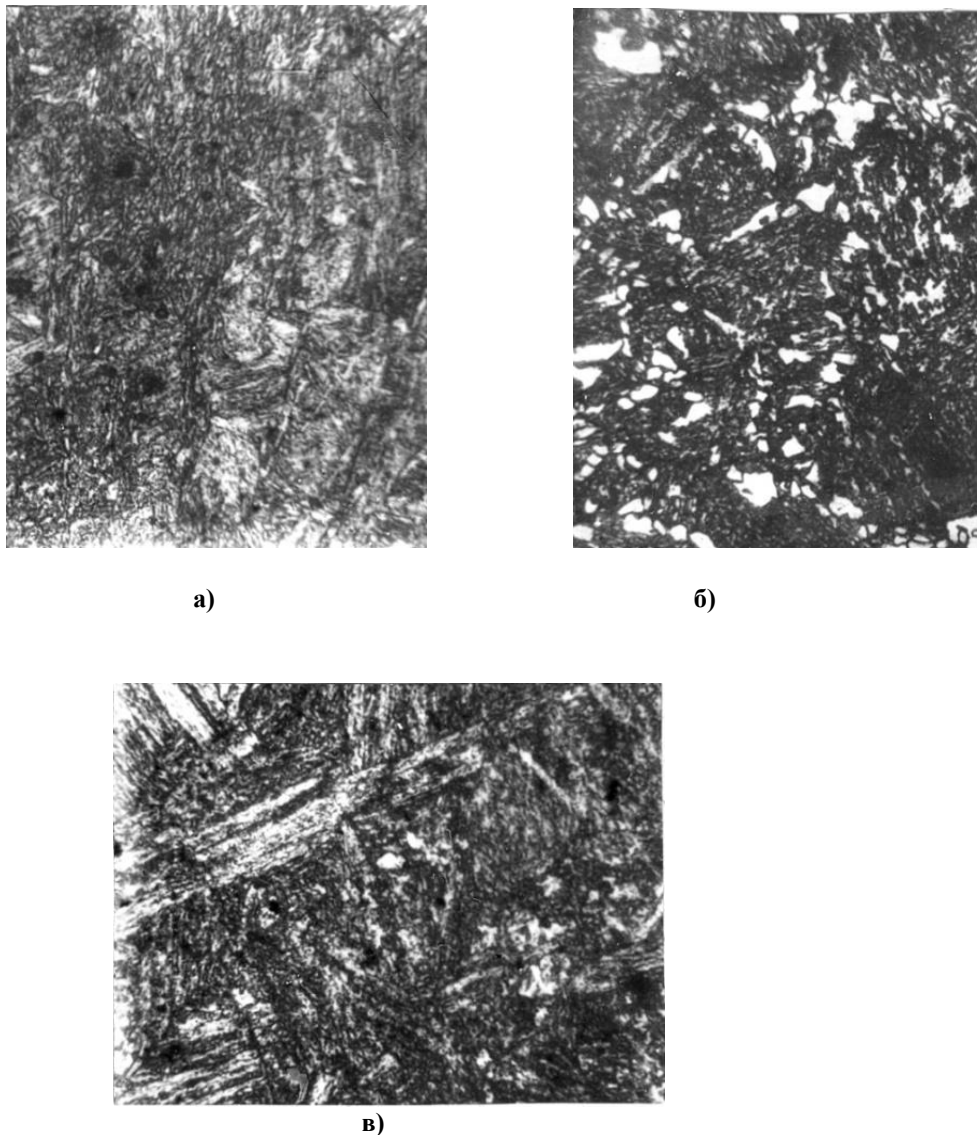
  

Марка сталей	Химический состав в %-ах						
	Al	W	Ni	Cu	ΣP3M	S	P
12Х3СМФЮТ	0,25	след	0,065	0,085	0,026	0,015	0,023
12Х4СМФЮТ	0,12	след	0,15	0,06	0,026	0,012	0,023

Таблица 4. Механические свойства 12Х3СМФЮТ и 12Х4СМФЮТ сталей при автоматической сварке

Марка сталей	Механические свойства		
	бв МПа	ан МДж/м <sup>2</sup>	α, гард
12Х3СМФЮТ	1100	0,57	>115
12Х4СМФЮТ	1070	0,55	>115

На рис. 1 и 2 представлены, соответственно микроструктуры сварных швов сталей 12Х3СМФЮТ и 12Х4СМФЮТ, сваренных проволокой 12Х4СМФЮТ, под переходной зоны бейнитная. Однако, в связи с тем, что скорость охлаждения сварного шва относительно высокая, его структура характеризуется мелкозернистостью.



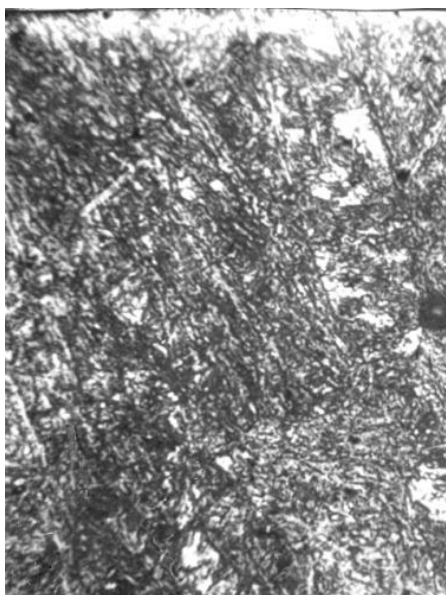
**Рис. 1. Микроструктуры сварных соединений из стали 12Х3СМФЮТ, сваренных под слоем флюса проволокой марки 12Х4СМФЮТ : х 450;**  
а) шов HV - 392,6; б) околошовная зона HV – 416; в) основной металл HV – 413.

Сварка под флюсом этих сталей стала ведущим технологическим процессом в производстве нефтегазовой промышленности, сварные швы характеризуются гладкой поверхностью, практически они без чешуек, с плавным переходом к основному металлу. Такие швы отличаются более высокой коррозионной стойкостью по сравнению со швами, выполненными вручную [3]. К особенностям этого рода сварки относится работа преимущественно на постоянном токе.

Сварка под флюсом этих сталей и сплавов характеризуется швами относительно небольшого сечения (более стойкий против кристаллизационных трещин), что обусловило преимущественное использование тонкой проволоки диаметром 2-3 мм.

Сварочная проволока из аустенитных и феррито-аустенитных сталей из-за пониженной теплопроводности и высокого электрического сопротивления при прочих равных условиях плавится быстрее, чем обычная низкоуглеродистая проволока, поэтому для получения хорошо сформированных сварных швов, вылет электрода приходится уменьшать в 1,5-2 раза относительно стальной проволоки.

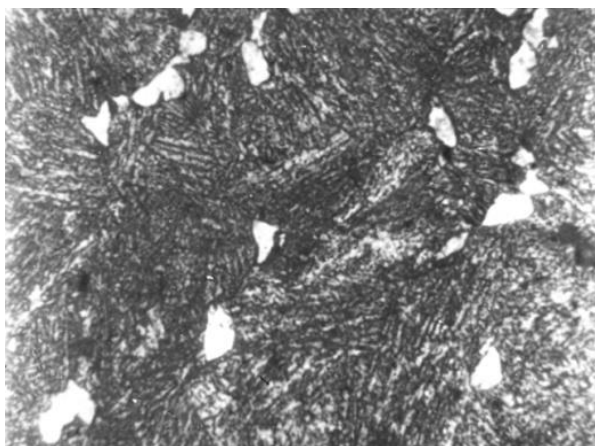
Среднеуглеродистые стали свариваются, в основном, низкокремнистыми флюсами.



ა)



ბ)



ვ)

**Рис. 2. Микроструктуры сварных соединений из стали 12Х4СМФЮТ, сваренных под слоем флюса проволокой марки 12Х4СМФЮТ: х 450; а) шов HV – 386; б) околошовная зона HV – 427; в) основной металл HV – 405;**

Таким образом, втоматическая сварка 12Х3СМФЮТ и 12Х4СМФЮТ сталей улучшает качество сварных швов и повышает производительность изделия.



**ЛИТЕРАТУРА**

1. Г.В. Бурский, М.М. Савицкий, О.И. Олейник, В.Э. Сухоярский. Усовершенствованная методика оценки сопротивляемости металла ЗТВ замедленному разрушению. // Автоматическая сварка, 1999, №4, сс. 31-34.
2. Дадანიдзе Г.А., Хуцишвили М.Г., Суламанидзе А.К. Металлографический анализ сварных швов некоторых сталей. // Georgian Engineering News, 2008, №4, сс. 112 -117.
3. Дадანიдзе Г.А., Суламанидзе А.К., Хуцишвили М.Г. Коррозионная стойкость сварных соединений сталей типа 12X3CMΦЮТ И 12X4CMΦЮТ , в агрессивных нефтегазовой промышленности. // Georgian Engineering News, 2012, №1, сс. 70 -75.

**SUMMARY**

**DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF AUTOMATED WELDING OF STEEL GRADES 12X3CMFUT AND 12X4CMFUT INTENDED FOR THE OIL AND GAS INDUSTRY**

**Khutsishvili M.G., Dadianidze G.A., Saralidze B.R. and Khmaladze M.G.**

**Georgian Technical University**

Submerged arc welding of steel grades 12X3CMFUT and 12X4CMFUT has become a leading technological process in the oil and gas industry. The welds are characterized by a smooth surface, practically without scales with a smooth transition to the base metal. The welds of this kind are more corrosion resistant than the welds made by hand. Automated welding of steel grades 12X3CMFUT and 12X4CMFUT improves the quality of welds and the product performance.

**Keywords:** submerged arc welding, gas and oil pipes, automated welds.

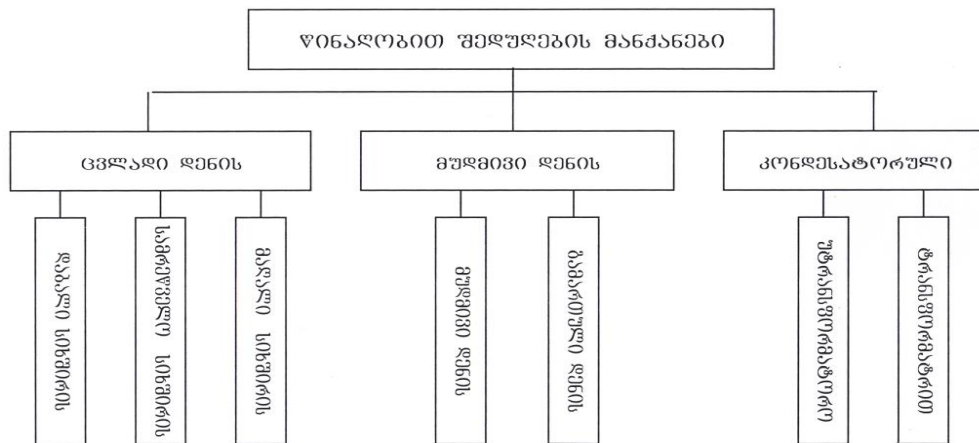
ორმხრივი სქემით წარმოდგენილი შედუღება

მეტრეველი-მანდარია ა.ბ., კაპანაძე მ.ბ., საბაშვილი ზ.გ.

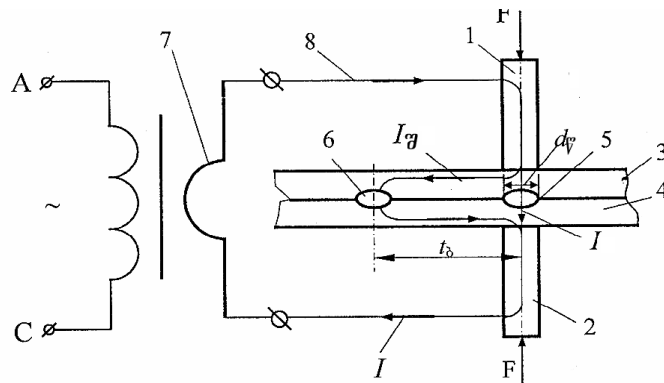
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მანქანათმშენებლობის, ტრანსპორტის ყველა სახის საშუალებათა წარმოების, სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობის, საოჯახო, ელექტროტექნიკური და რადიოელექტრონული მრეწველობის, საიუველირო, საიარაღო, კოსმოსური ტექნიკისა და სხვა დარგების შემდგომი განვითარება და სრულყოფა მოითხოვს მათ პროდუქტთა კონსტრუქციებში შემაჯავლი ყოველი კვანძის შემაჯავლი ელემენტის დაუშლელი შეერთების – შენადული ნაკერის – მაღალი და სტაბილური ხარისხის უზრუნველყოფას. ეს თავისთავად ზრდის ნამზადის მოხმარების უსაფრთხოებას, მუშაობის ხანგრძლივობას, საჭირო მასალათა სახეობის დიაპაზონსა და ეკონომიურობას. აღნიშნული კონსტრუქციების კვანძები გამოირჩევა თავიანთი მრავალსახეობით, როგორც აღნაგობით, ასევე შეერთების სახეებითა და შესადუღებელი ნაწილების გეომეტრიული პარამეტრებით. რაც შეეხება ნაკერის ხარისხს, შენადული შეერთების ვარგისიანობის ერთერთ მთავარ კრიტერიუმად ითვლება თხევადი ბირთვის – შესადუღებელი წერტილის ჩამოყალიბების ადგილი, კერძოდ, ის უნდა განლაგდეს სიმეტრიულად შესადულ ნიშნულზე შეხების – საკონტაქტო სიბრტყის მიმართ, ამასთანავე, არ უნდა მოხდეს მათი ზედაპირების მიკვრა-მიდუღება გამოყენებული დანადგარის ელექტროდთა მუშა ზედაპირებზე.

კონტაქტური შედუღების მანქანები იყოფა ცვლადი, მუდმივი დენისა და კონდენსატორული დენის იმპულსის ტიპის მანქანებად [1-5] (ნახ.1) ცვლადი დენის მანქანები დენის სისწირის მიხედვით შეიძლება იყოს დაბალი, სამრეწველო და მაღალი სისწირის. მუდმივი დენის მანქანებში შეიძლება იყოს გამოყენებული მუდმივი ან გამართული დენი. წინააღმდეგობით კონდენსატორული შედუღების მანქანები შეიძლება იყოს უტრანსფორმატორო ან დამადაბლებელი ტრანსფორმატორით. გაბარიტული ლითონკონსტრუქციების დამზადებისას გამოყენებულია ორმხრივი წერტილოვანი შედუღება, სადაც შესადუღებელი დეტალების ორივე მხარესაა განლაგებული შედუღების ელექტროდები [6]. ნახ. 2-ზე წარმოდგენილია ორმხრივი წერტილოვანი შედუღების სქემა.



ნახ.1. წინააღმდეგობით შედუღების მანქანების კლასიფიკაცია



ნახ. 2. ორმხრივი წერტილოვანი შედულების სქემა:

1,2 – შედულების ელექტროდები; 3,4 – შესადულებელი დეტალები; 5 – შედულების ადგილზე დეტალების საკონტაქტო ზედაპირი; 6 – შენადული წერტილი; 7 – შედულების ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილი; 8 – შედულების კონტურის სადენები;  $d_{\phi}$  - წერტილის დიამეტრი;  $I_{ა}$  – ორმხრივი შედულების შუნტის დენი;  $I$  – შედულების დენი;  $I$  – ტრანსფორმატორის მეორადი კონტურის დენი;  $t_{ბ}$  – შენადულ წერტილთა შორის ბიჯი.

ელექტროდზე მოდებულია F-კუმშვის ძალა. შედულების ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილი-7, შედულების კონტურის დენმიმყვანი სადენები-8 მიერთებულია შედულების ელექტროდებთან-1,2. დეტალები შედულების წინ აწყობილ მდგომარეობაში თავსდება ელექტროდებს შორის. მათზე კუმშვის-F ძალის მოდების შემდეგ შედულების კონტაქტში ატარებენ დენს. უშუალოდ დეტალების კონტაქტში ელექტროდებს შორის გამავალი დენი-I წარმოადგენს შედულების დენს. დენმა შეიძლება აგრეთვე გაიაროს ადრე შედულებულ წერტილში  $I_{ა}$ , რომელიც წარმოადგენს შუნტის დენს. მაშინ შედულების კონტურის დენმიმყვან სადენში გამავალი დენი

$$I_{სრ} = I_{შდ} + I_{ა} \quad (1)$$

დაშუნტის დენის სიდიდე  $I_{ა}$  დამოკიდებულია მისი გავლის გზის ლითონური წინააღობისა  $r_{ლ}$  და დეტალების ზედაპირთა კონტაქტის წინააღობას  $r_{კ}$  შორის თანა-

ფარდობაზე: 
$$\frac{I_{ა}}{I} = \frac{r_{ლ}}{r_{კ}},$$
 აქედან

$$I_{ა} = \frac{r_{ლ}}{r_{კ}} \cdot I_{სრ} \quad (2)$$

(2) ფორმულიდან ჩანს, რომ ორმხრივი სქემით წერტილოვანი შედულებისას დაშუნტის დენის შემცირება შეიძლება  $r_{ლ}$  წინააღობის შემცირებით და  $r_{კ}$  წინააღობის გაზრდით. ეს უკანასკნელი შეიძლება განხორციელდეს შედულებულ წერტილებს შორის ბიჯის გაზრდით. ამ გზით შესაძლებელია დაშუნტის დენის მდგენელის შემცირება მინიმუმამდე, თუმცა  $r_{კ}$  წინააღობის გაზრდა არაა გამორიცხული შედულების ცალკეულ შემთხვევებში შესადულებელი დეტალების წინასწარი მომზადების ტექნოლოგიის სრული დაცვის შემთხვევაშიც, რადგანაც არ არის გამორიცხული კონტაქტის ადგილას მოხვედეს ჟანგის ან არადენგამტარი სხვა მასალის თხელი აფსკი. ამ შემთხვევაში  $r_{კ} \gg r_{ლ}$  და დენის დაშუნტის პროცესი გარდაუვალია, რასაც თან ახლავს შედულების ბირთვის დიამეტრის შემცირება ან საერთოდ არარსებობა.

როგორც აღნიშნული იყო, ცალმხრივი სქემით წერტილოვანი შედულების კონტურის ზომები არ არის დამოკიდებული შესადულებელი დეტალების კონსტრუქციის ზომებზე. ორმხრივი სქემით წერტილოვანი შედულებისას გაბარიტები

შედულების კონტურში განსაზღვრავს ამ უკანასკნელის ზომებს. შესაბამისად გაბარიტიული კონსტრუქციების შედულებისას შედულების კონტურის რეაქტიული წინაღობა

$$x_{\text{ორმხ}} = K_{\text{ორმხ}} S_{\text{ორმხ}}^{0,75} . \quad (3)$$

სადაც,  $S_{\text{ორმხ}}$  არის ორმხრივი წერტილოვანი შედულებისას შედულების კონტურის მიერ შემოფარგლული ფართი.

წერტილოვანი შედულებით მიღებული კონსტრუქციების უმრავლესობა ფერომაგნიტური ფურცლოვანი ფოლადებისაგან მზადდება. როგორც ცნობილია, შედულების კონტურში ფერომაგნიტური მასალის შეტანით მნიშვნელოვნად იზრდება მისი რეაქტიული წინაღობა. აღნიშნულს ითვალისწინებს (3) გამოსახულებაში  $K_{\text{ორმხ}}$  კოეფიციენტი.

ამრიგად, ფერომაგნიტური მასალისაგან ლითონკონსტრუქციების შედულებისას, შედულების კონტურის რეაქტიულ წინაღობაზე მოქმედებს არა მარტო შედულების კონტურის გაბარიტიული ზომები, არამედ კონტურში მოთავსებული კონსტრუქციის ზომებიც.

როგორც (2) გამოსახულებიდან ჩანს, ზემოთ აღნიშნულის გამო ორმხრივი წერტილოვანი შედულების სქემით ლითონკონსტრუქციის დამზადებისას მნიშვნელოვნად იზრდება ძვრის კუთხე შედულების დენსა და ძაბვას შორის და შესაბამისად, შედულებისათვის საჭირო სიმძლავრე.

შედულების კონტურში ინდუქციური წინაღობა პროპორციულია დენის სისშირისა. რაც მეტია სისშირე, მით მეტია ინდუქციური წინაღობა  $X$  და მით მეტია სიმძლავრე, ე.ი. სისშირის შემცირებით ჩვენ ვამცირებთ სიმძლავრეს. საავიაციო წარმოებაში Al-ის შენადნობები სისქით ( $8 \div 10$ მმ) საჭიროებენ დიდ სიმძლავრეს – 2000 კილოვატს (kw), როცა ერთფაზა მანქანას რთავენ წრედში, ქარხანაში ყველა დაზგა იწყებს არასტაბილურად მუშაობას [7].

შედულების ყველა მანქანისათვის საჭიროა ცალ-ცალკე ელექტროქსელის ქვესადგური.

#### ლიტერატურა:

1. სულამანიძე ა. წინაღობით შედულება. – თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2009, 440გვ.
2. Гелман А.С. Технология и оборудование контактной электросварки. – Москва: Машгиз, 1960, 368 с.
3. Технология и оборудование контактной сварки. /Под ред. Б.Д.Орлова. – Москва: Машиностроение, 1975, 536 с.
4. Кочергин К.А., Контактная сварка. – Л. Машиностроение, 1987, 240 с.
5. Сургеев Н.П. Справочник молодого сварщика на контактных машинах. -Москва. 1984.
6. Шаламберидзе М.Ш. и др. Способ изготовления электродов для электроконтактной точечной сварки. А.с.№ 1660900, СССР, 1992.
7. Лебедев В.К. Тенденции развития источников питания и систем управления (по материалам патентов США). // Автоматическая сварка, 2004, №1, сс. 40-48.

#### SUMMARY

##### SPOT WELDING BY A BILATERAL SCHEME

Metreveli-Mandaria A.B., Kapanadze M.B. and Sabashvili Z.V.

Georgian Technical University

The structures manufactured by spot welding are mainly made of ferromagnetic sheet steels. As is well known, introduction of a ferromagnetic material into the welding circuit increases significantly its reactive resistance. During welding of the ferromagnetic metal framework, both the dimensions of the welding circuit and the dimensions of the structure placed into the circuit affect the reactive resistance of the reactive circuit. During spot welding of metal framework by the bilateral scheme, the angle shift between current and voltage and hence the required power increases.

**Keywords:** spot welding, bilateral circuit, metal framework.

სამანქანო ტაქტიკური ნარჩენი ზეთების დენალობის შემცირება მათი ბარემოში ბაშონვის ალბათობის მინიმიზაციის მიზნით

რაზმაძე მ.თ., კიკნაძე გ.გ., იმნაძე პ.მ., ამბარდანიშვილი ო.პ., როსტომაშვილი ზ.ი.

ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბირთვულ-ენერგეტიკული დანადგარების ექსპლოატაციის შედეგად ნარჩენის სახით შეიძლება მოხდეს რადიაციულად დაბინძურებული ზეთის საკმაოდ დიდი რაოდენობით წარმოქმნა, რომელსაც უტილიზაცია-დასაწყობება ესაჭიროებათ, რათა გააოვნვის შემთხვევაში არ მოხდეს მის მიერ გარემოს რადიაციული დაბინძურება.

განვითარებულ ქვეყნებში, სადაც ბირთვული ენერგეტიკა ფართოდაა განვითარებული, თხევად-ზეთოვანი რადიოაქტიური ნარჩენების რაოდენობა საკმაოდ დიდია, თანაც მათი წარმოშობა უწყვეტი ხასიათისაა, რადიოაქტიური ნარჩენების უტილიზაციისათვის შექმნილია მთელი რიგი ტექნოლოგიური კომპლექსები. ასეთ კომპლექსებში რადიაციულად დაბინძურებული ზეთების გაუვნებელსაყოფად გამოიყენება საკმაოდ ძვირადღირებული ტექნოლოგიური პროცესები. ამათგან ერთერთია რადიაციულად დაბინძურებული ზეთის გამყარება. გამყარების პროცესის დროს სასაწყობე 200 ლიტრიან კასრში უტილიზირებული ზეთის მოცულობა საშუალოდ 70 ლიტრს შეადგენს, ხოლო კასრის დანარჩენი მოცულობა შევსებულია პორტლანდ ცემენტით (165 კგ), კირით (17 კგ), ემულგატორით (62 ლ) და წყლით (14 ლ) [1,2]. როგორც მოყვანილ მაგალითიდან ჩანს, ზეთების გამყარების შემთხვევაში რადიოაქტიური ნარჩენების მოცულობა თითქმის 3-ჯერ იზრდება. აქვეა აღსანიშნავი ის ფაქტიც, რომ რადიაციულად დაბინძურებული ზეთების გამყარების ან დაწვის შემთხვევაში საჭირო ხდება ძვირადღირებული დანადგარებისა და ტექნოლოგიების შექმნა.

შესაძლებელია ნარჩენი რადიოაქტიური ზეთის 200 ლიტრიან კასრებში ჩასხმა მათი შემდგომი ჰერმეტიზაციით. თხევადი ნარჩენების ასეთ მდგომარეობაში შენახვა დაშვებულია, მაგრამ ამასთან ერთად არსებობს ზეთის კასრებიდან გაოვნვის გარკვეული ალბათობა, რაც ცხადია მიზანშეწონილი არ არის. ამიტომ გაოვნვის ალბათობის შესამცირებლად ან თუ გაოვნვა მაინც მოხდა, გარემოში მოხვედრილი ზეთის რაოდენობისა და მავნეობის შესამცირებლად შესაძლებელია ზეთის დენალობის შემცირება მასში ფოროვანი, ზეთის შემწოვი მასალების დამატების გზით.

რადიოაქტიურად დაბინძურებული ზეთებისადმიასეთი მიდგომა იმ შემთხვევაში იქნება გამოსაყენებელი, თუ საბოლოოდ მიღებული ნაზავის მოცულობა ბევრად არ აღემატება პირველადი ზეთის მოცულობას, რითაც არ მოხდება დასასაწყობებელი რადიოაქტიური ნარჩენების მოცულობის მკვეთრი ზრდა.

ყოველივე ზემოთ მოყვანილიდან გამომდინარე, შერჩეულ იქნა ისეთი იაფფასიანი, ფოროვანი ნივთიერებანი როგორებიცაა ხის ნახერხი, აქტივიზირებული და ჩვეულებრივი ხის ნახშირი და ტუფის ქვიშა. სათანადო ცდების დაწყებამდე წინასწარ გაზომილ იქნა აღნიშნული მშრალი მასალების ნაყარი წონები, რომელთა გაზომილი სიდიდეები კარგ თანხვედნაშია ლიტერატურულ მონაცემებთან. გაზომვების შედეგები მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1.





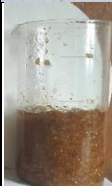






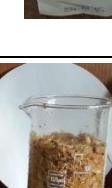
	ხის ნახერხი, ფრაქცია 0-7 მმ	აქტივირებული ხის ნახშირი, ფრაქცია 0-7 მმ	ტუფია ქვიშა, ფრაქცია 0-7 მმ	სამანქანო ზეთი
პრაქტ. მონაცემი	201 კგ/მ <sup>3</sup>	242 კგ/მ <sup>3</sup>	1235 კგ/მ <sup>3</sup>	810 კგ/მ <sup>3</sup>
ლიტ. მონაცემი	190 - 270 კგ/მ <sup>3</sup>	230 - 320 კგ/მ <sup>3</sup>	750 - 1600 კგ/მ <sup>3</sup>	700-950 კგ/მ <sup>3</sup>

კვლევა-ძიების მეორე საფეხურია აღნიშნული ფოროვანი მასალების მიერ ნახმარი და რადიაციულად დაბინძურებული ზეთის ათვისების, ანუ მისი უტილიზაციის ხარისხის დადგენა, რომელიც ოთხი ეტაპისაგან შედგება.

**I ეტაპი:** ზეთის უტილიზაცია ხის ნახერხით.

ამისათვის შემოწმებულ იქნა ხის ნახერხის სამი სხვადასხვა ფრაქციის მიერ ნახმარი ზეთის ათვისების ხარისხი 2-6 თვის განმავლობაში მონაცემები მოტანილია ცხრილი 2-ში.



ცხრილი 2.

ფრაქციის ზომა, მმ	ნარევის შედგენილობა, მოც. %	საწყისი და საბოლოო შედეგი 5 თვის მერე
0-2 მმ	ნარევი №1 ზეთი - 60 მოც.% ნახერხი - 40 მოც.% ზეთი - 85,8მას.% ნახერხი - 14,2 მას.%	 
	ნარევი №2 ზეთი - 50 მოც.% ნახერხი - 50 მოც.% ზეთი - 80,1 მას.% ნახერხი - 19, 9 მას.%	 
	ნარევი №3 ზეთი - 42,85 მოც.% ნახერხი - 57,15 მოც.% ზეთი - 24,75 მას.% ნახერხი - 75,25 მას.%	 
2-7 მმ	ნარევი №4 ზეთი - მოც.% ნახერხი - მოც.% ზეთი - 29,25 მას.% ნახერხი - 70,25 მას.%	 
	ნარევი №5 ზეთი - 37,5 მოც.% ნახერხი - 62,5 მოც.% ზეთი - 29,26 მას.% ნახერხი - 70,74 მას.%	 
0-7 მმ	ნარევი №6 ზეთი - 37,5 მოც.% ნახერხი - 62,5 მოც.% ზეთი - 29,26 მას.% ნახერხი - 70,74 მას.%	 

**II ეტაპი:** ზეთის უტილიზაცია აქტივირებული ნახშირით.



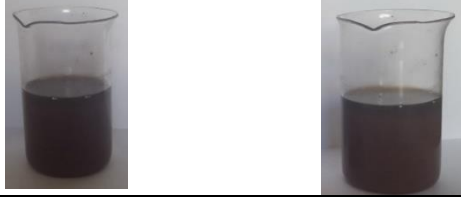
პირველ ეტაპზე ჩატარებულმა ცდებმა გვიჩვენა, რომ ყველაზე კარგი შედეგი ნახერხის უწვრილესი ფრაქციის გამოყენებამ მოგვცა. უწვრილეს ფრაქციას (ჩვენს შემთხვევაში 0-2 მმ) მაღალი აქვს დისპერსიულობის ხარისხი და შესაბამისად ასეთი დისპერსული სისტემა ხასიათდება დიდი სიდიდის გამყოფი ზედაპირის ფართობით, რაც თავის მხრივ ძალიან ზრდის ზეთის შეწოვის სიდიდეს და ე.ი. ზრდის უტილიზებული ზეთის რაოდენობას შედარებით მცირე ნახერხის ოდენობით. ამიტომ შემდგომში ჩატარებული ლაბორატორიული ცდები მხოლოდ 0-2 მმ ფრაქციის აქტივირებული ნახშირისა და ტუფის ფრაქციებს შეეხება.

**ცხრილი 3.**

ფრაქციის ზომა, მმ	ნარევის შედგენილობა, მოც. %	საბოლოო შედეგი 2 თვის მერე
0-2 მმ	ნარევი №7 ზეთი - 48,86მოც.% ნახშირი - 57,14მოც.% ზეთი - 71,53 მას.% ნახშირი - 28,47 მას.%	
	ნარევი №8 ზეთი - 50 მოც.% ნახშირი - 50 მოც.% ზეთი - 77 მას.% ნახშირი - 23 მას.%	



**III ეტაპი:** ზეთის უტილიზაცია ტუფის ქვიშით

**ცხრილი 4.**

ფრაქციის ზომა, მმ	ნარევის შედგენილობა, მოც. %	საბოლოო შედეგი 2 თვის მერე
0-2 მმ	ნარევი №9 ზეთი - 50 მოც.% ტუფი - 50 მოც.% ზეთი - 60,39 მას.% ტუფი - 39,61 მას.%	
	ნარევი №10 ზეთი - 37,5მოც.% ტუფი - 62,5მოც.% ზეთი - 28,24 მას.% ტუფი - 71,76 მას.%	
	ნარევი №11 ზეთი - 44,45 მოც.% ტუფი - 55,55 მოც.% ზეთი - 34,42 მას.% ტუფი - 65,58 მას.%	

IV ეტაპი: ზეთის უტილიზაცია ქართული წარმოების ხის ნახშირით

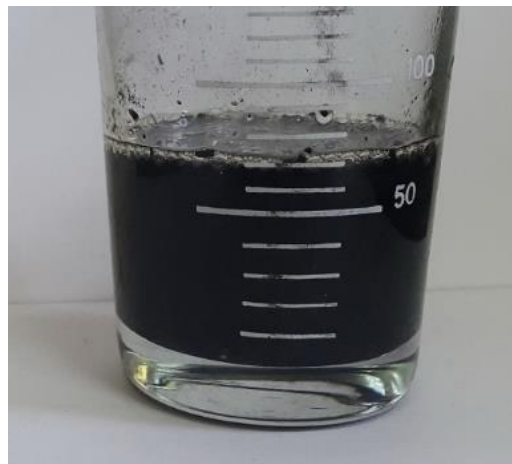
ცხრილი 5.

ფრაქციის ზომა, მმ	ნარევის შედგენილობა, მოც. %	საბოლოო შედეგი 2 თვის მერე
0-2 მმ	ნარევი №12 ზეთი - 50 მოც.% ქართ. ნახშირი - 50 მოც.% ზეთი - 75 მას.% ქართ. ნახშირი - 25 მას.%	
	ნარევი №13 ზეთი - 60 მოც.% ქართ. ნახშირი - 40 მოც.% ზეთი - 81,82 მას.% ქართ. ნახშირი - 18,18 მას.%	

**კვლევითი სამუშაოს ბოლოს შეიძლება მივიღოთ შემდეგი რეკომენდაციები:**

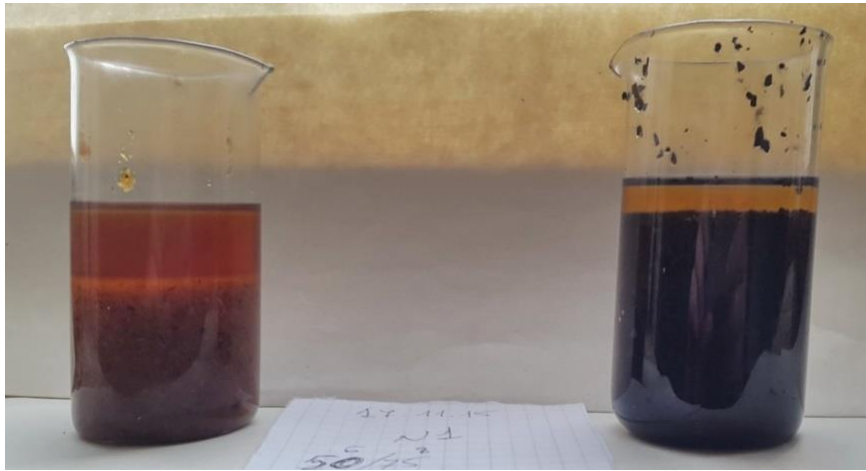
ჩატარებული სამუშაოების მონაცემებზე დაყრდნობით შესწავლილი ოთხი ნივთიერებიდან, პრიორიტეტი მიენიჭა 0-2 მმ ფრაქციის მქონე აქტივირებულ ნახშირს, რომელიც ხასიათდება მაღალი ფორიანობითა და ამ ფორებში ზეთში არსებული მინარევების (მათ შორის რადიაციული მინარევების) აღსორბციით, რაც თავის მხრივ ასუფთავებს ზეთს და მისი გაუონვის შემთხვევაშიც კი დიდის ალბათობით თავიდან აცილებული იქნება გარემოს რადიაციული დაბინძურება. თუმცა თუ რამდენად იწმინდება ზეთი არა ზოგადად, არამედ სწორედ რადიოაქტიური მინარევებისაგან, მომავალი კვლევის ამოცანას წარმოადგენს. გარდა ამისა აქვეა აღსანიშნავი, რომ ფოროვანი ნივთიერებების ხმარებისას ზეთის მოცულობის ნაზრდი შეადგენს 13-19 მოც.%, რაც ძალიან კარგ შედეგს წარმოადგენს.

ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია აქტივირებული ნახშირზე ზეთის დასხმის შემდეგ ზეთის მოცულობის ცვლილება (ნარევის თანაფარდობა: აქტ. ნახშირი - 40 მლ, ზეთი 60 მლ).



ნახ.1. აქტივირებული ნახშირი (0-2 მმ ფრაქცია) - 40 მლ, ზეთი - 60 მლ, ნარევის საბოლოო მოცულობა - 70 მლ. მოცულობის ნამატი 17 მოცულობითი %.





ნახ. 2. მარცხნივ სისტემა “ნახერხი-ზეთი“, მარჯვნივ სისტემა “აქტივირებული ნახშირი-ზეთი“. ზეთის ფენის ფერი კარდინალურად განსხვავებულია ერთმანეთისაგან

ცდებმა გვაჩვენეს, რომ 1 თვის შემდგომ პერიოდში ნათლად ჩანს - ნახშირის თავზე მომდგარი ზეთი ბევრად უფრო სუფთა და გამჭვირვალეა, ვიდრე იგი იყო ნარევის „ხის ნახერხი-ზეთის“ თავზე ნახ. 2.

#### ლიტერატურა

1. С.А.Дмитриев, А.С.Баринов, О.Г.Батюхнова, А.С.Волков, М.И.Ожован, Т.Д. Щербатова. Технологические основы системы управления радиоактивными отходами. - Москва 2007, 211 с.
2. Линсли Г. Безопасность отходов. Бюллетень МАГАТЭ, т. 40, №2, 1998, с. 14.

#### SUMMARY

#### REDUCTION OF THE FLUIDITY OF RADIOACTIVE WASTE MOTOR OILS FOR MINIMIZATION OF THE POSSIBILITY OF THEIR LEAKAGE INTO THE ENVIRONMENT

Razmadze M.T., Kiknadze G.G., Imnadze P.M., Ambardanishvili O.P. and Rostomashvili Z.I.

Andronikashvili Institute of Physics, Iv.Javakhishvili Tbilisi State University  
Georgian Technical University

The paper deals with the reduction of the fluidity of radioactive waste motor oils with the aim to minimize the possibility of their leakage into the environment. The effect of highly porous substances on the fluidity of radioactively contaminated waste technical oil before storage was studied. The tests for determination of the stable efficient effect were performed for a year. The investigation yielded positive results: the waste oil fluidity reduced, and the volume of the mixture decreased by 15-20 vol.%, which is beneficial to reduce the storage space for storage of radioactively contaminated oils. At the same time, it was observed that cleaning of the contaminated oil by porous adsorbents during storage took place, which is additional protection in case of violation of the integrity of the stored container.

**Keywords:** radioactive waste, contaminated motor oils, environment protection, storage, porous adsorbents.

## STYDY ON THE ENERGY STRUCTURE OF MULTI-IONIZED ATOMS

Tsirekidze M.A., Bzhalava T.N., Chkhaidze M.G. and Sikharulidze M.M.

Georgian Technical University

**Abstract.** The zero-order approximation model potential of the perturbation theory applied to the one-particle problem is considered. The dependence of energetic levels of multi-ionized atoms on the nuclear charge ( $Z$ ) of atoms was studied. Theoretical calculations based on a model potential technique were carried out to present the energy spectrum of Cu-like ions over the  $Z$  range from 38 to 60. The comparison between the theoretically calculated values of transition wavelengths and the experimental data showed a slight difference.

**Keywords:** multi-ionized atoms, relativistic effects, energy spectrum, perturbation theory, model potential, transition wavelength.

**Introduction**

Spectroscopy is one of the most significant techniques used in astrophysical studies, space physics, investigation of the radiation from the Sun and stars, analytical research, etc.. Spectroscopy of multi-ionized atoms is related to the problems of space exploration as well as to the controlled thermonuclear fusion reactions. The study on the spectrum of multi-ionized atoms should include the consideration of relativistic and correlation effects, important in the high nuclear ( $Z$ ) charge cases.

Theoretical calculation of relativistic and correlation effects is related to the problems concerning the energy level shift and width, transition probabilities, transitional wavelengths, etc.

Several methods of modern quantum theory have been developed for theoretical calculation of multi-electron and complex systems. Reviews of theories such as the secondary quantization method, the relativistic perturbation theory, the Green's function technique, the variation method and others are given in monographs [1-3]. The energy spectrum theory, as well as the theory of electronic transitions in atoms and ions, is based on the variation method [4].

**Method**

Many of the methods mentioned above are related to complex mathematical calculations, are time-consuming and labor-intensive. The study on the energy structure of multi-ionized atoms based on the single-electron wave function in the zero-order approximation model potential is considered. The technique proposed in this paper is less complicated and fully satisfies the zero-order approximation requirements. Based on the relativistic disturbance theory, the single-electron wave function is estimated by zero-order approximation.

The Hamiltonian of the zero-order approximation to the perturbation theory, which satisfies the boundary conditions, may be given in the following form

$$H_0 = \sum_i h(r_i) + \sum_i V(r_i/b) \quad (1)$$

where  $h(r_i)$  is the Hamiltonian of the Dirac equation of the single-electron system in the Coulomb field. The sum in equation (1) is summarized by the number of electrons – of occupied electron shells and valence electrons. Model potential  $V(r/b)$  is expressed by the equation:

$$V(r/b) = -\frac{1}{Zr} \{Z - 2[1 - \exp(-2r)(1+r)] - (N-2)[1 - \exp(-br) \left(1 + \frac{3}{4}br + \frac{1}{4}b^2j^2 + \frac{1}{16}b^2r^2\right)]\}. \quad (2)$$

In equation (2),  $b$  is the extrapolation parameter that depends on quantum numbers of electrons  $n l j$  and nuclear charge  $Z$  of the atom.

Two-stage extrapolation includes: 1) elaboration of model potential and 2) theoretical calculation of the energy of levels ( $n l j / Z$ ) for any values of  $Z$ , in case of known extrapolation parameter  $b$  ( $n l j / Z$ ) [5]. Parameters  $b$  of the model potential are different for various  $n l j$ , therefore

the energies corresponding to the known experimental-based parameters  $b(nlj/Z)$  are considered as eigenvalues of the Dirac equation. The extrapolation parameter is represented as:

$$b = b_0 + b_{11}Z + b_{21}Z^2 + b_{31}Z^3 \quad (3)$$

Difference in the theoretical calculation results is related to the experimental data accuracy and to the fact that the nuclear size and radiation effects were not taken into consideration in the theoretical calculations.

Theoretical calculations make possible to select precise parameters with the purpose of carrying out the experiments with atoms ionization processes and correct schemes for studying auto-ionization states of rare earth elements.

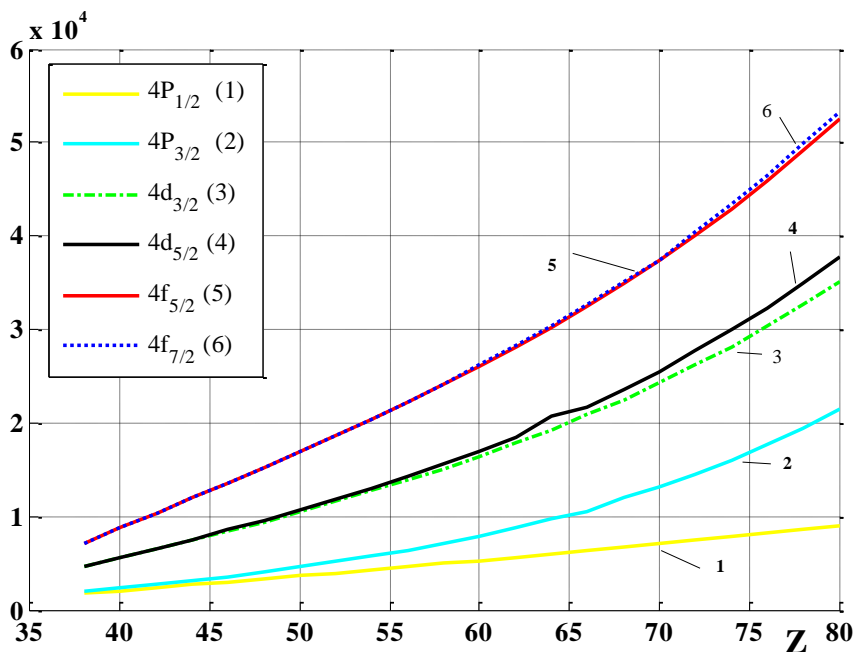
The model potential method should be used for estimation of energy spectra of multi-ionized atoms with high accuracy if the experimental study of those seems impossible for certain physical or chemical reasons.

### Results

Zero-order approximation model potential is used for investigation of the dependence of energy levels on the nuclear charge ( $Z$ ) of atoms (see the Figure) and estimation of theoretical and experimental values of transition wavelengths ( $\lambda$ ) (see the Table). Theoretical calculations based on the model potential technique were carried out to present the energy spectrum of Cu-like ions over the  $Z$  range from 38 to 60. The comparison between the theoretically calculated values of transition wavelengths and the experimental data showed a slight difference.

### Conclusion

The given version of the perturbation theory, namely the zero-order approximation model potential, is widely used for two- and three-particle problems concerning the energy spectral characteristics of multi-ionized atoms. The advantage of the proposed technique is related to precise results, obtained by less complex mathematical calculations in contrast with other complicated approaches and theories.



Dependence of energy levels on the nuclear charge ( $Z$ ) of atoms

**Transition wavelengths ( $\lambda$ ) - theoretical and experimental data, in angstroms ( $\text{Å}$ )**

Transitions	Ag XIX		CdXX	
	$\lambda$ theoretical	$\lambda$ experimental	$\lambda$ theoretical	$\lambda$ experimental
$4P_{1/2}-5d_{3/2}$	54.765	54.762	50.472	50.470
$4P_{3/2}-5d_{5/2}$	56.594	56.685	52.241	
$4P_{3/2}-5d_{3/2}$	56.792	56.787	52.436	
$4P_{1/2}-5S_{1/2}$	70.170	70.160	64.288	64.279
$4P_{3/2}-5S_{1/2}$	73.530	73.520	67.508	67.484
$4d_{3/2}-5P_{3/2}$	98.348		88.897	88.884

**REFERENCES**

1. K. K. T. Chong, Y.K. Kin//Atom Data and Nucl. Data Tabl., 1978, vol. 22, pp. 547-553.
2. Druetta M., Buchet.//J. Opt. Soc. Amer., 1976, vol. 66, pp. 433-439.
3. Shorer P., Dalgarno A.//Phys. Rev. A., 1977, vol. 16, pp. 1502-1509.
4. Viktor G., Teylor V.//Atom. Data and Nucl. Data Tabl., 1983, vol 28, pp. 107-112.
5. Ivanov L., Ivanova E.//J. Phys.B: Atom. Molec. Phys., 1983, pp. 537-541.

**РЕЗЮМЕ****ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ  
МУЛЬТИ-ИОНИЗИРОВАННЫХ АТОМОВ**

Цирекидзе М.А., Бжалава Т.Н., Чхaidze М.Г., Сихарулидзе М.М.

Грузинский Технический Университет

Рассматривается модельный потенциал нулевого приближения теории возмущений в применении к одночастичной задаче. Изучена зависимость энергетических спектров мульти-ионизированных атомов от ядерного заряда ( $Z$ ) атомов. Проведены теоретические вычисления на основе метода модельного потенциала для представления энергетического спектра Си-подобных ионов в диапазоне  $Z$  от 38 до 60. Сравнение теоретически вычисленных значений длин волн перехода и экспериментальных данных показало незначительную разницу между ними.

**Ключевые слова:** мульти-ионизированные атомы, релятивистские эффекты, энергетический спектр, теория возмущений, длина волны перехода.

იონმცვლელი მემბრანების ქიმიური მდებარეობის და მქანოკური თვისებების  
ბამოკვლევა ტყვიის კრონის წარმოების ჩამდინარე წყლებში

ჩხუბიანიშვილი ნ.გ., მჭედლიშვილი გ.ს., ქრისტესაშვილი ლ.ვ.,  
მამულაშვილი მ.ა., ქერქაძე ჯ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ჩვენი კვლევის მიზანია ტყვიის კრონის წარმოების ჩამდინარე წყლების გაწმენდა და მინერალური მარილების უტილიზაცია ელექტროდიალიზის იონმცვლელი მემბრანების მეტოლით [1,2].

ტყვიის კრონი მიიღება ტყვიის ნიტრატის და კალიუმის ბიქრომატის ურთიერთქმედებით. ტყვიის კრონის საამქროში წარმოქმნება დაახლოებით 840 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში ჩამდინარე წყალი (~ 30 მ<sup>3</sup>/ტონა კრონზე). აღნიშნული წყლები წარმოქმნება ტყვიის კრონის პირველადი და მეორადი ფილტრაციის პროცესებში.

პირველადი ფილტრაციის დედა ხსნარი და მეორადი ფილტრაციის განარეცხი წყლები იწმინდება წინასწარ გამწმენდ-სალექარში. საამქროს ჩამდინარე წყლები ჩაედინება მკვა კანალიზაციაში გამომშვები ჭიდან. მინარეცხის საშუალო შემცველობა შემდეგია:

1. სულფატები 900 – 3400 მგ/ლ;
2. მშრალი ნაშთი 7000 – 10000 მგ/ლ;
3. ექსვალენტიანი ქრომი Cr<sup>+6</sup>, 7 – 19 მგ/ლ;
4. ნიტრატ-იონები 97 – 430 მგ/ლ;
5. ტყვიის იონები 30 – 470 მგ/ლ;
6. pH 3,2 – 4,15.

იონმცვლელი მემბრანების გამოყენება ელექტროდიალიზის პროცესში დიდწილად განისაზღვრება მათი ქიმიური და ტემპერატურული მდგრადობით მოცემულ არეში.

მემბრანებად შერჩეული იყო ანიონიტური MA – 40 და კათიონიტური MK –40 მემბრანები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ხსნარების გაწმენდაში, სუფთა ნაერთების მიღებაში და სხვა.

მემბრანების გამოცდა ხდებოდა ზემოთ აღნიშნული იონების მიმართ. გამოკვლეული იყო მემბრანების: MA – 40 და MK –40 მდებარეობა ტყვიის ნიტრატის 1%, კალიუმის ბიქრომატის 0,1% წყალხსნარებზე და ტყვიის კრონის. ჩამდინარე წყლებზე აღნიშნული იმიტატებით 20°C და 50°C ტემპერატურებზე.

მდგრადობის კრიტერიუმად მიღებული იყო იონმცვლელი მემბრანების ფუნქციური მახასიათებლები: სრული გაცვლითი ტევადობა (სგტ). სელექტიურობა, ხვედრითი ელექტროწინაღობა, გაჯირჯვება [1].

მემბრანების ფუნქციური თვისებების განსაზღვრა ხდებოდა ТУ НИИПМ № П-366-64 მეთოდების მიხედვით. (მოცემულ მომენტში მემბრანების გამოცდის უნიფიცირებული მეთოდები არ არსებობს).

ხვედრითი წინაღობის განსაზღვრა მიმდინარეობდა ორგანული მინისაგან და მზადებულ სპეციალურ უჯრედში, რომელიც შედგებოდა ორი სიმეტრიული ნაწილისაგან და აღჭურვილი იყო პლატინის ელექტროდებით. უჯრედი ჩართული იყო კონდუქტომეტრთან. წინაღობის გამოთვლა ხდებოდა ფორმულით:

$$\rho = \frac{(\sum R - R_p)S}{l}, \text{ ომი.სმ.}$$

სადაც  $\sum R$  არის მემბრანისა და ხსნარის ჯამური ომური წინაღობა, ომი;  $R_p$  – მემბრანის ომური წინაღობა, ომი;  $S$  – უჯრედის განივკვეთი, სმ<sup>2</sup> (ჩვენს შემთხვევაში ტოლია 3,8 სმ<sup>2</sup>);  $l$  – მემბრანის საშუალო სისქე, სმ.

მემბრანის გადატანის რიცხვის განსაზღვრისათვის გამოიყენებოდა მემბრანული პოტენციალის განსაზღვრის მეთოდი. მემბრანების სელექტიურობის განსაზღვრა ხდებოდა ორგანული მინისაგან დამზადებულ უჯრედში, რომელიც შედგებოდა ორი ერთნაირი ნახევარუჯრედისაგან. ელექტროდად გამოყენებული იყო კალომელის ნახევარელემენტები. უჯრედი ჩართული იყო მუდმივი დენის მაღალმურ პოტენციომეტრთან.

მემბრანის სელექტიურობა გამოითვლებოდა ფორმულით:

$$P_i = \frac{\bar{t}_i - t}{1 - t_i}$$

სადაც  $\bar{t}_i$  არის შესაბამისი იონის გადატანის რიცხვი მემბრანაში;  $t_i$  – იგივე იონის გადატანის რიცხვი საშუალო კონცენტრაციის ხსნარში.

გადატანის რიცხვი იანგარიშებოდა შემდეგი ფორმულით:

$$t_i = \frac{K - 1}{2};$$

სადაც  $K$  არის სიდიდე, რომელიც მიიღებოდა ფაქტიური მემბრანული პოტენციალის გაყოფით თეორიულ პოტენციალზე (მიიღებოდა ცდის შედეგად).

მემბრანების სრული გაცვლითი ტევადობის (ს.გ.ტ.) განსაზღვრა ეფუძნებოდა გაცვლითი რეაქციის შედეგად, მემბრანებიდან ხსნარში გადასული მოძრავი იონების განსაზღვრას ტიტვრითი მეთოდით.

ს.გ.ტ-ის განსაზღვრა ხდებოდა ფორმულით:

$$\text{ს.გ.ტ.} = \frac{100N_1 - 4N_2 \cdot V}{a};$$

სადაც  $N_1$  და  $N_2$  არის მჟავას ან ტუტის (კათიონიტის ან ანიონიტის შემთხვევაში შესაბამისად) ნორმალობა.

$V$  – მჟავას ან ტუტის რაოდენობა, დახარჯული გატიტვრაზე, მლ;  $a$  – მშრალი მემბრანის წონა, გრ.

მემბრანების გაჯირჯვება იანგარიშებოდა ფორმულით:

$$Kg = \frac{S_2}{S_1} \cdot 100,$$

სადაც  $S_2$  არის გაჯირჯვებული ნიმუშის სისქე, სმ;  $S_1$  – მშრალი ნიმუშის სისქე, სმ.

კვლევის შედეგები მოტანილია ცხრილებში: 1,1; 1,2; 2,1; 2,2; 3,1; 3,2. 1% ტყეის ნიტრატთან ხანგრძლივი კონტაქტის შემდეგ, შეიმჩნევა MK- 40 და MA- 40 გაცვლითი ტევადობის მკვეთრი შემცირება გამოცდის დასაწყისში, როგორც 20°C, ასევე 50°C ტემპერატურებზე, რაც სავარაუდოდ უკავშირდება აქტიური ჯგუფების დეგრადაციას მჟავა არის მოქმედებით, რომელიც წარმოიქმნება ტყეის ნიტრატის ჰიდროლიზით. 10 დღის ექსპოზიციის შემდეგ, მემბრანის სრული გაცვლითი ტევადობა პრაქტიკულად უცვლელია (ცხრ. 1), აგრეთვე შეიმჩნევა მემბრანების გაჯირჯვების გაზრდა სისქეში, რაც განპირობებული უნდა იყოს შემაკავშირებელი ბმების თერმული დეგრადაციით (ცხრ. 1 და 2). შეიმჩნევა ხვედრითი ელექტროგამტარობის შემცირება, რადგანაც მემბრანის ელექტროგამტარობა დამოკიდებულია იოგენური (აქტიური) ჯგუფების რიცხ-

ვზე, ხსნარის კონცენტრაციაზე, იონების ძვრადობაზე და იონგაცვლითი მასალების კარკასის სტრუქტურაზე. ამიტომ ელექტროგამტარობის შემცირება სავარაუდოდ გამოწვეულია MA – 40 იონური ჯგუფების დეგრადაციით და MK მემბრანის კარკასის თერმული დაშლით, რაც მტკიცდება სრული გაცვლითი ტევადობის შემცირებით და გაჯირჯვების გადიდებითაც. მემბრანების სელექტიურობა 20 და 50°C ტემპერატურებზე პრაქტიკულად არ იცვლება (ცხრ. 3)

როგორც მოსალოდნელი იყო 0,1% კალიუმის ბიქრომატის ხსნარის მიმართ მემბრანების ქიმიური მედეგობა შემცირებულია, რაც აიხსნება მემბრანის სრული გაცვლითი ტევადობის მკვეთრი შემცირებით 50°C ტემპერატურაზე (ცხრ. 3). ეს აიხსნება იოგენური ჯგუფების დეგრადაციით, კალიუმის ბიქრომატის უანგვითი მოქმედებით მაღალ ტემპერატურაზე.

ხვედრითი ელექტროგამტარობის მკვეთრი შემცირება (ცხრ. 4) სრული გაცვლითი ტევადობის შემცირებისას, აიხსნება მემბრანების აქტიური ჯგუფების დეგრადაციით და იონური მემბრანების არმირებული ქსოვილის დაშლით. ამაზე მიუთითებს მემბრანების სისქის გაჯირჯვების გაზრდა 50°C ტემპერატურაზე.

MA-40 მემბრანის სელექტიურობა 0,1% კალიუმის ბიქრომატის ხსნარის ხანგრძლივი მოქმედებით, როგორც 20°C, ასევე 50°C ტემპერატურებზე, პრაქტიკულად უცვლელია.

MK – 40 მემბრანის სელექტიურობა 50°C ტემპერატურაზე მცირდება დაახლოებით 30%-ით, რაც განპირობებული უნდა იყოს მისი აქტიური ჯგუფების დეგრადაციით.

მემბრანების ქიმიურ მედეგობაზე ჩატარებულმა ცდებმა გვიჩვენა (ცხრ. 5; 6), რომ ჩამდინარე წყლებში მემბრანების ხანგრძლივი კონტაქტის დროს, მათი ფიზიკურ-ქიმიური და მექანიკური თვისებები პრაქტიკულად არ იცვლება.

ცხრილი 1.

1% ტყეის ნიტრატის ხსნარი, ტემპერატურა 20°C								
გამოცდის დრო დღე/ღამე	მოცულობითი ტევადობა, მგეკვ/გ		ხვედრითი ელექტროგამტარობა ომი <sup>-1</sup> , სმ <sup>-1</sup>		გაჯირჯვება სისქეში, %		სელექტიურობა, %	
	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40
1	3,3	2,1	620	320	329	112	79	80
10	2	1,2	620	–	123	110	76	80
17	–	1,1	–	–	125	117	73	80
25	2,5	1,2	–	–	128	118	73	79
35	1,9	1,2	560	310	128	117	-	79
42	1,9	1,5	500	305	134	117	73	79

ცხრილი 2

1% ტყეის ნიტრატის ხსნარი, ტემპერატურა 50°C								
გამოცდის დრო დღე/ღამე	მოცულობითი ტევადობა, მგეკვ/გ		ხვედრითი ელექტროგამტარობა ომი <sup>-1</sup> , სმ <sup>-1</sup>		გაჯირჯვება სისქეში, %		სელექტიურობა, %	
	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40
1	2,2	1,3	–	300	129	121	70	79
10	1,6	1,2	575	–	129	118	71	75
17	1,5	1,1	–	–	131	118	70	80
25	1,6	1,1	579	300	131	118	–	70
35	1,6	1,2	–	–	131	127	–	79
42	1,5	1,3	500	300	131	118	70	79

ცხრილი 3.

0,1% კალიუმის ბიქრომატის ხსნარი, ტემპერატურა 20°C								
გამოცდის დრო დღე/ღამე	მოცულობითი ტევადობა, მგ/კვ/გ		ხვედრითი ელექტროგამტარობა ომი <sup>-1</sup> , სმ <sup>-1</sup>		გაჯირჯევა სისქეში, %		სელექტიურობა, %	
	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40
1	1,8	1,3	8200	9500	125	128	83	99
10	–	–	1810	1800	124	127	80	98
17	1,6	1,1	2000	1860	128	127	78	98
25	1,5	1,1	–	–	127	129	80	94
35	–	1,1	–	1830	128	129	77	95
42	–	–	1690	–	128	130	80	97

ცხრილი 4.

0,1% კალიუმის ბიქრომატის ხსნარი, ტემპერატურა 50°C								
გამოცდის დრო დღე/ღამე	სრული მოცულობითი ტევადობა მგ/კვ/გ		ხვედრითი ელექტროგამტარობა ომი <sup>-1</sup> , სმ <sup>-1</sup>		გაჯირჯევა სისქეში, %		სელექტიურობა, %	
	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40
1	1,43	0,8	2474	1225	136	135	82	98
10	1,2	0,6	–	–	136	142	80	97
17	1,4	0,3	–	–	135	137	78	93
25	1,2	0,3	5566	880	138	137	80	87
35	1,0	0,1	4460	630	138	140	80	75
42	1,0	0,1	–	–	139	140	80	75

ცხრილი 5.

ტყეის კრონის წარმოების ჩამდინარე წყალი, ტემპერატურა 20°C								
გამოცდის დრო დღე/ღამე	სრული მოცულობითი ტევადობა, მგ/კვ/გ		სელექტიურობა, %		სიმტკიცე გაწვევაზე კგ/სმ <sup>2</sup>		ფარდობითი წაგრძელება, %	
	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40
1	1	0,7	70	91	164	147	22	28
10	1	1	68	98	–	130	20	27
17	0,6	–	68	98	147	142	–	20
25	1	–	63	98	166	150	28	20
35	1	0,7	71	98	154	140	30	23
42	1	0,7	73	95	161	130	24	23

ცხრილი 6.

ტყეის კრონის წარმოების ჩამდინარე წყალი, ტემპერატურა 50°C								
გამოცდის დრო დღე/ღამე	სრული მოცულობითი ტევადობა, მგ/კვ/გ		სელექტიურობა, %		სიმტკიცე გაწვევაზე კგ/სმ <sup>2</sup>		ფარდობითი წაგრძელება, %	
	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40	MA - 40	MK - 40
1	1	–	70	93	150	140	29	25
10	1	0,7	65	98	160	147	24	21
17	1	0,8	64	98	158	140	30	20
25	0,8	–	64	98	150	–	26	21
35	1	0,7	68	97	160	136	31	27
42	1	0,8	72	97	163	146	36	24



ამრიგად, მემბრანების ქიმიური მედეგობის შესწავლის შედეგად, შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, რომ ტყვიის კრონის წარმოების ჩამდინარე წყლების ელექტრო-დიალიზური გაწმენდისათვის მიზანშეწონილია MA – 40 და MK – 40 მემბრანების გამოყენება.

#### ლიტერატურა

1. Гребенюк В.Д. Электродиализ. -Киев, Техника, 1976, 160 с.
2. ჩხუბიანიშვილი ნ.გ., კურცხალია ც.ს., სიმონია ზ.ნ., ქავთარაძე მ.ლ. კარიერული წყლების მოქმედების შესწავლა იონგაცვლითი მემბრანების ფუნქციურ თვისებებზე. //სამთო ჟურნალი N1 (26), 2011, გვ. 103-104.

#### SUMMARY

#### INVESTIGATION OF CHEMICAL STABILITY AND MECHANICAL PROPERTIES OF ION-EXCHANGE MEMBRANES IN LEAD CROCOITE CONTAINING INDUSTRIAL WASTEWATER

Chkhubianishvili N.G., Mchedlishvili G.S., Kristesashvilil L.V., Mamulashvili M.A. and Kerkadze J.G.

Georgian Technical University

The influence of aqueous solutions of lead nitrate, potassium bichromate and lead crocoite on the functional and mechanical properties of membranes at 20<sup>0</sup>C and 50<sup>0</sup>C was studied. It was inferred that, in these solutions, membranes MA – 40 and MK – 40 were chemically and thermally stable and could be used in electro-dialytic purification of lead crocoite containing industrial wastewater.

**Keywords:** electro-dialysis, ion-exchange membranes, chemical stability.

კარბამიდის პოლიკონდენსაცია პროლონგირებული ბიოდეგრადირებადი აზოტოვანი სასუქების მისაღებად

პაპავა გ.შ., გუგავა ე.დ., გურგენიშვილი მ.ბ., დოხტურიშვილი ნ.ს., გელაშვილი ნ.ს., გაგაშელიძე ე.შ., ლიპარტელიანი რ.გ., ხოტენაშვილი ნ.ზ.

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი

გარემოს დაცვა დაბინძურებისაგან წარმოადგენს აქტუალურ პრობლემას. გარემოს დამაბინძურებელ უმთავრეს ფაქტორებს წარმოადგენენ ქიმიური და მეტალურგიული ქარხნების, მანქანებისა და სხვა სატრანსპორტო საშუალებების გამონაბოლქვი მავნე აირები, მინერალური სასუქები, პესტიციდები, სხვადასხვა სახის დეზოდორანტები, მაცივარ-დანადგარებში გამოყენებული ფრეონები და სხვა. დამაბინძურებელთა გრძელ რიგში ერთერთი „მოწინავე“ ადგილი უკავია სოფლის მეურნეობაში ფართოდ გამოყენებულ მინერალურ სასუქებს, მათ შორის, გამოყენების მასშტაბით, აზოტოვან სასუქებს. თანამედროვე მონაცემებით მსოფლიოში ყოველწლიურად, ნიადაგში შეაქვთ 200 მილიონ ტონაზე მეტი აზოტოვანი სასუქები. წყალში განსაკუთრებით კარგი ხსნადობის გამო, მათი მნიშვნელოვანი ნაწილი უსარგებლოდ იკარგება ჩარეცხვისა და აქროლების შედეგად.

გარდა დიდი ეკონომიკური დანაკარგისა ეს იწვევს გარემოს - წყალსატევების, მდინარეების, გრუნტის წყლების, ტბების, ზღვების და ა.შ., აგრეთვე ატმოსფეროს დაბინძურებას, რაც გამოწვეულია ამ სასუქების აქროლებით და ოზონის შრის დაშლით, რაც ქმნის მძიმე ეკოლოგიურ პირობებს ადამიანისა და ფაუნის არსებობისათვის და არის სხვადასხვა მძიმე დაავადების გამომწვევი მიზეზი [1-5].

მეორეს მხრივ, მოსახლეობის ინტენსიური მატება მოითხოვს საკვები პროდუქციის წარმოების ზრდას. მაგრამ, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ფართობები მცირდება მზარდი ურბანიზაციისა და მრეწველობის ინტენსიფიკაციის შედეგად. ამ პრობლემის - მოსახლეობის სურსათით უზრუნველყოფის - გადაჭრის ერთერთი გზაა სოფლის მეურნეობაში ინტენსიური ტექნოლოგიების დანერგვა, კერძოდ, კი სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული ქიმიური, განსაკუთრებით კი აზოტოვანი სასუქების, საჰექტარო ნორმების გადიდება, რაც კიდევ უფრო მეტად ზრდის გარემოს დაბინძურების მასშტაბს.

ეკოლოგიურად უსაფრთხო და მომგებიანი სასუქებისა და მათი წარმოებისათვის ტექნოლოგიების შექმნას, მოსახლეობის ფიზიკური არსებობისათვის აქვს გადამწყვეტი მნიშვნელობა. ასეთი ტექნოლოგია მოგვცემს ხსნადი აზოტოვანი სასუქების პოლიმერიზებული შეცვლის შესაძლებლობას, რაც უზრუნველყოფს მის ეტაპობრივ ბიოდეგრადაციას ნიადაგში არსებული მიკროორგანიზმების მოქმედებით და მცენარის მიერ თანდათანობით შეთვისებას

კარბამიდის საფუძველზე პროლონგირებული სასუქის სინთეზი ხორციელდება კარბამიდისა და ფორმალდეჰიდის ურთიერთქმედებით, რეაქციის ჩატარებისას ხსნარში. როდესაც კარბამიდისა და ალდეჰიდის მოლური თანაფარდობაა 1 : 0,8-1, უპირატესად წარმოიქმნება ხაზოვანი სტრუქტურის მქონე პოლიმერი. ხაზოვანი მაკრომოლეკულების გამარტივებული სტრუქტურა შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით:



როდესაც კარბამიდისა და ალდეჰიდის მოლური თანაფარდობა ძლიერ განსხვავებულია (1 : 1,3 – 3,0), შესაბამისად, ასეთ შემთხვევაში ადგილი აქვს სივრცითი სტრუქტურის წარმოქმნას. რეაქციის გამარტივებული სქემა ასეთია:



პოლიმერის მადეგრადირებელი მიკროორგანიზმების გამოსავლენად გაანალიზებულ იქნა საქართველოს ზოგიერთი ტიპის, კერძოდ ყავისფერ-კარბონატული (დიდმის, ვაშლიჯვრის მიდამოები), წაბლა (ბოტანიკური ბაღი, ორთაჭალის მიდამოები), ალუვიური (გლდანის მიდამოები) ნიადაგების მიკროფლორის თვისებრივი და რაოდენობრივი შემადგენლობა. საკვლევი ნიადაგებიდან გამოყოფილი იქნა მიკროორგანიზმების შემდეგი ფიზიოლოგიური ჯგუფები: საპროფიტები, ცელულოზადამშლელი ბაქტერიები, ნიტრიფიკატორები, აქტინომიცეტები, მიკროსკოპული სოკოები, თავისუფლად მცხოვრები აზოტფიქსატორები. ნიადაგიდან გამოყოფილი მიკროორგანიზმთა ჯგუფების ცალკეული შტამები გამოცდილი იქნა პოლიმერის დეგრადაციის უნარზე. გამოცდილი მიკროორგანიზმებიდან პოლიმერის დეგრადაციის უნარი აღმოაჩნდათ სოკოების და აქტინომიცეტების ცალკეულ შტამებს, კერძოდ *Aspergillus nidulans* და *Actinomyces spp.*

შტამების მადეგრადირებელი უნარი მოწმდებოდა მათი ზრდა-განვითარების მიხედვით (ლაბორატორიულ პირობებში) კულტივაციით, ამ მიკროორგანიზმებისათვის მიღებულ სპეციფიკურ საკვებ ნიადაგებზე (მყარი და თხევად საკვები არეები), სადაც მინერალური აზოტის ნაცვლად სხვადასხვა კონცენტრაციით შეგვქონდა გამოსაცდელი პოლიმერი. ამ მოდიფიცირებულ საკვებ არეებზე ხანგრძლივი კულტივაციით გადარჩეული იქნა *Aspergillus nidulans*-ს შტამი (შტამი გამოყოფილია წაბლა ნიადაგიდან), რომელიც აქტიურად იზრდება იმ საკვებ ნიადაგზე, სადაც მინერალური აზოტის ნაცვლად შეტანილია პოლიმერი.

*Actinomyces spp.*-ის პოლიმერის მადეგრადირებელი აქტივობა შედარებით ნაკლებია, ამასთან, მისი მადეგრადირებელი აქტივობა ვლინდება იმ პირობებში, თუ მიკროორგანიზმის საკულტივაციო არეში არის მინერალური წყაროს სასტარტო (ექსპერიმენტით დადგენილი) გარკვეული კონცენტრაცია (მინერალური აზოტის წყაროს საერთო რაოდენობის 5% + გამოსაცდელი პოლიმერი).

პოლიმერული სასუქი - ბიოდეგრადირებადი პოლიმერული კარბამიდი, ხასიათდება უპირატესობით მონომერულთან შედარებით, ვინაიდან ძნელად იხსნება გრუნტისა და ზედაპირულ წყლებში და ამდენად არის უფრო ეფექტური, რის შედეგადაც შესაძლებელია დაზოგილ იქნას 50%-მდე სასუქი, ამჟამად გამოყენებულ სისტემებთან შედარებით.

გარდა ამისა, ვინაიდან სტრუქტურირებული კარბამიდი ძნელად იხსნება წყალში, შესაძლებელია სასუქის დრაჟირება და კაფსულირება მარცვლეული კულტურების სათესლე მარცვალთან ერთად. კაფსულის შიგნით წარმოქმნილი სასუქის ხსნარის დაბალი კონცენტრაციის გამო არ არსებობს მარცვლის დაზიანების (დაწვის) საშიშროება. დრაჟე უზრუნველყოფს საკვები ნივთიერების საჭირო რაოდენობით მიტანას მცენარემდე, ზრდის დროს. ამავე დროს აღკვეთს აზოტოვანი სასუქით ნიადაგის დაბინძურებას, უზრუნველყოფს მცენარის დოზირებულ გამოკვებას ვეგეტაციის პერიოდში, მის ჰარმონიულ განვითარებას და შესაბამისად მოსავლიანობისა და პროდუქციის ხარისხის ამაღლებას.

**აღნიშნული სტატია შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული საგრანტო პროექტის (საგრანტო ხელშეკრულება FR/322/10-100/13) ფარგლებში. პუბლიკაციაში გამოქვეყნებული მოსაზრებები ეკუთვნის ავტორებს და შესაძლოა არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.**

**ლიტერატურა**

1. US Congress, Office of Technology Assessment Impacts of Technology on US Cropland and Rangeland Productivity, US Government Printing office, Washington, D.C. (1982);
2. US Dept. of Agriculture Report and Recommendations on Organic Farming, US Government Printing office, Washington, D.C. (1980);
3. Vogtmann H. In Organic Farming: Current Technology and Its Role in a Sustainable Agriculture (Ed., Bezdicsek D.F. and Power J.F.), American Society of Agronomy, Madison, Wis., p.19.(1984);
4. Voison A. Fertilizer Application. Charles C. Thomas, Springfield, Ill. (1965);
5. Hodges R.D. and Scofield A.M. In, Environmentally Sound Agriculture (Ed., W. Lockeretz), Praeger, NY, 3, (1983);
6. З. Вирпша, Я. Бжезинский. Аминопласты. –Москва, Химия, 1973.

**SUMMARY**

**POLYCONDENSATION OF CARBAMIDE FOR PRODUCTION OF PROLONGED BIODEGRADABLE NITROGEN FERTILIZERS**

**Papava G.Sh., Gugava E.D., Gurgenishvili M.B., Dokhturishvili N.S., Gelashvili N.S., Gavashelidze E.Sh., Liparteliani R.G. and Khotenashvili N.Z.**

**P. Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Iv.Javakhishvili Tbilisi State University**

To prevent the environmental pollution (soil, air etc.) with nitrogen fertilizers, polycondensation of carbamide, a fertilizer used worldwide, with the aim of obtaining the polymeric fertilizer was conducted. A method of production of the carbamide-based polymerized fertilizer was developed. The polymeric fertilizer is poorly soluble in water, it slowly transfers into a soluble form to be assimilated by plants under the action of urease bacteria, and the plant has time to assimilate it. When the polymerized fertilizer is used for cereals, the plant is provided with dosed nutrition during the vegetation period, which guarantees its normal growth, increased crops and ecologically pure products.

**Keywords:** environment protection, nitrogen fertilizer, polymeric fertilizer, polycondensation, carbamide.

სილიციუმის ტეტრაჰალოგენიდების მათემატიკურ-ქიმიური შესწავლა

სიღამონიძე ნ.ნ., ქოიავა ნ.ა., გვერდწითელი მ.ი.

იგ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი

მოლეკულური გრაფების თანაზიარობის მატრიცები და მათი სახეცვლილებები წარმატებით გამოიყენება მათემატიკურ ქიმიაში და ანბ-მატრიცაც ამ ტიპს მიეკუთვნება [1-3]. XYV სამატომიანი (ღია ჯაჭვიანი ან ციკლური) მოლეკულის შესაბამისი ანბ-მატრიცაა:

$$\begin{vmatrix} Z_X & \Delta_{XY} & \Delta_{XV} \\ \Delta_{XY} & Z_Y & \Delta_{YV} \\ \Delta_{XV} & \Delta_{YV} & Z_V \end{vmatrix} \quad (1)$$

სადაც:  $Z_x, Z_y$  და  $Z_v$  დიაგონალური ელემენტები X, Y და V ქიმიური ელემენტების ატომური ნიშნებია;  $\Delta_{xy}, \Delta_{xv}$  და  $\Delta_{yv}$  არადიაგონალური ელემენტები  $x\sim y, x\sim v$  და  $y\sim v$  ქიმიური ბმების ჯერადობებია.

ანბ-მატრიცის გამარტივებული მოდიფიცირებული სახესხვაობაა ქვაზი-ანბ-მატრიცა (ანბ), რომლის დიაგონალური ელემენტები წარმოადგენს მოლეკულის ცალკეულ სტრუქტურულ ფრაგმენტში შემავალი ქიმიური ელემენტების რიგობრივი ნომრის ჯამს:

$$\begin{aligned} Z_X &= \sum_i Z_{Xi} \\ Z_Y &= \sum_i Z_{Yi} \\ Z_V &= \sum_i Z_{Vi} \end{aligned} \quad (2)$$

არადიაგონალური ელემენტებია ქიმიური ბმების ჯერადობები ამ სტრუქტურულ ფრაგმენტებს შორის. ამგვარად, ანბ-მატრიცისაგან განსხვავებით ქვაზი-ანბ-მატრიცა იგება მოლეკულის სტრუქტურული მოდელის საფუძველზე, რაც ნოვატორული მიდგომაა მათემატიკურ ქიმიაში.

ჩატარებულია სილიციუმის ტეტრაჰალოგენიდების მათემატიკურ-ქიმიური შესწავლა. ამ ნაერთების ზოგადი ფორმულაა  $SiX_4$  (X = F, Cl, Br, I). შემუშავებულია უმარტივესი მოდელი



სადაც, A  $\equiv SiX_3$ ; B  $\equiv X$ . შესაბამისი (ანბ) მატრიცაა:

$$\begin{vmatrix} Z_A & 1 \\ 1 & Z_B \end{vmatrix} \quad (3)$$

ცხრილში მოყვანილია  $Ig(\Delta_{ანბ})$ , Tღღ., Tღუღ.,  $\Delta H^0$  და  $\Delta G^0$  სილიციუმის ტეტრაჰალოგენებისათვის [4].

$\lg(\Delta_{\text{ანბ}})$ ,  $T_{\text{ლღ.}}$ ,  $T_{\text{ღუღ.}}$ ,  $\Delta H_f^0$  და  $\Delta G_f^0$  სილიციუმის ტეტრაჰალოგენებისათვის

$\text{SiX}_4$	$\lg(\Delta_{\text{ანბ}})$	$T_{\text{ლღ.}} \text{ } ^\circ\text{C}$	$T_{\text{ღუღ.}} \text{ } ^\circ\text{C}$	$\Delta H_f^0$	$\Delta G_f^0$
$\text{SiF}_4$	2,57	-87	-75	-1615	-1572
$\text{SiCl}_4$	3,04	-70	57.5	-662	-598
$\text{SiBr}_4$	3,62	5,2	152.8	-430	-214
$\text{SiI}_4$	3,96	120,5	287.5	-113	-138

უმცირესი კვადრატების მეთოდის გამოყენებით კომპიუტერზე აგებულია ოთხი კორელაციური განტოლება:

$$T_{\text{ლღ.}} = 129,0 \lg(\Delta_{\text{ანბ}}) - 462,2 \quad (4)$$

$$T_{\text{ღუღ.}} = 164,0 \lg(\Delta_{\text{ანბ}}) - 441,1 \quad (5)$$

$$\Delta H_f^0 = 129,0 \lg(\Delta_{\text{ანბ}}) - 1878 \quad (6)$$

$$\Delta G_f^0 = 129,0 \lg(\Delta_{\text{ანბ}}) - 2610 \quad (7)$$

კორელაციის  $r$  კოეფიციენტი, შესაბამისად ტოლია: 0,987; 0,985; 0,986; 0,984. ამრიგად, ჯაფეს კრიტერიუმით [5] კორელაციები დამაკმაყოფილებელია.

#### ლიტერატურა

1. M.Gverdtsiteli, G.Gamziani. I. Gverdtsiteli. The Contiguity Matrices of Molecular Graphs and their Modifications. -Tbilisi, Tbilisi University Press, 1996.
2. Chemoinformatics. Ed. I.Gastaiger and T.Endell. -Wiley – VCH, 2003.
3. M.Gverdtsiteli, M.Rusia, G.Chachava. Mathematical-Chemical Investigation of some Classes of Inorganic and organic Compounds. -Tbilisi, Publishing House “Universal”, 2010.
4. Н.С. Ахметов. Общая неорганическая химия. - Москва, Высшая школа, 2005, 407 с.
5. მ. გვერდწითელი. ფიზიკური ორგანული ქიმიის რჩეული თავები - თბილისი, თსუ გამომც. 1982, გვ 19.

#### SUMMARY

#### MATHEMATICAL-CHEMICAL INVESTIGATION OF SILICON TETRAHALIDES

Sidamonidze N.N., Koiava N.A. and Gverdtsiteli M.I.

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Tbilisi State Medical University

Silicon tetrahalides were studied within the scope of  $\text{A}\tilde{\text{N}}\text{B}$  matrices method. Four correlation equations were derived and investigated. The correlation is satisfactory.

**Keywords:** silicon tetrahalides,  $\text{A}\tilde{\text{N}}\text{B}$  matrix, correlation equations

ბორის ჰალოგენიდების მათემატიკურ-ქიმიური ბამოკვლევა

ოესიანიკოვა ნ.ნ., ქვარცხავა გ.რ., გვერდწითელი მ.ი.

იგჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მოლეკულური გრაფების თანაზიარობის მატრიცების მრავალრიცხოვანი სახეცვლილებები ფართოდ გამოიყენება მათემატიკურ-ქიმიში და ქვაზი-ანბ-მატრიცაც (ანბ) ამ კლასს მიეკუთვნება [1-3]. ანბ-მატრიცის დიაგონალური ელემენტები წარმოადგენს მოლეკულის ცალკეულ სტრუქტურულ ფრაგმენტში შემავალი ქიმიური ელემენტების ატომური ნომრების ჯამს, ამ სტრუქტურულ ფრაგმენტებს შორის არადიაგონალური-ქიმიური ბმების ჯერადობებია. ზემოთ თქმულიდან ცხადია, რომ ანბ-მატრიცის აგება ხდება მოლეკულის გარკვეული სტრუქტურული მოდელის საფუძველზე, რაც ნოვატორული მიდგომაა მათემატიკურ ქიმიში.

ანბ-მატრიცების მეთოდის ფარგლებში ჩატარებულია ბორის ჰალოგენიდების  $BX_3$ . ( $X=F, Cl, Br, I$ ) მათემატიკურ-ქიმიური კვლევა. შემუშავებულია უმარტივესი მოდელი  $A-B$ , სადაც  $A \equiv BX_2, B \equiv X$ . ამ მოდელის შესაბამისი ანბ-მატრიცაა:

ცხრილში მოყვანილია  $lg(\Delta_{ანბ})$ ,  $T_{ლლ}$ ,  $T_{ლულ}$ ,  $\Delta H_f^0$  და  $\Delta G_f^0$  ამ ნაერთებისათვის [4].

$lg(\Delta_{ანბ})$ ,  $T_{ლლ}$ ,  $T_{ლულ}$ ,  $\Delta H_f^0$  და  $\Delta G_f^0$  ბორის ჰალოგენიდებისათვის

$BX_3$	$lg(\Delta_{ანბ})$	$T_{ლლ}, ^\circ C$	$T_{ლულ}, ^\circ C$	$\Delta H_f^0, კჯ/მოლი$	$\Delta G_f^0, კჯ/მოლი$
SiF <sub>3</sub>	2,31	-127	-101	-1137	-1120
BCl <sub>3</sub>	2,82	-107	-12,3	-427	-387
BBr <sub>3</sub>	3,42	-46	+90	-243	-238
BI <sub>3</sub>	3,77	+43	(149)	-38	(-159)

კომპიუტერზე, უმცირესი კვადრატების მეთოდის გამოყენებით, აგებულია ოთხი კორელაციური განტოლება:

$$T_{ლლ} = 103 \lg(\Delta_{ანბ}) - 397 \quad (1)$$

$$T_{ლულ} = 170 \lg(\Delta_{ანბ}) - 492 \quad (2)$$

$$\Delta H_f^0 = 306 \lg(\Delta_{ანბ}) - 1290 \quad (3)$$

$$\Delta G_f^0 = 248 \lg(\Delta_{ანბ}) - 1084 \quad (4)$$



კორელაციის  $r$  კოეფიციენტი, შესაბამისად ტოლია: 0,985; 0,984; 0,985; 0,984. ამგვარად, ჯაფეს კრიტერიუმით [5], კორელაციები დამაკმაყოფილებელია.

ფრჩხილებში მოყვანილია  $T_{დუღ.}$  და  $\Delta G^0_{r}$ -ის მნიშვნელობები  $BI_3$ -სათვის, რომლებიც გამოთვლილია თეორიულად (2) და (4) ფორმულებით.

#### ლიტერატურა

1. Chemoinformatics . Ed. I. Gastaiger and T. Endell. Willey. VCH, 2003.
2. M. Gverdsiteli, G. Gamziani, I. Gverdsiteli. The Contiguity Matrices of Molecular Graphs and their Modifications. – Tbilisi, TU-press, 1996.
3. M. Gverdsiteli, M. Rusia, G. Chachava. Mathematical-chemical Investigation of some Classes of Inorganic and Organic Compounds.- Tbilisi, Publishing House “Universal,” 2010.
4. Н.С.Ахметов. Общая и теоретическая химия. –Москва, Высшая школа, 2005, с. 474.
5. მ. გვერდწითელი. ფიზიკური ორგანული ქიმიის რჩეული თავები. თბილისი, თუ გამომც., 1987, გვ.19.

#### SUMMARY

#### MATHEMATICAL-CHEMICAL INVESTIGATION OF BORON HALIDES

Ovsyanikova N.N., Kvartskhava G.R. and Gverdsiteli M.I.

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Georgian Technical University

Boron halides were studied within the scope of the  $\tilde{A}NB$ -matrices method. We derived and investigated four correlation equations. The correlations are satisfactory.

**Keywords:** boron halides,  $\tilde{A}NB$  -matrix, satisfactory correlations.

ბიოლოგიური ნარჩენების ბალამუშავება მსტრუიური მეთოდით

ანდელაძე შ.ნ., ბაზლაძე ი.გ., კოლოვა ს.მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
სამხრეთ ურალის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქ. ჩელიაბინსკი

დღევანდელ ეკოლოგიურ პრობლემათა შორის ერთ-ერთ მწვავე პრობლემას წარმოადგენს კვების ინდუსტრიის საწარმოების სხვადასხვაგვარი არაკეებითი ნარჩენების უტილიზაციის საკითხები. ნარჩენების გადამუშავებისათვის გამოყენებული ტექნოლოგიები უნდა უზრუნველყოფდნენ პროცესის რენტაბელობას და მისაღები პროდუქციის ხარისხს, ამასთანავე გამკაცრებული ეკოლოგიური კანონმდებლობა ითხოვს მცირე ნარჩენიანი და უნარჩენო, ენერგოდამზოგავი ტექნოლოგიების დანერგვას. საწარმოო ნარჩენების გადამუშავებისადმი სახელმწიფო პოლიტიკის ძირითადი პრინციპებია:

- მცირენარჩენიანი და უნარჩენო ტექნოლოგიების გამოყენებისათვის უახლესი სამეცნიერო-ტექნიკური მიღწევების გამოყენება და დანერგვა;
- ნარჩენების რაოდენობის შემცირებისათვის მატერიალურ-სანედლეულო რესურსების კომპლექსური გადამუშავება.

ბიოლოგიური წარმოშობის ძვირფასი საკვების მიღების გარდა მეორადი ნედლეულის გადამუშავებას აქვს ეკოლოგიური ასპექტი, რამდენადაც მცირდება გარემოზე ანთროპოგენული დატვირთვა იმ ნარჩენების ხარჯზე, რომლებიც არ ექვემდებარებიან რეციკლირებას. ნებისმიერი ქვეყნისათვის მეორადი რესურსების ფართო გამოყენება წარმოადგენს ეკონომიკის ეკოლოგიურად უსაფრთხო განვითარების ერთ-ერთ პირობას.

არაკეებითი ნარჩენების გადამუშავებისთვის ტრადიციულად გავრცელებულია მრავალსაათიანი თერმოდამუშავება, პერიოდულად მომუშავე აპარატებში, მაღალი წნევის პირობებში, კერძოდ ვაკუუმ-ქვაბებში (ლაპსის ქვაბ-უტილიზატორებში). ასეთ ქვაბებში გადამუშავება ხდება მშრალი (არ ხდება ორთქლთან ან წყალთან კონტაქტი) ან სველი მეთოდით [1,2]. ქვაბებში ნედლეული ნელა ცხელდება სტერილიზაციის ტემპერატურამდე (118-130°C), რომლის დროსაც ბაქტერიების ძირითადი მასა იღუპება და ხდება სტერილიზაცია 30-60 წუთის განმავლობაში 0,3-0,4 მპა წნევისას, შემდეგ მოხარშული მასა შრება რამოდენიმე საათის განმავლობაში 0,05-0,06 მპა წნევის ქვეშ 70-80°C ტემპერატურაზე. თერმულად დამუშავებული ნარჩენებიდან დებულობენ სხვადასხვა სახის საკვებ და ტექნიკურ პროდუქციას. საკვები პროდუქციის ძირითადი სახეა ცხოველური წარმოშობის ფქვილი (ხორც-ძველვანი, ხორცის, სისხლის, ძვლის, ჰიდროლიზებული ბუმბულის, რქებისა და ჩლიქების, თევზების ფქვილი და სხვა). აღსანიშნავია, რომ ბოლო ხანებში ევროკავშირის ქვეყნებში მიღებულია სტერილიზაცია 133°C ტემპერატურის 0,3 მპა წნევისას, 30 წუთის განმავლობაში. ამ დროში არ შედის ქვაბ-უტილიზატორში ორთქლის წნევის გაზრდისა და შემცირების დრო.

ტრადიციული ტექნოლოგიების ძირითადი უარყოფითი მხარეებია:

1) მზა პროდუქტის მიღების მრავალსაათიანი ხანგრძლივობის პროცესი (10-12 საათი);

2) მრავალსაათიანი თერმული დამუშავებისას მნიშვნელოვნად მცირდება პროდუქტის კვებითი ხარისხი (მიღებული პროდუქტი ცუდად შეითვისება ცხოველებსა და ფრინველების ორგანოებით). ხანგრძლივი თერმოდამუშავება იწვევს ნარჩენების პროტეინების 70-75% დენატურაციას. რუსეთის ფედერაციის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში (ВНИИП) პროფესორ ვ.გ. ვოლიკის ლაბორატორიაში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ნედლეულის გახურებისას 5 წუთის შემდეგ ხელმისაწვდომი ლიზინის შემცველობა მცირდება 63,8%-მდე საწყისთან შედარებით, ხოლო 20 წუთიანი თერმოდამუშავება ამცირებს 36,8%-მდე;

3) მაღალი ენერგოტეკვალობა: დანადგარების მუშაობისათვის ელექტროენერჯის გარდა აუცილებელია აირი, ორთქლი და ცხელი წყალი;

4) ეკოლოგიური ზემოქმედება: გარემოს გაჭუჭყიანება ცუდი სუნის მქონე და ტოქსიკური ნივთიერებებით ( $H_2S$ ,  $SO_2$ , მერკაპტანები და სხვ., რომლებიც წარმოიქმნებიან ხანგრძლივი თერმული გადამუშავებისას ცილოვანი ნაერთების დაშლის დროს;

5) პროცესს თან ახლავს ცხიმის შემცველი ჩამდინარე წყლების წარმოქმნა, რომლებიც ზრდიან წარმოების ლოკალური გამწმენდი დანადგარების დატვირთვას ბიოლოგიური ნარჩენების უტილიზაციისათვის.

უწყვეტი ხაზის გამოყენება ბიოლოგიური ნარჩენების უტილიზაციისთვის ამცირებს მზა პროდუქტის (კვების პროდუქტები) მიღების დროს. ამასთანავე იზრდება მისი კვებითი ღირსება. უწყვეტი ხაზები განსხვავდება როგორც ნედლეულის გახურების პრინციპით, ასევე ტემპერატურული რეჟიმებით. ნედლეული შეიძლება გაცხელდეს ცხელ თხევად თბომატარებელთან უშუალო შეხებით. ასეთი თბომატარებლობა ცხიმი, ორთქლი ან კონდუქტიური მეთოდი. ნედლეულის დამუშავების ტემპერატურე შეიძლება იყოს როგორც  $100^{\circ}C$ -ზე მეტი, ასევე მასზე ნაკლები. მაღალი ენერგოტეკვალობა, ეკოლოგიური დარღვევები და ლოკალური გამწმენდი დანადგარების ხანგრძლივი დამატებითი დატვირთვა ამ ხაზებისთვისაც დამახასიათებელია.

ამრიგად, მაღალხარისხოვანი საკვები პროდუქტის მისაღებად, რომელშიც მაქსიმალურადაა შენარჩუნებული გამოსავალი ნედლეულის ბიოლოგიური ფასეულობა, აუცილებლად მინიმუმამდე უნდა შემცირდეს ნედლეულის თერმული დამუშავების დრო. ბიოლოგიური ნარჩენების გადამუშავების მეთოდს, რომელიც აკმაყოფილებს ამ მოთხოვნებს მიეკუთვნება ექსტრუზიური ტექნოლოგია.

ექსტრუზია (ლათინური სიტყვიდან extrudo - გამოძევა) – პროცესია, რომელშიც შეთავსებულია ნედლეულის თერმო, ჰიდრო და მექანიკურ-ქიმიური დამუშავება, რათა მივიღოთ ახალი სტრუქტურისა და თვისებების პროდუქტი. ექსტრუზიური მეთოდი საშუალებას იძლევა ერთ მანქანაში (ექსტრუდერში) სწრაფად და განუწყვეტლად შესრულდეს მთელი რიგი ოპერაციები, კერძოდ, პრაქტიკულად ერთდროულად ხდება შერევა, დაწნეხვა, გაცხელება, სტერილიზება, დუღილი და პროდუქტის ფორმირება [3]. დროის მცირე მონაკვეთში ნედლეულში მიმდინარეობს პროცესები, რომლებიც ეთანადება ხანგრძლივ თერმოდამუშავებას. თანამედროვე ექსტრუდერებში დასამუშავებელი მასალების თვისებების გათვალისწინებით ტემპერატურე შეიძლება  $200^{\circ}C$ -ს აღწევდეს, ხოლო წნევა 4-5 მპა-ის ტოლი. გადამუშავების უარყოფითი ეფექტები მინიმუმამდეა დაყვანილი პროცესის მაღალი სიჩქარის გამო. გადასამუშავებელი მასალა ექსტრუდერში 20-30 წამის განმავლობაშია, ამიტომ ექსტრუზიური ტექნოლოგიები მიეკუთვნება ხანმოკლე, მარალტემპერატურულ პროცესებს. კვების მრეწველობაში ექსტრუდირების მეთოდი გამოიყენება მარცვლეულის (სიმინდი, ქერი, ხორბალი, ტრიტიკალე) და პარკოსანი კულტურების (ბარდა, სოია) გადასამუშავებლად. მსხვილი რქოსანი პირუტყვის, ღორების, ფრინველების გამოკვებისას მარცვლეული და მისი გადამუშავების პროდუქტების 40% ცხოველების საჭმლის მომწოდებელი სისტემის ფიზიოლოგიური თავისებურებების გამო არ შეითვისება (მასში სახამებლის დიდი რაოდენობით შემცველობის გამო). განსაკუთრებით ცუდად სახამებელი მოზარდების მიერ შეითვისება. ექსტრუზიური გადამუშავებისას მარცვლეული განიცდის მნიშვნელოვან ცვლილებებს. ძირითადი და მნიშვნელოვანია წნევისა და ტემპერატურის მკვეთრი შემცირება, რაც „აფეთქების“ სახელითაა ცნობილი. ექსტრუდერიდან პროდუქტის გამოსვლისას ირღვევა უჯრედთა კედლები, ქიმიური კავშირები, იცვლება სტრუქტურა. მაღალმოლეკულური პოლისაქარიდი სახამებელი, რომელიც მარცვლეულის ძირითადი შემადგენელია, ჰიდროლიზდება და გარდაიქმნება მონოსაქარიდებად და დექსტრინად. ხსნადი ნაერთების რაოდენობა იზრდება 5-8-ჯერ. ამასთანავე შენარჩუნებულია პროტეინის კვებითი ღირებულება და მთლიანად ან ნაწილობრივ იშლება ისეთი ანტიკვებითი ნივთიერებები, როგორცაა პროტეაზების, ტრიპსინისა და ურეაზას ინჰიბიტორები. ექსტრუდერიდან გამოსვლისას წყალი სწრაფად დუღდება (წყალი, რომელიც დასამუშავებელ მასაშია), პროდუქტი ხდება ფოროვანი, იმატებს მოცულობაში. ამრიგად, იგი მეტად ექვემდებარება საკვებ გადამამუშავებელი

წვენებისა და ფერმენტების ზემოქმედებას. იზრდება საკვების გადამუშავების ხარისხი და საგემონო თვისებები. ე.ი. იზრდება საკვები პროდუქტის ღირსებები. მარცვლოვანი საკვების თვისება იზრდება 90%-მდე. ეს იწვევს წონის მატებას და მცირდება ცხოველყოფილობის ნარჩენების მოცულობა.

ექსტრუზიური ტექნიკის განვითარებამ შესაძლებელი გახდა კვების მრეწველობის, მეცხოველეობის, მეღორეობისა და მეფრინველეობის ნარჩენების უტილიზაციის ახალი მეთოდების შემუშავება.

#### ლიტერატურა

1. Переработка и использование побочных сырьевых ресурсов мясной промышленности и охрана окружающей среды. Справочник. – М.: ВНИИМП, 2000.
2. Сницарь А.И., Ивашов В.И., Дудин М.В. Справочник мастера цеха технических фабрикатов. – М.: Редакция журнала „Мясная индустрия“, 1996.
3. Плитман В.А. Технология переработки биологических отходов, включая отходы животного происхождения. ЗАО „ЭКОРМ“, Челябинск, Россия. <http://vplitmandogmail/ru>.

#### SUMMARY

#### EXTRUSION METHOD FOR PROCESSING OF BIOLOGICAL WASTES

Andguladze S.N., Bazgadze I.G. and Kolova S.M.

Georgian Technical University

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

The paper deals with the extrusion method for processing of biological wastes. The use of the extrusion technology guarantees the value of the initial raw material and mild heat treatment. The extrusion technology can be used for processing of the wastes of food industry, animal breeding and aviculture.

**Keywords:** extrusion method, biological wastes, processing.

თელავის მიკროზონის სინთეზური დუღილის საფუარების შესწავლა

მათიაშვილი ნ.შ., შილდელაშვილი ი.ი., ბუიშვილი გ.თ., მათიაშვილი შ.ი.

იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ჩვენს მიზანს შეადგენდა თელავის მიკროზონაში შეგვესწავლა სპონტანური დუღილის საფუარები და გამოვვეყნებინა სხვადასხვა სახის ღვინომასალების და პურპროდუქტების დასამზადებლად შევისწავლეთ აკურის, ნაფარეულის და სანიორის ვენახებიდან აღებული ყურძნის ნიმუშები სპონტანური დუღილის გამოყენებით. შესწავლის მონაცემები წარდგენილია ვიზუალური ნიშნების მიხედვით. ყურძნის წვენიდან ღვინის დამზადების პროცესში მიმდინარეობს რთული ბიოქიმიური რეაქციები, საფუარებისა და მიკროორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად. ტექნოლოგიური პროცესების მართვისათვის აუცილებელია ვიცოდეთ საფუარების ბიოლოგია, განსაკუთრებით მათი ფიზიოლოგია. საფუარის უჯრედები მრავალნაირი ფორმისაა, მრგვალი, ოვალური ან ელიფსური, ლიმონის მსგავსი ფორმის, ცილინდრული, ან ძლიერ გაწელილი გიფების სახით. ზომები (1-8)x(1-12)მკმ. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა შეგვესწავლა თელავის რაიონის მიკროზონაში ველური საფუარების სახეობები სპონტანური სპირტული დუღილის საშუალებით. ამ მიზნის მისაღწევად გამოვიყენეთ ყურძენი რქაწითელი აკურის, ნაფარეულის და სანიორის ვენახებიდან, ავიღეთ ნიმუშები თვითუფლიდან 3 კილოგრამის რაოდენობით და 16-18°C-ზე ჩავატარეთ სპონტანური სპირტული დუღილი. შესწავლილია ნახევრადტკბილი ღვინის დამზადებისთვის საფუარის სახეობა რომელიც წარმოქმნის ეთილის სპირტს 9 - 10% მოცულობით რაოდენობას, აღნიშნული საფუარი აღმოჩნდა ნაფარეულის ვენახებიდან აღებულ ნიმუშებში, რომელსაც ვუწოდეთ საქარომოცეტი „ნაფარეული-1“ აღნიშნული საფუარი აღუდებს გლუკოზას, სახაროზას, ფრუქტოზას, ჩვეულებრივ პირობებში წარმოქმნის 9 - 10% ეთილის სპირტს და მქროლავ მჟავიანობას 0,25 გრ/ლ. აღნიშნული საფუარები ყურძნის წვენში მცირე რაოდენობითაა. წარმოადგენენ საშუალო სახეობის საფუარებს, რომლებიც ადვილად ემორჩილებიან მართვად სპირტულ დუღილს [1,2].

ჩვენს მიერ ასევე ჩატარებულია პურპროდუქტების დამზადებისთვის საფუარების კვლევა, ოვალური საფუარების შესარჩევად, ამ მიზნის მისაღწევად გამოყენებულია იგივე ნიმუშები აკურის, ნაფარეულის და სანიორის ვენახებიდან, ოვალური საფუარები აღმოჩნდა აკურის და სანიორის ვენახებიდან, სადაც განთავსებულია ოვალური საფუარები. აღნიშნული საფუარები *saccharomices oiformis* საფუარების ჯგუფს ეკუთვნიან ნელა მრავლდებიან დუღილის ბოლოს მაქსიმალურ რაოდენობას აღწევენ, წარმოქმნიან ეთილის სპირტს 18% მოც. რაოდენობით, ეს საფუარები რეკომენდებულია პურპროდუქტების დასამზადებლად. ყურძნის წვენის მიკროფლორიდან ყველაზე დიდი ადგილი 76-90% უკავია ობის სოკოებს და 9-22%-მდე უკავია საფუარებს. საფუარების შემადგენლობა და მათი რაოდენობა დამოკიდებულია ნიადაგზე და ადგილმდებარეობის კლიმატურ პირობებზე. ყურძნის წვენში არსებული მიკროორგანიზმების უმეტესობა თითქმის არ მრავლდება ყურძნის წვენის მაღალი მჟავიანობის და შაქრიანობის გამო, ხოლო ზოგიერთი ბაქტერიები და ობის სოკოები მთლიანად იღუპებიან. საფუარებს უნარი აქვთ სწრაფად გამრავლდნენ და წარმოქმნან და გარკვეული რაოდენობის ბიომასას 1სმ<sup>3</sup>-ში 2 მილიონი უჯრედი. დაიწყება თუ არა სპირტული დუღილი და ეთილის სპირტის დაგროვება საკვებ არეში, ჟანგბადი გამოილევა, რაც ხელს უწყობს აერობული მიკროორგანიზმების დახოცვას. აგრეთვე ის საფუარები რომლებიც ნაკლები რაოდენობით წარმოქმნიან სპირტს ისინიც კვდებიან, უფრო ძლიერი რასის მიერ წარმოქმნილი ეთილის სპირტის რაოდენობის გაზრდის გამო. სპირტულ დუღილს პირველად იწყებენ უსპორო საფუარები. 4-5% სპირტის წარმოქმნის შემდეგ იცვლება სურათი მიკროფლორის. საკვებ არეში ადგილს იკავებს *Saccharomices ellipsoideus*, რომლებიც აგრძელებენ ძირითად სპირტულ დუღილს და ამთავრებენ კიდევ-როდესაც შაქრიანობა მაღალია და *Saccharomices ellipsoideus* აჩერებს დუღილს,

დუღილის პროცესში ერთგვარად უფრო ძლიერი სახეობა *Saccharomyces oviformis* რომელსაც შეუძლია 18% მოცულობითი სპირტიანობის წარმოქმნა, ყურძნის წვენი სპირტული დუღილი სპონტანური მიკროფლორის მიერ შესაძლებელია მთლიანად ყურძნის წვენი დადუღება და მაღალი ხარისხის ღვინის მიღება, მაგრამ არის საშიშროება დაუდუღარი ღვინომასალის მიღების და ნაკლები რაოდენობით სპირტის წარმოქმნის რაც განაპირობებს დაბალი ხარისხის ღვინის მიღებას მთლიანი შაქრის დუღების დროს. ამიტომ ჩვენს მიერ შესწავლილია იგივე მასალების გამოყენებით აგილობრივი მიკროფლორა, რომლის შემადგენლობა ასეთია: სანიორის ზონაზე არიან მრგვალი ფორმის საფუარი *Saccharomyces vino*. ამ სახეობის საფუარები ხასიათდებიან მაღალი ფერმენტული აქტივობით, კარგად მრავლდებიან და სწრაფად ითვისებენ საკვებ არეს. დუღილის დასაწყისში ეთილის სპირტის მეტ რაოდენობას აგროვებენ შაქრების 25%-მდე დადუღებისას. წარმოქმნილი სპირტის მაქსიმუმი შეადგენს 16% მოცულობას, SO<sub>2</sub>-ის რაოდენობა 75-100 მგ/ლ აფერხებს და ახანგრძლივებს დუღილს 2-4 დღით 20°C-ზე. მათ მიერ წარმოქმნილი ნალექი მტვერისებრი ან ფანტელისებურია, რაც დამოკიდებულია საფუარის სახეობაზე. საფუარებს სახეობებს ახასიათებთ ინდივიდუალური თავისებურებები, სპირტის წარმოქმნის, SO<sub>2</sub>-ის შეგუების, მქროლავი კომპონენტების ბიოსინთეზის და სხვა პროდუქტების, რომლებიც ღვინის ორგანოლექტიკურ ხარისხს ქმნიან. ხასიათდებიან დუღილის მაღალი აქტივობით და გამრავლების უნარით, ისინი დომინირებენ და განსაზღვრავენ შემადგენლობას. ისინი ტიპური ღვინის საფუარებია. აგრეთვე ნიმუშებში ვნახეთ საფუარები *saccharomyces acidifaciens*, რომლებიც მრავლდება ნელა, შეგუებულია SO<sub>2</sub>-თან, გვხვდებიან ღვინოში რომლის ალკოჰოლური დუღილი დამთავრებულია, ან SO<sub>2</sub>-ით შეჩერებულია ალკოჰოლური დუღილი, ეს საფუარი საშიშია თეთრი ღვინოებისთვის და მიეკუთვნება თეთრი ღვინის შემღვრვის გამომწვევ საფუარს. ისინი ღვინოში გვხვდებიან ერთეულების ან წყვილის სახით. ღვინოში დიდი სისწრაფით გადაადგილდებიან, მემბრანიდან გამოსროლილი სითხისა და CO<sub>2</sub> ნარევის საშუალებით. აღნიშნული საფუარები ნანახია აკურის და ნაფარულ ვენახებში. აგრეთვე ვნახეთ ძალიან პატარა მიკროორგანიზმი სამივე ნიმუშში რომლებიც იკვებება საფუარის უჯრედებით. აღნიშნული მაკროორგანიზმი თავს კარგად გრძობს მაღალი სპირტიანობის დროსაც კი.

#### ლიტერატურა

1. Шандерл Г. Микробиология соков и вин Пер.с нем. -М., 1967.
2. Бурьян Н.И. , Тюрина Л.В. Микробиология Виноделия. - М., 1979.

#### SUMMARY

#### INVESTIGATION OF SPONTANEOUS FERMENTATION YEASTS OF TELAVI MICROZONE

Andguladze S.N., Bazgadze I.G. and Kolova S.M.

Jacob Gogebashvili State University, Telavi

The paper deals with spontaneous fermentation yeasts of Telavimicrozone and their use for production of various wine materials and bakery products. The spontaneous yeast fermentation of grape cultivars from vineyards of Akura, Napareuli and Saniori was studied.

**Keywords:** yeasts, spontaneous fermentation, wine materials.

მუხის ჩივის, კუბის, ემსტრაქტისა და ტანინის ზეგავლენა წითელი ღვინის ფერის ინტენსივობასა და ფერის ტონზე

ბიბიჩაძე ზ.მ., ხომასურიძე მ.ბ., ხუციშვილი რ.ა.

### საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ღვინის ფენოლური ნაერთები კლასიფიცირებულია ორ ჯგუფად: ფლავანოიდები და არაფლავანოიდები. ფლავანოიდები თავისთავად იყოფიან ქვეკლასებად: ანტოციანინები, ფლავან-3-ოლები (კატეხინები) და ტანინები (პროანტოციანიდინები). ანტოციანინები, წითელი პიგმენტის მქონე ნაერთები, პასუხისმგებელი არიან ღვინის ფერზე. ანტოციანინები აყალიბებენ წითელ-ლურჯ ტონებს, რაც დამოკიდებულია ღვინის pH-ზე. მკვლევარების მიერ ღვინოში აღმოჩენილია სხვადასხვა ანტოციანინები, მალვიდინები, ციანიდინები და სხვა. არა *Vitis Vinifera*-ს სახეობის ყურძნისაგან (ჰიბრიდებიდან) მიღებული ღვინოები, ანტოციანინებიდან ყველაზე მეტი რაოდენობით მალვიდინ-3,5-დიგლუკოზიდს შეიცავს. თუმცა, ამერიკული ჰიბრიდული ჯიშებისათვის, მალვიდინ-3,5-დიგლუკოზიდი ძირითად ანტოციანინს არ წარმოადგენს. მსოფლიოში გავრცელებული ბევრი ჰიბრიდული ჯიშები და ენდემური ჯიშები მაღალი კონცენტრაციით შეიცავენ სხვა დიგლუკოზიდებს და აცილირებულ ანტოციანინებს. აცილირებული ანტოციანინების განსაზღვრით ხორციელდება „წითელი ღვინის ჰიბრიდული ბუნების“ იდენტიფიკაცია, ისინი იწვევენ წითელი ფერის ცვლილებას მეღვინისფერი შეფერილობისაკენ [1].

მონომერული ანტოციანინები, ანუ ეგრეთწოდებული თავისუფალი ანტოციანინები, ხასიათდებიან შეფერილობის დაკარგვით, გაღიაგებით გოგირდის დიოქსიდის ზეგავლენით და ღვინის pH-ზე დამოკიდებულებით. როდესაც ღვინის pH ვარირებს 3-დან 4-მდე, ანტოციანინების მხოლოდ 10 % ხასიათდება წითელი შეფერილობით. ჩატარებულ კვლევებზე დაყრდნობით, მონომერული ანტოციანინები ღვინოში ძირითადად წარმოდგენილი არიან ჰემიაცეტალის სტრუქტურით, ამგვარად ისინი უფერულ მდგომარეობაში იმყოფებიან. სწორედ ამიტომ, ღვინოში მხოლოდ ანტოციანინების კონცენტრაციაზე არ არის დამოკიდებული ფერის ინტენსივობა და ფერის ტონი. ტანინები, ანუ პროანტოციანიდინები წარმოადგენენ ფლავან-3-ოლის მონომერული ნაერთების პოლიმერებს. ტანინები მწკლარტე გემოთი ხასიათდებიან, ექსტრაგირებიან ყურძნის კანიდან, წიპწიდან და კლერტიდან. ტანინების ფორმირება ხორციელდება ღვინის დაძველებისას მონომერული ფლავან-3-ოლების პოლიმერიზაციის ხარჯზე [1].

კოპიგმენტები წარმოადგენენ ანტოციანინების და უფერულ პიგმენტების კომპლექსურ ნაერთებს, მათი წარმოქმნა აძლიერებს მოწითალო-მოლურჯო ტონებს ღვინოში. კოპიგმენტური კომპლექსები ერთმანეთთან დაკავშირებული არ არიან კოვალენტური ბმებით, ანტოციანინები და უფერული პიგმენტები არ აყალიბებენ მდგრად კომპლექსურ ნაერთებს და მათი კავშირი უმეტესწილად არასტაბილურია. უფერული ნაერთები, რომლებიც მონაწილეობენ კოპიგმენტების კომპლექსების ფორმირებაში არიან მონომერული ფენოლები, დარიჩინის მჟავა და ქუარცეტინის გლუკოზიდები. ტანინები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ კოპიგმენტაციაში. კოპიგმენტების კომპლექსები ძირითადად ფორმირდება ახალგაზრდა ღვინოში და ამიტომ ახალგაზრდა ღვინოს ახასიათებს მეწამული წითელი ფერის განვითარების ტენდენცია. კოპიგმენტების კომპლექსები მონომერულ ანტოციანინებთან შედარებით ნაკლებად მგრძნობიარენი არიან გოგირდის დიოქსიდის და ღვინის pH-ის ცვალებადობის მიმართ [2].

პოლიმერული პიგმენტები წარმოადგენენ კოვალენტური ბმით დაკავშირებულ ანტოციანინების და ფლავანოიდების კომპლექსურ ნაერთებს [1]. პოლიმერული პიგმენტების ფორმირება ხდება ორი სხვადასხვა მექანიზმით: 1. ანტოციანინები და სხვა ფლავანოიდური ნაერთები კოვალენტური ბმით დაკავშირებულნი არიან ერთმანეთთან. 2. აცეტალდეჰიდი, ნივთიერება რომელიც ასოცირდება ღვინის დაქანგვას-

თან, ასრულებს ევროსტანდარტულ ხიდის როლს ანტოციანინებისა და ფლავანოიდების კომპლექსში. ღვინოში პოლიმერული პიგმენტების ფორმირების დადებითი ეფექტი ვლინდება იმით, რომ გოგირდის დიოქსიდის ზეგავლენით ისინი არ ღიავდებიან და არ არიან მგრძობიარენი pH-ის მიმართ. მეცნიერულ კვლევებზე დაყრდნობით, ისინი ყველაზე სტაბილური შეფერილობის უზრუნველყოფას ახდენენ. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ პოლიმერული პიგმენტების ფორმირება ღვინოში შედარებით ნელა მიმდინარეობს. ანტოციანინებისა და ტანინების ექტრაქციის ინტენსიფიკაცია არ არის პოლიმერული პიგმენტების ფორმირების გარანტია [3]. უკანასკნელ წლებში ენოლოგიურ პრაქტიკაში ფერის განმსაზღვრელი პარამეტრების კვლევა ღირებული ანალიტიკური მეთოდია ღვინის ტექნოლოგიური პროცესის მონიტორინგის პროცესში. ღვინის ფერი, პროდუქციის ხარისხის განმსაზღვრელი ერთ-ერთი ძირითადი ატრიბუტია. ფერის პარამეტრების კვლევა ტექნოლოგიური პროცესის სხვადასხვა ეტაპზე საშუალებას იძლევა სწორედ დაიგეგმოს ტექნოლოგიური პროცესი, ყურძნის სიმწიფე, ყურძნის გადამუშავებისას გამოყენებული ტექნოლოგიური ოპერაციები, დაძველება-დავარგება და სხვა. ტექნოლოგიური ოპერაციები მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ღვინის ფერზე.

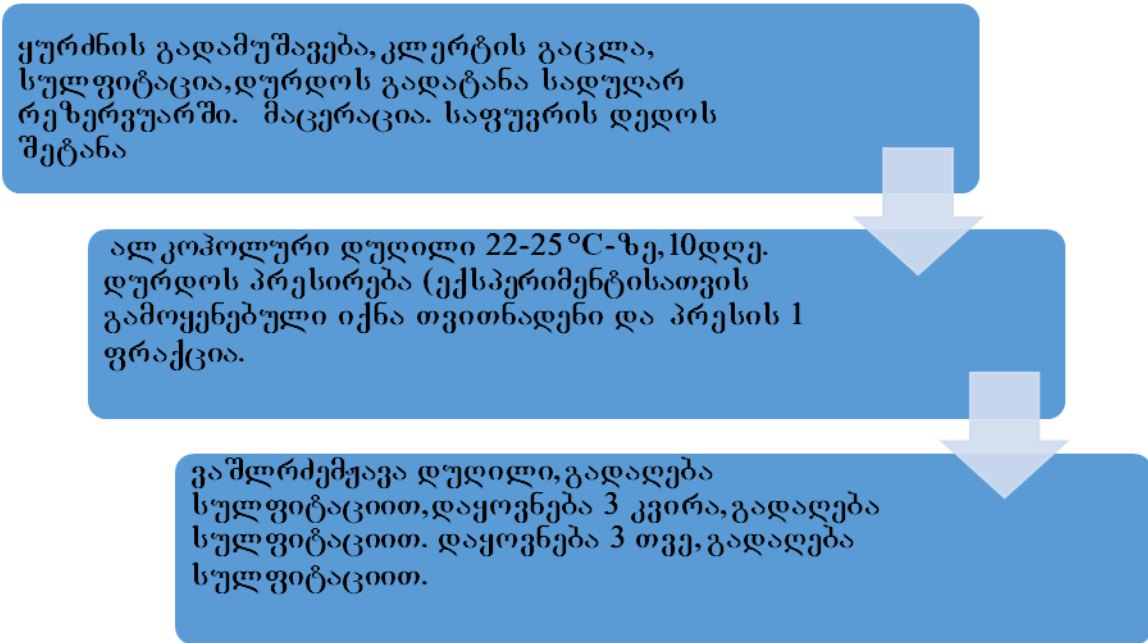
ღვინის ფერის ანალიზის განზომილებებია ფერის სიმკვრივე და ფერის ტონი. ფერის ინტენსივობის განსაზღვრისას დგინდება შეფერილობის განმსაზღვრელი ნაერთების საერთო შემცველობა. ფერის ინტენსივობის განსაზღვრა თეთრ ღვინოებში ხორციელდება 420 ნმ ტალღის სიგრძეზე, ხოლო წითლის 520, 610 და 420 ნმ ტალღის სიგრძეებზე [4].

ღვინის ფერის განმსაზღვრელი პარამეტრიც - ფერის ტონი, გვიჩვენებს თანაფარდობას ყვითელ და წითელ ფერს შორის, ყვითელი პიგმენტების წითელ პიგმენტებთან შეფარდებას. ღვინის ყვითელი ფერი განპირობებულია ღვინოში ტანინების შემცველობით (პროციანიდინების ტიპის ფლავანოიდების პოლიმერებით და არაფლავანოიდური ფენოლებით). ფოტომეტრის საშუალებით მისი განსაზღვრა შესაძლებელია ღვინის განზავების გარეშე. წითელი ფერი განპირობებულია ღვინოში თავისუფალი ანტოციანინების და პოლიმერული ფენოლური ნაერთების შემცველობით. წითელი პიგმენტების შეფერილობა დამოკიდებულია pH-ზე და ზოგიერთ შემთხვევაში ამჟღავნებენ მუქ შეფერილობას. სწორედ ამიტომ ფოტომეტრის გამოყენებით წითელი ღვინის ფერის ტონების შესასწავლად საჭიროა ღვინის განზავება.

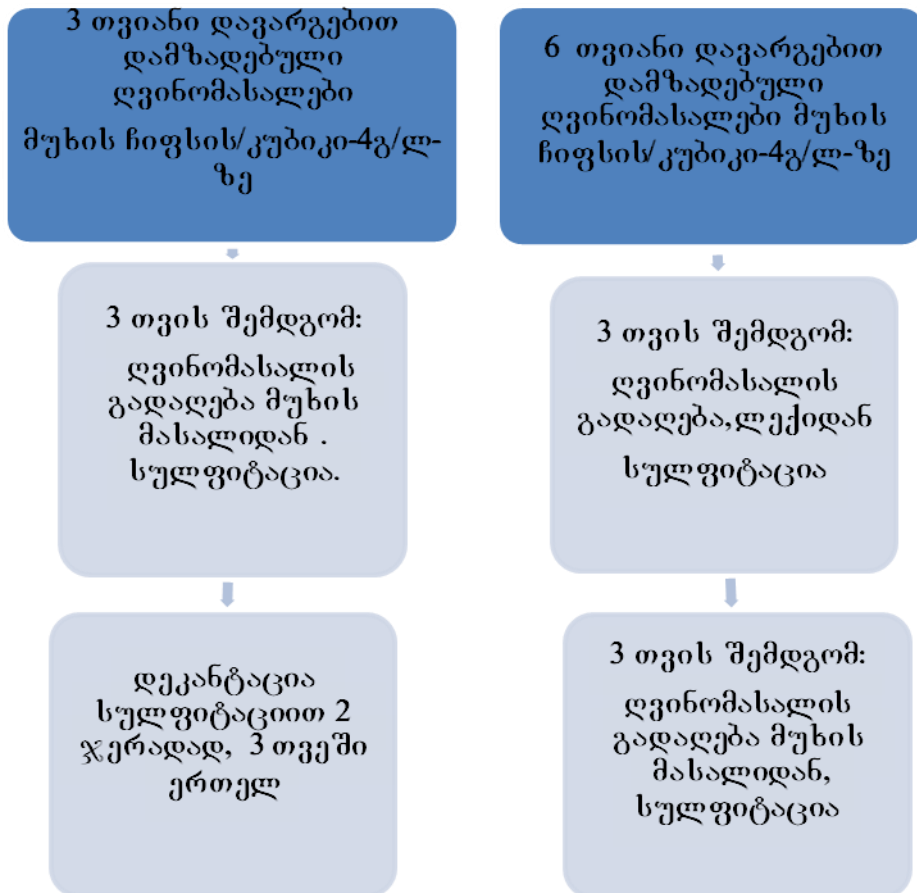
ფერის ტონების კვლევა ხდება ღვინის დაძველების მონიტორინგისას, დაძველების პროცესში იზრდება ფერის ტონების მაჩვენებელი [4].

წითელი ღვინის ფერის ინტენსივობასა და ფერის ტონებზე მუხის კასრის ალტერნატიული მასალების ზეგავლენის შესწავლის მიზნით კვლევა განხორციელდა კახეთის მეღვინეობის ზონაში, სოფ დედოფლისწყაროში მოწეული საფერავის, (2014 წლის მოსავალი) ყურძნის ჯიშისაგან მიღებული ღვინომასალის მაგალითზე. ყურძნის გადამუშავება, ღვინომასალის და შემდგომ საკონტროლო, ასევე საკვლევი ნიმუშების დამზადება განხორციელდა შპს „დუგლაძეების კომპანიის“ კუთვნილ ღვინის საწარმოში. დამზადდა საკონტროლო და საკვლევი 3-3 ნიმუში. მუხის მასალებიდან გამოყენებული იქნა სხვადასხვა გამოწვის ჩიფსები, კუბიკები, მუხის ტანინი და მუხის თხევადი ექსტრაქტი. მუხის მასალები და ტანინები მოგვაწოდა მეღვინეობის მასალების იმპორტიორმა - შპს „შვიდმა“. ექსპერიმენტისას გამოყენებული იქნა ფრანგული მუხისაგან (*Sessile (Q. petraea)* და *Pedunculate (Q. robur)*) დამზადებული, ყურძნისა და კვებრაჩოს ხისაგან მიღებული მასალები. ვაშლრქმევა დუდილის დასრულების, სულფიტაციის და 3 ჯერადი დეკანტაციის შემდგომ, მარტის პირველ რიცხვებში განხორციელდა ღვინის დავარგება ჩიფსებზე/კუბიკებზე. ამავე ტექნოლოგიურ ეტაპზე საკვლევი ნიმუშებში შეტანილი იქნა სხვა ალტერნატიული მასალები. ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას საკვლევი ნიმუშები ასევე დამზადდა ყურძნისა და კვებრაჩოს ხის ტანინებისაგან. ღვინომასალები გადატანილი იქნა მცირე მოცულობის ჭურჭელში. ნიმუშები განთავსდა სარდაფში, 12-16°C ტემპერატურაზე დავარგების პერიოდის დასრულებამდე.





დიაგრამა 1. ღვინომასალების დამზადების ტექნოლოგიური ოპერაციები



დიაგრამა 2. მუხის ჩიფსებზე/კუბიკებზე ღვინომასალების დავარგება

კვლევისათვის გამოყენებულია ფოტომეტრიული მეთოდი. ფერის ინტენსივობისა და ფერის ტონის კვლევა განხორციელდა 1 წლიანი ტექნოლოგიური ციკლის დასრულების შემდგომ.

ფერის ტონისა და ინტენსივობის განსასაზღვრად გამოყენებული იქნა ავსტრალიური წარმოების ფოტომეტრი HI 83742, სინათლის წყარო - ვოლფრამის ნათურა, საკვლევი და საკონტროლო ნიმუშებში მოცემული პარამეტრების განსაზღვრა ფოტომეტრის გამოყენების ინსტრუქციაშია რეკომენდირებული მეთოდიკის შესაბამისად. რეკომენდაციების თანახმად ღვინის ტემპერატურა შეადგენდა 25°C -ს

ფერის ინტენსივობა წითელ საკვლევი და საანალიზო ღვინომასალებში განისაზღვრა აპარატის მწარმოებლის მიერ დადგენილი მეთოდიკით 420 ნმ, 520 ნმ და 610 ნმ ტალღის სიგრძეებზე. ენოლოგიურ პრაქტიკაში ვალიდირებული მეთოდები [6,7] გულისხმობს ფერის ინტენსივობას კალკულაციას შემდეგი სახით:

$$\text{ფერის ინტენსივობა} = E(420) + E(520) + E(610)$$

420 ნანომეტრი ტალღის სიგრძე არის ყვითელი-ნარინჯისფერი პიგმენტების იდენტიფიკაციისათვის. 520 ნმ - წითელი პიგმენტებისათვის ხოლო 610 ნმ მოლურჯო შეფერილობის პიგმენტებისათვის. ზემოთ ასახული ფორმულის გამოყენებით, შედეგების შეჯამებას, კალკულაციას გამოყენებული აპარატი ახორციელებს ავტომატურად, გაზომვის სიზუსტე 25°C-ზე  $\pm 0,03 \pm 4\%$ .

მოცემული ინსტრუქციის შესაბამისად გაზომვამდე განხორციელდა ღვინის განზავება აპარატის მწარმოებლის მიერ შემოთავაზებული ხსნარებით, რომელიც შესყიდვისას თან ახლავს ფოტომეტრს: HI83742-0 Wine solvent-1 და HI83742-3 Wine solvent-3.

ფერის ტონის განსაზღვრისათვის გამოყენებული იქნა ფოტომეტრის თანდართულ ინსტრუქციაში მითითებული მეთოდიკა. მოცემული ინსტრუქციის შესაბამისად გაზომვამდე განხორციელდა ღვინის განზავება აპარატის მწარმოებლის მიერ შემოთავაზებული ხსნარით: I83742-0 Wine solvent-1. გაზომვის სიზუსტე 25°C-ზე:  $\pm 0,01 \pm 4\%$ . ენოლოგიურ პრაქტიკაში ვალიდირებული მეთოდები [4,5] გულისხმობს ფერის ინტენსივობის კალკულაციას შემდეგი სახით:

$$\text{ფერის ტონი} = E(420):E(520)$$

ზემოთ ასახული ფორმულის გამოყენებით, შედეგების შეჯამებას, კალკულაციას გამოყენებული აპარატი ახორციელებს ავტომატურად.

მიღებული შედეგების საფუძველზე ენოლოგიის დარგის მარეგულირებელი დოკუმენტაციის თანახმად, მშრალი ღვინის რეალიზაცია და მომხმარებლამდე მიწოდება შესაძლებელია რთველის მომდევნო წლის აგვისტოს შემდეგ. შესაბამისად, ნიმუშების ანალიზი ჩატარდა სექტემბრის დასაწყისში. შედეგები ასახულია ცხრილში.

კვლევის შედეგებზე დაყრდნობით, ჩიფსზე და კუბიკებზე, პირველი სამი თვე დაყოვნებისას, იზრდება ფერის ინტენსივობის მაჩვენებელი, რაც გამოწვეულია მუხის ჩიფსიდან/კუბიდან ტანინების ექსტრაციით და პოლიმერული პიგმენტების ფორმირებით. დამატებით 3 თვე დაგარგებისას ანუ 6 თვის განმავლობაში, აღინიშნება ინტენსივობის კლება და ფერის შეფერილობის მატება, რაც არასასურველი ტენდენციაა, გაყავისფრებისაკენ მიდრეკილებაზე მიუთითებს. ლიტერატურულ წყაროებზე დაყრდნობით, ფერის ტონის მაჩვენებელი როდესაც ნაკლებია  $< 0,8$ -ზე, ღვინო ხასიათდება მუქი წითელი შეფერილობით; როდესაც  $0,8$ -დან  $1,2$ -მდე მერყეობს მოყავისფრო-წითელი შეფერილობით, ხოლო  $1,2$  მეტის შემთხვევაში ნარინჯისფერი/ყავისფერი შეფერილობით [7].

საფერავის ყურძნის ჯიშოდან მიღებული ღვინომასალის ფერის ინტენსივობა და ფერის ტონი

N	ნიმუში/გამოყენებული მასალა	მწარმოებელი	ფერის ინტენსივობა	ფერის ტონი
1	კონტროლი,	-----	6,40	0,46
2	მუხის ჩიფსი გამოწვის გარეშე; <u>3 თვიანი დავარგება</u> . Allery Tonnellerie;	Allery Tonnellerie;	7,70	0,61
2 <sup>1</sup>	მუხის ჩიფსი გამოწვის გარეშე; <u>6 თვიანი დავარგება</u> . Allery Tonnellerie;	Allery Tonnellerie;	6,57	0, 73
3	საშუალო გამოწვის ჩიფსი <u>3 თვიანი დავარგება</u> Enoker	Institute oenologique de champagne,	8,1	0,65
3 <sup>1</sup>	საშუალო გამოწვის ჩიფსი <u>6 თვიანი დავარგება</u> Enoker	Institute oenologique de champagne,	7,0	0,87
4	საშუალო გამოწვის მუხის კუბიკები; <u>3 თვიანი დავარგება</u> Enoker Brase'boise	Institute oenologique de champagne,	8,1	0,66
4 <sup>1</sup>	საშუალო გამოწვის მუხის კუბიკები; <u>6 თვიანი დავარგება</u> Enoker Brase'boise	Institute oenologique de champagne,	7,9	0,79
5	საშუალო გამოწვის ჩიფსი <u>3 თვიანი დავარგება</u> Brase'boise;	Institute oenologique de champagne,	7,68	0,65
5 <sup>1</sup>	საშუალო გამოწვის ჩიფსი <u>6 თვიანი დავარგება</u> Brase'boise;	Institute oenologique de champagne,	7,9	0,81
6	მსუბუქი გამოწვის ჩიფსი <u>3 თვიანი დავარგება</u> Chenessence France light	Tonnellerie de arnac Chenessence France Light	7,79	0,69
6 <sup>1</sup>	მსუბუქი გამოწვის ჩიფსი <u>6 თვიანი დავარგება</u> Chenessence France light	Tonnellerie de arnac Chenessence France Light	7,5	0, 89
7	ძლიერი გამოწვის ჩიფსი <u>3 თვიანი დავარგება</u> Chenessence France fort	Tonnellerie de arnac Chenessence France Light	9,68	0,86
7 <sup>1</sup>	ძლიერი გამოწვის ჩიფსი <u>6 თვიანი დავარგება</u> Chenessence France fort	Tonnellerie de arnac Chenessence France Light	9,25	9,9
8	ყურძნის ტანინების ხსნარი <u>10 მლ/ჰლ-ზე</u> Uvitan	Institute oenologique de champagne.	6,58	0,57
8 <sup>1</sup>	ყურძნის ტანინების ხსნარი <u>15 მლ/ჰლ-ზე</u> Uvitan	Institute oenologique de champagne.	6,21	0,52
9	კვებრაზოსა და ყურძნის ტანინების კომბინირებული ფხვნილი <u>10გ/ჰლ-ზე</u> Tannin SR Terroir	Institute oenologique de champagne.	6,71	0,65
9 <sup>1</sup>	კვებრაზოსა და ყურძნის ტანინების კომბინირებული ფხვნილი <u>15გ/ჰლ-ზე</u> Tannin SR Terroir	Institute oenologique de champagne.	6,36	0,59

1 0	მუხის ტანინი (ფხვნილის სახით) 10 გ/ჰლ-ზე Tanifase Elevage	Institute oenologique de champagne.	7,59	0,64
1 0 <sup>1</sup>	მუხის ტანინი (ფხვნილის სახით) 15 გ/ჰლ-ზე Tanifase Elevage	Institute oenologique de champagne.	7,48	0,6
1 1	მუხის ექსტრაქტი (თხევადი სახით) 200 მგ/ლ-ზე Boise selection;	Boise selection;	7,1	0,69
1 1 <sup>1</sup>	მუხის ექსტრაქტი (თხევადი სახით) 350 მგ/ლ-ზე	Boise selection;	6,87	0,66

საშუალო გამოწვის მუხის კუბიკებზე 6 თვიანი დავარგებით, არ აღინიშნება ფერის ინტენსივობის მკვეთრი კლება და ფერის ტონის მატება, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ არ ხდება ღვინის გაყავისფრება, თუმცა შემდგომი კვლევის საკითხია, თუ რა ტენდენცია გამოიკვეთება უფრო ხანგრძლივი პერიოდით დავარგების შემთხვევაში. ძლიერი გამოწვის ჩიფსზე 6 თვიანი დავარგებისას, ფერის ტონი არასასურველ პარამეტრს უახლოვდება, რაც მკვეთრი გაყავისფრების მანიშნებელია. მსუბუქი და საშუალო გამოწვის ჩიფსის შემთხვევაში ფერის ტონი მუქი წითელის საზღვრებში რჩება 3 თვიანი დავარგებისას, შემდგომ იზრდება.

ფერის პარამეტრებზე დაყრდნობით ნათელია, ყურძნის ტანინების ხსნარი და ყურძნისა და კვებრაჩოს ხისაგან მიღებული ფხვნილის გამოყენება მნიშვნელოვან ზეგავლენას არ ახდენს ფერის პარამეტრებზე. გამოყენებული მუხის ტანინების ფხვნილი და თხევადი ექსტრაქტი ზრდის ფერის ფერის ინტენსივობას, თუმცა არ აუარესებს ფერის ტონს.

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ:

1. მაღალი გამოწვის მუხის ჩიფსზე 3 თვეზე მეტი პერიოდით დავარგებისას, აღინიშნება წითელი ღვინის გაყავისფრების ტენდენცია.
2. საშუალო გამოწვის მუხის კუბების გამოყენება შესაძლებელია 6 თვიანი დავარგებით, ამ დროის პერიოდში ღვინოს არ ახასიათებს გაყავისფრებისაკენ მიდრეკილება.
3. მუხის ჩიფსებზე ღვინის დავარგებისას, მუქი წითელი ფერის შესანარჩუნებლად, დავარგების ოპტიმალური პერიოდ 3 თვეა.
4. ყურძნის თხევადი ექსტრაქტის, ყურძნისა და კვებრაჩოს ხისაგან მიღებული ტანინების გამოყენება მნიშვნელოვან ზეგავლენას არ ახდენს ფერის ინტენსივობასა და ფერის ტონზე.
5. მუხის ტანინის და ფხვნილის გამოყენება მწარმოებლის მიერ რეკომენდირებული დოზით აუმჯობესებს წითელი ღვინის ფერის მაჩვენებელ პარამეტრებს.

#### ლიტერატურა

1. Michael J. Leonardelli. Oak chips and barrels. //Enology News & Notes, Columbia, 2011, Vol. 1, #3, pp.13-16.
2. Instruction Manual HI 83742 COLOR & PHENOLS ISM for wine analysis. Australia, 2014, pp. 14. [http://www.hannainst.com.au/learn\\_more/c:HI+83742](http://www.hannainst.com.au/learn_more/c:HI+83742).
3. Kennedy, J.A., C. Saucier, and Y. Glories. Grape and wine phenolics: History and perspective. //Am. J. Enol. Vitic, 2006, 57(3): 239-248.
4. Boulton, R. The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: A critical review. //Am. J. Enol. Vitic, 2001, 52(2): 67-87.
5. Springer, L.F. and G.L. Sacks. Protein-precipitable tannin in wines from Vitis vinifera and interspecific hybrid grapes (Vitis spp.): Differences in concentration, extractability, and cell wall binding. //J. Agric. Food Chem., 2014, 62(30):7515-7523.

6. Pérez-Caballero, V., F. Ayala, J.R. Echávarri, and A.I. Negueruela. Proposal for a new standard OIV method for determination of chromatic characteristics of wine. //Am. J. Enol. Vitic, 2003, 54:59-62.
7. Application note. Analytik Jena AG. Publisher: Analytik Jena AG. 2009, p. 4. [http://www.mep.net.au/winelab/WL\\_9/MEP\\_Colour\\_in\\_Wine.pdf](http://www.mep.net.au/winelab/WL_9/MEP_Colour_in_Wine.pdf)

#### **SUMMARY**

#### **THE INFLUENCE OF OAK CHIPS, CUBE, EXTRACT AND TANNIN ON THE COLOR INTENSITY AND HUE OF RED WINE**

**Andguladze S.N., Bazgadze I.G. and Kolova S.M.**

Based on the conducted experiment, the influence of oakbarrel alternatives on the color hue and color intensity of red wine was studied. The red wine was produced from the Saperavi grape variety. Various materials were used during the research: the chips produced by high, medium, heavy roast and without roast; the cubes produced by medium roast; oak and Quebracho tannins powder; liquid extract. Aging was carried out for 3-6 months. Based on the obtained results, the recommendations for application of the used materials were worked out.

**Keywords:** red wine, color intensity, oak chips, extract, tannin.

უნაბის ნაყოფები - ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების წყარო

ბერულავა ი.ო., ნამჩევაძე ც.გ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

კვების მრეწველობის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ამოცანას წარმოადგენს კვების პროდუქტების გამდიდრება ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ ადამიანის ორგანიზმში მრავალი ფიზიოლოგიური პროცესების გაუმჯობესებას.

მიუხედავად იმისა, რომ ველურად მზარდი ხილი და კენკრა წარმოადგენს მრავალი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების წყაროს, დღესდღეობით არასაკმარისად ხდება მათი გამოყენება. ყოველივე ამის გათვალისწინებით კვების პროდუქტების გასამდიდრებლად პერსპექტიულად გვესახება უნაბის (*Zizyphus*) ნაყოფები, რომლებიც ფლობენ ფიზიოლოგიური მოქმედების ფართო სპექტრს. აღმოსავლეთის მედიცინა უნაბს უძველესი დროიდანვე სიცოცხლის ხეს უწოდებს, რადგან ეს მცენარე ჯანმრთელობის ელექსირია. მისი ნაყოფები ბურთისმაგვარია, მოწითალო ან მუქიყავისფერი შეფერილობის მბზინავი გარსით. ნაყოფის მასა სახეობის მიხედვით ცვალებადობს 1-დან 50 გრამამდე. რბილობი გამომშრალი, ოდნავ ფხვიერი და ტკბილია.

ვინაიდან უნაბი წარმოადგენს მრავალი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების წყაროს, ამიტომ ჩვენს მიზანს წარმოადგენდა უნაბის ფხვნილის მიღება და მისი გამოყენება ფუნქციონალური დანიშნულების საკვები პროდუქტების ასორტიმენტის გაფართოების მიზნით. სამუშაოდ გამოყენებული იქნა დასავლეთ საქართველოში გავრცელებული ველურად მზარდი უნაბის ნაყოფები.

უნაბის ფხვნილის მისაღებად ნაყოფებს ვაშრობდით, ვაქუცმაცებდით წისქვილში და ვღებულობდით ფხვნილს როგორც მთლიანი ნაყოფიდან, ასევე ცალკე რბილობიდან და კურკებიდან. ფხვნილი წარმოადგენს ერთგვაროვან ფხვიერ მასას, რომლის შეფერილობა იცვლებოდა ღია-კრემისფერიდან (რბილობიდან მიღებული ფხვნილი) ღია ყავისფერამდე (ფხვნილი მთლიანი ნაყოფიდან).

შემდგომ ეტაპზე მოვახდინეთ მიღებული უნაბის ფხვნილის ლიპიდური კომპლექსის შესწავლა. კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ უნაბის მთლიანი ნაყოფის ფხვნილში ლიპიდების მასური წილი შეადგენს 2,32%, რბილობის ფხვნილში - 1,63%, ხოლო კურკების ფხვნილში - 3,31%, ლიპიდების ყველაზე მეტი რაოდენობა დაფიქსირდა კურკებში.

ცხიმების ბიოლოგიური ეფექტურობის შეფასების მიზნით განვსახლვრეთ ცხიმშეკაური შედგენილობა (ცხრილი 1)

ცხრილი 1. უნაბის ნაყოფების გადამუშავების პროდუქტების ცხიმშეკაური შედგენილობა, %

ძირითადი ცხიმოვანი მჟავები	ფხვნილი		
	მთლიანი ნაყოფიდან	კურკიდან	რბილობიდან
ლაურინის C <sub>12:0</sub>	0,11	0,34	0,29
პალმიტინის C <sub>16:0</sub>	13,35	8,70	32,36
სტეარინის C <sub>18:0</sub>	3,31	2,95	4,62
ოლეინის C <sub>18:1</sub>	25,51	26,39	21,49
ლინოლის C <sub>18:2</sub>	42,03	47,14	27,36
γ-ლინოლენის (w-6)C <sub>18:3</sub>	0,25	0,08	0,28
α-ლინოლენის (w-3)C <sub>18:3</sub>	9,12	10,79	5,44
არაქიდინის C <sub>20:0</sub>	0,80	0,48	1,15

როგორც ცხრილი 1-ის მონაცემებიდან ჩანს, ნაჯერი ცხიმჟავებიდან ნიმუშებში ჭარბობს პალმიტინის მჟავა, რომლის მნიშვნელოვანი რაოდენობა იდენტიფიცირებულია რბილობიდან მიღებულ ფხვნილში. უჯერი ცხიმჟავების მნიშვნელოვანი რაოდენობაა წარმოდგენილი უნაბის მთლიანი ნაყოფებიდან და კურკებიდან მიღებულ ფხვნილში.

კვლევის შემდგომ ეტაპზე შევისწავლეთ მიღებული ფხვნილების ცხიმჟავების ფიზიოლოგიური აქტივობა. ბიოლოგიური ღირებულება კი განვსაზღვრეთ უჯერი ცხიმჟავების შემცველობით. უჯერი ცხიმჟავების საერთო რაოდენობის თანაფარდობას ნაჯერი ცხიმჟავების ჯამთან ეწოდება ცხიმის ხარისხის კოეფიციენტი ( $K_1$ ) ანუ უჯერობის ინდექსი. რაც მეტია ( $K_1$ ), მით მეტია ცხიმში უჯერი ცხიმჟავები და შესაბამისად მაღალია ცხიმის ხარისხობრივი მაჩვენებლებიც. მონაცემები მოცემულია ცხრილში 2.

**ცხრილი 2. უნაბის ნაყოფების გადამუშავების პროდუქტების ცხიმის ხარისხობრივი მაჩვენებელი**

ხარისხობრივი მაჩვენებელი	უნაბის ფხვნილი		
	მთლიანი ნაყოფიდან	კურკიდან	რბილობიდან
<p>უჯერობის ინდექსი</p> $K_1 = \frac{\sum \text{უჯერიცხიმჟავები}}{\sum \text{ნაჯერიცხიმჟავები}}$	4,63	6,24	1,49
<p>ფიზიოლოგიური აქტივობის მაჩვენებელი</p> $K_1 = \frac{\sum \text{ოლეინისმჟავა}}{\sum \text{ლინოლისმჟავა}}$	0,60	0,55	0,78

უჯერი ცხიმჟავების ჯამი პრაქტიკულად არის ოლეინის და ლინოლის მჟავების ჯამი. ისინი ერთმანეთისგან განსხვავდება უჯერობის ხარისხით, ე.ი. ბიოპოტენციალით. ამ მჟავების თანაფარდობა შეიძლება გამოყენებული იქნას, როგორც დამატებითი კოეფიციენტი ( $K_2$ ). რაც მეტია ლინოლის მჟავა, მით მაღალია ცხიმის ბიოლოგიური სრულფასოვნება. ( $K_2$ ) ითვლება ცხიმის ფიზიოლოგიური აქტიურობის მახასიათებლად.

მიღებული მონაცემების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ უნაბის ნაყოფების ფხვნილი წარმოადგენს ზოგიერთი ბიოლოგიურად აქტიური კომპონენტების წყაროს და შეიძლება გამოყენებული იქნას პროფილაქტიკური დანიშნულების კვების პროდუქტების წარმოებაში, როგორც ფუნქციონალური დანამატი.

**ლიტერატურა**

1. Силагадзе М. А. Берилава И. О. Характеристика сортов ореха (фундука) по индексу ненасыщенности и показателю физиологической активности. //Масложировые продукты, 2009, №2, с. 34.
2. Дралина Н.М. Потенциальные возможности использования плодов унаби в качестве биологически активных веществ. /Сборник материалов конференции «Технологии и продукты здорового питания». 2012, с. 118.

**SUMMARY**

**JUJUBES - A SOURCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES**

**Berulava I.O. and Namchevadze Ts.V.**

**Akaki Tsereteli State University, Kutaisi**

Jujubes are a rich source of biologically active substances. Thus, the work was directed to the production of powder from jujubes and its use in functional foods. The lipid complex of the jujubes was studied, their biological significance and physiological activity was assessed.

**Keywords:** jujubes, biological active substances, lipids, physiological activity.

ფენოლოური ნაერთებით მდიდარი არატრადიციული ნედლეული ბალეტის წარმოებაში

ყიფიანი ა.ვ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

კვების სფეროში სახელმწიფო პოლიტიკის მიზანს მოსახლეობის ჯანმრთელობის განმტკიცება და შენარჩუნება, არასრულფასოვანი და არაბალანსირებული კვებით განპირობებული დაავადებათა პროფილაქტიკა წარმოადგენს. ჯანსაღი კვების პროდუქტებით მოსახლეობის დაკმაყოფილება შესაძლებელია მაღალი კვებითი ღირებულებისა და ფუნქციონალური დანიშნულების პროდუქტების ასორტიმენტის გაფართოებითა და მათი ინოვაციური ტექნოლოგიების შემუშავებით [1,2]

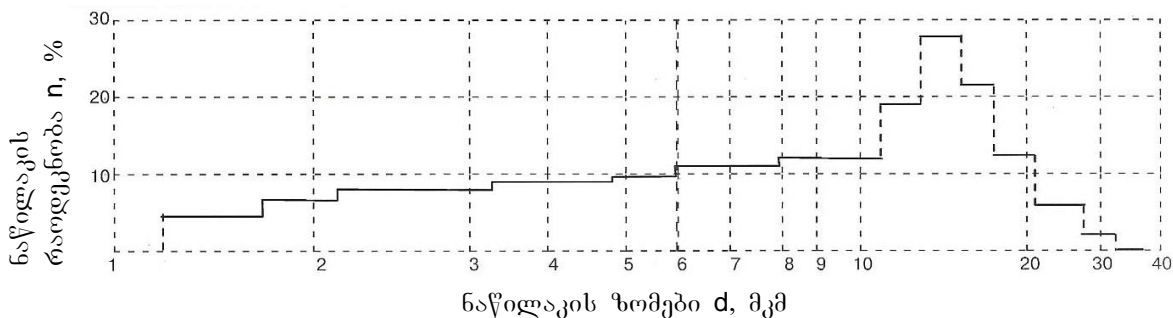
ფქვილოვანი საკონდიტრო ნაწარმი მოსახლეობის მხრიდან ყოველდღიური საყოველთაო მოხმარებით გამოირჩევა, ამიტომ მოსახლეობის უზრუნველყოფა მაღალხარისხოვანი სამკურნალო-პროფილაქტიკური თვისებების მქონე კვების პროდუქტებით მეტად აქტუალურია.

ფქვილოვანი საკონდიტრო ნაწარმის ხარისხის, ბიოლოგიური ღირებულებისა და გემოვნებითი ღირსების ამაღლება შესაძლებელია არატრადიციული მცენარეული ნედლეულის ფართო გამოყენებით. აღნიშნული თვალსაზრისით განსაკუთრებით ყურადსაღებია ველურად მზარდი ნაყოფები და კენკრა (ქაცვი, მოცვი, კუნელი, მაცვალი და სხვა), რომლებიც ბიოფლაგონიდების ფასეულ წყაროს წარმოადგენენ. ისინი პროდუქტს ანიჭებენ დიეტურ თვისებებს, აძლიერებენ ორგანიზმის იმუნიტეტსა და ანტიოქსიდანტური პროცესების აქტივობას, იწვევენ სისხლძარღვთა კაპილარების კედლების სიმტკიცის გაზრდას და შეღწევადობის შემცირებას [2,3].

აღნიშნულიდან გამომდინარე, მიზნად დავისახეთ ფუნქციონალური დანიშნულების ფქვილოვანი საკონდიტრო ნაწარმის კერძოდ, გალეტის რეცეპტურისა და ტექნოლოგიის შემუშავება, ველურად მზარდი კენკრის გამოყენებით.

ჩვენს მიერ გამოკვლეულ იქნა წყალტუბოს რაიონში გავრცელებული შავი კუნელი (*Crataegus L.*), რომლის ნაყოფი გამოირჩევა ფენოლოური ნაერთების მნიშვნელოვანი შემცველობით (5843 მგ%, რომელთა 80% ფლაგონოლებია), ხოლო ანტოციანების შემცველობა 1985,6 მგ%. რაც შეეხება ნახშირწყლები წარმოადგენილია მონოსაქარიდებით, უჯრედისით, სახამებლითა და პექტინოვანი ნივთიერებებით.

რამდენადაც აღნიშნული არატრადიციული ნედლეული სეზონურია, მისი შენახვის მიზნით კუნელის ნაყოფებიდან მიღებულ იქნა ფხვნილი ნაყოფების ბლანშირებით, ქსოვილების დარბილებისა და შეღწევადობის უზრუნველსაყოფად, შემდგომი გადრეხვით, 55-60<sup>0</sup>-ზე შრობით 8% ტენიანობამდე და დაქუცმაცვით, მცენარეული ქსოვილების მყარი სტრუქტურის რღვევისა და ამორფული ფრაქციის გაზრდის მიზნით.



ნაწილაკების განაწილების ჰისტოგრამა



ფხვნილის ნაწილაკების რიცხვისა ( $n_1$ ) და ნაწილაკების ზომების ( $d_1$ ) შეფასებისათვის გამოყენებულ იქნა კაულტერის მრიცხველზე მიღებული, ნაწილაკების განაწილების ჰისტოგრამის მონაცემები (ნახაზი). დადგენილ იქნა, რომ 10-25 მკმ ზომის ნაწილაკების რაოდენობა არ აღემატება 30%.

მიღებული ფხვნილი ერთგვაროვანი ფხვიერი მასაა, შეფერილობით ღია ყავისფერიდან ყავისფერამდე, მონოსაქარიდების გაზრდილი რაოდენობით, რაც აიხსნება შრობისას სახამებლის, ანტოციანებისა და ფლავონოლების ინტენსიური დაშლით. აღნიშნული დაბალმოლეკულური, წყალში ხსნადი ნაერთები ე.წ. პლასტიფიკატორები გავლენას ახდენენ ცომის სტრუქტურის ჩამოყალიბებასა და ნაწარმის გაჯირჯვების უნარზე. ფხვნილის გემო სუსტ მჟავაა, შრობისას ორგანული მჟავების კონცენტრაციის შემცირების გამო.

შემუშავებულ იქნა ახალი ნაწარმის - გალეტის („სიახლე“) რეცეპტურა და მომზადების ტექნოლოგია. ცომი მომზადდა აფარზე, სადაც კუნელის ფხვნილის (ფქვილის მასის 7%) ნაწილი ემატება აფარში საფუვრების აქტივაციის სტადიაზე, სადაც საკვები არის გამდიდრებით ჩქარდება საფუვრის უჯრედების გამრავლება, ხოლო ნაწილი უშუალოდ ცომის მოხელისას რეცეპტურულ ნარევთან ერთად.

კუნელის ნაყოფის ფხვნილის გავლენა გალეტის ცომის თვისებებსა და ნამცხვრის ხარისხზე მოცემულია ცხრილში.

მაჩვენებლები	გალეტი	
	კონტროლი რეცეპტურა №07	7% კუნელის ფხვნილით
ც ო მ ი		
ტენიანობა, %	30,5	30,2
ტემპერატურა, °C	35-38	35-38
მოხელის ხანგრძლივობა, წთ	45	35
გალეტი „სიახლე“		
ტენიანობა, %	8,2	8,0
ცხობის ხანგრძლივობა, წმ	240	230
გაჯირჯვება, %	134	148
ტუტინობა, გრად.	0,56	0,52
ზედაპირი	გლუვი	გლუვი, ბრწყინვალე
ფორმა	ს წ ო რ ი	
ფერი	ღია ჩალისფერი	მუქჩალისფერი

ამრიგად, კუნელის ფხვნილის გამოყენებით გალეტის მომზადებისას ადგილი აქვს ცომის მომზადების ინტენსიფიკაციას, მაღალი კვებითი ღირსებისა და ათვისების უნარის მქონე ნაწარმის მიღებას. გალეტი „სიახლე“ შეიძლება რეკომენდირებულ იქნას სამკურნალო პროფილაქტიკური კვებისათვის.

**ლიტერატურა**

1. Кошев А.К. Дикорастущие съедобные растения в нашем питании. -М., Пищевая промышленность, 1980.
2. Сухих Т.Н. Фруктовые ингредиенты для кондитерских изделий. //Кондитерское производство, 2007, №3, сс.16-17.
3. Рецептуры на печенье, галеты, вафли. –Москва, Пищевая промышленность, 1969, 345 с.

**SUMMARY**

**NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS IN THE PRODUCTION OF SHIP BREADS**

**Kipiani A.V.**

**Akaki Tsereteli State University, Kutaisi**

The paper describes the use of blackthorn powder rich in phenolic substances in the production of dry baked products, such as ship bread. The thorn powder, in the amount of 7%, was added when preparing dough, partially at the stage of sponge-yeasts activation, and partially directly during dough kneading together with a recipe mixture. It was revealed that by using the thorn powder, it is possible not only to improve the technological process, but also to obtain the products of a high biological value for medicinal and prophylactic food purposes.

**Keywords:** ship bread, nontraditional raw materials, black thorn powder, biological value.

ნატურალური ბიოლოგიურად აქტიური საკვები დანამატები  
ბავშვთა კვების პროდუქტებისათვის

ქარჩავა მ.ს., ბერულავა ი.ო., ჯინჯოლია მ.შ., ჯინჯოლია შ.რ.,  
ერგემლიძე თ.დ., კინწურაშვილი ნ.ჯ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

ორგანიზმისათვის საჭირო ყველა შეუცვლელი მაკრო- და მიკრონუტრიენტებით ბალანსირებული, ეკოლოგიურად სუფთა რაციონი ბავშვთა ჯანსაღი, სრულფასოვანი, სწორად ორგანიზებული კვების საფუძველს წარმოადგენს. თანამედროვე ეკოლოგიურ პირობებში თავისი ქიმიური შედგენილობით „არასრულფასოვანი“ ნედლეულის გამოყენებისა და მრავალ სხვა მიზეზთა გამო ბავშვის ორგანიზმი ვერღელბობს შეუცვლელი ნუტრიენტების საჭირო რაოდენობას. ამ დეფიციტის აღმოფხვრის ყველაზე რეალური გზაა ნატურალური ბიოლოგიურად აქტიური დანამატებით გამდიდრებული საკვები პროდუქტების სისტემატური ჩართვა ბავშვთა კვების რაციონში.

ნატურალური ბიოლოგიურად აქტიური დანამატები ძირითადი მცენარეული ნედლეულიდან მიღებული ბიოლოგიურად და ფიზიოლოგიურად აქტიური ინგრედიენტებია ცნობილი ფიზიკო-ქიმიური მახასიათებლებით და მეცნიერულად დასაბუთებული სასარგებლო თვისებებით, რომლებიც განკუთვნილია საკვებ პროდუქტებში ან მათთან ერთად გამოსაყენებლად - რაციონში შეუცვლელი, ესენციალური, მაკრო- და მიკრონუტრიენტების (შეუცვლელი ამინომჟავების, უჯერი ცხიმოვანი მჟავების, მოუნელებადი ნახშირწყლების, წყალში და ცხიმში ხსნადი ვიტამინების, მაკრო, მიკრო და ულტრამიკროელემენტების და სხვა მინორული ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების) დეფიციტის შესავსებლად [1].

ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებით გამდიდრებული ახალი თაობის, თვისობრივად ახალი პროდუქტების წარმოება კვების მრეწველობის განვითარების ახალი საფეხური და მსოფლიოში კვების მრეწველობის პრიორიტეტული მიმართულებაა.

ბიოლოგიურად აქტიური დანამატების გამოყენებით საკვები პროდუქტები დამატებით ფუნქციებს იძენენ. ფუნქციონალურ პროდუქტებს შეუძლიათ ადამიანის ორგანიზმში მეტაბოლური პროცესის მოდიფიცირება. ისინი თამაშობენ მნიშვნელოვან როლს დაავადებათა დიდი ჯგუფის პრევენციაში. ბავშვთა კვებაში პროფილაქტიკური დანიშნულებით გამოყენების თვალსაზრისით ბიოლოგიურად აქტიური დანამატებიდან განსაკუთრებით აქტუალურია ნუტრიცევტიკებისა და პარაფარმაცევტიკების გამოყენება [2]. ნუტრიცევტიკები ბიოლოგიურად აქტიური დანამატებია, რომელთა ძირითადი ფუნქციაა საკვების ქიმიური შედგენილობის კორექცია. ისინი - ცილების, ამინომჟავების, ცხიმების, ნახშირწყლების, ვიტამინების, მინერალური ნივთიერებებისა და საკვები ბოჭკოების დამატებითი წყაროს წარმოადგენენ ორგანიზმისათვის. ნუტრიცევტიკების შემადგენლობაში შედის საკვების ბუნებრივი კომპონენტები, რომელთა ფიზიოლოგიური მოთხოვნის ნორმები და ბიოლოგიური როლი ორგანიზმში უკვე ცნობილია. მათი გამოყენების საბოლოო მიზანი ესენციალური საკვები ნივთიერებების დეფიციტის ლიკვიდაცია, ჯანმრთელი ადამიანის კვების ოპტიმიზაცია - ასაკის, სქესის, გენეტიკურად პროგრამირებული თავისებურებებისა და ბიორითმის გათვალისწინებით, ავადმყოფი ადამიანის მოთხოვნების დაკმაყოფილება საკვებ ნივთიერებებზე, ორგანიზმის არასპეციფიკური რეზისტენტობის ამადლება, ზოგადად კვების სტატუსის კორექცია და ჯანმრთელობის შენარჩუნება. პარაფარმაცევტიკები - ბიოლოგიურად აქტიური დანამატებია, რომელთა ფუნქციაა ორგანიზმისა და ორგანოთა სისტემების ფუნქციური აქტივობის რეგულაცია ფიზიოლოგიურ საზღვრებში, ადაპტოგენური ეფექტის უზრუნველყოფა, ნერვული სისტემის რეგულაცია, დაავადებათა პროფილაქტიკა და დამხმარე თერაპია.

თანამედროვე პირობებში განსაკუთრებით აქტუალურია ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა ბუნებრივი წყაროებიდან ნატურალური ბიოლოგიურად აქტიური ინგრედიენტების მიღება და მათი ფართოდ გამოყენება სასურსათო ტექნოლოგიებში.

ნატურალური ბიოლოგიურად აქტიური ინგრედიენტების მისაღებად შეუცვლელი ნედლეულია საქართველოს მდიდარი, ჯერ კიდევ ბოლომდე შეუსწავლელი და გამოუყენებელი მცენარეული ნედლეული - (კულტურული და ველურად მზარდი მცენარეები, სამკურნალო მცენარეები) [3] და საქართველოს მინერალური წყლები. ისინი წარმოადგენენ ვიტამინების, ფერმენტების, ორგანული მჟავების, პექტინოვანი ნივთიერებების, საკვები ბოჭკოების, ბუნებრივი ანტიოქსიდანტების - ფლავონოიდების, ბუნებრივი ანტიბიოტიკების, ანტიკანცეროგენული გულკოზილონატების და სხვა მინორული ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების წყაროს, ხოლო საქართველოს მინერალური წყლები მაკრო-, მიკრო და ულტრამიკროელემენტების ადვილადშეთვისებადი კომპლექსის უნიკალურ წყაროს ორგანიზმისათვის.

ჩვენს მიერ დამუშავებულია ასკილის ფქვილით გამდიდრებული ხილის (ვაშლისა და ციტრუსის) საკვები ბოჭკოებისა და ვიტამინშემცველი ფქვილების, ფეიჰოას იოდშემცველი ფქვილისა და მათი გამოყენებით დაბალგლიკემიური, ვიტამინების მაღალი შემცველობის მქონე ფუნქციონალური საკონდიტრო ნაწარმის (კრეკერი, თაფლაკვერა, კექსი, ნამცხვარი) ტექნოლოგიები ბავშვთა კვებისათვის. ფეიჰოას, ვაშლისა და ციტრუსის ფქვილისა და საკვები ბოჭკოების მისაღებად ვიყენებით ვაშლისა და ციტრუსის ნაყოფებს და გამონაწნეხებს და ფეიჰოას მხოლოდ ნაყოფს. ფეიჰოას ნაყოფისაგან მიღებულია მხოლოდ ხილის ფქვილი (ფეიჰოას იოდშემცველი ფქვილი), ხოლო ვაშლისა და ციტრუსის გამონაწნეხებიდან კი როგორც ხილის ფქვილი, ასევე საკვები ბოჭკოები (ვაშლისა და ციტრუსის ვიტამინშემცველი ფქვილები და ვაშლისა და ციტრუსის საკვები ბოჭკოები).

ხილის ფქვილების მიღების ტექნოლოგიური პროცესი მოიცავს შესაბამისი ნედლეულის შრობასა და დაფქვას, ხოლო საკვები ბოჭკოების მიღების ტექნოლოგია გამომდინარე იქიდან, რომ საკვები ბოჭკოების, როგორც ბიოლოგიურად და ფიზიოლოგიურად აქტიური საკვები დანამატის „ღირსებას“ განსაზღვრავს მათში ბოჭკოვანი პოლისაქარიდების (მოუნელებადი ნახშირწყლების - ცელულოზას, ჰემიცელულოზებისა და პექტინოვანი ნივთიერებათა) შემცველობის მაღალი დონე, ერთ-ერთ აუცილებელ ეტაპად ითვალისწინებს გამონაწნეხების რეცხვას წყალში ხსნადი ნივთიერებებისაგან (მათ შორის ადვილად მონელებადი ნახშირწყლებისაგან) განთავისუფლებისა და შედეგად მოუნელებადი ნახშირწყლების პროცენტული შემცველობის გაზრდის მიზნით.

საკვები ბოჭკოებისა და განსაკუთრებით ხილის ფქვილის მიღების უმნიშვნელოვანესი ეტაპია ნედლეულის შრობა. პექტინოვანი ნივთიერებათა მაღალი შემცველობისა და წყალთან მათი ბმის მაღალი ენერჯის გამო ხილისა და მათი გამონაწნეხების შრობა მოითხოვს შედარებით მკაცრ პირობებს - მაღალ ტემპერატურასა და ხანგრძლივ დროს, რაც საშრობ მასაში იწვევს არასასურველ ბიოქიმიურ გარდაქმნებს - შაქრების კარამელიზაციას, შაქარ ამინურ-მელანოიდურ რეაქციებს, გემოსა და არომატის განმსაზღვრელი ნივთიერებების ცვლილებას და შედეგად მიღებული პროდუქციის კვებითი ღირებულების გაუარესებას. ამიტომ გასაშრობი ნედლეულის ბიოლოგიური ღირებულების შენარჩუნება ამ პროცესის ძირითადი პრობლემაა.

ფეიჰოას ნაყოფის შრობა ვაშლისა და ციტრუსის გამონაწნეხების შრობასთან შედარებით მოითხოვს შედარებით მკაცრ პირობებს, რაც უდავოდ გამოწვეულია ფეიჰოას ნაყოფში გაცილებით მეტი რაოდენობის და მაღალი მოლეკულური მასის მქონე პექტინოვანი ნივთიერებათა არსებობით. ციტრუსისა და ვაშლის გამონაწნეხების შრობის პარამეტრები თითქმის ანალოგიურია, მათში პექტინოვანი ნივთიერებების თანაბარი შემცველობის და მათი მსგავსი სტრუქტურული მახასიათებლების გამო. ხილის ფქვილების მიღების გაცილებით მკაცრი პირობები ხილის საკვები ბოჭკოების მიღების პირობებთან შედარებით კი მათში მარტივი შაქრების, სახამებლისა და ხსნადი პექტინოვანი ნივთიერებების მეტი შემცველობით აიხსნება, რაც გამოწვეულია ხილის საკვები ბოჭკოებში ნედლეულის რეცხვის პროცესის ჩართვით.

აღნიშნული ექსპერიმენტები ჩვენს მიერ ჩატარებული იყო შრობის კონვექტიური მეთოდების გამოყენებით. აღნიშნული მეთოდის გამოყენება ვერ უზრუნველყოფს მიღებული პროდუქტის მაღალ ხარისხს. ამიტომ ვთვლით, რომ საჭიროა და შესაძლებელია ხილის ფქვილისა და საკვები ბოჭკოების მისაღებად შრობის პროცესის სრულყოფა შრობის უფრო ეფექტური და დამზოგავი მეთოდების გამოყენებით. ამ თვალსაზრისით საყოველთაოდაა აღიარებული სუბლიმაციური შრობის უნიკალურობა, რომლის ფართოდ გამოყენება პრაქტიკაში შეზღუდულია გარკვეული ტექნიკური სირთულეებისა და მაღალი ენერგეტიკული დანახარჯების გამო, რაც არ შეიძლება იყოს ბარიერი, როცა საკითხი ბავშვთა კვების სრულფასოვანი პროდუქტების წარმოებას ეხება.

მიღებული ნატურალური ბიოლოგიურად აქტიური დანამატების გამოყენებით ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარდა ბავშვთა კვებისათვის ფქვილოვანი საკონდიტრო ნაწარმის (კრეკერი, თაფლაკვერა, კექსი, ნამცხვარი) საცდელი ცხობები. ექსპერიმენტებში კონტროლად ვიღებდით ტრადიციული რეცეპტურით მომზადებულ შესაბამის ასორტიმენტს, რომელშიც ფქვილის ნაწილს ვანაცვლებდით ასკილის ფქვილით, ფეიჭოს, ვაშლის, ციტრუსის ფქვილებით და მათივე საკვები ბოჭკოებით. მიუხედავად ცხობის პროცესში ვიტამინებისა და მინერალების (იოდის) მნიშვნელოვანი დანაკარგებისა (ვიტამინი C - 50%, ვიტამინი - 15%, იოდი - 80%), მიღებული ნაწარმი ხასიათდება აღნიშნული ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა მაღალი შემცველობით, კერძოდ, ვიტამინ C-ს შემცველობა მერყეობს 25 - 27 მგ%-ს ფარგლებში, ვიტამინის შემცველობა 0,22 - 0,25 მგ%, I-ის შემცველობა 0,06 0,07 მგ, საკვები ბოჭკოების შემცველობა 7 - 9%-ს, რაც მთლიანად შეესაბამება ბიოაქტიური ინგრედიენტებით გამდიდრებული საკვები პროდუქტებისადმი წაყენებულ მოთხოვნას - შეიცავდეს აქტიურ ნივთიერებებს დღიური ნორმის 30-50%-ის ფარგლებში.

#### ლიტერატურა

1. Захарова И.Н., Сугян Н.Г., Дмитриева Ю.А. Дефицит микронутриентов у детей дошкольного возраста. // Вопросы современной педиатрии, Выпуск № 4, т. 13, 2014.
2. Перспективы использования лекарственных растений в качестве биологически активных добавок. // <https://superbotanik.net/referati/referaty-po-medicine>
3. მ. ქარჩავა. კვების ქიმია. -ქუთაისი, აწსუ, 2011

#### SUMMARY

##### NATURAL BIOLOGICALLY ACTIVE SUPPLEMENTS FOR CHILDREN'S FOOD

**Karchava M.S., Berulava I.O., Jinjolia M.Sh., Jinjolia Sh.R., Ergemlidze T.D. and Kintsurashvili N.J. Akaki Tsereteli State University, Kutaisi**

The paper deals with the analysis of the positive integral part of dietary supplements for correction of the nutritional status of pre-school children. The results of development of natural biologically active supplements from local vegetable raw materials are discussed.

**Keywords:** natural food supplements, children's food, biologically active substances, vegetable raw materials.

სკოლამდელი ასაკის ბავშვთა კვების პრობლემები საქართველოში

ერგემლიძე თ.დ., კინწურაშვილი ნ.ჯ., ჯინჯოლია მ.შ., ქარჩავა მ.ს., ბერულავა ი.ო.,

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

სკოლამდელი ასაკის ბავშვთა ჰარმონიული ზრდა-განვითარების აუცილებელი პირობაა მათი უზრუნველყოფა მაკრო- და მიკრონუტრიენტებით ბალანსირებული ჯანსაღი კვების რაციონით. ორგანიზმის ნორმალური განვითარებისათვის ადრეულ ასაკში კვების რაციონის ბალანსირება უნდა მოხდეს არა მხოლოდ ცილებით, ცხიმებითა და ნახშირწყლებით, არამედ ამ ასაკში მიმდინარე ინტენსიური მეტაბოლური პროცესების უზრუნველსაყოფად საჭიროა რაციონში ასევე გათვალისწინებული იქნეს ცხოველური ცილების და მცენარეული ცხიმების წილი, როგორც შეუცვლელი ამინომჟავებისა და უჯერი ცხიმოვანი მჟავების წყარო ორგანიზმისათვის; ადვილადმონელებადი ნახშირწყლების გარდა გათვალისწინებული უნდა იქნას მოუნელებადი ნახშირწყლების შემცველობაც, როგორც საკვები ბოჭკოების წყარო ორგანიზმისათვის. რაციონის აუცილებელნაწილს უნდა შეადგენდეს საჭირო რაოდენობითა და თანაფარდობით წყალში და ცხიმში ხსნადი ვიტამინები, მაკრო-, მიკრო- და ულტრამიკროელემენტები და სხვა მინორული ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები. აქტიური ზრდის პერიოდში მოთხოვნა აღნიშნულ ნივთიერებებზე მნიშვნელოვნად იზრდება, რადგან ამ პერიოდში ინტენსიურად ფორმირდება ძვლოვანი და კუნთოვანი სისტემა, ვითარდება ცენტრალური ნერვული და ენდოკრინული სისტემები, ყალიბდება იმუნური სისტემა და სხვა.

მაკრო- და მიკრონუტრიენტებით ბალანსირებული, სწორად ორგანიზებული კვება უზრუნველყოფს არა მხოლოდ ბავშვის ზრდა-განვითარების ნორმალურ ტემპს, არამედ უკვე ზრდასრულ ასაკში ამცირებს ისეთი დაავადებების განვითარების რისკს, როგორცაა ანემია, რაქიტი, ჭარბი წონა, დიაბეტი, ოსტეოპენია, ოსტეოპოროზი, გულსისხლძარღვთა პათოლოგიები, ნეირო-ფსიქოლოგიური დარღვევები, ზოგიერთი სახის სიმსივნური დაავადებები და სხვა.

ჯანსაღ რაციონალურ კვებას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს სკოლამდელი და სასკოლო ასაკის ბავშვებისათვის, რადგან ამ პერიოდში მიმდინარეობს ორგანიზმის ინტენსიური ზრდა და ზრდის პროცესში ახალი პლასტიკური ნივთიერებების ინტენსიურისინთეზი. პლასტიკური ნივთიერებების გარდა აღნიშნული პროცესები მოითხოვს ორგანიზმისათვის საჭირო რაოდენობის ენერგეტიკული (ნახშირწყლები, ცხიმები), რეგულატორული (უჯერი ცხიმოვანი მჟავები, ვიტამინები) და სხვა სასიცოცხლოდ აუცილებელ ესენციალური ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერების უწყვეტ მიწოდებას. ამ ნივთიერებათა ნაკლებობა იწვევს ბავშვის ორგანიზმში ზემოთ აღნიშნული სასიცოცხლო პროცესების შეფერხებას. ამიტომ ბავშვთა კვების ორგანიზება ბალანსირებული კვების პრინციპების შესაბამისად აქტუალური საკითხია და აქვს განსაკუთრებული მნიშვნელობა მომავალი ჯანსაღი საზოგადოების ფორმირებისათვის [1].

ცილების ძირითადი ფუნქციაა უჯრედების და ქსოვილების მშენებლობაში მონაწილეობა, რომელიც აუცილებელია ზრდისა და განვითარებისათვის. ისინი მონაწილეობენ იმუნურ რეაქციებში, შედიან ჰორმონების, ფერმენტების შემადგენლობაში და სხვა. ცილებთანაა დაკავშირებული ორგანიზმში მიმდინარე ყველა სასიცოცხლო პროცესი.

ციმები წარმოადგენენ უჯრედული მემბრანების, ჰორმონების, ფერმენტების აუცილებელ შემადგენელ ელემენტს, მონაწილეობენ თერმორეგულაციის პროცესში. ორგანიზმისათვის ცხიმების მნიშვნელობა ასევე განისაზღვრება ცხიმში ხსნადი ვიტამინების A,D,E,K და სხვა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების - ლიპიდო-ფოსფატიდების (ლექციტინი, კეფალინი), უჯერი ცხიმოვანი მჟავების, სტერინების შემცველობით.

მონელებადი ნახშირწყლები არის ორგანიზმში ენერჯის ძირითადი წყარო. მათი დახმარებით ნარჩუნდება სისხლში შაქრის აუცილებელი კონცენტრაცია, რეგულირდება ცილების და ცხიმების ცვლა. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ორგანიზმისათვის მოუნელებად ნახშირწყლებს - მცენარეული ნედლეულის პოლისაქარიდულ (პექტინოვანი ნივთიერებები, ჰემიცელულოზა, ცელულოზა) კომპლექსს - როგორც საკვებ ბოჭკოებს, რომელთა ძირითადი ფუნქცია საჭმლის მომნელებელი სისტემის ნორმალური ფუნქციონირება (პერესტალტიკა), ტოქსიკურ ნივთიერებების აღსორბირება და გამოტანაა ორგანიზმიდან, რომელთა წილი ნახშირწყლების საერთო რაოდენობის 75%-ს უნდა შეადგენდეს.

ვიტამინები შეუცვლელი საკვები ნივთიერებებია, რომლებიც პრაქტიკულად არ სინთეზირდებიან ორგანიზმში, არ წარმოადგენენ ენერგეტიკულ და საამშენებლო ნივთიერებებს. ისინი ბიოქიმიურ რეაქციათა კატალიზატორებია - სხვადასხვა ენზიმების კოფერმენტებია და არეგულირებენ ორგანიზმში მიმდინარე მრავალრიცხოვან ბიოქიმიურ რეაქციებს, უზრუნველყოფენ ქსოვილთა ზრდასა და რეგენერაციას, იმუნურ რეაქციებს, ორგანიზმის ყველა ორგანოსა და ქსოვილის ნორმალურ ფუნქციონირებას. მონაწილეობენ ცილოვანი, ცხიმოვანი, ნახშირწყლოვანი და მინერალური ცვლის რეგულაციაში. მათი ნაკლებობა იწვევს ამ პროცესების დარღვევას და შესაბამისად სხვადასხვა პათოლოგიების განვითარებას. ზოგიერთი ვიტამინი შეიძლება სინთეზირდეს ორგანიზმში მსგავსი ქიმიური შედგენილობის ორგანული ნაერთებიდან, მაგრამ მათი სინთეზი ორგანიზმში უმნიშვნელოა და ვერ ფარავს მოთხოვნას ამ ნივთიერებებზე; ვიტამინი C (ასკორბინის მჟავა) მონაწილეობს ჟანგვა-აღდგენით პროცესებში და წარმოადგენს ერთ-ერთ აუცილებელ ნივთიერებას, რომელიც არეგულირებს ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის პროცესებს. ვიტამინი B<sub>1</sub> (თიამინი) – ახდენს მარეგულირებელ გავლენას ნერვული სისტემის ფუნქციაზე და კუჭ-ნაწლავის ტრაქტზე. ვიტამინი B<sub>1</sub>-ის ნაკლებობისას ორგანიზმში წარმოიქმნება პიროყურძნისმჟავა და რძემჟავა, რაც იწვევს ნერვული სისტემის ნორმალური მოქმედების დარღვევას, ვითარდება პოლინევრიტი. ვიტამინი B<sub>2</sub> (რიბოფლავინი) – ჟანგვა-აღდგენითი ფერმენტების აუცილებელი კომპონენტია, რომელიც არეგულირებს ნივთიერებათა ცვლას. იგი მონაწილეობს იღებს ასევე ჰემოგლობინის წარმოქმნაში, ამიტომ B<sub>2</sub> ავიტამინოზისას შეიძლება განვითარდეს ანემია. ვიტამინი H (ბიოტინი) – მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ცხიმჟავების ცვლაში. ბიოტინის ნაკლებობა იწვევს სისხლში ქოლესტერინის დონის მომატებას. ვიტამინი B<sub>6</sub> (პირიდოქსინი) – ასრულებს მნიშვნელოვან როლს ცილათა და ცალკეული ამინომჟავების ცვლაში. ვიტამინი B<sub>12</sub> (ციანკობალამინი) დაკავშირებულია აგრეთვე პოლიუჯერი ცხიმჟავების ცვლასთან და არეგულირებს ცხიმოვან ცვლას ორგანიზმში. საკვებში მისი ნაკლებობა ხელს უშლის ზრდის პროცესს, იწვევს კანის დაავადებებს, აზიანებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას, ამცირებს სისხლში ჰემოგლობინის შემცველობას.

კალციუმის მნიშვნელობა ორგანიზმში უნივერსალურია - იგი მონაწილეობს ძვლოვანი ქსოვილის მინერალიზაციაში და ფორმირებაში. იგი ნერვული აღზნებადობისა და კუნთის კუმშვადობის უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია. არეგულირებს სიმპათიკური და პარასიმპათიკური ნერვული სისტემის ტონუსს. ღებულობს მონაწილეობას სისხლის შედედებაში, ენდოკრინული ჯირკვლებისა და გულის მუშაობაში, ააქტიურებს აპოპტოზის პროცესს. ადრეულ ასაკში რაციონში კალციუმის ნაკლებობა აფერხებს ჩონჩხის ნორმალურ განვითარებას. რკინა – შედის სისხლის ერთროციტების ჰემოგლობინის შემადგენლობაში და მისი ნაკლებობა „სისხლნაკლებობას“ იწვევს. მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის მონაცემებით რკინის დეფიციტი პირველ ადგილზეა 38 ყველა ფართოდ გავრცელებულ დაავადებათა შორის და მოიცავს 3 მილიონ ადამიანს დაახლოებით. რკინადეფიციტური ანემია მსოფლიოში ფიქსირდება ბავშვთა 6-40%-ში. რკინის ნაკლებობის პირობებში ბევრ სხვა პრობლემასთან ერთად ფერხდება ბავშვის ფსიქომოტორული განვითარება, რომელსაც შეიძლება შეუქცევადი ხასიათიც ჰქონდეს. სელენი ესენციალური მიკროელემენტია, რომელიც ორგანიზმში 13 სელენოპროტეინის სახითაა წარმოდგენილი. ფერმენტები, რომელთა შემადგენლობაში შედის სელენი ორგანიზმის ანტიოქსიდანტური სისტემის განუყოფელი ნაწილია. მისი ბიოლოგიური როლი

მდგომარეობს ორგანიზმის დაცვაში ოქსიდაციური სტრესისაგან და ინფექციური დაავადებებისაგან. მისი ნაკლებობა იწვევს გულსისხლძარღვთა პათოლოგიებს და ზოგიერთი სახის სიმსივნურ დაავადებას. თუთიის როლი ადამიანის ორგანიზმში არა ნაკლებ მნიშვნელოვანია, ვიდრე რკინისა და სელენისა. იგი ისევე როგორც სელენი ესენციალური ელემენტია და ამ ელემენტის ძირითადი ნაწილი (75%) ისევე როგორც რკინა შედის სისხლის ერთროციტებში. ის წარმოადგენს მრავალი ფერმენტის ძირითად კომპონენტს, შედის მთელი რიგი ჰორმონების შემადგენლობაში, რომლებიც მონაწილეობენ უჯრედთა დიფერენცირებასა და ზრდის პროცესში, ამიტომ მისი ნაკლებობა იწვევს ზრდის შეფერხებას. იოდი – წარმოადგენს რა ფარისებრი ჯირკვლის ჰორმონის – თიროქსინის სტრუქტურულ კომპონენტს განსაზღვრავს პრაქტიკულად ყველა მეტაბოლური პროცესის აქტივობას ორგანიზმში. იგი აუცილებელია ნერვული სისტემის ნორმალური განვითარებისათვის. იოდის ნაკლებობა იწვევს ჰიპოთირეოზს, ჩიყვს, გონებრივ ჩამორჩენას.

სკოლამდელი ასაკის ბავშვთა რაციონალური, ბალანსირებული კვების უზრუნველყოფისათვის პირველ რიგში საჭიროა რეალური კვების სტატუსის ანალიზის საფუძველზე მათი კვების რაციონში საკვებ ნივთიერებათა დეფიციტის გამოვლენა და შემდეგ მისი კორექცია მაკრო- და მიკრონუტრიენტებით ბალანსირებული ფუნქციონალური პროდუქტების ჩართვით რაციონში. აღნიშნული პრობლემა ქვეყნის მასშტაბით შესწავლილი არ არის და ამ მიმართულებით მიღებული ყოველი ახალი შედეგი საინტერესო და მნიშვნელოვანია.

**საკვებ ნივთიერებათა დეფიციტი სკოლამდელი ასაკის ბავშვთა კვების რაციონში**

დასახელება	ფაქტიური მიწოდება დღეში	დღიური ნორმის 75% 3-დან 6 წლამდე ბავშვებისათვის	უზრუნველყოფის დონე, %	მაკრო- და მიკრო-ნუტრიენტების დეფიციტი რაციონში, %
ცილა	42,3	51	82,9	17,1
ცხიმი	68	51	133	-33
ნახშირწყალი	159	204	77,9	22,1
ვიტამინი C	13,7	37,5	36,5	63,5
ვიტამინი A	0,081	0,37	21,9	78,1
ვიტამინი B <sub>1</sub>	1,76	0,67	262,7	-162,7
ვიტამინი B <sub>6</sub>	0,54	0,98	55,5	44,5
ვიტამინი B <sub>9</sub>	0,036	0,15	24	76
ვიტამინი B <sub>12</sub>	0,00067	0,0011	61,04	38,96
Zn	7,43	6	13,8	86,2
Fe	6,54	7,5	87,2	12,8
Ca	218,45	675	32,36	67,6
Se	0,0052	0,04	14,5	85,5
I	0,006	0,05	12	88
საკვები ბოჭკო	8,45	15	56,3	43,7
ენერგეტიკული ღირებულება	1418	1477,5	96	4

ჩვენს მიერ ჩატარებულია დასავლეთ საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის სკოლამდელი ასაკის ბავშვთა კვების რეალური სტატუსის კვლევა, რისთვისაც ჩავატარეთ შერჩეული საბავშვო ბაღების 10-დღიური მენიუს ნუტრიციული შედგენილობის ანალიზი. ბავშვთა კვების რაციონში თეორიულად ვსაზღვრავდით ცილების და მათ შორის ცხოველური ცილების რაოდენობას, ცხიმების და მათ შორის მცენარეული ცხიმების რაოდენობას, მონელებად და მოუნელებად ნახშირწყლებს (საკვებ ბოჭკოებს), წყალში ხსნად (C და B ჯგუფის) ვიტამინებსა და ცხიმში ხსნადი A ვიტამინის, კალციუმის, რკინის, იოდის, თუთიისა და სელენის შემცველობას [2]. გავითვალისწინეთ საკვებ ნივთიერებათა დანაკარგები პროდუქტების თბური დამუშავების დროს და საკვებ ნივთიერებებზე ბავშვის დღიური ნორმის სკოლამდელ

დაწესებულებაში დაკმაყოფილების წილი (75%). დადგენილია დღიური რაციონის ენერგეტიკული ღირებულება. მიღებული შედეგების საფუძველზე დავადგინეთ საკვები მაკრო- და მიკრონუტრიენტებით საკვლევი კონტიგენტის ორგანიზმის რეალური უზრუნველყოფის დონე [3].

კვლევის შედეგად გამოვლენილია დასავლეთ საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის სკოლამდელი ასაკის ბავშვთა კვების რაციონში მაკრო- და მიკრონუტრიენტების უზრუნველყოფის შემდეგი სურათი (ცხრილი):

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, იმერეთის რეგიონის ბავშვთა კვების რაციონში განსაკუთრებით აქტუალურია A, C და B<sub>9</sub> ვიტამინებისა და მინერალების - კალციუმის, სელენის, იოდის, თუთიის შემცველობის კორექტირება.

მსოფლიოს წამყვან სამეცნიერო ცენტრებში ამ მიმართულებით წარმოებული კვლევები ცხადყოფს, რომ საკვებ ნივთიერებათა დეფიციტის აღმოფხვრა რაციონში შეუძლებელია მხოლოდ კვების პროდუქტებში შემავალი საკვები ნივთიერებების, ვიტამინების, მინერალებისა და სხვა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების ხარჯზე. ამ პრობლემის გადაჭრა შესაძლებელია ბავშვთა ყოველდღიურ რაციონში ორგანიზმისათვის აუცილებელი ბიოლოგიურად აქტიური, განსაკუთრებით ლიმიტირებული ნივთიერებებით გამდიდრებული ფუნქციონალური დანიშნულების პროდუქტების ჩართვით, რისთვისაც საჭიროა ეკოლოგიურად სუფთა, ბიოაქტიური ნივთიერებების მაღალი შემცველობის ადგილობრივი ნედლეულის გამოყენებით ბალანსირებული შედგენილობის ახალი თაობის ბავშვთა კვების პროდუქტების ტექნოლოგიების შემუშავება და შესაბამისი წარმოების განვითარება საქართველოში.

#### ლიტერატურა

1. Захарова И. Н., Сугян Н. Г., Дмитриева Ю. А. Дефицит микронутриентов у детей дошкольного возраста. // Вопросы современной педиатрии, Выпуск № 4, т. 13, 2014,
2. Химический состав пищевых продуктов. /Под ред. М. Ф. Нестерина и Л. М. Скурихина. -М.: 1979, 248 с.
3. Рациональное питание для детей до школьного возраста. –Москва, Новые стандарты, 2009.

#### SUMMARY

#### NUTRITION-RELATED PROBLEMS OF PRE-SCHOOL AND SCHOOL CHILDREN IN GEORGIA

Ergemlidze T.D., Kintsurashvili N.J., Jinjolia M.Sh., Karchava M.S. and Berulava I.O.

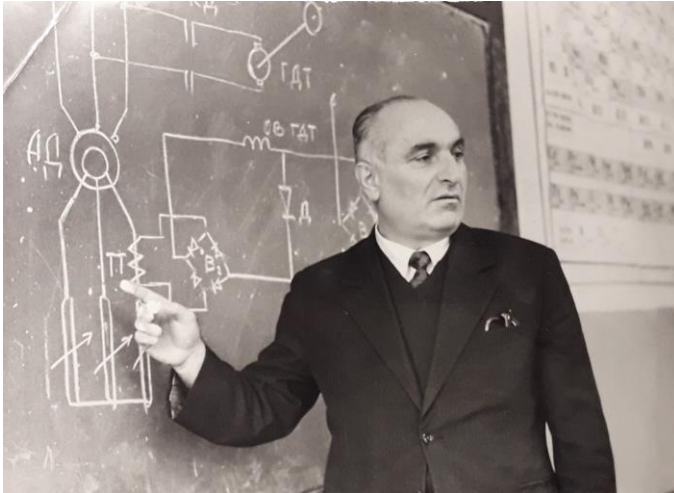
Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The paper discusses the state of the art in the preschool children's nutrition in some regions of Western Georgia. The study is based on the analysis of the ten-day menu. In pre-school children, macro- and micronutrient deficiency was observed: Vitamin a – 78.1%, Vitamin c – 63.5%, Vitamin B6 – 44.5%, Vitamin B9 – 76%, Vitamin B12 – 38.9%, Ca - 67.6%, Se – 85.5%, Zn – 86.2%, I- 88%.

**Keywords:** children's nutrition, analysis, nutrient deficiency.







1973 წელს სამთო ელექტრომექანიკისა და ავტომატიკის კათედრის თანამდებობაზე მან შეცვალა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი, პროფესორი კონსტანტინე ბარამიძე. შემდგომში კათედრასთან შეიქმნა ბაგირგზების დარგობრივი საპრობლემო ლაბორატორია, სადაც შესრულებული იქნა მნიშვნელოვანი კვლევები.

1956 წელს ბატონმა ანზორმა დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია. 1957 წელს მას მიენიჭა დოცენტის, ხოლო 1977 წელს კი პროფესორის წოდება. იგი კათედრას თითქმის 20 წლის განმავლობაში ხელმძღვანელობდა.

პროფესორ ანზორ ფესვიანიძის სამეცნიერო კვლევები ძირითადად ეძღვნება საშახტო ამწევი დანადგარების და ბაგირგზების დაპროექტების და ექსპლუატაციის რაციონალური პარამეტრების დადგენას, სამუხრუჭო სისტემების სრულყოფის და დანადგარების მართვის საკითხებს. კერძოდ, საშუალო და მცირე სიმძლავრის საშახტო ჯალამბრებისა და ბაგირგზების ამძრავისათვის რეგულირებადი ცენტრიდანული მუხრუჭების ორიგინალური კონსტრუქციის დამუშავებას და სახელმძღვანელოს შექმნას საშახტო ამწევი დანადგარების გაანგარიშებისათვის.

განსაკუთრებული აღნიშვნის ღირსია ბატონი ანზორის დამსახურება სასწავლო დისციპლინის „საშახტო ამწევი დანადგარები“ სრულყოფის საქმეში. 1956 წელს მან ქართულ ენაზე გამოსცა დამხმარე სახელმძღვანელო „საშახტო ამწევი მანქანების შერჩევა და გაანგარიშება“, რომელიც პირველი ცდა იყო აღნიშნულ სასწავლო დისციპლინაში სახელმძღვანელოს გამოცემისა საბჭოთა კავშირში. 1963 და 1992 წლებში იგი გადამუშავებული და შევსებული სახით ორჯერ გამოიცა რუსულ ენაზე მოსკოვში და დამტკიცებული იქნა დამხმარე სახელმძღვანელოდ უმაღლესი სასწავლებლების სამთო სპეციალობის სტუდენტებისთვის.

ა. ფესვიანიძე პედაგოგიური და სამეცნიერო მოღვაწეობის პარალელურად მუდამ ეწეოდა ფართო საზოგადოებრივ საქმიანობას. სხვადასხვა დროს იგი გახლდათ უმაღლესი სამთო განათლების საკავშირო სასწავლო-მეთოდური სამმართველოს წევრი, ხელმძღვანელობდა დარგობრივ კომისიებს სამთო-ტექნიკური საზოგადოების გამგეობასა და მეცნიერებისა და ტექნიკის სახელმწიფო კომიტეტში, იყო ტექნიკური უნივერსიტეტის დიდი საბჭოს, სამთო პროფილის სადისერტაციო საბჭოს, სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სასწავლო-მეთოდური კომისიის თავმჯდომარე, ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომების სარედაქციო კოლეგიის წევრი, „სამთო ჟურნალის“ სარედაქციო კოლეგიის წევრი და სხვ.

უმაღლესი ტექნიკური განათლების სისტემაში და სამთო ელექტრომექანიკის დარგში განსაკუთრებული წვლილის შეტანისთვის ბატონი ანზორის დამსახურება შეტანილია „სამთო ელექტრომექანიკის“ ენციკლოპედიაში, რომელიც გამოიცა უკრაინაში 2008 წელს. უმაღლესი ტექნიკური განათლებისა და ახალგაზრდა თაობის

აღზრდის საქმეში შეტანილი მნიშვნელოვანი წვლილისთვის პროფესორი ანზორ ფესვიანიძე დაჯილდოვებულია ღირსების ორდენით.

ბატონი ანზორი 100-ზე მეტი ნაშრომის, მათ შორის 9 გამოგონების, 15 სასწავლო და მეთოდური სახელმძღვანელოს ავტორია. იგი მონაწილეობდა მრავალ სამეცნიერო კონფერენციაში და სიმპოზიუმში.

ბატონი ანზორი გახლდათ უაღრესად გულთბილი, ყურადღებიანი და შრომისმოყვარე ადამიანი, თავისი საქმის და სამშობლოს ჭეშმარიტი პატრიოტი. ბატონი ანზორი შესანიშნავად უკრავდა ფორტეპიანოზე, მან წარჩინებით დაამთავრა ბათუმის ზაქარია ფალიაშვილის სახელობის მუსიკალური ტექნიკუმი.

ბატონი ანზორი საოცრად უხამებდა ერთმანეთს პრინციპულობას და ობიექტურობას. ტაქტიანობა და კომუნიკაბეულობა აძლევდა საშუალებას ადვილად მოექცნა საერთო ენა კოლეგებთან, ხოლო ახალგაზრდებზე ზრუნვამ და დიდმა სიყვარულმა მოუპოვა სამთოელთა მრავალი თაობის საყვარელი მასწავლებლის სახელი, რითაც სამუდამოდ დაიდო ბინა მოწაფეების და კოლეგების გულში.

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ჟურნალის რედაქცია*



საქართველოს ენერგეტიკული დარგის თვალსაჩინო წარმომადგენელი, საქართველოს საინჟინრო აკადემიის წევრი იუზა კაკაბაძე დაიბადა ქ. ქუთაისში 1937 წელს. 1961 წელს საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ენერგეტიკული ფაკულტეტის დამთავრების შემდეგ, მუშაობდა თბილისის ელექტროშემდუღებელ მოწყობილობათა საკავშირო სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში, ქარხანა „ელექტროძრავაში“, საწარმოო გაერთიანება „საქსაშენმასალებში“ ინჟინრად, მთავარ ენერგეტიკოსად, გაშვება-გამორთვის განყოფილების გამგედ.

1974-82 წლებში ბატონი იუზა თბილისის კომუნალური გაერთიანების განყოფილების უფროსი და გაერთიანების უფროსის მოადგილეა. 1982 წლიდან 1988 წლამდე თბილისის საქალაქო საბჭოს აღმასკომის ელექტრონაგებობათა სამმართველოს (თელასის) დირექტორია.

1988 წლიდან ბატონი იუზა მუშაობას იწყებს საქართველოს ენერგოსისტემის ელექტროგადამცემ ნაგებობათა საწარმოში. შემდგომ სააქციო საზოგადოება „ელექტროგადამცემაში“ გამანაწილებელი ქსელების სამსახურის უფროსად, სადაც უდიდესი სამუშაოები განახორციელა გამანაწილებელი ქსელების ავტომატიზაციისა და საიმედოობის ასამაღლებლად.

ბატონი იუზას ღრმა განსწავლულობა, საქმის სიყვარული და ცოდნა, მეგობრებისა და მოყვასისადმი პატივისცემის დიდი უნარი მას ხდიდა გამორჩეულ პიროვნებად. თავისი პროფესიონალიზმითა და სულისკვეთებით ბატონმა იუზამ დიდი სარგებლობა მოუტანა თავის კოლეგებს.

იუზა კაკაბაძე სამუდამოდ დარჩება მესსიერებაში, როგორც თავმდაბალი, მართალი, გონიერი ადამიანი.

საქართველოს საინჟინრო აკადემია  
ჟურნალ „საქართველოს საინჟინრო სიახლენის“ რედაქცია

