



აკაკი წერეთლის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

AKAKI TSERETELI STATE UNIVERSITY

III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია

**ენერჯეტიკა:
რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები**

3rd International Scientific Conference

**ENERGY:
REGIONAL PROBLEMS AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES**

მოხსენებების კრებული

PROCEEDINGS

24.10.2015 - 25.10.2015

ქუთაისი, საქართველო
KUTAISI, GEORGIA



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სამეცნიერო კომიტეტი

არაბიძე გ.(პროფესორი, საქართველო), არველაძე რ. (პროფესორი, საქართველო),
 ბერიძე ჯ.(პროფესორი,საქართველო), გოგიაშვილი ფ. (პროფესორი, საქართველო),
 ზივზივაძე თ. (პროფესორი, საქართველო), კიკვიძე თ. (პროფესორი, საქართველო),
 კუპატაძე თ. (პროფესორი, საქართველო), ლომიძე ი. (პროფესორი, საქართველო),
 მასარაძე გ. (პროფესორი, საქართველო), ნაჭყებია შ.(პროფესორი, საქართველო),
 ნეჟადი ჰ. (პროფესორი, აშშ), პიჟოვი ვ. (პროფესორი, უკრაინა),
 სამსონია ნ. (პროფესორი, საქართველო), უღრელიძე ნ. (პროფესორი, საქართველო),
 ჩომახიძე დ. (პროფესორი, საქართველო), ხუნწარია ჯ. (პროფესორი, საქართველო)

SCIENTIFIC COMMITTEE

Arabidze G. (Professor, Georgia), **Arveladze R.** (Profesoor, Georgia),
Beridze J. (Professor, Georgia), **Chomakhidze D.**(Professor, Georgia),
Gogiashvili P.(Professor, Georgia), **Zivzivadze O.** (Professor, Georgia),
Kikvidze O. (Professor, Georgia), **Khuntsaria J.** (Professor, Georgia),
Kupatadze T. (Professor, Georgia), **Lomidze I.** (Professor, Georgia),
Makharadze G. (Professor, Georgia), **Nachkebia Sh.** (Professor, Georgia),
Nezhad H. (Professor, USA), **Pyzhov V.** (Professor, Ukraine),
Samsonia N. (Professor, Georgia), **Ugreliдзе N.** (Professor, Georgia)



სარგბანიზაციო კომიტეტი

არაბიძე გ., ზივზივაძე თ., გოგიაშვილი ფ.,
 ცხაკაია ქ., ზივზივაძე ლ.

ORGANIZING COMMITTEE

Arabidze G., Zivzivadze O., Gogiashvili F.,
 Tskhakaia K., Zivzivadze L.



1

ელექტროენერგეტიკული მრეწველობის ტექნოლოგია POWER INDUSTRY TECHNOLOGIES





III სავიზუალური სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE





III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



**ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვის
 ფიზიკური მოდელის დამუშავება**

ჯუნაშვილი ბ., ძოგალა მ. პეტროსიანი ა., შამგრიანი ნ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ელექტრომომარაგების სისტემების საიმედოობის ამდლებისა და ენერგეტიკული მანვენებლავის გაუმჯობესების ერთ-ერთ უმთავრეს პირობას ელექტროტექნოლოგიური დანადგარებში მიმდინარე ელექტროდინამიკური პროცესების ღრმა მეცნიერული შესწავლა წარმოადგენს. ამ მიზნით, დამუშავებულია ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვის ფიზიკური მოდელი, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტრომომარაგების სისტემებში მიმდინარე ელექტროდინამიკური პროცესების იმიტაციას: ელექტროტექნოლოგიური დანადგარებისა და კომპლექსების მიერ ელექტრომომარაგების ქსელიდან მოთხოვნილი აქტიური და რეაქტიული დატვირთვის ტექნოლოგიური პროცესის მიხედვით შეცვლას, დატვირთვის ასიმეტრიული რეჟიმების წარმოქმნას და დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯებას, მკვეთრად ცვალებადი (ბიძური) დატვირთვის შექმნას. მოდელი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს საკომპენსაციო რეაქტიული სიმძლავრის მაქსიმალური მნიშვნელობა და რეგულირების გრაფიკი, დატვირთვის ასიმეტრიული რეჟიმების პარამეტრები (პირდაპირი, უკუ და ნულოვანი მიმდევრობის დენების ამპლიტუდები), დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯების შედეგად ქსელში წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი სიხშირის პარამეტრებისა და ძაბვის ციმციმის („ფლიკერის“) მოვლენის პარამეტრები.

შესავალი. სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის კვალდაკვალ, ახალი ტექნოლოგიების დამუშავებისა და მათ საფუძველზე შექმნილი თანამედროვე ელექტროტექნოლოგიური დანადგარებისა და კომპლექსების დანერგვის შედეგად მნიშვნელოვნად გაიზარდა ელექტრომომარაგების ქსელისადმი წაყენებული მოთხოვნები მოწოდებული ელექტრომომარაგების საიმედოობისა და ელექტროენერჯის ხრისხის მიმართ [1]. თავის მხრივ, თანამედროვე ტექნოლოგიური დანადგარების მუშაობის რეჟიმები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს, როგორც ელექტრომომარაგების ქსელის ელემენტებზე, აგრეთვე ქსელში ჩართული ელექტრომიმდების მუშაობის რეჟიმებსა და ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე [2].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ელექტროტექნოლოგიური დანადგარებში მიმდინარე ელექტროდინამიკური პროცესების ღრმა მეცნიერული შესწავლა, ელექტროენერჯის ხრისხის მაჩვენებლების კონტროლი და მონიტორინგი ელექტრომომარაგების სისტემების საიმედოობის ამდლებისა და ენერგეტიკული მანვენებლავის გაუმჯობესების ერთ-ერთ უმთავრეს პირობას წარმოადგენს.

სამუშაოს მიზანი. ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვის ფიზიკური მოდელის დამუშავება, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტრომომარაგების სისტემებში ელექტროტექნოლოგიური დანადგარებისა და კომპლექსების მუშაობის რეჟიმების შედეგად გამოწვეულ პროცესების იმიტირებას ელექტროენერჯის ხრისხის მაჩვენებლებისა და ელექტროენერჯის აღრიცხვის ხელსაწყოების გამოკვლევისათვის.

სტენდის აღწერილობა

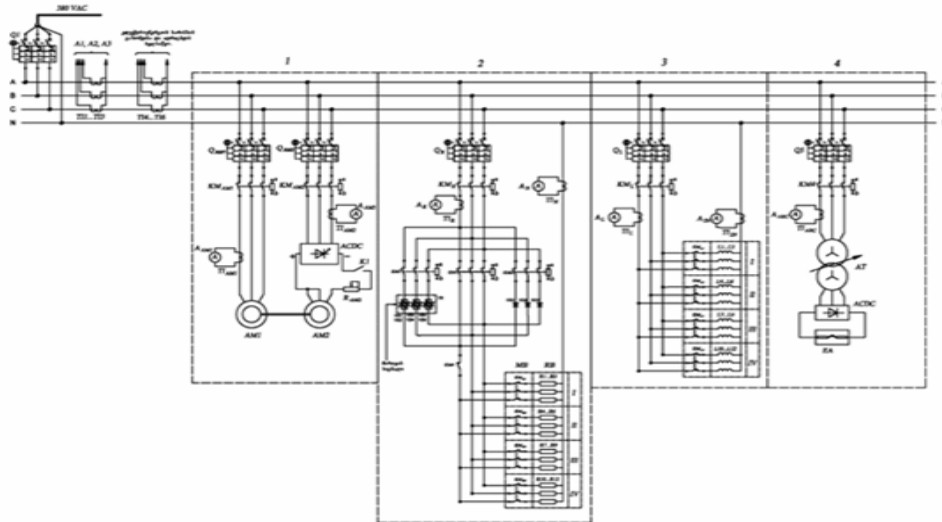
სტენდი შედგება მართვის სისტემისა და სამი უჯრედისაგან:

- 1) ასინქრონული ძრავას უჯრედი;
- 2) აქტიური დატვირთვის უჯრედი;
- 3) რეაქტიული (ინდუქტიური) დატვირთვის უჯრედი;
- 4) ელექტრორკალური დატვირთვის უჯრედი.

ყოველი უჯრედი, დამოუკიდებელი ავტომატური ამომრთველისა და მაგნიტური გამშვის (კონტაქტორის) კომპლექტის საშუალებით მიერთებულია სამფაზა, 380/220 ვოლტ ძაბვის შემკრებ სალტესთან (ნახ.1). სტენდის ქსელთან მისაერთებლად გათვალისწინებულია შემომყვანი უჯრედი, რომელიც აღჭურვილია ავტომატური ამომრთველი-



თა (Q1) და დატვირთვის დენის საკონტროლო დენის ტრანსფორმატორების ორი კომპლექტით. ერთი კომპლექტი (TI1, TI2, TI3) გათვალისწინებულია ვიზუალური დაკვირვების მზომი ხელსაწყოებისათვის (A1, A2, A3), ხოლო მეორე (TI4, TI5, TI6) განკუთვნილია ელექტროენერგიის ხარისხის გაზომვისა და აღრიცხვის ხელსაწყო მისაერთებლად. უჯრედების ცალკეული ელემენტების მართვისა და მანიპულაციის საშუალებით შეიძლება მივიღოთ ელექტრომომარაგების ქსელებში ჩართული ყველაზე უფრო გავრცელებული ელექტროტექნოლოგიურ დანადგარებისა და კომპლექსების მუშაობის პრინციპებსა და რეჟიმზე დაფუძნებული ტიპური დატვირთვის გრაფიკები.



სახ. 1. ავტომატიზაციის სისტემის დატვირთვის ფუნქციონირების სქემა

ასინქრონული ძრავას უჯრედი

უჯრედი მოიცავს ორ ერთმანეთთან მექანიკურად (ქუროს საშუალებით ლილვებით) დაკავშირებულ ასინქრონულ მანქანას (AM1, AM2). ერთი მანქანა (AM1) გათვალისწინებულია ძრავულ რეჟიმში მუშაობისათვის. იგი შემკრებ საღტესთან მიერთებულია ავტომატური ამომრთველისა (Q_{AM1}) და სახაზო კონტაქტორის (KM_{AM1}) საშუალებით. ამავდროულად, დატვირთვის დენის კონტროლისათვის იგი აღჭურვილია ერთ ფაზაში ჩართული დენის ტრანსფორმატორ - ამპერმეტრის კომპლექტით (TI_{AM1}, A_{AM1}). მეორე მანქანა (AM2) გათვალისწინებულია პირველის (AM1) დატვირთვის მომენტის შესაქმნელად და მუშაობს დინამიკური დამუხრუჭების რეჟიმში. შესაბამისად, AM2-ის დინამიკური დამუხრუჭების დენით უზრუნველყოფისათვის გათვალისწინებულია ბოგირული სქემით შესრულებული მართვადი მუდმივი დენის გამმართველი (ACDC), რომელიც გამმართველი შემკრებ საღტესთან მიერთებულია ავტომატური ამომრთველისა (Q_{AM2}) და კონტაქტორის (KM_{AM2}) საშუალებით. დინამიკური დამუხრუჭების დენის კონტროლისათვის გამმართველის ცვლადი დენის წრედში ჩართულია დენის ტრანსფორმატორ-ამპერმეტრის (TI_{AM2}, A_{AM2}) კომპლექტი. სამუხრუჭე დენის რეგულირება ხორციელდება მართვის პულტზე განთავსებული R_{AM2} რეზისტორის საშუალებით.

აქტიური დატვირთვის უჯრედი.

უჯრედი მოიცავს სამფაზა ოთხსაფეხუროვან აქტიურ წინაღობათა ბატარესა (RB) და მანიპულირების ბლოკებს (MB). უჯრედი გამანაწილებელ ფართან მიერთებულია Q_R ავტომატური ამომრთველისა და KM_R კონტაქტორის საშუალებით. აგრეთვე, სიმეტრიული რეჟიმის დატვირთვის დენის კონტროლისათვის გათვალისწინებულია ერთ ფაზაში ჩართული დენის ტრანსფორმატორ-ამპერმეტრის კომპლექტი (TI_R-A_R), ხოლო ასიმეტრიული რეჟიმისათვის ნეიტრალის წრედში ჩართული კომპლექტი (TI_N-A_N).



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



აქტიური წინაღობათა ბატარეის თვითიწილი საფეხურის სექციის სამივე ფაზაში ჩართული წინაღობები ერთნაირია ($R_1=R_2=R_3$, $R_4=R_5=R_6$, $R_7=R_8=R_9$, $R_{10}=R_{11}=R_{12}$), ხოლო სექციების წინაღობები განსხვავებულია და პირველი სექციის წინაღობის ჯერადია ($R_4=2R_1$, $R_7=3R_1$, $R_{10}=4R_1$), რათა განხორციელდეს ჯამური დატვირთვის 10%-იანი ცვლილება. ყოველი საფეხურის კომპლექტი აღჭურვილია დამოუკიდებელი კონტაქტორით (KM_{R1} , KM_{R2} , KM_{R3} , KM_{R4}) და მათი ჩართვა - გამორთვა ხორციელდება, როგორც ხელით (სტუდენტის მიერ) სტენდის მართვის პულტზე გამოტანილი ტუმბლერების (TR_1 , TR_2 , TR_3 , TR_4) საშუალებით, ასევე ავტომატურად - პროგრამირებადი რეჟე ZelioLogic-დან, კონკრეტული ელექტროტექნოლოგიური დანადგარის (კომპლექსის) ტიპური გრაფიკის საფუძველზე შედგენილი პროგრამის მიხედვით. შესაბამისად, სტენდის მართვის სისტემაში გათვალისწინებულია რეჟიმის გადამრთველი ტუმბლერი (TZ), რომელიც განთავსებულია მართვის პულტზე.

აქტიური წინაღობათა ბლოკი შესასვლელით მიერთებულია მანიპულირების ბლოკთან. ამ ბლოკის დანიშნულებაა ასიმეტრიული რეჟიმის შექმნა და დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯება სისტემაში ძაბვის მაღალი სიხშირის ჰარმონიკების წარმოქმნისათვის. ბლოკს შეუძლია ერთდროულად უზრუნველყოს ასიმეტრიული რეჟიმის შექმნა და დატვირთვის დენის ფორმის სხვადასხვა ხარისხით დამახინჯება.

მანიპულირების ბლოკს გააჩნია სამი არხი. პირველი, პირდაპირი ჩართვის არხი, რომელიც წარმოდგენილია KM_1 კონტაქტორის სახით და უზრუნველყოფს წინაღობათა ბლოკის ქსელის ძაბვის პირდაპირ და შეუზღუდავად მიწოდებას. ამ შემთხვევაში დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯებას ადგილი არ აქვს.

მეორე, დიოდების არხი. მასში KM_2 კონტაქტორის ძალურ კონტაქტების შემდეგ, ყოველ ფაზაში, ჩართულია ერთნაირი მიმართულების თითო VD_1 , VD_2 , VD_3 დიოდი. შედეგად, არხი ყოველ ფაზაში დენს ატარებს მხოლოდ ერთი ნახევარპერიოდის განმავლობაში. შედეგად, არხი უზრუნველყოფს დატვირთვის დენის ფორმის 50%-იან დამახინჯებას.

მესამე, ძაბვის ტირისტორული რეგულატორის არხი. იგი შედგება KM_3 კონტაქტორისა და მასთან ჩართული სამფაზა ძაბვის ტირისტორული რეგულატორისგან (TR). იგი დატვირთვის დენის დამახინჯების თვალსაზრისით, ყველაზე უფრო გავრცელებული თანამედროვე ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების ძალოვან წრედებში გამოყენებული გარდამქმნელების ტიპურ ნიმუშს სწარმოადგენს. მათი დატვირთვის დენის დიდ დიაპაზონში ($0-I_{max}$) რეგულირება დაფუძნებულია ტირისტორების გახსნის კუთხის $0-180^\circ$ ფარგლებში ცვლილებაზე. შესაბამისად, მესამე არხი უზრუნველყოფს დატვირთვის დენის $0-100\%$ დიაპაზონში დამახინჯებას.

უჯრედი ასიმეტრიულ რეჟიმს უზრუნველყოფს ერთი ფაზის გამორთვის საშუალებით. ამ მიზნით მანიპულირების ბლოკის გამოსასვლელზე ჩართული KM_4 კონტაქტორის ნორმალურად ჩაკეტილი კონტაქტი.

მაშასადამე, აქტიური დატვირთვის უჯრედის რეჟიმს მანიპულირების ბლოკის KM_1 , KM_2 , KM_3 , KM_4 კონტაქტორების მდგომარეობა განაპირობებს.

რეაქტიული (ინდუქტიური) დატვირთვის უჯრედი.

იგი წარმოადგენს ოთხი სამფაზა, განსხვავებული ინდუქტიური წინაღობის მქონე დროსელისაგან შემდგარ ბატარეას. უჯრედი გამანაწილებელ ფართან მიერთებულია ავტომატური ამომრთველისა და კონტაქტორის საშუალებით. ბატარეის ცალკეული სექციების ყოველ ფაზაში ჩართული ინდუქტიური წინაღობები ($X_{L1}=X_{L2}=X_{L3}$, $X_{L4}=X_{L5}=X_{L6}$, $X_{L7}=X_{L8}=X_{L9}$, $X_{L10}=X_{L11}=X_{L12}$) ერთნაირია. ბლოკში ჩართული ყოველი სექცია აღჭურვილია



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



საკომუტაციო აპარატით (KM_{L1} , KM_{L2} , KM_{L3} , KM_{L4}) და მათი ჩართვა-გამორთვა სრცოვლ-დება, როგორც ხელით (ლაბორანტის მიერ) სტენდის მართვის პულტზე გამოტანილი ტუმბლერების (TL1, TL2, TL3, TL4) საშუალებით, ასევე ავტომატურად - პროგრამირებადი რელე ZelioLogic-დან, კონკრეტული ელექტროტექნოლოგიური დანადგარის ან კომპლექსის ტიპური გრაფიკის საფუძველზე შედგენილი პროგრამის მიხედვით, აქტიური დატვირთვის ბატარეისთან ერთად წგუფურად.

ელექტრული რკალის უჯრედი (კამერა).

ელექტრორკალური დატვირთვის უჯრედი.

უჯრედი შედგება ერთფაზა ორგრაგნილა ძალოვან ტრანსფორმატორის (TA), მასთან, დაბალი ძაბვის მხარეს მიერთებულ ბოგირული სქემით შესრულებულ გამმართველისა (ACDC) და ელექტრორკალურ კამერისაგან (EA). უჯრედი (ძალოვანი ტრანსფორმატორი) ავტომატური ამომრთველისა და კონტაქტორის საშუალებით მიერთებულია გამანაწილებელი ფარის ორ ფაზასთან. დატვირთვის დენის კონტროლისათვის უჯრედი აღჭურვილია ფაზაში ჩართული დენის ტრანსფორმატორ - ამპერმეტრის კომპლექტით (T_{ARC} , A_{ARC}). კამერაში მოთავსებულია მაღალი ტემპერატურული სიმტკიცის ელექტროდებით. ერთი მათგანი ხისტადაა დამაგრებული, ხოლო მეორე მოძრავია და აღჭურვილია გადაადგილების მექანიზმით, რომელიც, მის უძრავ ელექტროდთან შეხების საშუალებით, უზრუნველყოფს მოკლედშერთვის შექმნას და შედეგად რკალის ანთებას. ამასთან ერთად, ელექტროდს გააჩნია სარკალე შუალედის მარეგულირებელი.

დასკვნა. მოდელი უზრუნველყოფს ელექტრომომარაგების სისტემებში მიმდინარე ელექტროდინამიკური პროცესების იმიტაციას. კერძოდ: ელექტროტექნოლოგიური დანადგარებისა და კომპლექსების მიერ ელექტრომომარაგების ქსელიდან მოთხოვნილი აქტიური და რეაქტიული დატვირთვების ტექნოლოგიური პროცესის მიხედვით შეცვლას, დატვირთვის ასიმეტრიული რეჟიმების წარმოქმნას და დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯებას, მკვეთრად ცვალებადი (ბიძგური) დატვირთვების შექმნას. შესაბამისად, იგი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს: საკომპენსაციო რეაქტიული სიმძლავრის მაქსიმალური მნიშვნელობა და რეგულირების გრაფიკი, დატვირთვის ასიმეტრიული რეჟიმების პარამეტრები (პირდაპირი, უკუ და ნულოვანი მიმდევრობის დენების ამპლიტუდები), დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯების შედეგად ქსელში წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი სიხშირის ჰარმონიკებისა და ძაბვის ციმციმის („ფლიკერის“) მოვლენის პარამეტრები.

ლიტერატურა.

1. Руководство по устройству электроустановок. Технические решения Schneider Electric. Москва: ЗАО «Шнейдер Электрик»2009, с. 469.
2. Шеховцев В.П. Электрическое и электромеханическое оборудование. Москва: Форум: Инфра-М.-407 с.

DEVELOPING A PHYSICAL MODEL OF THE ELECTRICAL POWER SYSTEM LOADS.

Chunashvili B., Kobalia M., Petrosyan A., Shampryan N.,

Georgian Technical University.

Summary

One of the main conditions of reliability growth of power supply systems and improving energy characteristics is in-depth scientific study of electro-dynamic processes occurring in the electro-technological equipment. To this end, there has been developed a physical model of the electrical power system loads, which ensures simulation of electro-dynamic processes occurring in the electro-technological equipment: changing of active and reactive powers requested from the power supply network in accordance with technological processes; creation of asymmetrical load conditions and load current distortion; creation of extremely alternating (impulse) loads. The model allows for determining maximum value of reactive power compensation and control chart, asymmetrical load conditions parameters (straight, reverse and zero current amplitudes), and parameters of the voltage high frequency harmonics arisen as a result of load current distortion and voltage rapid voltage change (flicker) phenomenon.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ელექტრული პარამეტრების გაზომვისა და ვიზუალიზაციის სისტემა

იენაიშვილი ლ.შ.*, კაღინაიშვილი მ.მ.*, ჯაბუა მ.ა.**

***საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, **იულისის კვლევითი ცენტრი**

ელექტრული პარამეტრების თანამედროვე მრავალფუნქციური ციფრული გამზომი ხელსაწყოები ვერ უზრუნველყოფენ გაზომილი პარამეტრების აღქმის მაღალ ერგონომიულობას, რომლის ამაღლებისათვის შემოთავაზებულია გაზომილი პარამეტრების დამატებით ანალოგურ ფორმაში წარმოდგენა და ვიზუალიზაცია. შემოთავაზებულია მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა გავაერთიანოთ ანალოგური და ციფრული გამზომი ხელსაწყოების დადებითი მხარეები, ერთის მხრივ, ანალოგური ხელსაწყოებისათვის დამახასიათებელი ინფორმაციის აღქმის მაღალი ერგონომიულობა და, მეორეს მხრივ, ციფრული ხელსაწყოებისათვის – გაზომვის მაღალი სიზუსტე. აღნიშნული მეთოდის რეალიზაციისათვის შემოთავაზებულია გამზომი სისტემების არქიტექტურები, რომლებიც მაღალი ეფექტურობით უზრუნველყოფენ გაზომილი პარამეტრების სტრუქტურულ ზედას და ანალოგური და ციფრული ფორმით ვიზუალიზაციას.

I. შესავალი

ენერგეტიკულ ობიექტზე ტექნოლოგიური პროცესის მართვა სხვა ფაქტორებთან ერთად მნიშვნელოვან დამოკიდებული ელექტრული პარამეტრების გაზომვისა და პერსონალის მიერ აღქმის სიზუსტეზე. დღეისათვის უკვე სადავო არ არის, რომ, განსხვავებით ანალოგური გამზომი ხელსაწყოებისაგან, ციფრული გამზომი ხელსაწყოები გაზომვის სიზუსტეს მეტად უზრუნველყოფენ [1].

ტექნოლოგიური პროცესების ავტომატიზაციაში ფართოდ იყენებენ მულტიფუნქციურ ციფრულ გამზომ ხელსაწყოებს (მფცგხ), რომელთაც შესწევთ უნარი გაზომონ ტექნოლოგიური პროცესის მრავალი პარამეტრი. მფცგხ-ების მრავალფუნქციურობა გამოიხატება მათ ფუნქციურ შესაძლებლობებში გაზომონ და დაამუშაონ ორი და მეტი პარამეტრი. რაც უფრო მეტია ხელსაწყოს ფუნქციური შესაძლებლობები (გაზომილი პარამეტრების რაოდენობა), მით მეტია მისი გამოყენების არეალი და, შესაბამისად, სერიულობაც. მფცგხ-ებს მრავალმილიონიანი ტირაჟით აწარმოებენ ისეთი ცნობილი ფირმები, როგორიცაა Siemens, ABB, Sneider Electric, Lovato, Lumel და მრავალი სხვა.

მომხმარებლისათვის ხელსაწყოს მრავალფუნქციურობას აქვს დადებითი და უარყოფითი მხარეები. დადებითია, რომ ერთი ტიპის რამდენიმე მრავალფუნქციური ხელსაწყო შეიძლება გამოყენებული იქნას სხვადასხვა კონკრეტული პარამეტრის გაზომვისათვის, ასევე ერთი ხელსაწყო – მრავალი პარამეტრის გაზომვისათვის. აგრეთვე უნიფიცირებული ხელსაწყოების გამოყენება ამცირებს საექსპლუატაციო ღირებულებას და გამზომი ხელსაწყოების საერთო ღირებულებას.

II. მრავალფუნქციური ციფრული გამზომი ხელსაწყოები და ერგონომიული პრობლემები

მფცგხ-ს გამოყენების ძირითად უარყოფით მხარეს წარმოადგენს გაზომილი პარამეტრის (-ების) მომხმარებლის მიერ აღქმის სირთულე.

ავტომატიზაციის საშუალებებში მფცგხ-ების გამოყენების ორი გზა არსებობს: SCADA სისტემები და მცირე ავტომატიზაციის შემთხვევაში ავტონომიური გამოყენება კონკრეტული ტექნოლოგიური დანადგარის პარამეტრების კონტროლისათვის. ორივე შემთხვევაში (განსაკუთრებით მეორე შემთხვევაში) საჭირო ხდება მომსახურე პერსონალის მიერ პარამეტრების ადგილობრივად კონტროლი და ხელსაწყოს საწყისი კონფიგურირება. ამრიგად, ტექნოლოგიური პროცესის მიმდინარეობისას და გაწყობისას მომსახურე პერსონალი იმყოფება მულტიფუნქციურ გამზომ ხელსაწყოებთან მუდმივ ინტერაქციაში.

გაზომილი პარამეტრების აღქმისათვის მფცგხ აღჭურვილია ფუნქციური დილაკებით და მცირე ზომის დისპლეით, რაც ვერ უზრუნველყოფს კონკრეტული ტექნოლოგიური პროცესი-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სათვის საჭირო საკონტროლო პარამეტრების ოპერატიულად ამორჩევას მრავალიდან და დისპლეიზე სტრუქტურისებულად ასახვას. მომსახურე პერსონალს, როგორც წესი, კონკრეტული ტექნოლოგიური პროცესისათვის მფცგხ-ს მრავალი ფუნქციიდან ესაჭიროება ერთი ან რამდენიმე, ხოლო ყველა – იშვიათად.

აქედან გამომდინარე:

1. მომსახურე პერსონალი იძულებულია დილაკების გამოყენებით თანმიმდევრულად დაათვალიეროს ხელსაწყოს მიერ გაზომილი პარამეტრები და საჭირო ამოწეროს, რაც დაკავშირებულია დროით დანაკარგებთან და შეცდომებთან, რაც შეიძლება უარყოფითად აისახოს ტექნოლოგიურ პროცესზე;
2. მფცგხ-ს დისპლეის მცირე ზომებიდან გამომდინარე გაძნელებულია მონაცემების ამოკითხვა დისპლეიზე დაშორებული მანძილიდან;
3. პროცესი კიდევ უფრო რთულია, როცა მონაცემების ამოწერა საჭიროა რამდენიმე მულტი-ფუნქციური ხელსაწყოდან;
4. მფცგხ-ების ექსპლუატაცია მოითხოვს პერსონალის მაღალ კვალიფიკაციას და დაკავშირებულია დიდ დროით დანახარჯებთან (ინფორმაციის აღების თვალსაზრისით), რაც მიუღებელია მცირე და საშუალო საწარმოებისათვის.

მრავალფუნქციური ციფრული ხელსაწყოებიდან ინფორმაციის აღქმის, ანუ მომხმარებლის მრავალფუნქციურ ციფრულ ხელსაწყოებთან ინტერაქციის პრობლემა ასახულია მსოფლიოს წამყვანი მეცნიერების შრომებში და განხილულია საერთაშორისო კონფერენციებზე [2-5].

მიუხედავად იმისა, რომ დასმული პრობლემა საკმაოდ კარგადაა შესწავლილი საავიაციო და საავტობილო ინდუსტრიაში (ცნობილია მრავალფუნქციური დისპლეის სახელით), დღესაც აქტუალური რჩება, რადგან არ არსებობს საერთო დანიშნულების მფცგხ-ების გამოყენების ერგონომიულობის ამაღლების მეთოდები.

III. ელექტრული პარამეტრების გაზომვისა და ვიზუალიზაციის სისტემის არქიტექტურა

მფცგხ-ების ერგონომიულობის ამაღლების მიზნით წინამდებარე ნაშრომში შემოთავაზებულია მეთოდი, რომელიც გულისხმობს ტექნოლოგიური პროცესისათვის საჭირო ინფორმაციის წინასწარ სტრუქტურისებას და ექსპლუატაციის პროცესში პროგრამულ-აპარატურული საშუალებებით მის გამოტანას ფართოფორმატიან მონიტორზე.

უპირველეს ყოვლისა უნდა განვიხილოთ ინფორმაციის სტრუქტურისებების ცნება. ენერგეტიკული დანიშნულების მფცგხ-ები განკუთვნილია n (მრავალი ათეული) პარამეტრების სიმრავლის F გაზომვისათვის – $CardF=n$. როგორც წესი, კონკრეტულ ენერგეტიკულ ობიექტზე, კონკრეტული დანიშნულების ტექნოლოგიური პროცესის მართვისათვის არ არის მფცგხ-ის მიერ დიდი სიზუსტით გაზომილი მრავალი n პარამეტრის გამოყენების აუცილებლობა. ამდენად, კონკრეტული ტექნოლოგიური პროცესის მართვისათვის შერჩეული უნდა იქნას მფცგხ-ის მიერ გაზომილი პარამეტრების სიმრავლე F^* , $CardF^*=m$. ჩვეულებრივ $n>m$. ამასთან მფცგხ-ის ეკრანზე აისახება გაზომილი n რაოდენობის პარამეტრიდან k . მფცგხ-ების გამოყენების პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ უმეტესად $m>k$, ხოლო იდეალურ შემთხვევაში $k=m$.

ასევე მნიშვნელოვანია გაზომილი პარამეტრების სიზუსტის დონის შერჩევა და პარამეტრების ვიზუალიზაციისათვის საჭირო ერგონომიკისა და დიზაინის დამუშავება.

მფცგხ-ები გამოირჩევიან გაზომვის დიდი სიზუსტით, რაც მომხმარებლისათვის ნაკლებად აღქმადია. ამიტომ, მიზანშეწონილია გაზომილი პარამეტრები დამრგვალდნენ პრაქტიკაში მიღებულ სიზუსტემდე.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



დღეისათვის ყველაზე მეტად გავრცელებულია მფცხ-ები ინფორმაციის ციფრულ ფორმაში წარმოდგენით, რაც ერგონომიული თვალსაზრისით გამართლებული არ არის. საქმე ის არის, რომ ადამიანისათვის დამახასიათებელია ინფორმაციის ასოციაციური აღქმა, რომლის ეფექტურობას უზრუნველყოფს ინფორმაციის ანალოგურ ფორმატში წარმოდგენა. ამ მიზნით შეიძლება გამოყენებული იქნას ვირტუალური „ისრიანი ხელსაწყოები“ ან ინფორმაციის ბარ-კოდით წარმოდგენა. პარამეტრის ასახვა ანალოგურ ფორმაში ასოციაციურ წარმოდგენას იძლევა გაზომილი პარამეტრის შესახებ და მიახლოებით მიანიშნებს მის დონეზე, ხოლო ციფრულ ფორმაში პარამეტრი აისახება ზუსტი მნიშვნელობით.

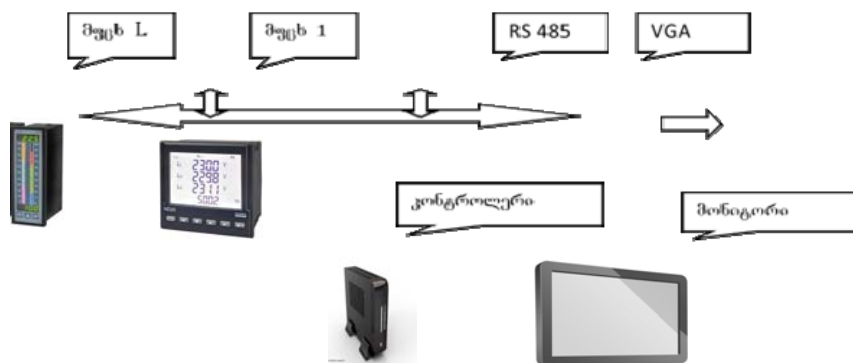
ამდენად, მფცხ-ების მიერ გაზომილი ელექტრული პარამეტრების პერსონალის მიერ აღქმის გაუმჯობესებისათვის საჭიროა:

- მფცხ-ების მიერ გაზომილი ელექტრული პარამეტრების სტრუქტურირება;
- სტრუქტურირებული გაზომილი ელექტრული პარამეტრების ანალოგურ ფორმატში გარდაქმნა;
- ელექტრული პარამეტრების ციფრულ და ანალოგურ ფორმატში ფართომაშტაბიან მონიტორზე გამოტანა;
- მონიტორზე გამოტანილი ელექტრული პარამეტრების გრაფიკული გამოსახულებების ზომების, სიკაშკაშის, კონტრასტულობის და დიზაინის უზრუნველყოფა მათი აღქმის გარემო პირობებიდან გამომდინარე.

აღნიშნული მეთოდი რეალიზდება ციფრული სისტემის ორიგინალური არქიტექტურებით:

- სისტემა, რომელიც განკუთვნილია ელექტრული პარამეტრების გაზომვისა და პარამეტრების გაზომვის ადგილზე ვიზუალიზაციისათვის;
- სისტემა, რომელიც განკუთვნილია ელექტრული პარამეტრების გაზომვისათვის, პარამეტრების გაზომვის ადგილზე ვიზუალიზაციისათვის და გადაცემისათვის, გადაცემული პარამეტრების ვიზუალიზაციისათვის და პარამეტრების მონიტორინგისათვის.

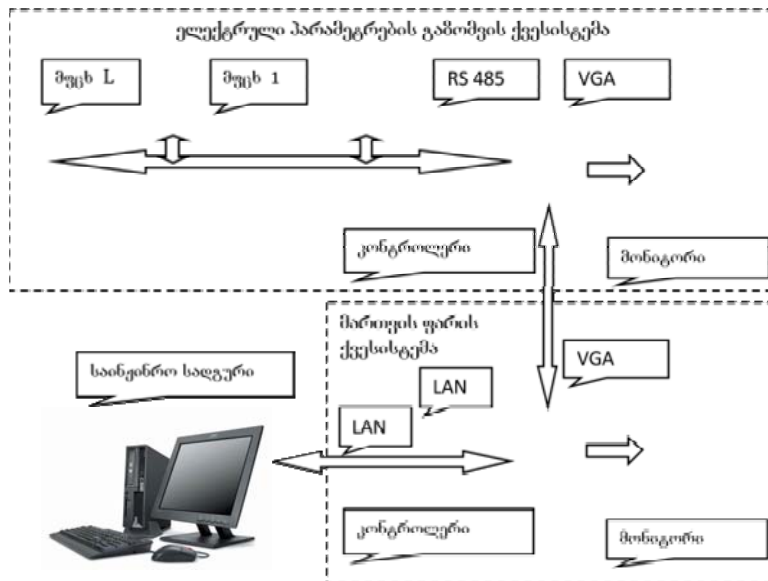
პირველ შემთხვევაში სისტემის არქიტექტურას ექნება ნახ. 1-ზე მოცემული სახე. სისტემა მოიცავს რამდენიმე $I = \overline{I}$ (სამრეწველო ქსელის შემთხვევაში $\max L=32$) მფცხ-ს, კონტროლერს და მონიტორს. კონტროლერის დანიშნულებაა მფცხ-ებიდან მიიღოს m რაოდენობის პარამეტრი და მოამზადოს ეს ინფორმაცია მონიტორზე გამოტანისათვის. ამ მიზნით ის მფცხ-ებს უკავშირდება სამრეწველო ქსელით (აპარატურული ინტერფეისი – RS-485). როგორც კონტროლერის ფუნქციიდან ჩანს, მას პრაქტიკულად უწევს კონსოლური კომპიუტერის ფუნქციის შესრულება. შესაბამისად ის აღჭურვილია ოპერაციული სისტემით.



ნახ. 1. ელექტრული პარამეტრების გაზომვისა და პარამეტრების გაზომვის ადგილზე ვიზუალიზაციის სისტემის არქიტექტურა



ლი სისტემის არსებობა, რომელიც რეალურ დროში მომუშავე SCADA სისტემებისათვის ითვლება არასაიმედოდ. ოპერაციული სისტემების მქონე რეალურ დროში მომუშავე კონტროლერის საიმედოობის ამაღლების მიზნით საჭიროა მის არქიტექტურაში ე.წ. „მოდარაჯე ტაიმერის“ [6] და ელექტრონული HDD დისკის გამოყენება. „მოდარაჯე ტაიმერის“ ძირითადი ფუნქციაა ოპერაციული სისტემის „დაკიდების“ დროს უზრუნველყოს კონტროლერის გადატვირთვა. ცხადია, გადატვირთვის ოპერაცია იჭერს რამდენიმე წმ-ს, რომლის დროსაც მომსახურე პერსონალს შეიძლება მხედველობიდან გამორჩეს SCADA სისტემის მართვის მნიშვნელოვანი მომენტი. ელექტრონული HDD დისკის გამოყენება განპირობებულია მისი საიმედოობით მძიმე საექსპლუატაციო პირობებში.



ნახ. 2. ელექტრონული პარამეტრების გაზომვის და პარამეტრების მართვის მარტივი არქიტექტურა

ნახ.2-ზე მოტანილია სისტემის არქიტექტურა რომელიც განკუთვნილია ელექტრონული პარამეტრების გაზომვისათვის, პარამეტრების გაზომვის ადგილზე ვიზუალიზაციისათვის და გადაცემისათვის, გადაცემული პარამეტრების ვიზუალიზაციისათვის და პარამეტრების მონიტორინგისათვის.

სისტემა შედგება საინჟინრო სადგურისაგან და ორი ქვესისტემისაგან:

- ტექნოლოგიური პროცესის ელექტრონული პარამეტრების გაზომვის ქვესისტემა;
- მართვის ფარის ქვესისტემა.

გაზომვის ქვესისტემის დანიშნულებაა ელექტრონული პარამეტრების გაზომვა, გაზომვის ადგილზე ვიზუალიზაცია და გაზომილი პარამეტრების გადაცემა მართვის ფარის ქვესისტემაში. მართვის ფარის ქვესისტემის დანიშნულებაა გაზომვის ქვესისტემიდან გაზომილი პარამეტრების მიღება, გაზომილი პარამეტრების ვიზუალიზაცია ობიექტის მართვის ფარზე და გაზომილი პარამეტრების გადაცემა საინჟინრო სადგურში. საინჟინრო სადგურის დანიშნულებაა გაზომილი პარამეტრების მიღება მონაცემთა ბაზაში და მათი დამუშავება სხვადასხვა სხვადასხვა ჭრილში კონკრეტული ტექნოლოგიური პროცესების მართვის მოთხოვნებიდან გამომდინარე.

საინჟინრო სადგურის სახით შეიძლება გამოყენებული იქნას პერსონალური კომპიუტერი. გამზომი ქვესისტემა მართვის ფარის ქვესისტემასთან და მართვის ფარის ქვესისტემა საინჟინრო სადგურთან დაკავშირებულია LAN ქსელის საშუალებით. ცხადია, ქვესისტემების



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



კონტროლებისათვის და საინჟინრო სადგურისათვის მოითხოვება სპეციალიზებული პროგრამული საშუალებები.

IV. დასკვნები

ელექტრული პარამეტრების თანამედროვე მფცგვ-ები ვერ უზრუნველყოფენ გაზომილი პარამეტრების აღქმის მაღალ ერგონომიულობას, რომლის ამაღლებისათვის მიზანშეწონილია გაზომილი პარამეტრების დამატებით ანალოგურ ფორმაში წარმოდგენა და ვიზუალიზაცია. შემოთავაზებული მეთოდი საშუალებას იძლევა გავეართიანოთ ანალოგური და ციფრული გამზომი ხელსაწყოების დადებითი მხარეები, ერთის მხრივ, ანალოგური ხელსაწყოებიდან ინფორმაციის აღქმის მაღალი ერგონომიულობა და, მეორეს მხრივ, ციფრული ხელსაწყოებისათვის დამახასიათებელი გაზომვის მაღალი სიზუსტე.

გამზომი სისტემების შემოთავაზებული არქიტექტურები მაღალი ეფექტურობით უზრუნველყოფენ მფცგვ-ების მიერ გაზომილი პარამეტრების სტრუქტურირებას და ანალოგური და ციფრული ფორმით ვიზუალიზაციას.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ. ციფრული ტექნოლოგიების ელექტროენერგეტიკაში გამოყენების გამოცდილება. საერთაშორისო სამეცნიერო-მეთოდური კონფერენცია „ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“, შრომები, ქუთაისი, 2010 წ. 259–264 გვ.
2. McDonald, J., Stone, J., and Liebelt, L. (1983). Searching for items in menus: The effects of organization and type of target. In Proceedings of the Human Factors Society 27th Annual Meeting, 834-837. Santa Monica, CA: HFS
3. Halverson, T., and Hornof, A. J. A computational model of active vision for visual search in human-computer interaction. Human-Computer Interaction 26, 4 (2011), 285–314.
4. MacKenzie, I. S. Fitts' law as a research and design tool in human-computer interaction. Hum.-Comput. Interact. 7, 1 (Mar. 1992), 91–139.
5. Sears, A., and Shneiderman, B. Split menus: effectively using selection frequency to organize menus. ACM Trans. Comput.-Hum. Interact. 1, 1 (Mar. 1994), 27–51.
6. Frank Stajano and Ross Anderson, “The grenade timer: Fortifying the watchdog timer against malicious mobile code,” in Proceedings of 7th International Workshop on Mobile Multimedia Communications (MoMuC 2000), Waseda, Tokyo, Japan, Oct. 2000.

ELECTRICAL PARAMETERS MEASURING AND VISUALIZATION SYSTEM.

Imnaishvili L., Bedineishvili M., Jabua M

Georgian Technical University, Julius Research Centre.

Summary

Contemporary multifunctional digital meters of electric parameters don't provide high ergonomics of perception of measured parameters. To increase the ergonomics are using additional conversion and visualization into analog form. The proposed method combines benefits of analog and digital measuring devices: High ergonomics of information perception typical for analog devices and high measurement accuracy - for digital devices. For realizing this method are proposed architectures of measurement systems, that provide structuring of measured parameters and visualizing into analog and digital form with high efficiency.

**მულტიფუნქციონალური ელექტრომაგნიტური
პარამეტრების კომპლექსური განტოლებები**

საჩიპე ბ., კოხრეიძე ღ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

გამოყენებულია მულტიფუნქციონალური ელექტრომაგნიტური კომპლექსური განტოლებები ტრანსფორმატორის ყველა პარამეტრის გათვალისწინებით. მიღებული განტოლებების საფუძველზე



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ზე შეიძლება ჩატარდეს მოწყობილობის სხვადასხვა რეჟიმის ანალიზი და მისი ოპტიმალური პარამეტრების დადგენა.

ერთბოგიანი გამმართველის მუშაობის რეჟიმის განმეორადობის ინტერვალში შეადგენს 60°. იგი თავის მხრივ შედგება ორი ქვე ინტერვალისგან – არასაკომუტაციო – დენს ატარებს ორი ვენტილი საკომუტაციო ინტერვალისგან – დენს ატარებს სამი ვენტილი. მეორე ქვეინტერვალში წარმოებს დენის კომუტაცია, ერთ ვენტილიდან მეორეში და ერთდროულად ტრანსფორმატორის ერთი ფაზიდან მეორეზე.

ორბოგიანი გარდაქმნელის სქემა შეიძლება შესრულდეს ორ ტრანსფორმატორზე – როდესაც ტრანსფორმატორების პირველი გრაგნილები ჩართულია მკვებავ ქსელზე, ხოლო მეორე გრაგნილები შეერთებულია სამკუთხედად და ვარსკულავად ერთნაირი ხაზური ძაბვით და მიერთებული არიან მიმდევრობით ჩართულ გამმართველ ბოგებთან.

ორბოგიანი გამმართველის შესრულებისას ერთი სამ გრაგნილა ტრანსფორმატორით პირველადი გრაგნილი ჩართულია მკვებავ ქსელზე, ხოლო მეორეული გრაგნილები შეერთებულია სამკუთხედად და ვარსკულავად. ორ ტრანსფორმატორზე შესრულებულ სქემაში ერთ ბოგაში მიმდინარე კომუტაციური პროცესები ნაკლებად მოქმედებს მეორე ბოგაზე.

სამგრაგნილიან ტრანსფორმატორზე ეს გაეგენა მნიშვნელოვანია.

მრავალფაზა ეკვივალენტური საქემების ელექტრომაგნიტური პროცესების ანალიზი წარმოებს კირხოფის კანონებით შედგენილი დიფერენციალური განტოლების საფუძველზე შესაბამისი სასახლვრო პირობების მხდველობაში მიღებით დროის ცალკეულ ინტერვალში. ეს საკმაოდ შრომა ტევადი სამუშაოა თუმცა ეგმ-ის გამოყენება საგრძნობლად ამსუბუქებს გაანგარიშებებს. აღნიშნული განტოლებები შედგენილია ფაზური ცვლადების მიმართ. მათი საშუალებით ანაგრიშობენ ვენტილების დენებსა და ძაბვებს, მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმებში – ერთდროულად ჩართული ვენტილების რაოდენობის ცვლილების მიხედვით.

ელექტრომაგნიტური პროცესების ანალიზისათვის საჭირო განტოლებათა რიცხვის შემცირება შესაძლებელია ცვლადთა კომპლექსური (ვექტორული) გარდაქმნის გამოყენებით. ამ გარდაქმნით ფაზური სიდიდეების ნაცვლად ვლფულობთ დიფერენციალურ განტოლებებს ჯამური ვექტორული სისდიდეების მიმართ. მცირდება განტოლებათა რიცხვი. შებრუნებული გარდაქმნით კი ვიპოვით ფაზური სიდიდეების მყის მნიშვნელობას. ამ მეთოდის საილუსტრაციოდ განვიხილოთ ელექტრომაგნიტური პროცესების განტოლებები ერთბოგიან გამმართველში სამდეროვანი ტრანსფორმატორით.

ტრანსფორმატორის დეროებზე განლაგებულია პირველი და მეორეული სამფაზა გრაგნილები, რომელიც შეერთებულია მკვებავ ქსელთან და ვენტილებთან. გრაგნილებისა და ვენტილების შეერთების სქემებისაგან დამოკიდებულებით დენს შეიძლება ერთდროულად ატარებდეს რამდენიმე ფაზა თითოეულ დეროზე.

გამმართველი წარმოადგენს დისკრეტულად ცვლადი პარამეტრების სისტემას. ამიტომ გარდამავალი რეჟიმი მასში განიხილება დროის მცირე სასრული



ინტერვალების მიხედვით. დროის ამ ინტერვალში გარდამავალ პროცესში მონაწილე ემბ-ები და ელექტრული წრედები უცვლელია.

ტრანსფორმატორის პირველადი და მეორეული გრაგნილების ფაზების ძაბვების ელექტრული წონასწორობის განტოლებებს აქვთ შემდეგი სახე:

$$U_{1k} = R_1 I_{1k} + \frac{d\psi_{1k}}{dt}, \quad (K=1,2,3);$$

$$U_{2k} = R_2 I_{2k} + \frac{d\psi_{2k}}{dt}, \quad (K=1,2,3); \quad (1)$$

$$\psi_{1k} = L_{1s} i_{1k} + \sum_{k=1}^3 M_{kt}^{11} + \sum_{k=1}^3 M_{kt}^{11} i_{2t};$$

$$\psi_{2k} = L_{2s} i_{2k} + \sum_{t=1}^3 M_{kt}^{22} + \sum_{t=1}^3 M_{kt}^{21} i_{1t},$$

სადაც R_1, R_2, L_{1s}, L_{2s} – გრაგნილების ფაზების აქტიური წინაღობები და ფანტვის ინტუქციურობებია; $M_{kt}^{11}, M_{kt}^{12}, M_{kt}^{21}, M_{kt}^{22}$ – გრაგნილების ფაზებს შორის ურთიერთ ინდუქციურობებია. $U_{1k}, U_{2k}, I_{1k}, I_{2k}, \psi_{1k}, \psi_{2k}$ – პირველი და მეორეული გრაგნილების ფაზების ძაბვები, დენები და სრული ნაკადშებებია.

ინდექსებში ციფრები უხვენებენ გრაგნილთა ნომრებს, ხოლო ასოები – შესაბამისი გრაგნილების ფაზების ნომრებს.

სამდეროვან ტრანსფორმატორში ყველა ურთიერთინდუქციურობა შეიძლება წარმოვადგინოთ, როგორც ურთიერთინდუქციურობა ფაზებისა რომლებიც განლაგებულია ერთ ღეროზე და ფაზებისა რომლებიც განლაგებულია სხვადასხვა ღეროებზე. გამმართველში გარდამავალი პროცესების განხილვისას დროის ცალკეულ ინტერვალებში ტრანსფორმატორი იმყოფება გარდამავალ არასიმეტრიულ რეჟიმში, რომლის ხასიათი იცვლება რეგულირებისა და კომუტაციის კუთხეების მიხედვით. პროცესი დამყარებულად ითვლება მაშინ როდესაც სასაზღვრო პირობები საკომუტაციო ციკლის დასწყისში და ბოლოში მეორდება.

განტოლებათა სისტემის ამოხსნა მარტივდება, როდესაც ფაზური ცვლადების ნაცვლად გადავალთ ვექტორულ (კომპლექსურ) ცვლადებზე. [2]. ამ შემთხვევაში ურთიერთინდუქციურობების განსაზღვრისას შემოგვაქვს მამრავლი $\cos \alpha$, სადაც α –ს აქვს 60° -ის ჯერადი მნიშვნელობები და განსაზღვრავს ფაზების განლაგებას ერთ ან სხვადასხვა ღეროებზე. ფაზების ერთ ღეროზე განლაგებისას გვექნება $M \cos \alpha = M \cos \alpha 0^\circ = +1$, ან $M \cos 180^\circ = -M$, სადაც M ურთიერთ ინდუქციურობის მაქსიმალური მნიშვნელობაა. ჩვენ შემთხვევაში გვაქვს I ღეროსათვის – $\alpha_1 = \alpha_{11} = 0^\circ$, II ღეროსათვის – $\alpha_2 = \alpha_{22} = 120^\circ$, III ღეროსათვის – $\alpha_3 = \alpha_{33} = 240^\circ$

$$\alpha_{12} = \alpha_{21} = 120^\circ, \quad \alpha_{23} = \alpha_{32} = 120^\circ$$

ცვლადთა გარდაქმნის მეთოდის გამოყენებით განტოლებათა სისტემა ჩაიწერება ვექტორულ ფორმაში

$$\bar{V}_1 = \bar{R}_1 I_1 + \frac{d\bar{\psi}_1}{dt}; \quad (2)$$

$$\bar{V}_2 = \bar{R}_2 I_2 + \frac{d\bar{\psi}_2}{dt}; \quad (3)$$



$$\bar{\psi}_1 = L_{1s} \bar{I}_1 + \frac{2}{3} (\bar{M} \bar{I}_1 + \bar{M} \bar{I}_2) + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n e^{j\alpha_{2k}} M \bar{I}_1^* + M \bar{I}_2^*; \quad (4)$$

$$\bar{\psi}_2 = L_{2s} \bar{I}_2 + \frac{2}{3} (\bar{M} \bar{I}_2 + \bar{M} \bar{I}_1) + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m e^{j\alpha_{1k}} M \bar{I}_2^* + M \bar{I}_1^*; \quad (5)$$

სადაც α_{1k}, α_{2k} - კუთხეებია, რომლებიც განისაზღვრება დენის გამტარი ფაზების განტოლებით ტრანსფორმატორის დეროებზე; $I_1, I_2, V_1, V_2, \psi_1, \psi_2$ დენის, ძაბვისა და ნაკადუბების მაჯამებელი ვექტორებია.

ცვლადთა მაჯამებელი ვექტორები ტოლია:

$$\begin{aligned} \bar{I}_1 &= \sum_{k=1}^n i_{1k} e^{j\alpha_{1k}}; & \bar{I}_2 &= \sum_{k=1}^m i_{2k} e^{j\alpha_{2k}} \\ \bar{V}_1 &= \sum_{k=1}^n U_{1k} e^{j\alpha_{1k}}; & \bar{V}_2 &= \sum_{k=1}^m U_{2k} e^{j\alpha_{2k}} \\ \bar{\psi}_1 &= \sum_{k=1}^n \psi_{1k} e^{j\alpha_{1k}}; & \bar{\psi}_2 &= \sum_{k=1}^m \psi_{2k} e^{j\alpha_{2k}} \end{aligned} \quad (6)$$

მაჯამებელი ვექტორების მოდულები ტოლია ცვლადთა მყისი მნიშვნელობებისა, ხოლო მიმართულებები განისაზღვრება ფაზების განლაგებით ტრანსფორმატორის დეროებზე.

ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის განტოლებები გამარტივდება, ვინაიდან $\sum_{k=1}^3 e^{j\alpha_{2k}} = 0$.

პირველადი გრაგნილის ვექტორული ძაბვა:

$$\bar{V}_1 = \frac{3}{2} U_M e^{j(\theta + \varphi_0 + \alpha_0)}$$

მეორეული გრაგნილის დენის ვექტორის (კომპლექსი) ორფაზა რეჯიმში (არაკომუტაციურ ინტერვალში)

$$\bar{I}_2 = (e^{j\alpha_{21}} - e^{j\alpha_{22}}) i_2 = -I_2^* e^{j(\alpha_{21} - \alpha_{22})}$$

სადაც i_2 - მეორეული გრაგნილის ფაზაში დენის მყისი მნიშვნელობაა; α_{21}, α_{22} - დენის გამტარი ფაზების დეროების განმსაზღვრელი კუთხეებია.

φ_0 - ძაბვების ჩართვის საწყისი ფაზაა; α_0 - რეგულირების კუთხეა;

$\theta = \omega t$ მიმდინარე კოორდინატია; ω - გამმართველზე მოდებული ძაბვის კუთხური სიხშირეა.

განტოლებები (2) - (5) გარდაქმნების შემდეგ ფარდობით ერთეულებში ჩაიწერება ვექტორულ სახეში:

$$\begin{bmatrix} \bar{V}_1 - R_1 \bar{I}_1 \\ \bar{V}_1^* - R_1 \bar{I}_1^* \\ -R_2 \bar{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & 0 \\ 0 & -X_{12} e^{-j(\alpha_{21} + \alpha_{22})} & X_{11} \\ \frac{1}{2} X_{21} & X_{22} & -\frac{1}{2} X_{21} e^{j(\alpha_{21} + \alpha_{22})} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \frac{dI_1}{dt} \\ \frac{dI_2}{dt} \\ \frac{dI_1}{dt} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{სადაც } X_{11} &= X_{1s} + \frac{2}{3} X_M; & X_{12} &= \frac{3}{2} X_M; \\ X_{21} &= 2X_M [1 - \cos(\alpha_{21} - \alpha_{22})]; \\ X_{22} &= 2X_{2s} + 2X_M [1 - \cos(\alpha_{21} - \alpha_{22}) + X_\varphi]; \\ R_{2n} &= 2R_2 + R_\varphi; & X_M &= \frac{2}{3} X; \end{aligned}$$



(7) განტოლებები შეიძლება ჩავწეროთ სკალარულ სახეში შემდეგი ტოლობების გათვალისწინებით:

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_{1d} + jI_{1q}; \quad \bar{I}_2 = I_{2d} + jI_{2q}; \quad \bar{V}_1 = V_{1d} + jV_{1q};$$

$$V_{1d} = \frac{3}{2} U_M \cos(t + \varphi_0 + \alpha_{\sigma}); \quad V_{1q} = \frac{3}{2} U_M \sin(t + \varphi_0 + \alpha_{\sigma})$$

მიღებული სკალარული განტოლებები ამოიხსნება დენების წარმოებულების მიმართ. მივიღებთ განტოლებებს d, q კოორდინატებში ეგმ-ზე ამოხსნის მოხერხებულ ფორმაში. ამ განტოლებებში X_M – ტრანსფორმატორის ჩანაცვლების სქემის დამამაგნიტებელი შტოს ინდუქციური წინაღობაა, სიმეტრიულ რეჟიმში; $X_{1\sigma}, X_{2\sigma}$ – პირველი და მეორეული გრაგნილების ფანტვის ინდუქციური წინაღობებია;

$$\rho = \frac{2R_2 + R_{\sigma}}{X_{22}}$$

ქრობის კოეფიციენტია; $M = 1221 \quad 12, 21$ – პირველადი და მეორეული გრაგნილების მაგნიტური კავშირის კოეფიციენტებია; $M = 1 - M$ – ტრანსფორმატორების გრაგნილების მაგნიტური ფანტვის კოეფიციენტია.

მეორეული გრაგნილის I_2 დენი შესაბამის d, q შემდგენებთან დაკავშირებულია ტოლობით

$$i_2 = - \frac{I_{2d}}{2 \sin \frac{\alpha_{21} + \alpha_{22}}{2} \sin \frac{\alpha_{21} - \alpha_{22}}{2}} = \frac{I_{2q}}{2 \cos \frac{\alpha_{21} + \alpha_{22}}{2} \sin \frac{\alpha_{21} - \alpha_{22}}{2}}$$

დენების მყისი მნიშვნელობები პირველადი გრაგნილის ფაზებში ტოლია:

$$j_n = \frac{2}{3} R_{\sigma} [I_1 e^{-j(n-1)\frac{2\pi}{3}}],$$

სადაც n – პირველადი გრაგნილის ფაზის ნომერია ($n = 1, 2, 3$).

მიღებული კომპლექსური განტოლებები მარტივია საწყის განტოლებებთან შედარებით და შეიცავენ ტრანსფორმატორის ყველა პარამეტრს. ისინი წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც ბოგური, ასევე სამფაზა ზიგზაგისა და ნულოვან გამომყვანიანი სქემების გასაანგარიშებლად. განხილული გაანგარიშების მეთოდის საფუძველზე შეიძლება ჩატარდეს ორ და მრავალბოვიანი კასკადური სქემების ელექტრომაგნიტური პროცესების ანალიზი.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Поссе А.В. Схемы и режимы электропередач постоянного тока Изд-во “Энергия” Ленинградское отделение, 1973, с.303
2. Лутидзе Ш.И. Основы теории электрических машин с управляемым полупроводниковым коммутатором Изд-во “Наука” 1968, с.303

COMPLEX EQUATIONS OF THE ELECTROMAGNETIC PROCESSES FOR THE CONVERTER OF HVDC

Khachidze G., Kokhreizze D.

Georgian Technical University

Summary

It have been determined complex-vector equations for a half-wave rectifier of the converter station. With help of these equations it's possible to figure out both steady and unsteady behaviours with consideration of all parameters.



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ძვესაღმურ „ბათუმი 220“-ში 35კვ-იან ელექტროგადამცემის ხაზზე ელ.ენერგიის აღრიცხვის კვანძის ოპტიმიზაცია

ქორძია ე., შარბელაშვილი ტ.
 საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა

ნაშრომში კონკრეტულ მაგალითზე კერძოდ ქ/ს „ბათუმი 220“ 35 კვ-იან ელექტროგადამცემის ხაზზე „ფერია“ ელ.ენერგიის სწორად აღრიცხვის მიზნით განხილულია ელექტროენერგიის აღრიცხვის კვანძებში შემავალი ელ.მოწყობილობების: დაბვისა და დენის მზომი ტრანსფორმატორების, ელექტრონული მრიცხველის და შემაერთებელი სადენების (კაბელების) ოპტიმალური პარამეტრების შერჩევის საკითხები.

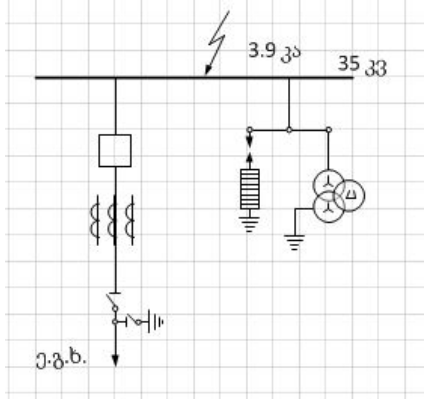
35 კვ-იან ხაზზე „ფერია“ ელ.ენერგიის აღრიცხვის კვანძში დამონტაჟებულია 0.2 კლასის ელექტრონული მრიცხველი ტიპი A3R1-4-ALX-4BB-T, მზომი ტრანსფორმატორები: დენის ტიპი TP070.11, დაბვის ტიპი 3HOM-35, რომლებიც მრიცხველთან მიერთებულია სპილენძის 2.5 მმ² განიკვეთის კაბელით. დენის ტრანსფორმატორიდან მრიცხველამდე კაბელის სიგრძეა 45 მ, ხოლო დაბვის ტრანსფორმატორიდან მრიცხველამდე კაბელის სიგრძეა 50 მ.

ელექტროენერგიის აღრიცხვის კვანძის ელ.მოწყობილობების ტექნიკური მონაცემებია:

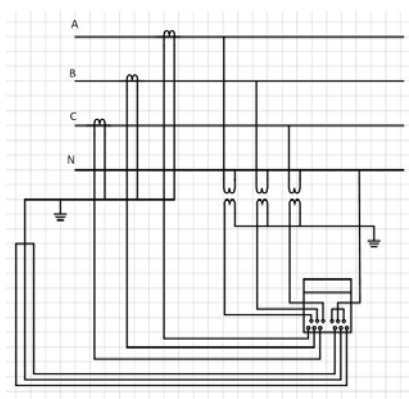
1. ელექტრონული მრიცხველი
ტიპი A3R1-4-ALX-4BB-T,
სიზუსტის კლასი 0.2
2. დაბვის ტრანსფორმატორი
ტიპი 3HOM-35/0.01,
სიმძლავრე 30 ვა.
სიზუსტის კლასი 0.5
3. დენის ტრანსფორმატორი
ტიპი TP070.11
სიმძლავრე 25 ვა.
ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი 100-200/5
სიზუსტის კლასი 0.5

ე.გ.ხ-ზე წინასწარ აღებულია დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი $K_{\phi}=100/5$.

ნახაზზე №1ა, №1ბ მოყვანილია ე.გ.ხ-ის ელ.ენერგიის აღრიცხვის კვანძის ელექტრული ცალხაზოვანი და ელ.ენერგიის აღრიცხვის კვანძის სქემა.



ნახ.№1ა



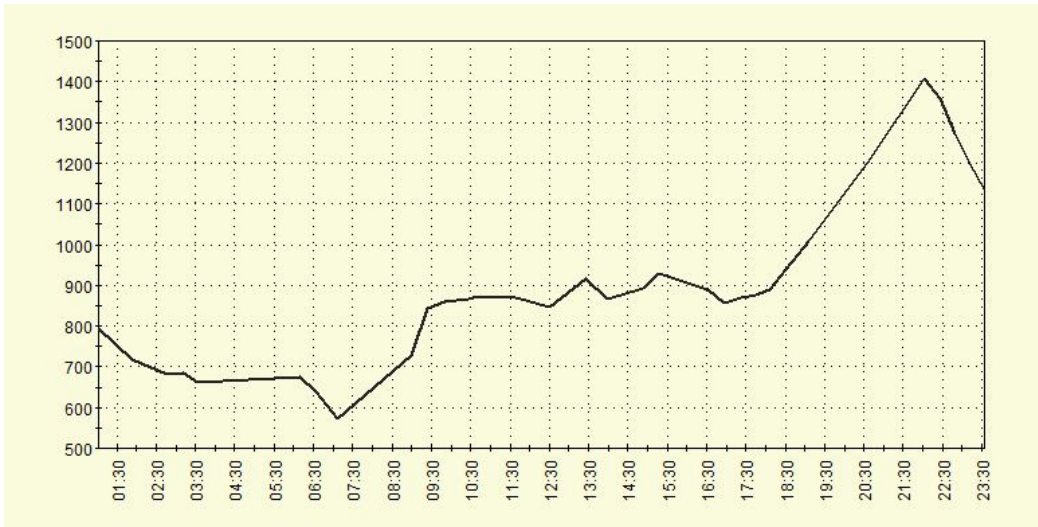
ნახ.№1ბ



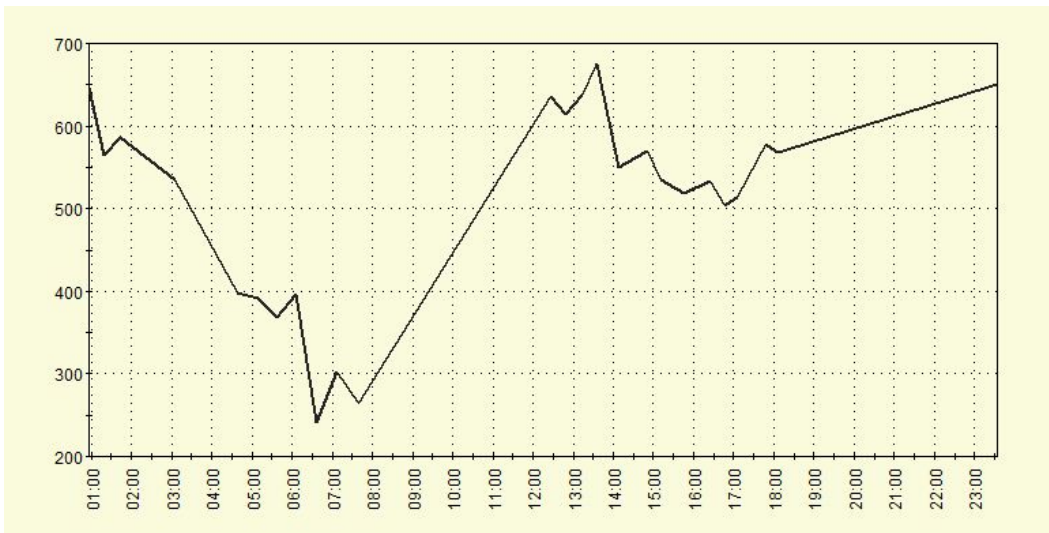
III სპერტაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნახაზებზე №2 და №3 მოყვანილია ე.გ.ხ-ის სრული სიმძლავრის დატვირთვის დღიური სახასიათო გრაფიკები.



ნახ.№2



ნახ.№3

მოყვანილი მასალების საფუძველზე ჩავატაროთ დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის ოპტიმიზაცია.

ცნობილია, რომ დ.ტ-რი ირჩევა პირობიდან, რომ მისი მეორადი დენი არ უნდა აღემატებოდეს ნომინალურის 110%-ს. მეორე მხრივ დენის ტრანსფორმატორს გადიდებული ტრანსფორმაციის კოეფიციენტით, მცირე მეორადი დენების შემთხვევაში აქვს გაზიდებული ცდომილება „ელ.მოწყობილობების მოწყობის წესების“ (IIYՅ) თანახმად. კერძოდ, მინიმალური დატვირთვისას მეორადი დენის მნიშვნელობა უნდა იყოს მრიცხველის ნომინალური დენის არანაკლებ 5%-ის, ხოლო მაქსიმალური დატვირთვისას არანაკლებ 40%-ის.

ნახაზებზე №2 და №3 მოყვანილი სრული სიმძლავრის გრაფიკების საფუძველზე:

$$S_{\text{მაქ}} = 1400 \text{ კვ\text{ა}} ; \quad S_{\text{მინ}} = 240 \text{ კვ\text{ა}} ;$$

ე.გ.ხ-ში გამავალი მაქსიმალური დატვირთვის დენი:

$$I_{1\text{მაქ}} = \frac{S_{\text{მაქ}}}{\sqrt{3} U_{\text{ნომ}}} = \frac{1400}{1,73 \cdot 35} = 23,12 \text{ ა}$$



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სადაც, $U_{250\text{მ}}^2$ ხაზზე მოდებული ძაბვის ნომინალური მნიშვნელობაა ე.გ.ხ-ში გამავალი მინიმალური დატვირთვის დენი:

$$I_{150\text{ვ}} = \frac{S_{250\text{ვ}}}{\sqrt{3} U_{250\text{მ}}} = \frac{240}{1,73 \cdot 35} = 3,96 \text{ ა}$$

ელ.ენერგიის აღრიცხვის წრედში გამავალი დენი ხაზის მაქსიმალური დატვირთვის შემთხვევაში:

$$I_{250\text{ვ}} = \frac{I_{150\text{ვ}}}{K_{\text{ფ}}} = 23 \cdot \frac{12}{20} = 1,15 \text{ ა}$$

სადაც, $K_{\text{ფ}} = \frac{100}{5} = 20$ დენის ტრანსფორმატორი ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი.

ელ.ენერგიის აღრიცხვის წრედში გამავალი დენი ხაზის მინიმალური დატვირთვის შემთხვევაში:

$$I_{250\text{ვ}} = \frac{I_{250\text{მ}}}{K_{\text{ფ}}} = 3 \cdot \frac{96}{20} = 0,198 \text{ ა}$$

ელ.ენერგიის აღრიცხვის წრედში გამავალი დენის ფარდობა მეორად ნომინალურ დენთან პროცენტებში:

მაქსიმალური დატვირთვისას:

$$\frac{I_{250\text{ვ}}}{I_{250\text{მ}}} \cdot 100\% = 1 \cdot \frac{15}{5} \cdot 100\% = 23,12\% < 40\%$$

მინიმალური დატვირთვისას:

$$\frac{I_{250\text{მ}}}{I_{250\text{მ}}} \cdot 100\% = 0 \cdot \frac{198}{5} \cdot 100\% = 3,96\% < 5\%$$

ჩატარებული ანგარიშის საფუძველზე ვასკენით, რომ დენის ტრანსფორმატორმა ტრანსფორმაციის კოეფიციენტით 100/5 არ დააკმაყოფილა ზემოთ აღნიშნული (5%; 40%) მოთხოვნები. სათანადოდ ელ.ენერგიის ხარჯი სწორად არ აღირიცხება.

ჩავატაროთ ანალიზი და დავადგინოთ ის მინიმალური და მაქსიმალური ტვირთები, რომლის დროსაც დაკმაყოფილდება ზემოთ აღნიშნული მოთხოვნები.

მაქსიმალური დატვირთვისას:

$$\frac{I_{250\text{ვ}}}{I_{250\text{მ}}} \cdot 100\% \geq 40\% \\ I_{250\text{ვ}} \geq 2 \text{ ა}$$

მინიმალური დატვირთვისას:

$$\frac{I_{250\text{მ}}}{I_{250\text{მ}}} \cdot 100\% \geq 5\% \\ I_{250\text{მ}} \geq 0,25 \text{ ა}$$

სათანადოდ ე.გ.ხ-ის დატვირთვები უნდა იყოს:

მაქსიმალური დატვირთვა

$$S_{250\text{ვ}} = \sqrt{3} \cdot U_{250\text{ვ}} \cdot I_{250\text{ვ}} = 1,73 \cdot 35 \cdot 40 = 2422 \text{ კვტ}$$

მინიმალური დატვირთვა:

$$S_{250\text{მ}} = \sqrt{3} \cdot U_{250\text{მ}} \cdot I_{250\text{მ}} = 1,73 \cdot 35 \cdot 5 = 302,75 \text{ კვტ}$$

შევირჩევთ დენის ტრანსფორმატორს ტრანსფორმაციის კოეფიციენტით

$$K_{\text{ფ}} = \frac{50}{5} = 10$$

, რომელიც დააკმაყოფილებს ზემოთ აღნიშნულ ოპტიმალობის პირობებს ხაზის მინიმალური და მაქსიმალური დატვირთვისას:



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



$$\frac{I_{28ინ}}{I_{25ომ}} \cdot 100\% = 0. \frac{396}{5} \cdot 100\% = 7.92\% > 5\%$$

$$\frac{I_{28კ}}{I_{25ომ}} \cdot 100\% = 2. \frac{312}{5} \cdot 100\% = 46.24\% > 40\%$$

შევამოწმოთ 0.5 კლასის დენის ტრანსფორმატორი არსებული ტრანსფორმაციის კოეფიციენტით $K_{\Phi} = \frac{100}{5}$ თერმიული და დინამიური მდგრადობის პირობების გათვალისწინებით.

თერმიული მდგრადობა

35 კვ-იან სალტზე მოკლედ შერთვის დენი $I_{გვ} = 3.9 \text{ კა} = 3 \text{ წმ-იანი}$

$$I_{გვ}^2 \cdot t_{გვ} > B_{გვ} \quad t_{გვ} = 0.5 \text{ წმ}$$

სადაც $B_{გვ} = I_{გვ}^2 \cdot t_{გვ} = 3.9^2 \cdot 0.5 = 7.6 \text{ კა}$

მოცემული დენის ტრანსფორმატორი კოეფიციენტით $K_{\Phi} = \frac{100}{5}$ არის 20 ჯერადობის. სათანადოდ კმაყოფილდება თერმიული მდგრადობის პირობა

$$I_{ჯერა}^2 \cdot t = 2^2 \cdot 3 = 12 \text{ კა}$$

სადაც გათვალისწინებულია დენის ჯერადობა 2 კა.

დინამიური მდგრადობა

დენის ტრანსფორმატორის ელექტროდინამიური მდგრადობის ნომინალური დინამიური დენი (საპასპორტო მონაცემები)

$I_{დინ} = 40 \text{ კა}$

$I_{დინ} > I_{დინსაანგ}$

$I_{დინსაანგ} = 1.9 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{გვ} = 1.9 \cdot 1.41 \cdot 3.9 = 10.44 \text{ კა}$

დასკვნა: დინამიური მდგრადობის პირობა დაკმაყოფილებულია.

შევამოწმოთ დენის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის სიმძლავრე.

მეორადი გრაგნილის წინაღობა:

$R_{კონტაქტის}$ წინაღობა მიიღება 0.1 ომის ტოლი

$$R_{მორწყ} = \frac{S_{მორწყ}}{I_{გვ}^2} = 3. \frac{6}{5^2} = 0.144 \text{ ომი}$$

$S_{მორწყ} = 3.6 \text{ ვა}$ - სრული სიმძლავრე აიღება ელექტრონული მრიცხველის საპასპორტო მონაცემებიდან.

შემაერთებელი სადენის წინაღობა:

$$R_{სადგ} = \rho \frac{l}{S'} = 0.0188 \frac{45}{2} \cdot 5 = 0.338 \text{ ომი}$$

$l = 45 \text{ მ}$ - სადენის სიგრძეა;

$S' = 2.5 \text{ მმ}^2$ - სადენის კვეთი;



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



$$\rho = 0.0188 \frac{\text{ომი} \cdot \text{მმ}^2}{\text{მ}}$$

სპილენძის სადენის ხვედრთი წინაღობაა;

$$R_2 = 0.144 + 0.338 + 0.1 = 0.582 \text{ ომი}$$

დენის ტრანსფორმატორის მეორადი წრედის სიმძლავრე:

დასკვნა: დენის ტრანსფორმატორის დატვირთვის გრაგნილის სიმძლავრე აირჩევა

$$S_2 = 20 \text{ ვა} \text{ ტოლად.}$$

შემაერთებულ სადენებში (კაბელებში) ძაბვის ვარდნის განსაზღვრა ელ.ენერგიის აღრიცხვის წრედში გამოყენებული 0.5 კლასის ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორად წრედში ძაბვის ვარდნა არ უნდა აღემატებოდეს 0.25 %-ს. ჩავატაროთ ძაბვის ვარდნის გაანგარიშება.

$$\text{ძაბვის ტრანსფორმატორის სიმძლავრე } S = 30 \text{ ვა}$$

ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორად წრედში ძაბვის ვარდნა:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{25\text{ომ}} \cdot R_{\text{საფ}}$$

დენი მეორად გრაგნილში:

სათანადოდ ძაბვის ვარდნა ტოლია:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 0.519 \cdot 0.376 = 0.34 \text{ ვ}$$

$$R_{\text{საფ}} = \rho \frac{l}{S'} = 0.0188 \frac{50}{2} = 0.376 \text{ ომი}$$

$l = 50 \text{ მ}$ - სადენის სიგრძეა;

$S' = 2.5 \text{ მმ}^2$ - სადენის კვეთი;

სათანადოდ ძაბვის ვარდნამ სადენში გადააჭარბა დასაშვებ $\Delta U = 0.25\%$ მნიშვნელობას. შესაბამისად ძაბვის ვარდნის შესამცირებლად ვზრდით სადენის კვეთს

$S' = 4.0 \text{ მმ}^2$ -მდე. ძაბვის ვარდნის სიდიდე ამ შემთხვევაში იქნება დასაშვები $\Delta U = 0.21 \text{ ვ}$.

დასკვნა: ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე შერჩეული იქნა ე.გ.ხ-ის ელ.ენერგიის აღრიცხვის კვანძის ოპტიმალური მზომი ტრანსფორმატორის პარამეტრები (ძაბვის და დენის) და მათი ელექტრონულ მრიცხველთან დამაკავშირებელი სადენების პარამეტრები.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ე.ქორქია, ნ.გოზალიშვილი. ელექტრულ ქსელებში ელექტროენერგიის აღრიცხვის საფუძველები სსე 2013წ. 184გვ.
2. „Электротехнический Справочник”, Т.3. М., 2004г.- 963с.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



OPTIMIZING ELECTRICAL POWER METERING UNIT ON 35-KW POWER
TRANSMISSION LINE IN “BATUMI 220” SUBSTATION.

Korkia M., Shergelashvili T.,
Georgian Technical University

Summary

The paper deals with the issues discussed on the basis of a specific example namely: substation „Batumi 220” 35 kv. transmission line „Peria”. In order to measure electric power of the line properly it is important to choose best parameters in the electric equipments such as voltage and current meter transformers, electric meter, joining cables.

EFFECTIVE ENERGY CONVERSION IN SWITCHED INDUCTOR-TYPE
ELECTRICAL DRIVE

V. PYZHOV, M. OSTROVERKHOV

National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”

It is known, that electrical drive consumes around 70 % of total generated energy in the world. Therefore, improving of energy efficiency of electrical drive is one of the ways to energy and resources saving in various industries.

The electrical drive based on switched inductor motor with independent electromagnetic excitation is a good alternative to widely used induction drive because of various advantages related to energy efficiency. At the same time this type of drive is sensitive to coordinate and parametric disturbances which may affect energy efficiency and quality of control. This paper proposes the method of development of control laws based on an idea of the reversibility of the Lyapunov direct method for the stability analysis, and using the instantaneous value of energy as the pre-determined Lyapunov function. This will ensure effective operation with a lesser sensitivity to variations of the motor’s parameters, as well as the simplicity of realization of control system.

Introduction. Most energy losses take place on the demand-side during a certain technological process. Electrical drive consumes around 70 % of total generated energy in the world. At the same time, being used as a tool for optimization of technological processes, it allows to reduce both direct and indirect losses. The synergetic effect makes it possible to reduce not only electricity consumption, but also other resources because of reduction of production costs, transportation, maintenance and other costs. As a result, each unit of energy saved by electrical drive is equal to five units of fuel equivalents (gas, oil or coal) [1].

In many industries, the promising alternative to the most widely used induction electrical drive is one based on a switched inductor motor with independent electromagnetic excitation (SIM IE) [2]. Main advantages of SIM IE are: a simple design and low production costs; high manufacturability and reliability; high efficiency factor within a wide speed range; power factor is about 100%; a wider speed control range in a zone of reduced magnetic flux; an easier heat removal.

Miscalculations during identification of the parameters of the equivalent circuit of the SIM IE can be caused by assumptions used in an applied methodology, as well as by the lack of basic information. During the motor operation, resistance of windings may be changed because of heating, and inertia moment may be deviated through changes of the kinematics. These parametric deviations resulted in differences between estimated and actual parameters of the electrical drive, which, in turn, leads to worsening of control performance.

Naturally, the SIM IE, as well as other types of alternating current motors, is an interrelated controlled object, substantially dependent on influence of inducted eddy currents. In this case, electrical drive control requires compensation of negative influence of these coordinate disturbances.



The above mentioned problems can be solved based on a concept of reverse task of dynamics in combination with minimization of local functionals of instantaneous values of energies [3]. The reverse task of dynamics is to identify the control law which would ensure a given quality of control with desired static and dynamic performance of the system. The proposed method is based on an idea of the reversibility of the Lyapunov direct method for the stability analysis. This allows defining control laws which ensure that a closed loop has the predetermined Lyapunov function in form of the instantaneous value of energy. The specificity of optimization is not obtaining the absolute minimum of the quality functional, as usually used in traditional systems, but rather getting a certain minimal value which would assure a technically allowable dynamic error of the system.

This paper is aimed at increasing of energy conversion effectiveness in switched inductor electrical drive under conditions of uncertainties in a mathematical model through proposed optimization of control laws that would ensure a lesser sensitivity to variations of the motor's parameters, as well as the simplicity of realization of the control system.

Content of study. A mathematical model of SIM IE in the coordinate system (d-q), oriented by the rotor magnetic axis, can be described by known non-linear equation system (1).

$$\begin{cases} L_s \frac{di_d}{dt} + R_s i_d = u_d + F_1; \\ L_s \frac{di_q}{dt} + R_s i_q = u_q + F_2; \\ L_f \frac{di_f}{dt} + R_f i_f = u_f + F_3; \\ J \frac{d\omega_r}{dt} = M - M_c; \\ \psi_d = L_s i_d + L_m i_f; \\ \psi_q = L_s i_q; \\ \psi_f = L_f i_f + L_m i_d; \\ M = \sqrt{3} Z_p [\psi_d i_q - \psi_q i_d], \end{cases} \quad (1)$$

where i_d, i_q and u_d, u_q – d-axis and q-axis stator currents and voltages respectively; i_f and u_f – excitation current and voltage; $\omega = Z_p \omega_r$ and ω_r – electrical and angular rotor speed; Z_p – pole couple number; J – inertia moment; M, M_c – electromagnetic motor torque and load torque; ψ_d, ψ_q, ψ_f – d- and q-axis, as well as excitation winding fluxes; L_s, L_f, L_m – stator, excitation winding and mutual inductance; R_s, R_f – stator and excitation winding resistances.

During the control system design, coordinate deviations $F_1 = L_m \frac{di_f}{dt} - \omega \psi_q$, $F_2 = \omega \psi_d$, and $F_3 = L_m \frac{di_d}{dt}$ are usually interpreted as indeterminate, but value limited $F_1 \leq F_{1max}$, $F_2 \leq F_{2max}$, $F_3 \leq F_{3max}$, while values of control signals u_d, u_q, u_f are sufficient for their compensation. In this case, a problem to control the interrelated controlled object (1) comes to finding solution of local tasks to control four liner subsystems.

An object of the local control loop for the stator current i_d according to the 1st equation of the system (1)

$$L_s \frac{di_d}{dt} + R_s i_d = u_d + F_1 \quad (2)$$



can be described by the first order linear differential equation with control signal u_d and disturbance F_1 . A desired equation of the closed current loop, which defines expected control performance, can also be described by the first order differential equation [3]

$$\dot{z} + \alpha_{0i_d} z = \alpha_{0i_d} i_d^* \quad (3)$$

where i_d^* – referenced current. The equation (3) enables a type 1 astatic system for control variable, as well as smooth (with no overcontrol) current transients. Required transient time $t_n \approx 3/\alpha_{0i_d}$, is defined only by the coefficient α_{0i_d} .

The extent to which the real current control process is close to desirable one can be estimated through the functional, which depends on inductance-normalized instantaneous energy of the magnetic field by the 1st derivation of the current.

$$G(u_d) = \frac{1}{2} [\dot{z}(t) - \dot{i}_d(t)]^2 \quad (4)$$

To minimize the functional, the gradient law of the 1st order can be used:

$$\frac{du_d(t)}{dt} = -\lambda_{i_d} \frac{dG(u_d)}{du_d}, \quad (5)$$

where λ_{i_d} – a constant.

Substituting (2) and (4) into (5), the control law for the current i_d can be obtained

$$\begin{aligned} u_d(t) &= k_{i_d} (z - i_d); \\ z &= \alpha_{0i_d} \int_0^t (i_d^* - i_d) dt. \end{aligned} \quad (6)$$

where $k_{i_d} = \lambda_{i_d} / L_s$ – the gain coefficient of the current controller.

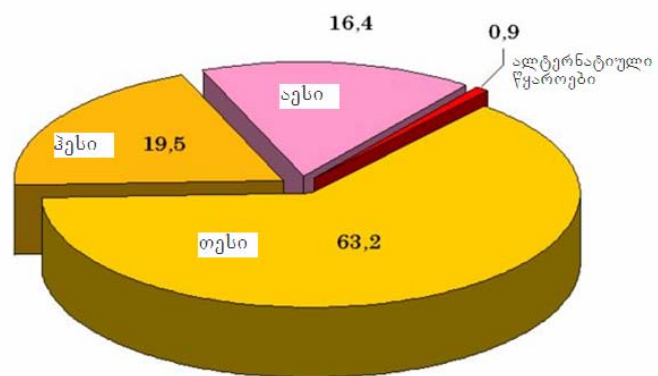
The specificity of the developed control law, contrary to classic ones, is the absence of parameters of the controlled object (1). The controller contains only the parameter α_{0i_d} which defines the desired equation of the closed-loop system performance (3).

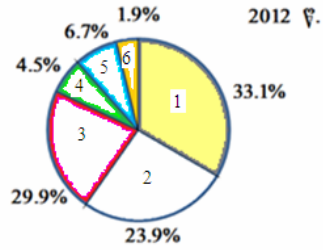
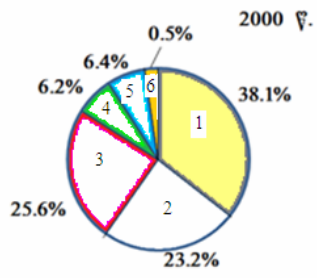
Using the above methodology, based on the 2nd, 3rd and 4th equations of the equation system (1) and the equation of the desired closed loop (3), the control laws for the stator current i_q , the excitation current i_f and the motor speed ω can also be obtained.

Conclusions. Optimization of energy conversion based on the concept of the reversibility tasks of dynamics with minimization of local functionals for the instantaneous values of energy ensure the high quality of control of the switched inductor-type electrical drive with the low sensitivity to parametric and coordinate disturbances. The proposed approach can simplify development of the control laws for the controllers as it does not require detailed mathematic model of the controlled object with accurate values of its parameters. Together with the absence of the operation of differentiation, it facilitates practical realization of the developed control laws. This results in good perspectives for using of the switched inductor motors in various industrial applications and the respective improvement of the energy efficiency.

List of references.

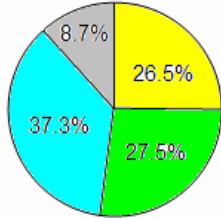
1. Klepikov V., Mekhovich S. Economic, energy and resources saving and ecological aspects of electricity saving in Ukraine // Energy saving, power engineering, energy audit. Kharkiv, 2010, No.12, p.43-47.
2. Kozachenko V., Rusakov A., Sorokin A., Kochanov A. Switched reluctance drive – a promising direction of development of modern controlled electric drive // Novosti teplosnabzheniya (News of heating supply). - Moscow, 2011, No.11, p. 24–26.
3. Ostroverkhov M., Pyzhov V. Optimization of control laws of switched inductor electrical drive. // Transactions of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute». Kharkiv, 2015, No.12, p.48-53.



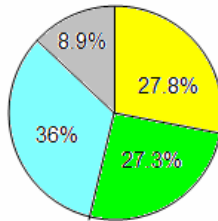


- 1 ნავთობი
- 2 ბუნებრივი აირი
- 3 ქვანახშირი
- 4 ატომური ენერჯია
- 5 ჰიდროენერჯია
- 6 განახლებადი ენერჯორესურსები

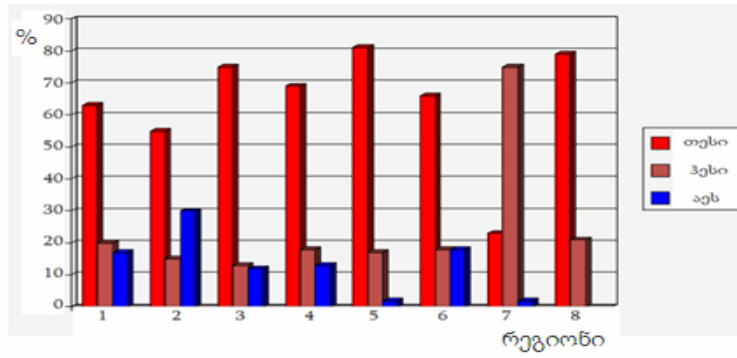
2000 წ.



2008 წ.



- მრეწველობა
- ტრანსპორტი
- პირადი მოხმარება და მომსახურება
- სხვა



ნახ.4. ელექტროენერჯის გამომუშავების სტრუქტურა რეგიონების მიხედვით მსოფლიოში

1. მსოფლიო, 2. ევროპა, 3. ყოფილი საბჭოთა ქვეყნები, 4. აზია, 5. აფრიკა, 6. ჩრდილოეთი ამერიკა, 7. სამხრეთი ამერიკა, 8. ავსტრალია.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სი –ერზერუმის გაზსადენის სრული სიმძლავრით ამუშავების შემდეგ საქართველოს შესაძლებლობა ექნება აღნიშნული მილსადენების ქვეყნის ტერიტორიაზე გატარების სანაცვლოდ ყოველწლიურად მიიღოს 1.5 მლრდ.მ³ გაზი. ამასთან, საქართველოს შესაძლებლობა ექნება დამატებით, სპეციალურ ფასებში, შეიძინოს 500 მლნ მ³ გაზი.

საქართველოს ტერიტორიაზე მოსული მზის ენერჯის სრული პოტენციალი შეადგენს 10 მლრდ.კვტ.სთ/წ. ქარის ენერჯის სრული პოტენციალი შეადგენს 10¹² კვტ.სთ/წ. აქედან რეალურად შეიძლება მივიღოთ 2–3 მლრდ.კვტ.სთ/წ ელექტროენერჯია. გეოთერმული წყლების პროგნოზული მარაგი არის 220–250 მლნ.მ³/წ. გეოთერმული წყლების ტემპერატურა მერყეობს 50 °ჩ – 100 °ჩ ფარგლებში.

ზემოთ მოყვანილი მონაცემებიდან გამომდინარე, ელექტროენერჯეტიკის განვითარებისას ძირითადი აქცენტი უნდა გაკეთდეს ჰიდროენერჯორესურსების ათვისებაზე (რაც ზეც დღეს არავინ კამათობს). მაგრამ ამისათვის საჭირო იქნება უარი ითქვას იმ ტრადიციულ სქემაზე, რომლის მიხედვითაც ბაზისური ელექტროენერჯის მისაღებად გამოყენებულ უნდა იქნეს ატომური ან თბოელექტროსადგურები, ხოლო პიკური ელექტროენერჯის მისაღებად კი – წყალსაცავიანი ჰიდროელექტროსადგურები.

მართლაც, თუ გავითვალისწინებთ ჩვენს ქვეყანაში ელექტროენერჯის მოხმარების გრაფიკის ხასიათს, რომლის მიხედვითაც ბაზისური ენერჯია შეადგენს მთელი მოხმარებული ელექტროენერჯის დაახლოებით 2/3-ს, ხოლო პიკური ენერჯია კი – 1/3-ს, ცხადი გახდება, რომ ჰიდროენერჯეტიკას ქვეყნის საერთო ელექტროენერჯეტიკულ ბალანსში პრიორიტეტული როლი ექნება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ბაზისური ელექტროენერჯის მისაღებად თბოელექტროსადგურებთან ერთად მაქსიმალურად იქნება გამოყენებული ჰიდროელექტროსადგურები.

ზემოხსენებულ ტრადიციულ სქემას ცხადია, გააჩნია თავისი ტექნიკური და ეკონომიკური დასაბუთება, მაგრამ ვფიქრობთ, ყოველი ქვეყანა, ენერჯოუსაფრთხოების საკითხებიდან გამომდინარე, ვალდებულია ითვალისწინებდეს საკუთარ რესურსებს და სათანადო შესწორებები შეჰქონდეს აღნიშნულ სქემაში.

აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ შესაძლებელია, აგრეთვე, ისეთი სქემის რეალიზაცია, რომლის მიხედვითაც საქართველოს ჰიდროელექტროსადგურები გამოიმუშავენ ჭარბ პიკურ ენერჯიას, და მოხდება მისი გაცვლა ბაზისურ ელექტროენერჯიაში. ჩვენი აზრით, იგივე ენერჯოუსაფრთხოების საკითხებიდან გამომდინარე, როგორც გაცვლის, ისე იმპორტის საგანს შეიძლება წარმოადგენდეს მოხმარებული ენერჯის მხოლოდ მცირე ნაწილი – 10-15%.

ზემოთქმულის საილუსტრაციოდ, ჩვენ მიერ გაანალიზებულ იქნა მსოფლიოს 150-მდე ქვეყნის ელექტროენერჯეტიკული მონაცემები. ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ამ ქვეყნების უმეტესობა ამა თუ იმ სახეცვლილებით იყენებს ზემოხსენებულ ტრადიციულ სქემას, თუმცა, არის სრულიად რადიკალური გადახრებიც როგორც ერთ, ისე მეორე მხარეს.

ამავე ანალიზიდან ნათლად გამოჩნდა, რომ აღნიშნული ქვეყნების დიდ უმრავლესობაში ელექტროენერჯის იმპორტი არ აჭარბებს 15-20%. გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ რამდენიმე ქვეყანა, მათ შორის, ძირითადად, ყოფილი საბჭოთა კავშირის შემადგენლობიდან გასული ქვეყნები.

ელექტროსადგურების მათემატიკური მოდელი. ენერჯორესურსებს ოპტიმალურად გამოყენების უზრუნველსაყოფად საჭიროა გამოყენებულ იქნეს მათემატიკური მოდელირების თანამედროვე მეთოდები.

არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტში ავტორთა მიერ დამუშავებულია საქართველოს მაგენერირებელი ელექტროსადგურების მათემატიკური მოდელი, რის საფუძველზეც ამოხსნილია სათანადო ოპტიმიზაციის ამოცანა. მოდელი დაწვრილედ



ბითაა აღწერილი [6]-ში.

ქვემოთ მოყვანილია მიზნის ფუნქცია და შეზღუდვები.

მიზნის ფუნქცია:
$$L = \sum_{i=1}^n (Ea_i + C_i)P_i \rightarrow \min$$

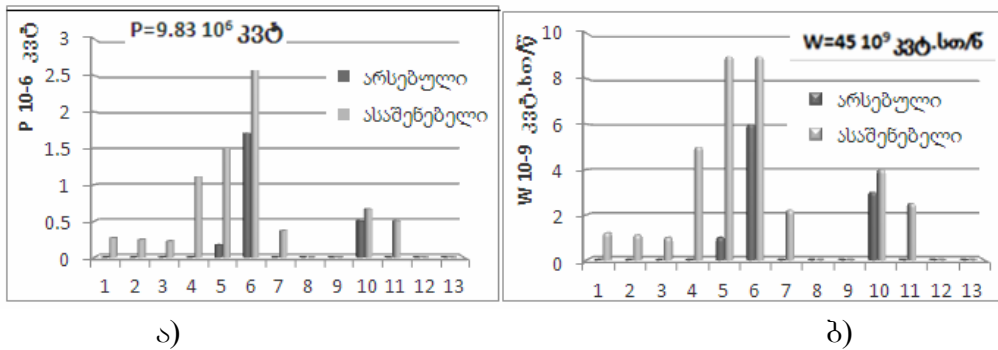
შეზღუდვები:

$P_4 \geq P_{o3} - P_3; \quad t_4 P_4 \geq W_{o3} - W_3; \quad \sum P_i \geq P_{o8} - P_8; \quad \sum t_i P_i \geq W_{o8} - W_8; \quad P_2 \leq P_{o2};$

$t_5 P_5 \leq W_{o5}; \quad t_6 P_6 \leq W_{o6}; \quad t_7 P_7 \leq W_{o7}; \quad t_8 P_8 \leq W_{o8}; \quad P_9 \leq P_{o9}$

სადაც, P_i არის i -ური ტიპის სადგურების ჯამური სიმძლავრე, P_{o_i} არსებული სიმძლავრე, a_i - i -ური ტიპის სადგურის ერთეული სიმძლავრის ასაშენებლად საჭირო კაპიტალური დაბანდებები; t_i - i -ური ტიპის სადგურის ერთეულ სიმძლავრეზე გაწეული წლიური საექსპლუატაციო დანახარჯები.

სათანადო ოპტიმიზაციის ამოხსნის შედეგების ერთი ვარიანტი წარმოდგენილია ნახ.6-ზე.



ნახ.6. საქართველოს ელექტროსადგურების სავარაუდო სტრუქტურა
 ა) სიმძლავრე, ბ) ელექტროენერგია

როგორც გრაფიკებიდან ჩანს, საქართველოს შეუძლია საკუთარი და ბაქო-თბილისი-ერზერუმის გაზსადენის რესურსებით უზრუნველყოს ელექტროენერგიის წლიური გამომუშავება 45 მლრდ.კვტ.სთ დონეზე. ცხადია, მიღებული შედეგები შეფასებითია.

განსახილველი სადგურების ტიპები და ხვედრითი კაპიტალური დაბანდებების ერთ-ერთი ვარიანტი მოცემულია ცხრილ-2-ში.

ცხრილი2

	სიმძლავრე	სადგურის ტიპი	კაპიტალდაბანდება, დოლ/კვტ
1	P1	მცირე ჰესი	1500
2	P2	მცირე ჰესი	1400
3	P3	მცირე ჰესი	1300
4	P4	საშ. ჰესი	1500
5	P5	წყალსაცავიანი ჰესი (ბაზ.)	2000
6	P6	წყალსაცავიანი ჰესი (პიკ)	2500
7	P7	ადგ. ქვანახშირზე მომუშავე თესი	1100
8	P8	ადგ. მურა ნახშირზე მომუშავე თესი	1100
9	P9	ადგ. მაზუთზე მომუშავე თესი	700
10	P10	ორთქლ-აირული თესი(ბაქო-თბილისი-ერზერუმის აირი)	550
11	P11	ქარის ელ. სადგური	1000
12	P12	იმპ. მაზუთზე მომუშავე თესი	700
13	P13	ორთქლ-აირული თესი (იმპ.აირზე)	700



ლიტერატურა

1. <http://gtmarket.ru/ratings/electric-power-consumption/info>
2. <http://www.myshared.ru/slide/365841/#>
3. <http://ppt4web.ru/fizika/ehlektroehnergetika-mira0.html>
4. სვანიძე გ. საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული რესურსების გამოყენება. //ენერჯია. თბილისი, 1998, 1, გვ.36-45.
5. Энергетические ресурсы Грузии и проблемы их рационального использования. //Тб. Мец. 1992.
6. მაგრაქველიძე თ. (პროექტის ხელმძღვანელი) ენერგეტიკის განვითარების თანამედროვე ტენდენციები და საქართველოს ენერგორესურსების ოპტიმალურად გამოყენების პრობლემები. //სამეცნიერო კვლევითი სამუშაოს ანგარიში. არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. 2014წ.

ON DEVELOPMENT OF THE POWER SYSTEM OF GEORGIA CONSIDERING THE CURRENT TRENDS IN THE WORLD

Magrakvelidze T., Lomidze S., Janikashvili M., Archuadze I.

Georgian Technical University

Summary

Trends of power industry development worldwide are observed in the paper. Data is presented and analyzed. It is shown that for sustainable development of Georgia it is necessary to reach annual power production up to 40-45 billion kilowatt hour.

Mathematical model of generating power plants was obtained and based on the model optimization task has been solved. It is shown that Georgia using both domestic and Baku-Tbilisi-Erzurum gas pipeline resources is able to produce 45 billion kilowatt hour of electricity annually.

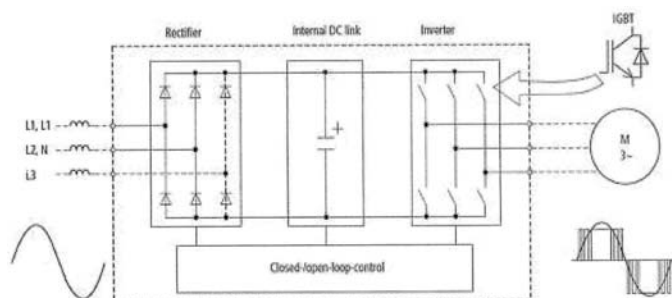
ენერგორესურსების მიზნით თანამედროვე სისტემური გარდამქმნელების გამოყენება

ხურცილაძე ბ., კილაშაძე ო.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ახალი ტექნოლოგიებით დამზადებული სისტემური გარდამქმნელების აგების პრინციპები, მოცემულია სტრუქტურული სქემები. დასაბუთებულია რომ ელექტროამპრაჟიან სისტემებში, სადაც გამოყენებულია მოკლედ შერთული როტორიანი ან ფაზურ როტორიანი ასინქრონული ძრავები ადგილი აქვს ელექტრო ენერჯიის მნიშვნელოვან დანაკარგებს, რომლებიც ძირითადად გამოწვეულია გაშვების რეჟიმებით. ამტკიცებულია რომ სისტემური გარდამქმნელების გამოყენებით შესაძლებელია ელ. ენერჯიის დაზოგვა დაახლოებით 30-45%

თანამედროვე სისტემური გარდამქმნელების გამოყენებით შესაძლებელია ძრავის მდორე გაშვება ვოლტ-შიხშირულ რეჟიმში U/F, როცა U/F შეინარჩუნება მუდმივად, რაც თავის მხრივ განაპირობებს მუდმივი მომენტით გაშვებას. ნახაზ 1-ზე მოცემულია სისტემური გარდამქმნელის სტრუქტურული აგებულება.



ნახ. 1

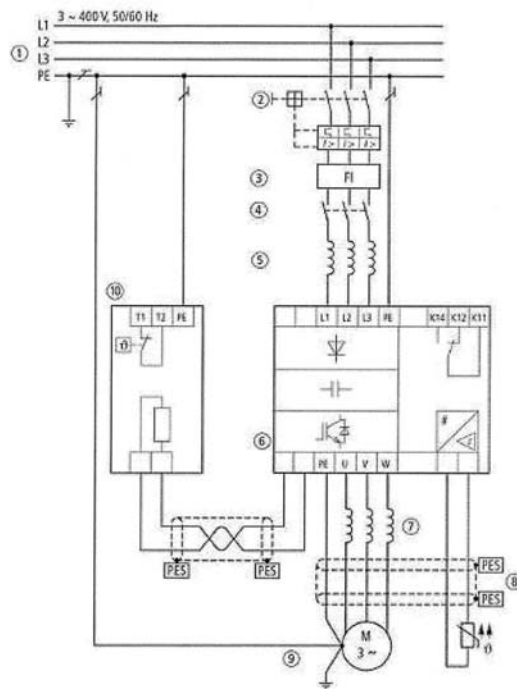


III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სიხშირულ გარდამქმნელებში რეგულირდება გაშვების დრო, საბოლოო სიხშირე, ძრავის გაშვების დენი და შემდეგი პარამეტრები:

- ძრავის მუშაობა დამყარებულ რეჟიმში, როცა ძრავზე მოსული ძაბვა და სიხშირე სტაბილურია;
 - ველა რეჟიმში იცავს ძრავს ანომალური რეჟიმების წარმოშობისას, როგორცაა გადატვირთვა მექანიკურ ან ელექტრულ ნაქილში, ფაზის გაწყვეტა, მოკლედ ჩართვა ელექტრულ წრედში;
 - მართვის მოწყობილობის დახმარებით შესაძლებელია ისეთი რეჟიმების უზრუნველყოფა როგორცაა ფაზთა მიმდევრობის შეცვლით ძრავის რევერსირება, ძრავის ჩართვა-ამორთვა მართვის წრედის დახმარებით, ელექტრული დამუხრუჭება;
 - ეფექტური ელექტრო დამუხრუჭებისათვის სიხშირული გარდამქმნელი აღჭურვილია გამომყვანებით, სადაც ჩაირთვება სპეციალური სამუხრუჭე მოდული ავტომატური მართვით;
 - ენერგოეფექტურობის ფუნქცია, რომელიც უზრუნველყოფს ძრავის სიმძლავრის კოეფიციენტის გაუმჯობესებას;
 - იმ მოწყობილობებში სადაც ძრავს უხდება ხშირი ჩართვა-ამორთვა ქსელში, სიხშირული გარდამქმნელის გამოყენებით შესაძლებელია ელ. ენერგიის ეკონომია 30-40% ფარგლებში;
 - სიხშირული რეგულატორი უზრუნველყოფს ელექტროამძრავის ელექტრული და მექანიკური ნაწილების სამუშაო რესურსის მაქსიმალურ გამყენებას.
- ნახაზ 2-ზე მოცემულია სიხშირული გარდამქმნელის ჩართვის სქემა.



ნახ. 2

სიხშირული გარდამქმნელები იყოფა ორ დიდ ჯგუფად:

- DF ტიპის- ანუ სკალარული სიხშირული გარდამქმნელი და გამოიყენება ელ. ძრავების მართვისათვის ისე, რომ არ იყენებს ძრავის პარამეტრებს და მართავს ძრავს ვოლტ-სიხშირულ რეჟიმში;



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



- DV ტიპის- ანუ ვექტორული სისწორული გარდამქმნელი, რომელიც განახორციელებს გადაამწოდების გარეშე ვექტორულ მართვას, რაც გულისხმობს რომპრავის დენის და ძაბვის მიმდინარე მნიშვნელობების რეალიზება ხდება დენის რეაქტიული და აქტიური მდგენელების გაანფარისებით, რაც თავის მხრივ განაპირობებს მაგნიტური ნაკადის და ელექტრო-მაგნიტური მომენტის განსაზღვრას.

გამოყენებული ლიტერატურა:

Edward M. PURCELL, ELECTRICITY and MAGNETISM, Mcgraw-hill book company, 439 page.

THE USE OF MODERN FREQUENCY CONVERTERS FOR ENERGY-PURPOSES.

Khurtsilava B., Kiguradze O.,
Georgian Technical University.

Summary

As it's mentioned above, this is a perfect device for non-synchronous motors that has significantly improved its technical-economical characteristics and in this way we have quite a big electrical energy savings.

მცირე ჰესების პროექტების წინასწარი ტექნიკურ-ეკონომიკური კვლევის პრობლემული უზრუნველყოფა

ჯონაძე პ., კუციავა მ., ჯონაძე ა.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სატატიაში განხილულია მცირე ჰესების პერსპექტიული პროექტების წინასწარი ტექნიკურ-ეკონომიკური კვლევის ჩატარებისათვის განკუთვნილი სპეციალურად შემუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფის ფუნქციები და შესაძლებლობები. მოყვანილია პრინციპებისა და მეთოდების მოკლე აღწერა, რომლებიც რეალიზებულია პროგრამაში ჰესის წინასწარი ტექნიკურ-ეკონომიკური კვლივით გათვალისწინებული ამა თუ იმ გათვლების საწარმოებლად.

კლიმატის ცვლილების შედეგად გახშირებული სტიქიური მოვლენების შედეგების შერბილებილების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს გზას წარმოადგენს ე.წ. “სათბურის გაზების” ატმოსფეროში ემისიების შემცირება. სათბურის გაზების ემისიის ერთ-ერთ ძირითად წყაროს წარმოადგენს წიაღისეულ საწვავზე მომუშავე ელექტროსადგურები, ამიტომ მეტად მნიშვნელოვანია მათი ეტაპობრივი ჩანაცვლება განახლებადი ენერჯის წყაროებით, რომელთაგან ჰიდროენერჯეტიკას ენიჭება გარკვეული უპირატესობა, ვინაიდან მას გააჩნია შედარებით მაღალი მარტი ქმედების კოეფიციენტი (მქკ). ტექნიკისა და ტექნოლოგიების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე იგი წარმოადგენს ყველაზე დახვეწილ და კონკურენტუნარიან ტექნოლოგიას, მას გააჩნია მუშაობის ყველაზე მაღალი ხანგძლივობა (60 წელიწადზე მეტი) და ხასიათდება ექსპლუატაციასა და ტექნიკურ მომსახურებაზე საკმაოდ დაბალი დანახარჯებით.

ჰესებიდან გარემოზე შედარებით ნაკლებ ზემოქმედებას აწარმოებს მოდინებაზე მომუშავე მცირე ჰესები (საქართველოს შემთხვევაში 13 მგვტ-ზე დაბალი დადგმული სიმძლავრის მქონე ჰესები). ამ ჰესებს არ გააჩნიათ წყლის ხარჯის რეგულირების საშუალება, მათი გამომუშაება განუწყვეტლივ იცვლება მდინარის მოდინების ცვლილების მიხედვით, რის გამოც პერსპექტიული ჰესების პროექტების წინასწარი ტექნიკურ-ეკონომიკური კვლევისას (Prefeasibility study) მეტად მნიშვნელოვანია მოსალოდნელ რეალურთან მაქსიმალურად მიახლოებული გათვლების შესრულება, რაზედაც დამოკიდებულია პროექტის შემდგომი განვითარების ბედი, ანუ შესრულდეს თუ არა პროექტის საკმაოდ



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ძვირადღირებული ეტაპი, რომელიც გულისხმობს: ტექნიკურ ეკონომიკური დასაბუთების შედგენას (Feasibility study); გეოტექნიკური, ტოპოგრაფიული, ჰიდროლოგიური, გარემოზე ზემოქმედების კვლევების შესრულებას, დეტალურ პროექტირებას.

მდინარის მოდინება ფაქტობრივად წარმოადგენს შემთხვევით პროცესს, და შეუძლებელია ცალსახად განისაზღვროს მისი ხარჯი ამა თუ იმ პერიოდისათვის. მხოლოდ მდინარის ყოველდღიური საშუალო ხარჯების შესახებ მრავალწლიური ინფორმაციის სტატისტიკური დამუშავების შემდეგაა შესაძლებელი მსჯელობა წლის განმავლობაში მდინარის ხარჯის ამა თუ იმ სიდიდეზე მეტი ხარჯის არსებობის ხანგლივობის ალბათობაზე, ამასთან დადგენილი ალბათობა მით უფრო სარწმუნოა, წლების რაც უფრო მეტი რაიდენობა განიხილება. საყოველთაოდ აღიარებულია, რომ სარწმუნო შედეგების მისაღებად განხილული უნდა იქნეს არანაკლებ 30 წლის ყოველდღიური საშუალო ხარჯები. აქედან გამომდინარე, წინასწარი ტექნიკურ-ეკონომიკური კვლევების შესრულება საკმაოდ შრომატევად სამუშაოს წარმოადგენს, ვინაიდან, საყოველთაოდ აღიარებულია წესების თანახმად, განხილული უნდა იქნეს ჰესის ალტერნატიული ვარიანტების მთელი რიგი, რომელთაგან უნდა შეირჩეს ყველაზე ოპტიმალური ვარიანტი. ხშირად კვლევების სრული ციკლის შესრულება, ინფორმაციის საკმაოდ დიდი მოცულობის გამო, დროში საკმაოდ იწველება და სცილდება დაწესებულ ვადებს. სწორედ ამიტომ ხშირია შემთხვევები, როდესაც წინასწარი კვლევები სრულდება შეკვეცილი მოცულობით (გათვლები ეფუძნება მხოლოდ საშუალო ყოველთვიურ მონაცემებს და არა ყოველდღიურ მონაცემებს) და შესაბამისად მათი შედეგებიც ვერ ასახავენ მოსალოდნელ რეალობას, რაც შემდგომში, დეტალური კვლევებისა და პროექტირების ეტაპზე, იწვევს ინვესტორების უკმაყოფილებასა და პროექტის შემდგომ რეალიზებაზე უარის თქმას, ეს უკანასკნელი კი მნიშვნელოვნად ანელებს საქართველოში ჰიდროენერგეტიკის განვითარების ტემპებს.

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, მეტად მნიშვნელოვანია ისეთი პროგრამული უზრუნველყოფის არსებობა, რომელიც მნიშვნელოვნად შეამცირებს წინასწარი ტექნიკურ-ეკონომიკური კვლევების შესრულების ვადებს. არსებული პროგრამებიდან ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებულია კანადის ბუნებრივი რესურსების სამინისტროსთან არსებული კომპანიის “RETScreen International”-ის მიერ EXCEL-ის ბაზაზე შემუშავებული პროგრამა “RETScreen 4”, რომელიც საშუალებას იძლევა შესრულდეს წინასწარი ტექნიკურ-ეკონომიკური კვლევების გარკვეული ნაწილი, განსაკუთრებულად კარგადაა შესრულებული ფინანსური ანალიზი, მაგრამ მასში არაა გათვალისწინებული მთელი რიგი მეტად მნიშვნელოვანი გათვლების შესრულება. მაგალითად იგი არ იძლევა საშუალებას გათვლებისას განხილული იქნეს სხვადასხვა ტიპისა და საანგარიშო ხარჯის მქონე ტურბინების კომბინაციები, გათვალისწინებულია მხოლოდ ერთი ტიპის, ტოლი სიმძლავრის ტურბინებით გათვლების შესრულება. მასში გათვალისწინებული არაა მდინარის მოდინების ხანგლივობათა მრუდის აგება ყოველდღიური საშუალო ხარჯებით, ამ მრუდის ასაგებად მომხმარებელმა უნდა ჩაატაროს საკმაოდ შრომატევადი სამუშაო და შეავსოს პროგრამაში მოცემული მოდინების ხანგლივობათა ცხრილი. პროგრამაში არაა გათვალისწინებული სანიტარული ხარჯის დადგენისა და ჰესის წმინდა ხარჯების ხანგლივობათა მრუდიდან ჰესის საანგარიშო ხარჯის დადგენის პროცედურები. აქედან გამომდინარე ჰესის გამომუშავების ანგარიში წარმოებს შედარებით უხეშად, დამოკიდებულია მომხმარებლის მიერ შევსებული მოდინების ხანგლივობათა ცხრილში შეტანილი ინფორმაციისა და ტურბინებისათვის შერჩეული საანგარიშო ხარჯების კორექტულობაზე, რომელშიც ვერანაირად ვერ იქნება გათვალისწინებული ტურბინის ე.წ. მინიმალური ტექნიკური ხარჯები, რომელზე დაბალი ხარჯებისთვის ტურბინის დატვირთვა ფაქტობრივად შეუძლებელია. ტურბინების მინიმალური ტექნიკური ხარჯები განისაზ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ღვრებიან ტურბინის საანგარიშო Q_{design} ხარჯის პროცენტებით, რომელთა სიდიდეები მოცემულია ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში.

Turbine type	Q_{min} (% of Q_{design})
Francis	40
Ossberger	6
Pelton – 1 noz- zle	12
Pelton – 2 noz- zle	10
Kaplan	15

ცხრილიდან ჩანს, რომ სხვადასხვა ტურბინას გააჩნია ტურბინის საანგარიშო ხარჯის სიდიდეზე დამოკიდებული სხვადასხვა სიდიდის მინიმალური ტექნიკური ხარჯი, ანუ მათი გამოყენებისას ტურბინის მოცდენებისაგან დანაკარგები სხვადასხვაა, ამიტომ მოდინების ხანგძლივობათა მრუდიდან გრაფიკული მეთოდით ჰესის სავარაუდო გამომუშავების დადგენისას შეუძლებელია ყოველი შერჩეული ტურბინისათვის ამ დანაკარგების მეტნაკლებად ზუსტად გათვალისწინება. ეს შესაძლებელი ხდება ჰესის გამომუშავების დადგენისას უშუალოდ ყოველდღიური ხარჯების მიხედვით, რაც საკმაოდ შრომატევადია (გათვლები უნდა შესრულდეს მინიმუმ 10950 მონაცემისათვის).

ჩვენს მიერ მიზნად იქნა დასახული შეგვექმნა პროგრამული პროდუქტი, რომლითაც არსებული მონაცემთა ბაზის საშუალებით, რომელიც შეიძლება მოძიებული იქნეს საქართველის გარემოს ეროვნულ სააგენტოში, შესრულდეს პერსპექტიული ჰესის წინასწარი ტექნიკურ-ეკონომიკური კვლევების ყველაზე შრომატევადი გათვლები, საწყისი მონაცემების შეყვანიდან სულ რაღაც წამების განმავლობაში. ეს უკანასკნელი უკვე საშუალებას იძლევა განხილულ იქნეს პერსპექტიული ჰესის ნებისმიერი რაოდენობის ალტერნატიული ვარიანტი, ანუ დადგინდეს ჰესის სქემის ოპტიმალური ვარიანტი, ანუ უზრუნველყოფილი იქნეს წყლის რესურსების ოპტიმალური ათვისება.

პროგრამასთან მუშაობა იწყება საწყისი მონაცემთა ბაზის ფორმირებით, მასში გათვალისწინებულია მაქსიმუმ 70 წლის ყოველდღიური საშუალო ხარჯებისაგან შემდგარი მონაცემთა ბაზის ფორმირება. ფაქტობრივად ეს პროცესი წარმოადგენს პროგრამის მომხმარებლისათვის ყველაზე შრომატევად სამუშაოს, რომელზედაც მაქსიმუმ შეიძლება დაიხარჯოს 2-3 დღე. ვინაიდან პერსპექტიული ჰესის სათავე ნაგებობის ადგილმდებარეობის შესაბამისი მდინარის წყალშემკრები აუზისათვის ყოველდღიური საშუალო ხარჯების შესახებ ინფორმაციის მოძიება პრაქტიკულად შეუძლებელია, პროგრამაში გათვალისწინებულია მონაცემთა საწყისი ბაზის ფორმირება მოცემული მდინარის ან ე.წ. ანალოგიური მდინარის ყოველდღიური საშუალო ხარჯებით მდინარის წყალშემკრები აუზის ცნობილი ფართობისათვის, რომლიდანაც ინფორმაციის შეყვანის პარალელურად ფორმირდება მუშა მონაცემთა ბაზა საყოველთაოდ ცნობილი განტოლებით

$$Q = Q_0 \cdot \frac{F}{F_0} \cdot \frac{q}{q_0}$$

სადაც: Q_0 , F_0 და q_0 არსებული მონაცემებია, შესაბამისად: მდინარის ყოველდღიური საშუალო ხარჯი, წყალშემკრები აუზის ფართი და მდინარის აუზის საშუალო წლიური ზედაპირული ჩამონადენი; Q დასადგენი ყოველდღიური საშუალო ხარჯია F ფართობის მქონე მდინარის წყალშემკრები აუზისათვის, რომლის საშუალო წლიური ზედაპირული ჩამონადენია q .

მუშა მონაცემთა ბაზის ფორმირების დასრულებისთანავე დგინდება მონაცემთა ვა-



რაციისა და ასიმეტრიის კოეფიციენტები C_v და C_s , რომლითაც დგინდება შეყვანილი მონაცემთა საკმარისობა და სარწმუნოება. აიგება მდინარის მოდინების ხანგძლივობათა მრუდი, დგინდება მრავალწლიური საშუალო ყოველთვიური და ყოველწლიური $Q_{average}$ ხარჯები. განისაზღვრება ყოველი თვის მინიმალური საშუალო ხარჯები და აიგება მათი ხანგძლივობათა მრუდი, რომლიდანაც განისაზღვრება $Q_{95\%}$ ხარჯი მინიმალურ ხარჯებში 95%-იანი გამოვლენის აღბათობით. განისაზღვრება ე.წ. გარემოს (სანიტარული) ხარჯის სიდიდე ევროკავშირის მიერ აღიარებული პრინციპით, რომლის თანახმადაც

$$Q_{EF} \geq \min(Q_{95\%}, 0.1 \cdot Q_{average}).$$

სანიტარული ხარჯის სიდიდის განსაზღვრისთანავე ფორმირდება ჰესის ყოველდღიური საშუალო წმინდა ხარჯები და აიგება მათი მოდინების ხანგძლივობათა მრუდი, რომლიდანაც შემდგომ შეირჩევა ჰესის სრული საანგარიშო ხარჯი. პროგრამა იძლევა მოდინებაზე მომუშავე მცირე ჰესისათვის მაღალი რენტაბელობის უზრუნველყოფის საანგარიშო ხარჯების მინიმალურ და მაქსიმალურ მნიშვნელობებს, ასევე გვიჩვენებს თუ რამდენად მისაღებია ჰესის სრული საანგარიშო ხარჯის შერჩეული მნიშვნელობა. პროგრამა თვლის, რომ ჰესის სრული ხარჯი არარენტაბელურია თუ მისი მოსალოდნელი ხანგძლივობა წლის განმავლობაში ნაკლებია 70 დღეზე, ანუ ჰესის წმინდა ხარჯების მოდინების ხანგძლივობათა მრუდზე ამ ხარჯზე მეტი ხარჯის გამოვლენაა 25%.

შემდეგ ბიჯზე შეირჩევა ჰესის ტურბინების რაოდენობა (მაქსიმუმ 3), ტიპები (მაქსიმუმ 5 ტიპი), მათი საანგარიშო ხარჯები. პროგრამა ამოწმებს შეყვანილი მონაცემების სისწორეს და შეცდომის დაშვების შემთხვევებში აფორმირებს შესაბამის შეტყობინებას. აქვე პროგრამა იძლევა შერჩეული ტურბინების საანგარიშო ხარჯების სავარაუდო ოპტიმალურ მნიშვნელობებს. ჰესის სრული საანგარიშო ხარჯისა და შერჩეული ტურბინების რაოდენობის, ტიპებისა და მათი საანგარიშო ხარჯების შერჩეული მნიშვნელობის ცვლილებისას, ყველა მომდევნო გათვლები ხორციელდება მყისიერად და ავტომატურ რეჟიმში.

შემდეგ ბიჯზე შეირჩევა სრული დაწნევისა და სადაწნეო მილსადენის სიგრძის მნიშვნელობები მეტრებში, სადაწნეო მილსადენის მასალა და ტიპი (მაქსიმუმ 6), დგინდება სადაწნეო მილსადენის მინიმალური დასაშვები შიდა დიამეტრის მნიშვნელობები სამი სხვადასხვა ცნობილი და აღიარებული მეთოდით, შეირჩევა მილსადენის სტანდარტული შიდა დიამეტრი, განისაზღვრება მილსადენში ხახუნზე დაწნევის დანაკარგები და წმინდა დაწნევის მნიშვნელობა ჰესის საანგარიშო და მაქსიმალური ხარჯისათვის, რის შემდეგაც დგინდება ჰესის საანგარიშო სრული სიმძლავრე და მაქსიმალური სიმძლავრე. ამ ბიჯზე შერჩეული მონაცემების ცვლილებისას ყველა მომდევნო გათვლები ხორციელდება მყისიერად და ავტომატურ რეჟიმში.

შემდეგ ბიჯზე გამოითვლება მილსადენის მინიმალური დასაშვები კედლის სისქე, შეირჩევა მილის სტანდარტული კედლის სისქე, მილის მასალის კუთრი წონა და გამოითვლება 1 მეტრი სიგრძისა და სრული სიგრძის მილსადენის სავარაუდო წონები, რომლითაც მომდევნო ეტაპზე გაითვლება მილსადენის სავარაუდო ღირებულება.

შემდეგ ეტაპებზე დგინდება ჰესის სრული წმინდა ყოველდღიური საშუალო ხარჯები, შესაბამისი ხარჯებისათვის წმინდა დაწნევა, ყოველი ტურბინის ხარჯები, ყოველი ტურბინის მიერ განვითარებული სიმძლავრეები ტურბინის მინიმალური ტექნიკური ხარჯების, მათი მარგი ქმედების კოეფიციენტების და წმინდა დაწნევის ხარჯზე დამოკიდებულების გათვალისწინებით. გამოითვლება ყოველი ტურბინის მიერ გამომუშავებული ყოველდღიური საშუალო ელექტროენერგია და ჰესის სრული ყოველდღიური საშუა-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ლო ელექტრული ენერჯია. გამოითვლება ჰესის მრავალწლიური ყოველთვიური და წლიური საშუალო გამომუშავება. დგინდება მინიმალური და მაქსიმალური საშუალო წლიური გამომუშავებები. დგინდება ჰესის დადგმული სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტი, შერჩეული ყოველთვიური საშუალო ტარიფების მიხედვით გამოითვლება მრავალწლიური საშუალო ყოველთვიური და საშუალო წლიური შემოსავლები წარმოებული ენერჯიის ქსელში ექსპორტირებისას ხაზში და აგრეგატების მოცდენებისაგან (ტექნიკური მომსახურება, პროფილაქტიკური სამუშაოების შესრულება) დანაკრებების გათვალისწინებით.

ზემოთ აღნიშნული გათვლების შესრულების შემდეგ ხორციელდება პროექტის სავარაუდო ღირებულების გათვლა და ფინანსური ანალიზი. სხვა ცნობილი პროგრამებისაგან განსხვავებით ფინანსურ ანალიზში გათვალისწინებულია სხვადასხვა ტიპის კრედიტები, ისეთი როგორცაა, მაგალითად დანადგარების მწარმოებელი გომპანიების ე.წ. ექსპორტ-იმპორტის კრედიტებით პროდუქციის მოწოდება, საბანკო კრედიტების მიღება დროში დაძრული ტრანშებით. გამოითვლება უკუგების (მოგების) შინაგანი ნორმა (IRR – Internal Rate of Return), წმინდა მიმდინარე ღირებულება (NPV – Net Present Value), უკუგების პერიოდი (Payback Period), სარგებლის შეფარდება ხარჯებთან (BCR – Benefit-Cost Ratio), ვალის მომსახურების კოეფიციენტი (DSCR – Debt Service Coverage Ratio), ენერჯიის წარმოების ღირებულება.

გათვლების არაერთგზის გადამოწმების შედეგად დადგინდა, რომ პროგრამა გათვლებისას უზრუნველყოფს მიღებული შედეგების სარწმუნოების დამაკმაყოფილებელ დონეს, რომელიც ჰესის პერსპექტიული პროექტის რეალიზების შესახებ უტყუარი გადაწყვეტილების მიღების საშუალებას იძლევა.

ამჟამად პროგრამა გადაცემულია აპრობაციაზე რამოდენიმე დაინერესებულ პარტნიორ კომპანიაზე და მიმდინარეობს მასში შესაბამისი შენიშვნებისა და სურვილების გათვალისწინება.

ლიტერატურა

1. Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant. European Small Hydropower Association – ESHA, 2004, 286 p.
2. Helena Ramos. Guideline for Design of Small Hydropower plants. Western Energy Agency & Network (WREAN), Department of Economic Development (DED), Belfast, North Ireland, 2000, 210 p.
3. R. Magureanu, S. Ambrisi, B. Popa, Bostan Ion, Dulgheru Valeriu, Bostan Viorel, Sochirean Anatol. Handbook of Innovative Technologies to promote SHP, Work Package 5 – Common Strategies to improve SHP implementation. Final Version. SEE HydroPower, EU, 2011, 77 p.
4. C. Mielach, R. Schineger, S. Schmutz, A. Galie, F. Isfan, I. Tanase, B. Popa, D. Gasparetto, I. Saccardo, M. Cesca, A. Rechberger, H. Talker, S. Šantl, N. Conarič, N. Žvanut Smolar. Comparative analysis of methodologies for the implementation of Environmental Flows (EF), According to the WFD. Work Package 4 – Preserving Water Bodies. Ecosystems. Final Version. SEE Hydropower, EU, 2012, 95 p.
5. Guidelines for hydraulic design of Small Hydro Plants. Alternate Hydro Energy Centre, Indian Institute of Technology, ROORKEE, 2008, 117 p.

SMALL HPP DESIGNS PRE-FEASIBILITY STUDY SOFTWARE.

JOKHADZE P., KUTSIAVA V., JOKHADZE A. ,

Georgian Technical University.

Summary

This article describes the features and capabilities of the software, especially developed for pre-feasibility study of perspective projects of run-of-the-river small hydropower plant (SHPP). Article presents a brief description of the basic principles and methods implemented in software for the calculations usually provided for in the pre-feasibility study of the projects of small hydropower plants.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



**ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მიერ ელექტრომომარაგების
 ძველადში წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი სიხშირის ჰარმონიკები და მათი
 ბავრცელებით ბამოწმული შედეგები**

ჯუნაშვილი ბ., პეტროსიანი ა., ბამრეკელაშვილი თ.*, გულაშვილი გ*.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, სს “თელასი”*

ელექტროტექნოლოგიური დანადგარებისა და კომპლექსების მუშაობის რეჟიმების შედეგად ელექტრომომარაგების ქსელში წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი სიხშირის ჰარმონიკები იწვევს, როგორც ქსელის ელემენტების, აგრეთვე ქსელში ჩართული სხვა ელექტრომიმღებების იზოლაციის ინტენსიურ გახურებას, ცვეთას, ენერგეტიკული მახვენებლების გაუარესებასა და მრავალ სხვა ნეგატიურ შედეგებს. აქედან გამომდინარე, ელექტრომომარაგების ქსელისა და მასში ჩართული მომხმარებლების ენერგეტიკული მახვენებლების გაუმჯობესებისა და ენერგოეფექტურობის ამაღლების ერთერთ უმთავრეს რეზერვს მაღალი სიხშირის ჰარმონიკებისგან განტვირთვა წარმოადგენს.

შესავალი. თანამედროვე დანადგარში, მართვისა და პარამეტრების რეგულირების სათვის გამოყენებულია ნახევარგამტარულ ძალურ ელექტრონიკაზე შექმნილი გარდამსახი ტექნიკა (მოწყობილობები), რომელთა პარამეტრების რეგულირების პრინციპი დაფუძნებულია მიწოდებული ძაბვისა და შედეგად დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯებაზე. ამის გამო, ამ დანადგარების დატვირთვის დენს დამახინჯებული (არასინუსოიდური) ფორმა აქვს. შესაბამისად, არასინუსოიდური დენი ქსელის ელემენტებში გავლისას იწვევს არასინუსოიდური ფორმის ძაბვის ვარდნას. შედეგად, ქსელში წარმოიქმნება მაღალი სიხშირის ძაბვების სპექტრი, ანუ ე. წ. მაღალი სიხშირის ჰარმონიკები, რომელთა ამპლიტუდა და სიხშირე დამოკიდებულია დატვირთვის დენის და შედეგად, ძაბვის ვარდნის ფორმის დამახინჯების ხარისხზე, ეგრედ წოდებულ „ჰარმონიკული დამახინჯების ჯამურ კოეფიციენტზე“ [1].

ამოცანის დასმა. ძაბვის მაღალი სიხშირის ჰარმონიკების გავრცელების შედეგად ელექტრომომარაგების ქსელების ელემენტების საიზოლაციო მასალებში წარმოიქმნება მაღალი სიხშირის წანაცვლების დენები. შესაბამისად, იგი იწვევს, როგორც ქსელის ელემენტების, აგრეთვე ქსელში ჩართული სხვა ელექტრომიმღებების იზოლაციის ინტენსიურ გახურებასა და ცვეთას. ამ მხრივ, განსაკუთრებით მნიშვნელოვან უარყოფით ზეგავლენას ახდენს რეაქტიული სიმძლავრის საკომპენსაციო მოწყობილობებსა და სხვა სტატიკური კონდენსატორებით აღჭურვილ დანადგარებზე, რადგან წანაცვლების დენების მნიშვნელოვანი გაზრდის შედეგად ადგილი აქვს კონდენსატორების საექსპლოატაციო ვადის გასვლამდე მწყობრიდან გამოსვლას [2]. ამასთან ერთად, მაღალი სიხშირის ჰარმონიკები ქსელსა და მომხმარებელაბში წარმოქმნის აქტიური და რეაქტიული ენერჯის დამატებით დანაკარგებს [3].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ელექტრომომარაგების ქსელისა და მასში ჩართული მომხმარებლების ენერგეტიკული მახვენებლების გაუმჯობესებისა და ენერგოეფექტურობის ამაღლების ერთერთ უმთავრეს რეზერვს წარმოადგენს გავრცელებული ძაბვის მაღალი სიხშირის ჰარმონიკებისგან განტვირთვა [4].

სამუშაოს მიზანი. ელექტრომომარაგების ქსელში დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯების გამომწვევი ძირითადი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მუშაობის რეჟიმების გამოკვლევა, მათი დატვირთვის დენის ფორმის და დამახინჯების დონის განსაზღვრა, წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი რიგის ჰარმონიკების პარამეტრების დადგენა და შეფასება.

კვლევის მასალები. დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯების და შედეგად მაღალ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ლი რიგის ჰარმონიკების წარმოქმნის წყაროს წარმოადგენენ: ძალოვანი ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები, ელექტრული განათების ხელსაწყოების მაღალსიხშირული გამჭვი-მარეგულირებელი აპარატები, ელექტროტექნოლოგიური დანადგარები, რომელთა მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია ელექტრორკალურ განმუხტვაზე (ელექტრორკალური ღუმელები, ელექტრორკალური შედუღების დანადგარები, ელექტროპლაზმური დანადგარები და ა.შ.) [5] და დანადგარები რომელთა ტექნოლოგიური პროცესის წარმართვისათვის ძალოვან წრედში დატვირთვის დენის რეგულირებისათვის გამოყენებულია ტირისტორებზე შესრულებული ძალოვანი მოწყობილობები (მუდმივი დენის ტირისტორ-ძრავას სისტემა, ასინქრონული სიხშირული ამძრავები, საყოფაცხოვრებო ელექტრომოწყობილობები, მუდმივი დენის კონტაქტური შედუღების, ელექტროქიმიური და ამაღლებული სიხშირის ინდუქციური გახურების დანადგარები).

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, საჭიროა მოხდეს ქსელის ცალკეული ელექტრომიმდებების მუშაობის რეჟიმების ღრმა მეცნიერული შესწავლა. დადგინდეს მათ მიერ მოთხოვნილი აქტიური და რეაქტიული დატვირთვის გრაფიკები. გამოვლენილ იქნეს ქსელის დატვირთვის დენის დამახინჯების გამომწვევი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარები და კომპლექსები და მათ მიერ წარმომქმნელი ძაბვის მაღალი სიხშირის სპექტრი და თვითეული რიგის ჰარმონიკის ამპლიტუდა.

სამრეწველო სიხშირის (50 ჰც) ერთფაზა და სამფაზა საერთო დანიშნულების ელექტრომომარაგების სისტემების ელექტრული ქსელებისათვის სტანდარტებისა და ნორმების [6] მიხედვით (მოცემული სტანდარტები და ნორმები მოქმედებს საქართველოშიც) დადგენილია ელექტროენერჯის ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები (ГОСТ 13109 – 97) და ნორმები (ГОСТ Р 54149-2010, EN 50160:2010). შესაბამისად, ელექტროენერჯის ხარისხისათვის მიღებულია 11 ძირითადი მაჩვენებელი:

- ძაბვის გადახრა – $\delta U_{\text{ლაფ}}$;
- ძაბვის ცვლილების მნიშვნელობა – $\delta U_{\text{ც}}$;
- ციმციმის „ფლიკერის“ დოზა – $P_{\text{ც}}$;
- ძაბვის მრუდის სინუსოიდურობის დამახინჯების კოეფიციენტი – $K_{\text{ს}}$;
- ძაბვის ნ-ური ჰარმონიული მდგენელის კოეფიციენტი – $K_{\text{ს(ნ)}}$;
- უკუმიმდევრობის ძაბვის კოეფიციენტი – $K_{\text{2ს}}$;
- ნულოვანი მიმდევრობის ძაბვის კოეფიციენტი – $K_{\text{0ს}}$;
- სიხშირის გადახრა – Δf ;
- ძაბვის ჩავარდნის ხანგრძლივობა – $\Delta t_{\text{ჩ}}$;
- იმპულსური ძაბვის მნიშვნელობა – $U_{\text{იმპ}}$;
- დროებითი გადაძაბვის კოეფიციენტი – $K_{\text{დრ.ს}}$.

ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების შესაბამისობის შეფასება მოცემული ნორმების მიხედვით წარმოებს 24 საათიან საანგარიშო პერიოდში.

ნორმებით [7] გათვალისწინებული ჰარმონიკების მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრ. 1-ში.

ქვემოთ ცხრ. 2-ში მოცემულია მაღალი რიგის ჰარმონიკების უარყოფითი ზემოქმედების მიერ გამოწვეული შედეგების ჩამონათვალი ელექტრომომარაგების ქსელისა და მომხმარებლების ზოგიერთ ელემენტებზე.

თანამედროვე ელექტროტექნოლოგიურ დანადგარებსა და კომპლექსებში ძირითადად გამოყენებულია ელექტრომექანიკური სისტემები რომლებიც დაფუძნებულია სიხშირულ მართვად ელექტროამძრავებზე და ელექტრორკალურ განმუხტვაზე.

ქვემოთ მოცემულია, ექსპერიმენტული გზით მიღებული სიხშირულ-რეგულირებადი



ელექტროამპრავის დატვირთვის დენის მრუდი (ნახ. 1) [8].

ცხრილი 1

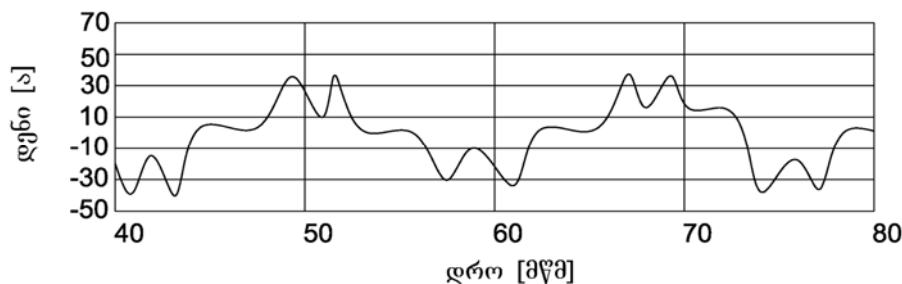
ჰარმონიკების მაქსიმალური დასაშვები დონეები

სამის არჯერადი კენტი ჰარმონიკები				სამის ჯერადი კენტი ჰარმონიკები				ლუწი ჰარმონიკები			
არმონიკის რიგი	დმ	სმ	მმ	არმონიკის რიგი	დმ	სმ	მმ	არმონიკის რიგი	დმ	სმ	მმ
5	6	6		3	5	2,5	1,5	2	2	1,5	1,5
7	5	5		9	1,5	1,5	1	4	1	1	1
11	3,5	3		15	0,3	0,3	0,3	6	0,5	0,5	0,5
13	3	3,5		21	0,2	0,2	0,2	8	0,5	0,5	0,5
17	2	2		>21	0,2	0,2	0,2	10	0,5	0,5	0,5
19	1,5	1,5						12	0,2	0,2	0,2
23	1,5	1						>12	0,2	0,2	0,2
25	1,5	1									
>25	0,2 +25/h	0,2 +25/h	0,1 +25/h								

ცხრილი 2

ჰარმონიკების უარყოფითი ზემოქმედებით გამოწვეული შედეგები

№	ელექტროაპარატი/ელექტრომოწყობილობა /ელექტროხელსაწყო	ჰარმონიკების ზემოქმედების შედეგები
1	ავტომატური ამომრთველები	მუშაობის შეფერხება
2	საკაბელო ელექტროგადამცემი ხაზები	გადახურება, იზოლაციის გარღვევა
3	საკაბელო ელექტროგადამცემი ხაზები	გადახურება
4	ძალოვანი ტრანსფორმატორები და რეაქტორები	გადახურება
5	ელექტრული ძრავები	ხმაურის გაზრდა, გადახურება, ვიბრაციის გაზრდა
6	რეაქტიული სიმძლავრის საკომპენსაციო მოწყობილობები	გადახურება, იზოლაციის გარღვევა
7	დაცვის მოწყობილობები	სელექტიურობის დარღვევა,
8	ელექტრული განათების ხელსაწყოები	დროზე ადრე მწყობრიდან გამოსვლა, ციმციმი
9	ელექტრონული ხელსაწყოები	შეფერხება მონაცემთა დამუშავებისა და გადაცემისას, ეკრანის ციმციმი
10	საზომი და აღრიცხვის ხელსაწყოები	ცდომილება გაზომვისა და აღრიცხვისას
11	საყოფაცხოვრებო ელექტროხელსაწყოები	გადახურება, დროზე ადრე მწყობრიდან გამოსვლა,

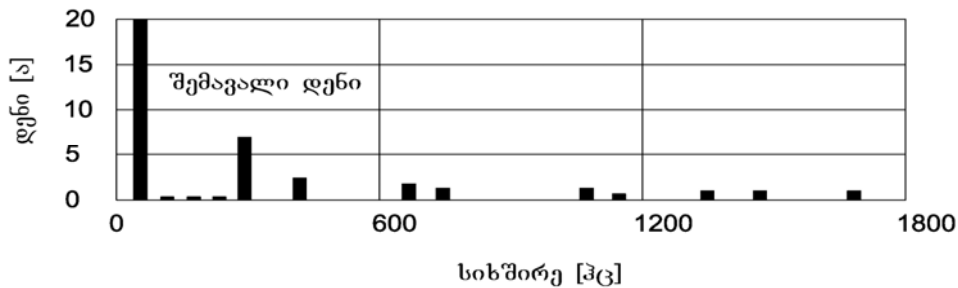


ნახ. 1. სისშირულ-რეგულირებადი ელექტროამპრავის დატვირთვის დენის მრუდი.

როგორც მრუდიდან სჩანს, დატვირთვის დენის ფორმა მნიშვნელოვნად განსხვავდება სინუსოიდისაგან და არახაზოვანი დამახინჯების კოეფიციენტი, ლარიონოვის სქე-



მით შესრულებული სამუშაო სექციით შესრულებული გარდამსახის შემთხვევაში შეადგენს 31%-ს. ამ შემთხვევაში წარმოქმნილი მაღალი სიხშირის ჰარმონიკების სპექტრი მოცემულია ნახ. 2-ზე.



ნახ. 2. მაღალი სიხშირის ჰარმონიკების სპექტრი

დასკვნა. ელექტროტექნოლოგიური დანადგარებისა და კომპლექსების მუშაობის რეჟიმების შედეგად ელექტრომომარაგების ქსელში წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი სიხშირის ჰარმონიკები იწვევს, როგორც ქსელის ელემენტების, აგრეთვე ქსელში ჩართული სხვა ელექტრომიმღებების იზოლაციის გახურებას, ინტენსიურ ცვეთას, ენერგეტიკული მაჩვენებლების გაუარესებასა და მრავალ სხვა ნეგატიურ შედეგებს. აქედან გამომდინარე, ელექტრომომარაგების ქსელისა და მასში ჩართული მომხმარებლების ენერგეტიკული მაჩვენებლების გაუმჯობესებისა და ენერგოეფექტურობის ამაღლების ერთერთ უმთავრეს რეზერვს მაღალი სიხშირის ჰარმონიკებისგან განტვირთვა წარმოადგენს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Руководство по устройству электроустановок. Технические решения Schneider Electric. Москва: ЗАО «Шнейдер Электрик» 2009, с. 469.
2. Руководство по проектированию и исполнению шкафов компенсации реактивной мощности для сетей 400/415В-50Гц. Москва: ЗАО «Шнейдер Электрик». 2007, с. 52.
3. Техническая коллекция SchneiderElectric. Выпуск № 30. Измерение и устранение гармоник. Москва: ЗАО «Шнейдер Электрик» 2009, с. 48
4. Техническая коллекция SchneiderElectric. Выпуск № 22. Гармонические искажения в электрических сетях и их снижение. Москва: ЗАО «Шнейдер Электрик» 2008, с. 32
5. Шеховцев В.П. Электрическое и электромеханическое оборудование. Москва: Форум: Инфра-М.-407 с.
6. standardi - ГОСТ 13109 – 97 – Электрическая энергия. Электромагнитная совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. (Electric energy. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Power quality limits in public electrical systems).
7. МЭК 61000-2-2 – «Электромагнитная совместимость (ЭМС)-Часть 2-2: Электромагнитная обстановка - Уровни электромагнитной совместимости для низкочастотных кондуктивных помех и сигналов, передаваемых в распределительных системах электроснабжения общего назначения».
8. Куско А., Томпсон М. Сети электроснабжения. Методы и средства обеспечения качества электроэнергии. Москва: Додека-XXI, 2011гю-336 с.

HIGH FREQUENCY HARMONICS OF VOLTAGE GENERATED IN ELECTRICAL POWER SUPPLY SYSTEMS BY ELECTRO-TECHNOLOGICAL EQUIPMENT, AND RESULTS CAUSED BY THEIR TRANSMISSION.

Chunashvili B., Petrosyan A., Gamrekelashvili T., Bugashvili G.,
Georgian Technical University, JSC Telasi”

Summary

Electro technological installations and complexes working regime results in forming high frequency harmonics of voltage within electro supplying network and it causes intensive heating, wear, worsening power indices and many other negative results for the network elements installation. Resulting from this for improving power indices of electro supplying network and other connected loads (equipment) and increasing energy efficiency-unloading high frequency harmonics is one of the main reserves.



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



წივის ქვესაღმჯრებში რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია
რეკუპერაციული დამუხრუჭების პირობებში

პონხრეიკი ბ.*, ბახტაძე მ.***, ზრანბიფილი ბ.*, ზხაპაძე ზ.**, ტაბუნაფილი ე.*

* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

** აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

*** სს „საქართველოს რკინიგზა“

ნაშრომში განხილულია მუდმივი დენის მიმდევრობითი აღზნებიანი წვეის ძრავის რეკუპერაციული დინამიური დამუხრუჭების ეფექტიანად განხორციელების მიზნით მთლიანი ერთიანი გარდამქმნელი სისტემის სქემის შექმნა. იგი ითვალისწინებს IGBT ძალოვანი ტრანზისტორული მოდულებისაგან შემდგარი მართვადი გამმართველისა და ცვლადი დენის ქსელის მიმყოლი ძაბვის ინვერტორის შემხვედრ-პარალელურად ჩართვას. გენერატორულ რეჟიმში მყოფი ძრავში პირდაპირი მამბრუნი მომენტის გარდა თავს იჩენს უკუ მამბრუნი მომენტი, რაც იძლევა საშუალებას ეფექტურად წარმართოს რეკუპერაციული დინამიური დამუხრუჭება. მართვადი გამმართველი ინვერტორისათვის წარმოადგენს უკუ გამმართველს. დადგენილ სქემაში ხორციელდება სიმძლავრის კოეფიციენტის გაუმჯობესება და შედეგად ამისა რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია, რაც, როგორც ყოველთვის წარმოადგენს მეტად პრობლემატური გადაწყვეტის საკითხს. დადგენილია უკუ გამმართველის და ინვერტორის მართვადი ვენტილების ერთდროული მუშაობის თანმიმდევრობის კანონზომიერება.

გამმართველ - ინვერტორული აგრეგატებში რეკუპერაციული დამუხრუჭების პროცესების სრულყოფა, ქსელის მიმყოლი ძაბვის ინვერტორის გარე მახასიათებლის გაუმჯობესება, რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია და სიმძლავრის კოეფიციენტის გაზრდა შესაძლებელია მართვადი უკუ გამმართველის გამოყენებით.

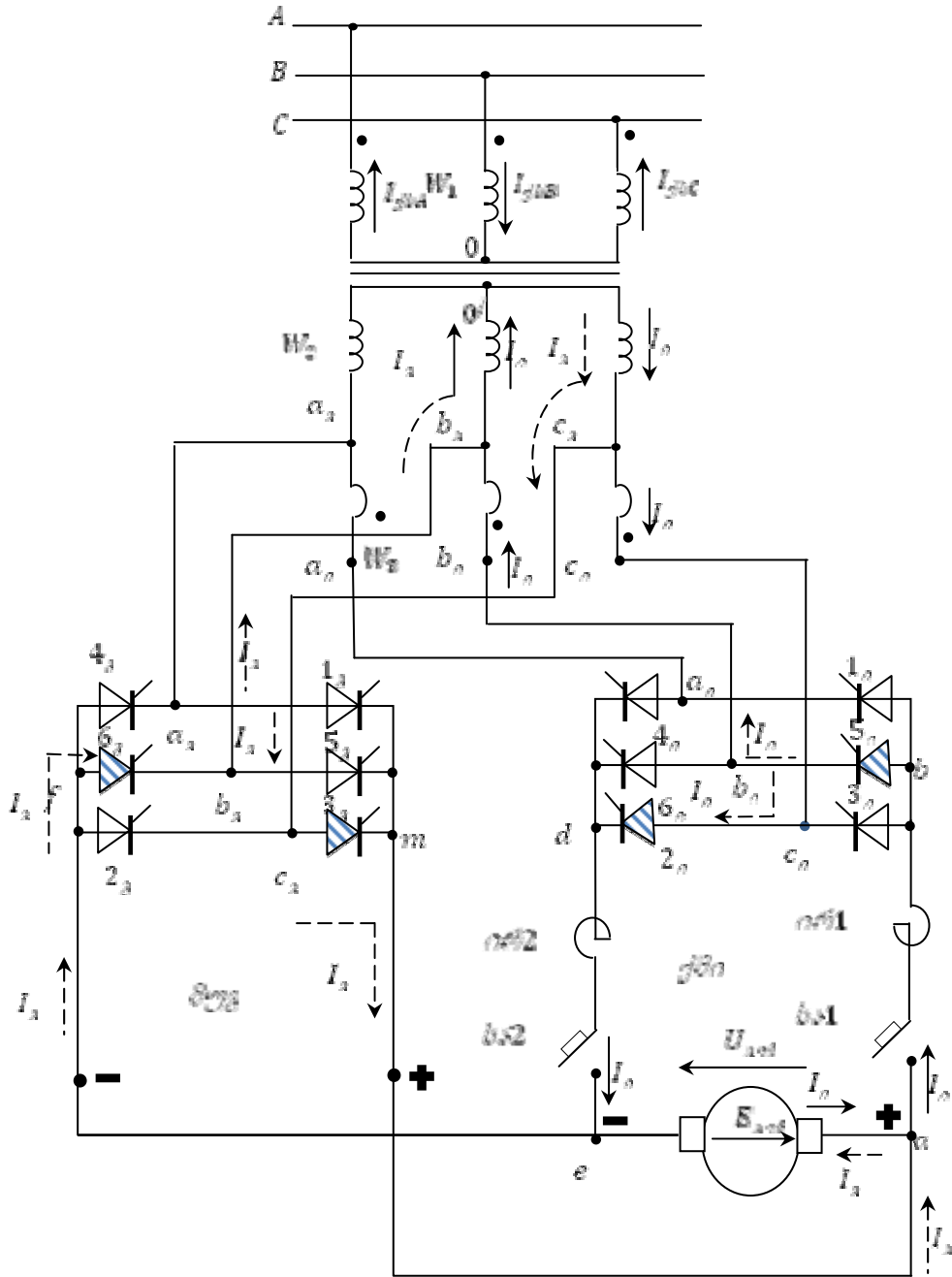
ჩვენს შემთხვევაში (ნახ.1) რეკუპერაციული დამუხრუჭებისას გამმართველი აგრეგატის გამოურთავად მუდმივი დენის ქსელში ძაბვის მომატებისას ჩაერთვება S_1 , S_2 სწრაფმომქმედი ამომრთველები. გამმართველი აღმონდება შემხვედრ-პარალელურად მიერთებული ქსელის მიმყოლი ინვერტორთან და იღებს უკუ გამმართველის ფუნქციას. უკუ გამმართველი ინვერტორის გამოსავალიდან სიმძლავრეს აძლევს მუდმივი კვების წყაროს და ასრულებს დამატებითი აქტიური დატვირთვის როლს. ეს დატვირთვა ამაღლებს ინვერტორის გამოსავალში სიმძლავრის კოეფიციენტს $\cos\phi_{\Sigma}$. რაც იწვევს ინვერტორის განტვირთვისას გამომავალი ძაბვის შემცირებას. უკუ გამმართველის გარეშე $\cos\phi_{\Sigma}$ სიმძლავრის კოეფიციენტი იქნებოდა მცირე და შესაბამისად ინვერტორის გამოსავალზე ძაბვა იქნებოდა მაღალი [1].

დროის $0 \leq t \leq t_1$ ინტერვალში (ნახ.2 ა, ბ) შემხვედრ-პარალელურად ჩართული ორი გარდამქმნელი აგრეგატების მართვა ხდება ერთდროულად შესაბამისი მართვის იმპულსების მიწოდებით. იმპულსების ფაზირება შეესაბამება გამართვის რეჟიმისათვის G_2 გრაგნილიდან β_2 გრაგნილისაკენ.

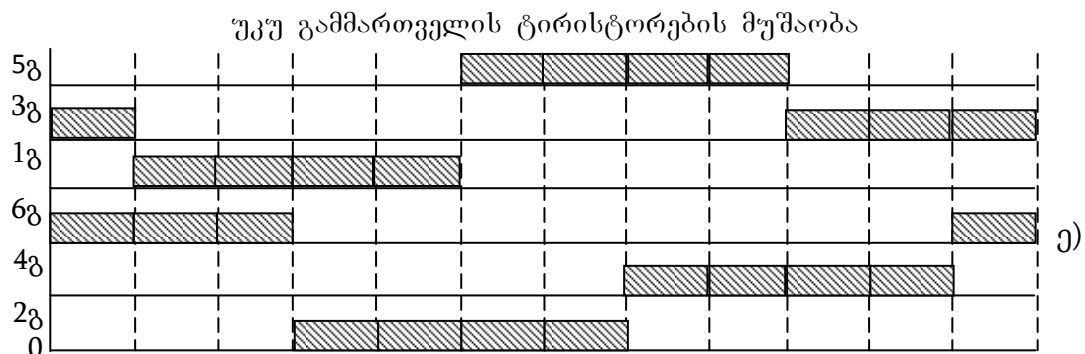
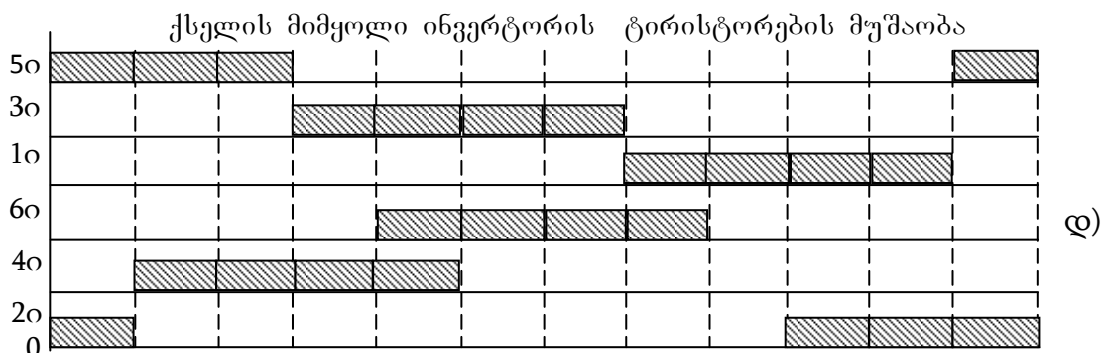
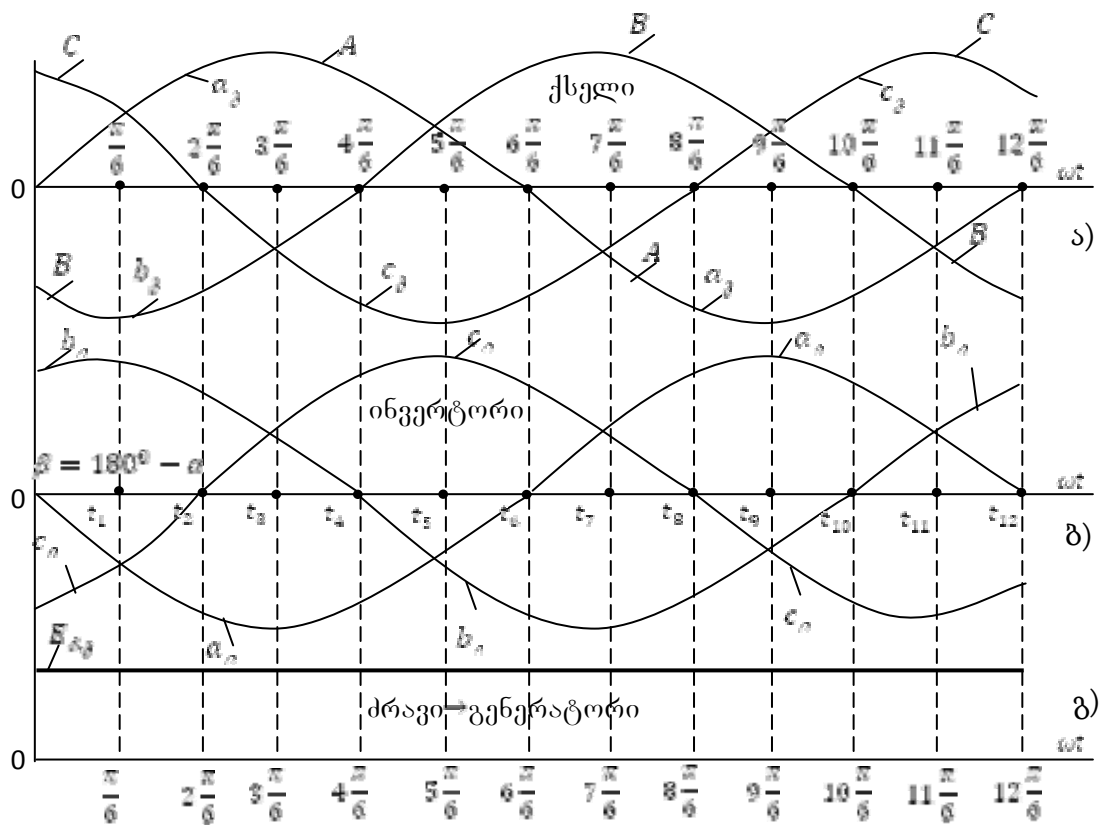
ამ დროს ღიაა S_3 და S_4 უკუ გამმართველის ტირისტორები. ინვერტორული რეჟიმებისთვის β_1 გრაგნილიდან α_1 გრაგნილისაკენ. ამ დროს ღიაა S_5 და S_6 ტირისტორები. ერთდროული შეთანხმებული მართვისას $\alpha_2 + \alpha_1 = \pi$, ე.ი. $\alpha_2 = \beta_1$, სადაც α_1 და α_2 - შესაბამისად უკუგამმართველის და ინვერტორის მართვის კუთხეებია (ნახ.2,დ,ე). ასეთი მართვისას უკუ გამმართველის გამართული ძაბვის და ინვერტორის შესასვლელზე გენერირებული მუდმივი ძაბვის მყისა მნიშვნელობები ურთიერთ საწინააღმდეგოდაა მი-



მართული; ირ1, ირ2 ინვერტორის რეაქტორების გამო გამმართველ-ინვერტორული კონტურში გამათანაბრებელი დენის გავლა ინვერტორის რეაქტორებში შეზღუდულია. რეაქტორის ინდუქციურობებს ირჩევენ ისეთი სიდიდევით, რომ გამათანაბრებელმა დენმა არ გადააჭარბოს ნომინალური დენის 10%-ს [2].



ნახ.1. უკუ გამმართველ-ინვერტორული აგრეგატის პრინციპული ელექტრული სქემა წვევის ძრავის რეკუპერაციული დამუხრუჭების პირობებში.



ნახ.2. სამფაზა წვეის ტრანსფორმატორის გრაგნილების ფაზური ძაბვები -ა,ბ; გენერატორულ რეჟიმში წვეის ძრავის ე.მ.ძალა -გ; ინვერტორის და უკუ გამართველის ტირისტორების მუშაობის თანმიმდევრობა - დ, ე.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ამის შედეგად წვევის ტრანსფორმატორის მეორადი გამმართველი გრაგნილის ϵ_2 ფაზაში გამავალი I_2 დენი მიმართულებით თანხედენილია ინვერტორული გრაგნილის ϵ_1 ფაზაში გამავალი I_1 დენისა. ანალოგიურად b_2 -ფაზაში გამავალი I_2 დენი ემთხვევა b_1 ფაზაში გამავალი I_1 დენს. ინვერტორული დენი I_1 იკვრება კონტურში, რომელიც გადის შემდეგ კვანძებში (ნახ.1) : $a, b, 5, 6, b_1, b_2, 0', c, c_1, 2, d, e, 0$ ხოლო უკუ გამართვის I_2 დენი კი გადის შემდეგ კვანძებზე: $c, 2, 3, 0, a, e, f, c_1, b_2, 0', c_2$. ამის გამო W_2 ხვიების რიცხვის მქონე გამმართველის გრაგნილში გამავალის დენი ტოლია $I_1 + I_2$, ხოლო W_2 ხვიის რიცხვის მქონე ხვიაში გამავალი დენი ტოლია I_1 -ის. ამის შედეგად ინვერტორის ფაზური ძაბვა მეტია გამართვის ფაზურ ძაბვაზე; რეკუპერაციული სიმძლავრე ინვერტორის მეშვეობით შედის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილში და გადაეცემა ცვლადი დენის ქსელს. გენერატორული რეჟიმში არსებული წვევის ძრავში ინვერტორისა და უკუ გამმართველის შესაბამისი გამართვის შესაბამისი დენები I_1 და I_2 ურთიერთსაწინააღმდეგოდაა მიმართული, იქმნება უარყოფითი მახრუნი მომენტი, გენერატორი იკვებება საწინააღმდეგო მიმართულების მუდმივი დენით I_2 . ამის გამო რეკუპერაციული დამუხრუჭების პირობებში უმჯობესდება ელექტროდინამიკური დამუხრუჭება. გენერატორში გადის შემცირებული ჯამური დენი და გენერატორის ბრუნვათა რიცხვი ავტომატურად იზარჩუნებს სტაბილურ მნიშვნელობას და გენერატორის დაბალი დატვირთვის პირობებში რეკუპერაციული დამუხრუჭება მიმდინარეობს სასურველი შედეგებით.

ანალოგიურ პროცესებს აქვს ადგილი აგრეგატების მუშაობის დროის დარჩენ მომდევნო ინტერვალებში:

$$t_1 \ll t \ll t_2; t_2 \ll t \ll t_3; t_3 \ll t \ll t_4, \dots, t_{11} \ll t \ll t_{12}$$

აღნიშნულ ერთიან გარდამქმნელ სისტემაში რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციას მივეყვართ სიმძლავრის კოეფიციენტის ამაღლებასთან. არსებობს სიმძლავრის კოეფიციენტის ამაღლების ღონისძიებების სამი ჯგუფი: [1];

1. ღონისძიება, რომელიც არ ითვალისწინებს მაკომპენსირებელი მოწყობილობების დაყენებას და არ ითხოვს დამასაბუთებელ გაანგარიშებებს;
2. ღონისძიება რომელიც დაკავშირებულია მაკომპენსირებელი მოწყობილობების გამოყენებასთან და ითხოვს დამასაბუთებელი ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშებებს;
3. ღონისძიება, რომელიც დასაშვებია გამონაკლისის სახით და დასაბუთებული უნდა იქნას ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშებით [3].

გამმართველი აგრეგატის სიმძლავრის კოეფიციენტი ტოლია

$$K_p = \frac{P_1}{S_1} = \frac{3U_{1\phi} \cdot I_{K(1)} \cos\varphi_{(1)}}{3U_{1\phi} I_1} = \frac{I_{K(1)}}{I_1} \cos\varphi_{(1)} = K_p \cdot \cos\varphi_{(1)} \quad (1)$$

სადაც: $I_1, I_{K(1)}$ შესაბამისად ტრანსფორმატორის პირველადი დენის და მისი პირველი (ძირითადი) ჰარმონიკის მოქმედი მნიშვნელობა; $\varphi_{(1)}$ -ფაზათა ძვრის კუთხეა $I_{K(1)}$ დენსა და ქსელის ძაბვას შორის. მართვადი გამმართველის შემთხვევაში $\varphi_{(1)} = \alpha$. კომუტაციის პროცესის გამო დამატებით წარმოებს $I_{K(1)}$ დენის ფაზათა ძვრა ქსელის ძაბვის მიმართ $\frac{\pi}{2}$ კუთხით. შესაბამისად ვღებულობთ:



$$K_r = K_\varphi \cdot \cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right), \quad (2)$$

სადაც $K_\varphi = \frac{I_{\text{კვ}}}{I_1}$ – დენის დამახინჯების კოეფიციენტი, α – გამმართველის მართვადი ვენტილების რეგულირების კუთხეა. გამმართველში გამართული ძაბვის დრმა რეგულირებისას ქსელიდან მოითხოვება მნიშვნელოვანი რეაქტიული სიმძლავრე:

$$Q_1 = P_1 \operatorname{tg}\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right), \text{ სადაც } P_1 = 3U_{1\varphi} \cdot I_{\text{კვ}} \cos\varphi_{1\text{კვ}}, \text{ ტრანსფორმატორის პირველადი}$$

გრანზილის მიერ ქსელიდან მოთხოვნილი აქტიური სიმძლავრეა. Q_1 – რეაქტიული სიმძლავრე იწვევს ქსელის ძაბვის შემცირებას. თუ გამმართველის სიმძლავრე თანაზომადია ქსელის მოკლე შერთვის სიმძლავრესთან, მაშინ ძაბვის ეს შემცირება შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი. ცვლადი დენის ქსელის მიმართ გამმართველი აგრეგატი წარმოადგებს დენის მაღალი რივის ჰარმონიკების წყაროს.

ქსელის მიმყოლი ინვერტორში აქტიური სიმძლავრე გადაეცემა ცვლადი დენის ქსელს და ეს სიმძლავრე უარყოფითია. (1)-ში უნდა იქნას გათვალისწინებული P_1 – ის და $\cos\varphi_{1\text{კვ}}$ – ის აბსოლუტური მნიშვნელობები. თუ მივიღებთ მხედველობაში

$$\beta = \pi - \alpha, \quad (3)$$

მაშინ ვღებულობთ

$$K_n = K_\varphi \cdot \cos\left(\alpha - \frac{\gamma}{2}\right), \quad (4)$$

K_n – ის ამადლებისათვის საჭიროა ინვერტორი მუშაობდეს მცირე β – კუთხით: თავის მხრივ β – კუთხის შემცირება იწვევს δ კუთხის შემცირებას ($\delta = \beta - \gamma$) და (4)-ს თანახმად ინვერტორის მდგრადობის შემცირებას. (3), (4)-დან გვაქვს:

$$K_n = K_\varphi \cdot \cos\left(\pi - \alpha - \frac{\gamma}{2}\right) = -K_\varphi \cdot \cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right), \quad (5)$$

(2), (5)-დან გამომდინარეობს, რომ

$$K_r = -K_n = K_\varphi \cdot \cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right), \quad (6)$$

(6)-ში ნიშანი „-“ აღნიშნავს იმას, რომ გენერატორისათვის ცვლადი დენის ქსელიდან გამმართველის შემოსული აქტიური სიმძლავრე დადებითია, ხოლო ინვერტორიდან ცვლადი დენის ქსელში გადაცემული აქტიური სიმძლავრე უარყოფითია. [4], [5].

ლიტერატურა

1. Автономные инверторы. Под редакцией Г.В. Чалого. Издат-во „Штиинца“ Кишинев 1974.-стр.336.
2. Справочник по преобразовательной технике. Под редакцией И.М. Чиженко. Киев „Техніка“ 1978 стр.448.
3. Мадьяр Л. Коэффициент мощности $\cos\varphi$. Гос. Энерго изд-во. М.,Л. 1961. Стр 376.
4. კობრეიძე გ.; ნემსაძე ს.; ფრანგიშვილი გ.; გაბრაშვილი მ.; შუკაკიძე თ.. ნახევარ გამტარულ აგრეგატებში ელექტრომაგნიტური ტექნოლოგიური პროცესების მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელირება. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია მდგრადი ენერგეტიკა: გამოწვევები და განვითარების პერსპექტივები. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. ქუთაისი 2015 წელი.
5. კობრეიძე გ.; რეხვიაშვილი ზ.; ფხაკაძე შ.; პაპიძე ზ.; ტეტუნაშვილი ე. ენერგოეფექტურ ავტონომიურ ჰიბრიდულ ერთიან გარდამქმნელ სისტემაში პროცესების მოდელირება ცვლადი დენის ქსელთან პარალელურ მუშაობის პირობებში. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია მდგრადი ენერგეტიკა: გამოწვევები და განვითარების პერსპექტივები. კაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. ქუთაისი 2015 წელი.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



COMPENSATING THE REACTIVE CAPACITY IN THE TERMS OF RECUPERATION BRAKING
KOKHREIDZE G.K*^{*}; BAKHTADZE M.G ^{*}; PRANGISHVILI G. V*^{*}; PKHAKADZE SH. A ^{**};**
TETUNASHVILI E.R ^{*}.

Georgian Technical University ^{*}, Akaki Tsereteli State University ^{**}, JSC „Georgian Railway” ^{***}
 Summary

The paper dwells on creating the scheme of joint transferring system with the purpose of effective fulfillment of recuperation dynamic braking of gradual exciting pressure motor of permanent power. It foresees meeting-simultaneous switching of gradual voltage inventor of managing maintainer and AC network, consisting of IGBT power transistor modules. Besides the direct circulating moment, being in generator regime motor, there can be circulating moment, when it gives opportunity to manage the recuperation dynamic braking effectively. Managing maintainer aggregation represents anti-maintainer for the follower inventor of the web. In the established scheme one implements improving the capacity ratio and resulting in reactive capacity compensation, when, as a rule, it represents solving of more problematic question. It is established regularity of simultaneous working of inventor managing valves and anti-maintainer.

ახალი მეთოდის და თანამედროვე სენსორების გამოყენებით მძლავრი
ჰიდროგენერატორების როტორის ფორმისა და
ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის გამოვლენა და შესწავლა

გუგულაშვილი ლ., ახაიძე-ვახაშვილი ზ., მაცხვარიშვილი ი.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

განხილულია მძლავრი გენერატორების საიმედოობის ამაღლებსა და მათი საექსპლუატაციო რესურსების ზრდის საკითხები და ნახევრები რომ, ეს დამოკიდებულია ჰიდროაგრეგატის ვიბრაციულ მდგომარეობაზე.

ჰიდროგენერატორების ვიბრაციული მდგომარეობის შესწავლისათვის დღეს გამოყენებული მოწოდებლობები ვერ უზრუნველყოფენ როტორის ფორმის ფიქსირებას და მოკლედ შერთული ხვიების აღმოჩენას.

წარმოდგენილია როტორის ფორმის ელექტრომაგნიტური გადამწოდის ახალი პრინციპული სქემა, რომელიც ადვილად შეიძლება ჩართული იქნას გენერატორების კომპიუტერული მონიტორინგის ქსელში.

მძლავრი ჰიდროგენერატორების საიმედოობის ამაღლება, საექსპლუატაციო რესურსების ზრდა, ჰიდროგენერატორის მოცდენა და კაპიტალურ რემონტებზე ხარჯების შემცირება დიდადაა დამოკიდებული ჰიდროაგრეგატის ვიბრაციულ მდგომარეობაზე.

ჰიდროგენერატორის ვიბრაციული მდგომარეობის შესწავლა გულისხმობს ჰიდროაგრეგატის ვიბრაციის მიზეზების გამოვლენას და აუცილებლობის შემთხვევაში, ვიბრაციის აღმოფხვრას ბალანსირების გზით.

ჰიდროგენერატორის ვიბრაციის გამომწვევი ძირითადი მიზეზებია:

- V. ჰიდროგენერატორის მბრუნავი ნაწილების **მექანიკური** გაუწონასწორებლობით გამოწვეული **დაუბალანსებლობა**;
- VI. ჰიდროტურბინაში მიმდინარე პროცესებით (ტურბინის მიმართოველი აპარატის არათანაბარი გაღება, უცხო სხეულის მოხვედრა ტურბინის სპირალური კამერის ნიჟარაში, ტურბინის მუშა თვლის ასიმეტრიული განლაგება ტურბინის კამერაში და სხვ.) გამოწვეული **ჰიდროდინამიკური დაუბალანსებლობა**;
- VII. გენერატორის სტატორის მიმართ როტორის ასიმეტრიული მდებარეობით, როტორის არასწორი მაგნიტური და მექანიკური ფორმით; გენერატორის სტატორის ელიფსური ფორმით; გენერატორის როტორის კონსტრუქციის ან სხვადასხვა კვანძის და ნაწილის ე.წ. სუნთქვა-გადაადგილებით; გენერატორის როტორის პოლუსის



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



გრაგნილებში გაჩენილი მოკლედ შერთული ხვების გავლენით გამოწვეული ელექტრომაგნიტური დაუბალანსებლობა.

ჰიდროგენერატორის ვიბრაციული მდგომარეობის გამოსავლენად და შესასწავლად მსოფლიოში არსებობს სხვადასხვა ტიპის გადასატანი და სტაციონარული ვიბროსაზო-მი კომპლექსები და ხელსაწყოები. ეს საზომი კომპლექსები და ხელსაწყოები ძირითადად გამოიყენება ვიბრაციის ამპლიტუდის, ვიბრაციის სიხშირული სპექტრის, ვიბრაციის ფაზის, ვიბრაციის სიჩქარისა და აჩქარების, ღერძის ცემის ფიქსირებისათვის, ვიბრაციის სპექტრული ანალიზისათვის, მაგრამ მათ არ შესწევთ უნარი გამოავლინონ და დაარეგისტრირონ ჰიდროგენერატორის ელექტრომაგნიტური უბალანსებლობის ძირითადი გამომწვევი მიზეზი, კერძოდ, გენერატორის როტორის ფორმის ფიქსირება და როტორის პოლუსის გრაგნილის კოჭაში გარდამავალი, არადამყარებული, მოკლედ შერთული ხვების აღმოჩენა.

ასეთი მოკლედ შერთული ხვების გამოვლენა ძალიან რთულია, რადგან გაჩერებული ჰიდროგენერატორში ეს ხვიათაშორისი იზოლაცია შეიძლება აღდგეს და ვერავითარი ლაბორატორიული გამოკვლევით ვერ მოხერხდეს მისი აღმოჩენა; ხოლო აგრეგატის ბრუნვით, ცენტრიდანული ძალების ამოქმედებით ხდება როტორის პოლუსის გრაგნილის ხვიათაშორისი მოკლედ შერთვის გამოვლენა.

როტორის პოლუსის ხვიათაშორისი მოკლედ შერთვა გამოიწვევს ჰიდროგენერატორის მაგნიტური ველის ასიმეტრიას, ხოლო ჰიდროგენერატორის როტორის მაგნიტური ველის ასიმეტრია, თავის მხრივ იწვევს დამატებითი დატვირთვების გაჩენას ჰიდროგენერატორის მიმდართველ საკისრებზე და, შესაბამისად, ჰიდროაგრეგატის ზედა და ქვედა ჯვარედლებზე – ვიბრაციის გაზრდას.

დღეისათვის საქართველოში არსებობს მეთოდთა, რომელიც საშუალებას იძლევა აღმოვაჩინოთ როტორის პოლუსის გრაგნილის კოჭებში მოკლედ შერთული ხვები და დავაფიქსიროთ როტორის ფორმა [1, – 4].

ამ მეთოდის მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია გენერატორის როტორსა და სტატორს შორის საჰაერო ღრეჩოში გატარებულ ხვიაში როტორის ბრუნვით ელექტრომაგნიტური ძალების აღძვრის პროცესზე. ხვიაში აღძრული ელექტრომაგნიტური ძალებისა და გენერატორის როტორის NI პოლუსის გასწვრივ დამაგრებული ღერძის ბრუნვის აღმნიშვნელის დაფიქსირება ხდება სხივური გაღვანომეტრით შუქსხივური ოსცილოგრაფის სპეციალურ შუქმგრძნობიარე ფოტოქადალდზე.

წარმოდგენილი მეთოდის ნაკლია:

5. ჰიდროგენერატორის სტატორზე ე.წ. საზომი ხვის დაყენება- დამაგრების სირთულე;
6. ჰიდროგენერატორის როტორის პოლუსში მოკლედ შერთული ხვის (1 – 2 ცალი) აღმოჩენა რთულია და პრაქტიკულად, თითქმის შეუძლებელი;
7. ჰიდროგენერატორის როტორის პოლუსის გამჭექი სოლების მოშვების შემთხვევაში შეუძლებელია პოლუსის სივრცული სუნთქვა-გადაადგილების აღმოჩენა.

ჩვენ მიერ დამუშავებული, დამზადებული და გამოყენებულია ე.წ. როტორის ფორმის ელექტრომაგნიტური გადამწოდი. იგი წარმოადგენს არამაგნიტური მასალისაგან დამზადებული ღეროს წვერზე დამაგრებულ ინტეგრირებად სენსორს ისეთი გათვლით და გაბარიტებით, რომ შესაძლებელი იყოს სტატორის ზურგის მხრიდან მისი თავისუფლად შეყვანა და ჩამაგრება ჰიდროგენერატორის სტატორის აქტიური რკინის სავენტილაციო არხში. გადამწოდის ღეროს წვერზე დამაგრებული სენსორი მცირე ზომისაა და თავსდება როტორსა და სტატორს შორის საჰაერო ღრეჩოში არაუმეტეს 3 მმ სიღრმეზე.

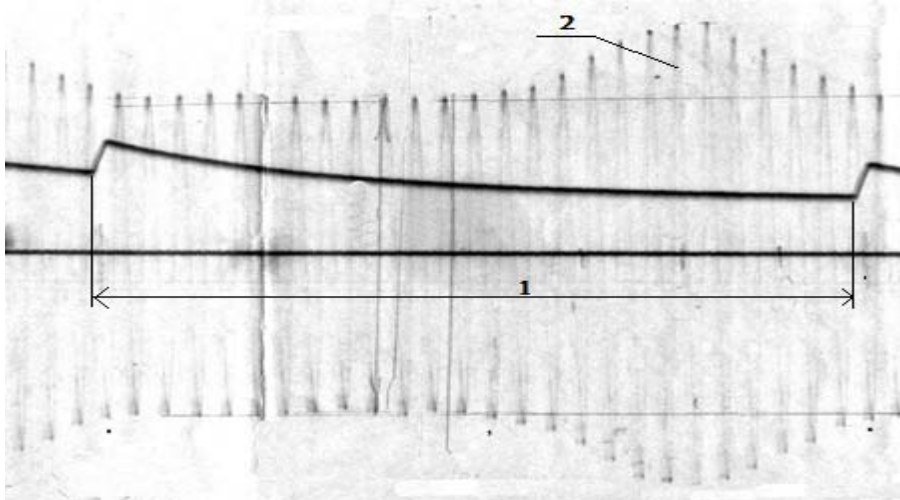
აღწერილი როტორის ფორმის ელექტრომაგნიტური სენსორის, სხვადასხვა ენერგობიექტებზე გამოყენებით, ჰიდროგენერატორების ვიბრაციული მდგომარეობის კვლევისა



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

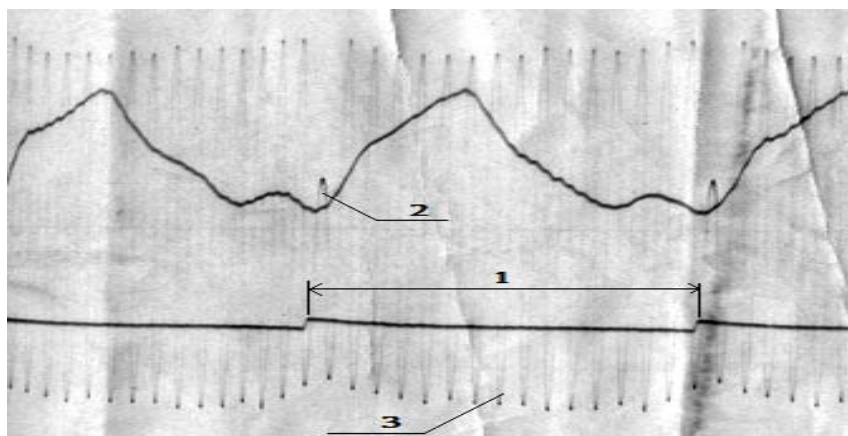


და ვიბრაციის მიზეზების გამოვლენის პროცესში მიღებული და დაფიქსირებულია შემდეგი შედეგები: კერძოდ, 1-ლ ნახ-ზე მოყვანილია ელიფსური ფორმის როტორი, ანუ როტორის ფორმის ცვლილება, როგორც როტორის მანების და როტორის ფერსოს სოლენის მოშვებით გამოწვეული შედეგი.



ნახ. 1. დეფორმირებული ელიფსური ფორმის როტორი.
 1 – როტორის ერთი ბრუნი. 2 – ელიფსური ფორმის როტორი.

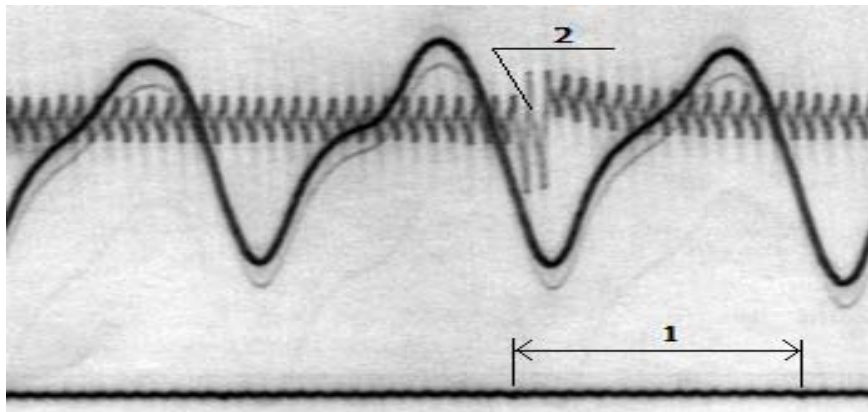
მე-2 ნახ-ზე წარმოდგენილია დიაგრამა როტორის N2 პოლუსში მოკლედ შერთული ხვეების ფიქსირებით.



ნახ. 2. როტორის ფორმა მოკლედ შერთული პოლუსის ფიქსირებით.
 1 – როტორის ერთი ბრუნი, 2 – მოკლედ შერთვა N2 პოლუსში. 3 – როტორის ფორმა.

მე-3 ნახ-ზე წარმოდგენილია დიაგრამა, რომელზედაც დაფიქსირებულია გენერატორის როტორის სივრცული შეშფოთება-შეხტომები, გამოწვეული გენერატორის მიმართული საკისრების მწყობრიდან გამოსვლის გამო.

თუ ასეთი ტიპის როტორის ფორმის ელექტრომაგნიტურ გადამწოდებს განვალაგებთ ერთ ვერტიკალურ სიბრტყეში, გენერატორის სტატორის აქტიური რკინის ზედა და ქვედა პაკეტების სავენტილაციო არხებში გამოვავლენთ როტორის პოლუსების მდებარეობის ცვლილება-გადაადგილებას სივრცეში.



ნახ. 3. გენერატორის როტორის შეშფოთება.
1 – როტორის ერთი ბრუნის, 2 – როტორის შეშფოთება.

ამრიგად, პრაქტიკული და მნიშვნელოვანი იქნება განხორციელებულ მძლავრი ჰიდრო-გენერატორების მუშაობის უწყვეტ რეჟიმში გენერატორის როტორის ფორმისა და გენერატორის პოლუსის გრაგნილებში მოკლედ შერთული ხვიების აღმოჩენის კომპიუტერული მონიტორინგი. აღნიშნულ საკითხებზე ამჟამად მიმდინარეობს მუშაობა.

ლიტერატურა

1. Элькин Ю.М. Контроль вибрации мощных гидрогенераторов. «Энергия», 1979-350
2. Справочник по ремонту и модернизации гидрогенераторов. «Энергоатомиздат», 1987-240
3. Эксплуатация гидроэлектростанций. «Энергия», 1977-300
4. Смирнов А.М, Усталов В.А. Испытание и наладка гидроэнергетического оборудования
5. гидроэлектростанций. «Энергия», 1980-230

INVESTIGATION AND DETECTION OF POWERFUL HYDRO GENERATORS ROTOR SHAPE AND ELECTROMAGNETIC STATE BY METHODICS AND NEW MODERN TYPE SENSORS

L. GUGULASHVILI, Z. AZMAYPARASHVILI, I. METSKHVARISHVILI

GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

Summary

The paper dwells on problems connected with enhanced trustworthiness and operating life of powerful hydro generators and was find out that it depends on their vibration state.

Now in use equipment for investigation vibration condition of generators is not able distinguish rotor shapes and definition search the shortly closed coils. We present the new electromagnetic sensor for detection of a form of a rotor, which can be easily included in a network of computer monitoring of the generator.

ელექტროენერგეტიკული მახასიათებლების განსაზღვრა არასინუსოიდური დენის წრეებში სისტემა SCADA-ს მონაცემების გამოყენებით

მუსელიანი თ., შარიძაძე დ., მთვარელიშვილი ბ., გურგენიძე მ., ტორონჯაძე ბ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

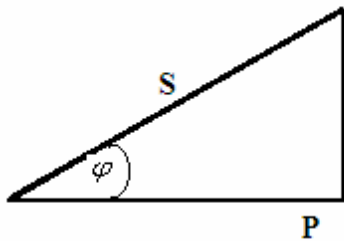
ელექტრული წრეების თეორიის საფუძველზე ელექტროენერგეტიკულ მახასიათებლებს შორის მიღებული იქნა დამოკიდებულებანი, რომლებიც საშუალებას გვაძლევენ საკმაოდ მარტივად გავაანალიზოთ ელექტრომომხმარებლის ესა თუ ის მხარეები (პროცესის რეაქტიულობა, დამახინჯებელი ფაქტორები და სხვა), ასევე ერთმანეთ-თან დავაკავშიროთ სხვადასხვა საინფორმაციო-საზომი სისტემებით გაზომილი ელექტრომომხმარებლის ენერგეტიკული მახასიათებლები.



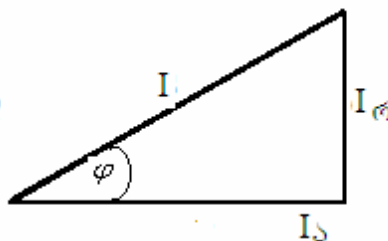
უკანასკნელ წლებში ენერგეტიკაში დიდი ყურადღება ეთმობა ელექტრომომარების ობიექტების ელექტროენერგეტიკული მახასიათებლების განსაზღვრას. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ ელექტრულ წრედებში არასიმეტრიულ და არასინუსოიდურ რეჟიმებში მიმდინარე პროცესები უფრო რთულია, ვიდრე სინუსოიდურ რეჟიმებში. ამიტომ მათი აღწერისათვის საჭიროა დამატებითი სიმძლავრის მახასიათებლების შემოტანა. ელექტროენერგეტიკული მახასიათებლების განსაზღვრისათვის ენერგოსის-ტემისა და აუდიტორული კომპანები, ასევე ენერგოხედამხედველობის ორგანოები ფართოდ გამოიყენებენ მიკროპროცესორულ მოწყობილობებს. ერთერთ ასეთ მოწყობილობას წარმოადგენს სისტემა SCADA, რომელიც აღრიცხავს და მონაცემთა ბაზაში ინახავს ელექტროენერჯის თერთმეტ პარამეტრს.

სამუშაოს მიზანია სისტემა SCADA-ს მონაცემების გამოყენებით არასიმეტრიული და არასინუსოიდური რეჟიმების პირობებში ძნელად განსაზღვრადი პარამეტრების: დამახინჯების სიმძლავრის, ასევე ძაბვისა და დენის დამახინჯების მდგენელების სიდიდების ზუსტი განსაზღვრის მეთოდის დამუშავება.

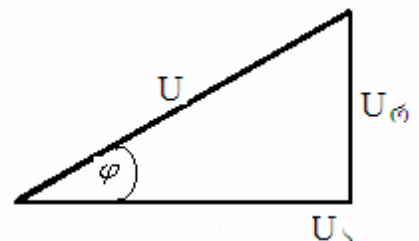
ელექტრული წრედების თეორიიდან ცნობილია, რომ ელექტრულ სისტემებში სინუსოიდური დენის შემთხვევაში ნებისმიერი ენერგეტიკული პროცესი სრულიად და ცალსახად აღიწერება აქტიური P , რეაქტიული და სრული S სიმძლავრეებით, რომელთა გეომეტრიული ინტერპრეტაცია, მაგალითად, წრედის ინდუქციური ხასიათის შემთხვევაში გამოისახება ნახ.1-ზე წარმოდგენილი სიმძლავრეთა სამკუთხედით [1].



ნახ.1



ნახ.2



ნახ.3

სიმძლავრეთა სამკუთხედიდან გამომდინარეობს, რომ ამ სიმძლავრეებს შორის არსებობს შემდეგი მათემატიკური დამოკიდებულება:

$$S^2 = P^2 + Q^2 = UI \quad (1)$$

$$P = S \cos\varphi = UI \cos\varphi \quad (2)$$

$$Q = S \sin\varphi = UI \sin\varphi \quad (3)$$

ელექტრული წრედების თეორიიდან ასევე ცნობილია, რომ მიმდევრობით შეერთებულ წრედებში, სადაც ერთი და იგივე დენი გადის აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეები შეიძლება შემდგენიარად გამოისახებინან:

$$P = UI \cos\varphi = U_\delta I \quad (4)$$

$$Q = S \sin\varphi = U_\phi I \quad (5)$$

ხოლო პარალელურად შეერთებულ წრედებში, სადაც ერთი და იგივე ძაბვაა მოდებული აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეები შეიძლება შემდგენიარად გამოისახებინან:

$$P = UI \cos\varphi = U I_\delta \quad (6)$$

$$Q = S \sin\varphi = U I_\phi \quad (7)$$

სრული სიმძლავრე ყველა შემთხვევაში განისაზღვრება (1) გამოსახულებით.



(1), (4) - (7) გამოსახულებებიდან გამომდინარეობს, რომ თუ ნახ. 1-ზე მოცემული სამკუთხედის ყველა გვერდს გავეყოფთ დაბვა U-ზე მივიღებთ დენების სამკუთხედს (ნახ.2), ხოლო თუ ნახ. 1-ზე მოცემული სამკუთხედის ყველა გვერდს გავეყოფთ დაბვა I-ზე მივიღებთ დაბვების სამკუთხედს (ნახ.3).

ნახ.1, ნახ.2 და ნახ.3-ზე წარმოდგენილი სამკუთხედებიდან ძვრის კუთხე დენსა და დაბვას შორის (2) - (7) გამოსახულებებიდან გამომდინარე განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$\varphi = \arctg \frac{Q}{P} = \arctg \frac{I_2}{I_1} = \arctg \frac{U_2}{U_1} \quad (8)$$

თუ ცნობილია ძვრის კუთხე დენსა და დაბვას შორის, მაშინ ადვილად განისაზღვრება მათი მდგენელები.

სინუსოიდური წრედებისაგან განსხვავებით არასინუსოიდური დენის წრედებში, რომელიც შეიცავს რეაქტიულ ელემენტებს L და C-ს, მაშინ (1) დამოკიდებულება არ სრულდება და

$$S^2 \geq P^2 + Q^2 \quad (9)$$

ამ განტოლების ბალანსისათვის მარჯვენა ნაწილში შემოტანილია დამატება - T-დამახინჯების სიმძლავრე. ეს არის მათემატიკური ცნება, რომელიც ახასიათებს u(t) დაბვისა და i(t) დენის მრუდების ფორმებს შორის განსხვავების ხარისხს და სრული სიმძლავრე გამოისახება ფორმულით:

$$S^2 = P^2 + Q^2 + T^2 \quad (10)$$

საიდანაც $T^2 = S^2 - P^2 - Q^2 \quad (11)$

ჩვენს წინაშე დაისვა სახიოხი: თუ სინუსოიდური დენის წრედებში არსებულ სამ სიმძლავრეს (S, P და Q) შორის კავშირის გეომეტრიული ინტერპრეტაცია წარმოდგენილია მართკუთხა სამკუთხედით (ნახ.1) და წრედის ელექტროენერგეტიკული მახასიათებლები განისაზღვრებიან ამ სამკუთხედის გვერდებით, მაშინ შესაძლებელია თუ არა, რომ არასინუსოიდური დენის წრედებში არსებულ ოთხ სიმძლავრეს (S, P, Q და T) შორის კავშირის გეომეტრიული ინტერპრეტაცია წარმოდგინდეს ნახ.4-ზე მოცემული პარალელეპიპედით და პარალელეპიპედის გეომეტრიული პარამეტრები, რომლებიც აგებულია აქტიური, რეაქტიული და დამახინჯების სიმძლავრეების მონაკვეთებით იძლევიან თუ არა საშუალებას ერთმანეთთან დავაკავშიროთ ელექტრომომხმარების ენერგეტიკული პარამეტრები, ასევე გამოვაკლინოთ მათ შორის ახალი კავშირი.

განვსაზღვროთ პარალელეპიპედის თითოეული გვერდისა და დიაგონალის ფიზიკური არსი.

სიმძლავრეთა პარალელეპიპედში: P - არის წრედის აქტიური სიმძლავრე, რომელიც განპირობებულია არასინუსოიდური დენის წრედებში დენისა და დაბვის ერთი და იმავე რიგის ჰარმონიკებით და განისაზღვრება ფორმულით [2]:

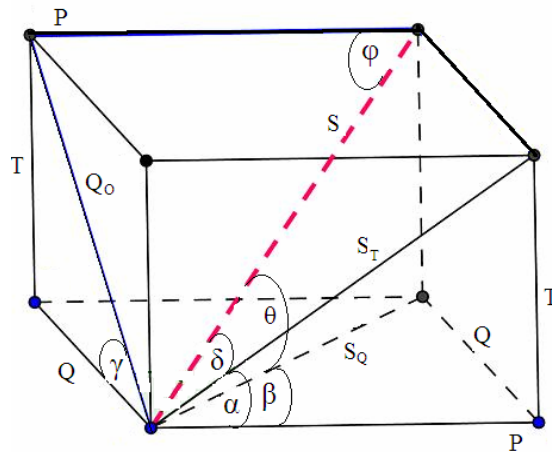
$$P = \sum_{i=1}^n U_i I_i \cos \varphi_i \quad (12)$$

Q- წრედის რეაქტიული სიმძლავრეა, რომელიც ასევე განპირობებულია დენისა და დაბვის ერთი და იმავე რიგის ჰარმონიკებით და განისაზღვრება ფორმულით [2]:

$$Q = \sum_{i=1}^n U_i I_i \sin \varphi_i \quad (13)$$

ლიტერატურა [3]-ის მიხედვით დამახინჯების სიმძლავრე განისაზღვრება ფორმულით:

$$T^2 = \sum_{i=1}^n (U_i^2 I_{2\gamma-i}^2 + U_{2\gamma-i}^2 I_i^2 - 2U_i U_{2\gamma-i} I_i I_{2\gamma-i} \cos(\varphi_i - \varphi_{2\gamma-i})) \quad (14)$$



ნახ.4. სიმძლავრეთა პარალელეპიპედი

Q0- წრედის სრული რეაქტიული სიმძლავრეა, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით:

$$Q_0 = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (15)$$

SQ -არის და Q სიმძლავრეებით განსაზღვრული სრული სიმძლავრე და განისაზღვრება ფორმულით:

$$S_Q = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (16)$$

გარდა (11) გამოსახულებისა დამახინჯების სიმძლავრე ასევე განისაზღვრება რეაქტიული სიმძლავრეების საშუალებით

$$T = \sqrt{Q_0^2 - Q^2} \quad (17)$$

ST - არის და T სიმძლავრეებით განსაზღვრული სრული სიმძლავრე და განისაზღვრება ფორმულით:

$$S_T = \sqrt{P^2 + T^2} \quad (18)$$

ჩვენს წინაშე ასევე დაისვა საკითხი. რამდენად იძლევა საშუალებას სიმძლავრეთა პარალელეპიპედში ელექტროენერგეტიკულ მახასიათებლებს შორის მოყვანილი (10) - (17) დამოკიდებულები, რომ საკმაოდ მარტივად გაანალიზდეს ელექტროენერჯის მოხმარების ესა თუ ის მხარე (პროცესის რეაქტიულობა, დამამახინჯებელი ფაქტორები და სხვა), და ასევე დაგვაკავშიროთ ერთმანეთთან სხვადასხვა საინფორმაციო-საზომი კომპლექსებით გაზომილი ელექტროენერჯის მოხმარების ელექტროენერგეტიკული მახასიათებლები.

ამ მიზნით პირველ რიგში სიმძლავრეთა პარალელეპიპედიდან განვსაზღვრეთ ძვრის კუთხეები ელექტროენერგეტიკულ მახასიათებლებს შორის.

ძვრის კუთხე ქსელის სრულ S და აქტიურ სიმძლავრეებს

$$\text{Soris: } \varphi = \arctg \frac{Q_0}{P} = \arctg \frac{\sqrt{S^2 - P^2}}{P} \quad (19)$$

ძვრის კუთხე დამახინჯებით გამოწვეულ სრულ ST სიმძლავრესა აქტიურ სიმძლავრეებს შორის:

$$\alpha = \arctg \frac{T}{P} = \arctg \frac{\sqrt{S_T^2 - P^2}}{P} \quad (20)$$



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ძვრის კუთხე ერთი და იგივე რიგის ჰარმონიკებით გამოწვეულ სრულ SQ სიმძლავრესა და აქტიურ P სიმძლავრეს შორის:

$$\beta = \arctg \frac{Q}{P} = \arctg \frac{\sqrt{S^2 - P^2}}{P} \quad (21)$$

ძვრის კუთხე ქსელის სრულ რეაქტიულ Q0 სიმძლავრესა და ერთი და იგივე რიგის ჰარმონიკებით გამოწვეულ Q სიმძლავრეს შორის:

$$\gamma = \arctg \frac{T}{Q} = \arctg \frac{\sqrt{Q_0^2 - Q^2}}{Q} \quad (22)$$

ძვრის კუთხე ქსელის სრულ S და დამახინჯებით გამოწვეულ სრულ ST სიმძლავრეს შორის:

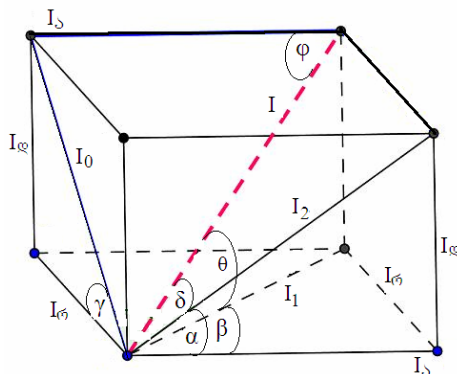
$$\delta = \arctg \frac{Q}{S_T} = \arctg \frac{\sqrt{S^2 - S_T^2}}{S_T} \quad (23)$$

ძვრის კუთხე ქსელის სრულ S და ერთი და იგივე რიგის ჰარმონიკებით გამოწვეულ სრულ SQ სიმძლავრეს შორის:

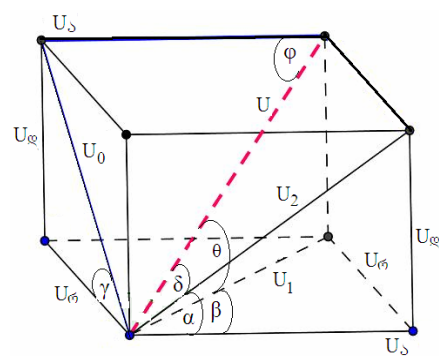
$$\theta = \arctg \frac{T}{S_Q} = \arctg \frac{\sqrt{S^2 - S_Q^2}}{S_T} \quad (24)$$

სინუსოიდური დენის წრედებში სიმძლავრეთა სამკუთხედის ყველა გვერდის დენზე გაყოფით მივიღეთ ძაბვების სამკუთხედი, ხოლო ძაბვაზე გაყოფით - დენების სამკუთხედი.

ანალოგიურად მოვიქცით არასინუსოიდური დენის წრედების შემთხვევაშიც. პარალელეპიპედის ყველა გვერდისა და დიაგონალების ძაბვაზე გაყოფით წარმოვადგინეთ დენების პარალელეპიპედი (ნახ.5), ხოლო დენზე გაყოფით-ძაბვების სამკუთხედი (ნახ.6).



ნახ.5. დენების პარალელეპიპედი



ნახ.6. ძაბვების პარალელეპიპედი

ნახ.5-დან ჩანს, რომ არასინუსოიდური დენის წრედში გამავალი დენის მოქმედი მნიშვნელობა ტოლია:

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_0^2} \quad (25)$$

ხოლო ნახ.6-დან ჩანს, რომ არასინუსოიდური დენის წრედზე მოდებული ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობა ტოლია:



$$U = \sqrt{U_3^2 + U_6^2 + U_0^2} \quad (26)$$

თუ მივიღებთ, რომ საზომი საშუალებების დახმარებით ცნობილია არასინუსოიდური დენის წრედში გამავალი დენის მოქმედი მნიშვნელობა I, მაშინ (19)-(24) გამოსახულებების მიხედვით განსაზღვრული ძერის კუთხეების დახმარებით ნახ.5-დან ვსაზღვრავთ დენის მდგენელებს (ზუსტად ანალოგიურად განისაზღვრება ძაბვის მდგენელები ნახ.6-დან, თუ ცნობილია არასინუსოიდური დენის წრედზე მოდებული ძაბვა):

წრედში გამავალი დენის აქტიური, რეაქტიული და დამახინჯების მდგენელები განისაზღვრებიან ფორმულებით:

$$I_a = I \cos\varphi; I_6 = I \sin\delta; I_0 = I \sin\theta. \quad (27)$$

არასინუსოიდური დენის წრედების ანალიზისათვის სიმძლავრეთა პარალელუპედის შემოღებისა და მის საფუძველზე სხვადასხვა საინფორმაციო-საზომი კომპლექსებით გაზომილი ელექტროენერჯის მოხმარების ელექტროენერგეტიკული მახასიათებლების განსაზღვრის მართებულობის დასამტკიცებლად ჩვენს მიერ აღებული იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ელექტროენერჯის მონიტორინგის სისტემა SCADA-ს ერთი დღე-ღამის მონაცემები:

$$U_{AB} = 376,3 \text{ ვ}; U_{BC} = 376,3 \text{ ვ}; U_{CA} = 377,8 \text{ ვ}; I_A = 53,06 \text{ ა}; I_B = 64,83 \text{ ა}; I_C = 73,70 \text{ ა}; P = 28,95 \text{ კვტ}; Q = 2,0 \text{ კვარ}; S = 41,5 \text{ კვა}; W = 714,9 \text{ კვტ.სთ}; V = 105,4 \text{ კვტ.სთ}; \cos\varphi = 0,705.$$

წარმოდგენილი მონაცემებით პირველ რიგში განვსაზღვრეთ ძაბვისა და დენის საშუალო მნიშვნელობები:

$$U_{საშ} = (U_{AB} + U_{BC} + U_{CA})/3 = 375,5 \text{ ვ} = 0,3755 \text{ კვ}$$

$$I_{საშ} = (I_A + I_B + I_C)/3 = 68,86 \text{ ა};$$

ამის შემდეგ ჩვენს მიერ (15)-(18) გამოსახულებების საფუძველზე განსაზღვრული იქნა სიმძლავრეთა შემდეგი მდგენელები:

1. $Q_0 = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{41,5^2 - 28,95^2} = 29,73 \text{ კვარ};$
2. $S_Q = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{28,95^2 + 2,0^2} = 29,0 \text{ კვა}$
3. $T = \sqrt{Q_0^2 - Q^2} = \sqrt{29,73^2 - 2,0^2} = 29,66 \text{ კვარ}$
4. $S_T = \sqrt{P^2 + T^2} = \sqrt{28,95^2 + 29,66^2} = 41,44 \text{ კვა}$

სიმძლავრეთა მდგენელების განსაზღვრის შემდეგ (19)-(24) გამოსახულებებით განვსაზღვრეთ ძერის კუთხეები:

1. $\varphi = \arctg \frac{Q_0}{P} = \arctg \frac{29,73}{28,95} = \arctg 1,027 = 45,8^\circ$
2. $\alpha = \arctg \frac{T}{P} = \arctg \frac{29,66}{28,95} = \arctg 1,746 = 45,7^\circ$
3. $\beta = \arctg \frac{Q}{P} = \arctg \frac{2,0}{28,95} = \arctg 0,07 = 4^\circ$
4. $\gamma = \arctg \frac{T}{Q} = \arctg \frac{29,66}{2,0} = \arctg 14,83 = 86,1^\circ$
5. $\delta = \arctg \frac{Q}{S_T} = \arctg \frac{2,0}{41,44} = \arctg 0,0483 = 2,76^\circ$
6. $\theta = \arctg \frac{T}{S_Q} = \arctg \frac{29,66}{29,0} = \arctg 1,023 = 45,6^\circ$

ძერის კუთხეების განსაზღვრის შემდეგ ვსაზღვრავთ საშუალო დენის აქტიურ, რეაქტიულ და დამახინჯების მდგენელებს (27) გამოსახულების საფუძველზე:



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



$$I_s = I_{საშ} \cos \varphi = 68,86 \cos 45,8^\circ = 48,0 \text{ ა};$$

$$I_r = I_{საშ} \sin \delta = 68,86 \sin 2,76^\circ = 3,32 \text{ ა};$$

$$I_\varphi = I_{საშ} \sin \Theta = 68,86 \sin 45,6^\circ = 49,2 \text{ ა}$$

განგარიშების სისწორე შევამოწმოთ (25) გამოსახულების საფუძველზე:

$$I_{საშ} = \sqrt{I_s^2 + I_r^2 + I_\varphi^2} = \sqrt{48,0^2 + 3,32^2 + 49,2^2} = 68,82 \text{ ა.}$$

სისტემა SCADA-ს მონაცემებიდან გვაქვს, რომ ერთი დღე-ღამის, ანუ $t=24$ საათის განმავლობაში მოხმარებულმა აქტიურმა ელექტროენერგიამ შეადგინა $W=714,9$ კვტ.სთ, ხოლო რეაქტიულმა ელექტროენერგიამ - $V=105,4$ კვარ.სთ.

$W=714,9$ კვტ.სთ რაოდენობის აქტიური ელექტროენერგიის მოსახმარებლად 24 საათის განმავლობაში საჭირო აქტიური სიმძლავრე ტოლია:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{714,9}{24} = 29,8 \text{ კვტ}$$

აქტიური სიმძლავრის ეს მონაცემი ახლოა სისტემა SCADA-ს მიერ დაფიქსირებულ მონაცემთან (29,8 კვტ \approx 28,95 კვტ) და განსხვავება 2,9 % შეიძლება ჩაითვალოს ხელსაწყოთა ცდომილებად.

ხოლო $V=105,4$ კვარ.სთ. რაოდენობის რეაქტიული ელექტროენერგიის მოსახმარებლად 24 საათის განმავლობაში საჭირო რეაქტიული სიმძლავრე ტოლია:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{105,4}{24} = 4,4 \text{ კვარ}$$

როგორც ამ შედეგიდან ჩანს რეაქტიული ელექტროენერგიის მოხმარებაში მონაწილეობს არა მარტო რეაქტიული არამედ დამახინჯების სიმძლავრის ნაწილიც, რადგან დენისა და ძაბვის ერთი და იმავე რიგის ჰარმონიკებით განპირობებული წრედის რეაქტიული სიმძლავრე 2,2-ჯერ ნაკლებია.

რომ არა რეაქტიული და განსაკუთრებით დამახინჯების სიმძლავრის მიერ წრედიდან მოთხოვნილი დენის საშუალო მნიშვნელობა, ($I_{საშ}=68,86$ ა), $P=28,95$ კვტ სიმძლავრის უზრუნველსაყოფად კვების წყაროდან მოთხოვნილი იქნებოდა გაცილებით ნაკლები სიდიდის დენი. კერძოდ, დამახინჯების სიმძლავრის არ არსებობის დროს სისტემა SCADA-ს მონაცემების მიხედვით სიმძლავრის კოეფიციენტი გაიზრდებოდა $\cos \varphi_1=0,705$ -დან $\cos \varphi_2= P/SQ=28,95/29,0=0,998$. ამ სიმძლავრის კოეფიციენტის შემთხვევაში ქსელიდან $P=28,95$ კვტ სიმძლავრის მისაღებად ქსელში გამავალი დენის მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახულებიდან: $P=1,73 \cdot U_{საშ} \cdot I_{საშ} \cdot \cos \varphi_2 = 28,95$ კვტ

აქედან

$$I_{საშ} = \frac{P}{1,73 U_{საშ} \cos \varphi_2} = \frac{28,95}{1,73 \cdot 0,3755 \cdot 0,998} = 44,65 \text{ ა}$$

განსხვავებამ შეადგინა 24,21 ა, რაც ელექტრულ ქსელსა და ქსელის ელემენტებში იწვევს ელექტროენერგიის მნიშვნელოვან დანაკარგებს.

ამრიგად, ელექტრული წრედების თეორიის საფუძველზე ელექტროენერ-გეტიკულ მახასიათებლებს შორის მიღებული იქნა დამოკიდებულებანი, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს საკმაოდ მარტივად გავანალიზოთ ელექტრომოსხმარების ესა თუ ის მხარეები (პროცესის რეაქტიულობა, დამამახინჯებელი ფაქტორები და სხვა), ასევე ერთმანეთთან დავაკავშიროთ სხვადასხვა საზომი სისტემებით გაზომილი ელექტრო-მოსხმარების ენერგეტიკული მახასიათებლები.



ლიტერატურა

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи: -М.: “Высшая школа”,-1984.- 559 с.
2. Машкин А.Г. мощность искажения в системах тягового электроснабжения.Электрика,2006.№6.
3. Мельников Н.А. Реактивная мощность в электрических сетях.-М. “Энергия”,1975.

**DETERMINING ENERGY CHARACTERISTICS IN NON-SINUSOIDAL CURRENT CIRCUITS
 BY USING THE DATA OF SCADA SYSTEM.**

**Museliani T., Sharikadze D., Mtvarelishvili B., Gurgenzidze M., Toronjadze G.,
 Georgian Technical University.**

Summary

Based on the electric circuit theory, there have been obtained dependencies between the energy characteristics, which allow for simple enough analyzing one or another aspects of power supply (process reactivity, disturbing factors, etc.), as well as for interconnecting the power supply energy characteristics measured by means of information-measuring systems.

**თბოელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების მექანიზმების
 ელექტროამპრაჟების რეგულირების ავტომატური სისტემები**

ჩაჩხიანი ბ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

განხილულია მართვადი ნახევრადგამტარული კომუტატორების (მნკ) გამოყენება თბოელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების სისტემებში მძლავრი ასინქრონული ძრავების გაშვებისათვის და ბრუნთა სიჩქარის რეგულირებისათვის. ნახევრებია, რომ მნკ-ების გამოყენება იძლევა მნიშვნელოვან ტექნიკო-ეკონომიურ ეფექტს

მძლავრი ნახევრადგამტარული ხელსაწყოების განვითარების დონე, საშუალებას იძლევა მათ საფუძველზე, შეიქმნას სხვადასხვა სახის ენერგეტიკული დანიშნულების ელექტრული დენის გარდამქმნელები. ნახევრადგამტარული გარდამქმნელების გამოყენება თბოელექტრო-სადგურების საკუთარი მოხმარების სისტემებში, წარმოადგენს მართვადი ნახევრადგამტარული კომუტატორები (მნკ), მძლავრი ასინქრონული და სინქრონული ძრავების გაშვებისათვის და ბრუნთა სიჩქარის რეგულირებისათვის, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება თბოელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების სხვადასხვა მექანიზმების ამპრაჟებისათვის.

სშირ შემთხვევაში თბოელექტროსადგურებში 300 მგვტ-მდე სიმძლავრის ენერგობლოკები ჩაბმულია მანევრულ რეჟიმებთან, რომლის დროს მოეთხოვებათ ენერგობლოკის სიმძლავრის დიდ დიაპაზონში ღრმა რეგულირება. ენერგობლოკის სიმძლავრის ცვლილების დროს, აუცილებელია იცვლებოდეს მკვებავი წყლის ხარჯი, კვამლგამწოვის წევა და ა.შ.

ამგვარად, აუცილებელია ენერგობლოკის საკუთარი მოხმარების ყველა მექანიზმების მწარმოებლობის რეგულირება.

ტუმბოების, ვენტილატორების, კომპრესორების და სხვა მექანიზმების ელექტრული ამპრაჟების მწარმოებლობის ცვალებადობა უმრავლეს შემთხვევაში ხორციელდება სხვადასხვა სახის საკვალთით ან ჰიდრომუფთით.

ღრმა რეგულირების დროს ასეთი მეთოდები იწვევენ მნიშვნელოვან ენერჯის და ნაკარგებს, საკვალთის და ჰიდრომუფთის ჰიდრაულიკური წინაღობის გადალახვაზე.

მძლავრი მნკ-ების გამოყენება თბოელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სისტემებში იძლევა მნიშვნელოვან ტექნიკო-ეკონომიურ ეფექტს, რომელიც მიიღება ენერგომომჭირნობის ხარჯზე (საკუთარი მოხმარების მექანიზმების მიერ ენერგომომხმარების შემცირება) და საექსპლუატაციო ხარჯების შემცირება, კაპიტალური დანახარჯების შემცირება [1-5].

ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც ქმნიან მოცემულ ტექნიკო-ეკონომიურ ეფექტს თბოელექტროსადგურებზე შემდეგია: ბრუნთა სიჩქარის რეგულირების დროს ელექტროამპრაგების საშუალო მ.კ.კ-ის ამადლება; მძლავრი ელექტროძრავების გამშვიდების მკვეთრი შემცირება. აღნიშნულის შედეგად არსებითად იზრდება ელექტროძრავების რესურსი და იზრდება სარემონტო ვადები, მცირდება დანახარჯები საკუთარი მოხმარების მკვებავი ქსელის გაძლიერებაზე, რომელიც აუცილებელია დიდი გამშვიდების დროს. მომსახურე პერსონალის რაოდენობის შემცირება, ელექტროამპრაგების სრული ავტომატიზაციის შესაძლებლობის შედეგად, რომლებიც იკვებებიან მნკ-იდან.

ძირითადი ტექნოლოგიური მოწყობილობების: ორთქლის ქვაბი, ორთქლის ტურბინა, გენერატორი და ამამადლებელი ტრანსფორმატორის ნორმალური მუშაობა უზრუნველყოფილი ხდება საკუთარი მოხმარების მრავალრიცხოვანი მექანიზმებით. საკუთარი მოხმარების მექანიზმების ელექტროამპრაგებად ძირითადად გამოიყენება ცვლადი დენის სამფაზა ასინქრონული ელექტროძრავები, როგორც მოკლედ ჩართული როტორით, ისე ფაზურ როტორიანი, რომლებიც გამოირჩევიან კონსტრუქციის სიმარტივით და ექსპლუატაციაში მაღალი საიმედოობით. ენერგობლოკების სიმძლავრის ზრდასთან ერთად მნიშვნელოვნად იზრდება საკუთარი მოხმარების ელექტროძრავების სიმძლავრე. გარდა ამისა შეიცვალა აგრეთვე მძლავრი ელექტროძრავების მუშაობის დონე: ამჟამად ელექტროძრავები 200 კვტ სიმძლავრეზე მეტი მუშაობენ 6 კვ ძაბვაზე, ნაცვლად 3 კვ ძაბვისა. დანარჩენი ელექტროძრავები მუშაობენ 0,4 კვ ძაბვაზე.

თბოელექტროსადგურებში თბოენერგეტიკული დანადგარების მართვისათვის აუცილებელია რეგულირებადი ასინქრონული ძრავები, რომლის დამუშავებისათვის საჭიროა უპირველეს ყოვლისა გამოვლენილ იქნეს შესაბამისობა ასინქრონული ძრავას მექანიკურ მახასიათებელსა და თბოენერგეტიკული დანადგარების მექანიზმების მახასიათებლებს შორის. ამისათვის ელექტროამპრაგების სწორი პროექტირებისათვის და ეკონომიური ექსპლუატაციისათვის აუცილებელია შესწავლილი იქნეს აღნიშნული მახასიათებლები.

დამოკიდებულება ძრავას ლილვზე დაყვანილი სიჩქარესა და მექანიზმის წინაღობის მომენტს შორის $\omega = f(M_c)$ წარმოადგენს მექანიზმის მექანიკურ მახასიათებელს. სხვადასხვა მექანიზმები ხასიათდებიან სხვადასხვა მექანიკური მახასიათებლებით.

წინაღობის მომენტის მიხედვით საკუთარი მოხმარების მექანიზმები იყოფიან ორ ჯგუფად:

- როცა ბრუნთა სიხშირე არ არის დამოკიდებული წინაღობის მომენტზე;
- ბრუნთა სიხშირე დამოკიდებულია ხარისხის მიხედვით წინაღობის მომენტზე.

ნახ. 1. ნაჩვენებია თბოელექტროსადგურის საკუთარი მოხმარების მექანიზმების მექანიკური მახასიათებლები.

შეიძლება მივიღოთ ზოგიერთი განზოგადოებული დასკვნა, თუ გამოვიყენებთ შემდეგ ემპირულ ფორმულას თბოელექტროსადგურის საკუთარი მოხმარების მექანიზმების მექანიკური მახასიათებლებისათვის

$$M_c = M_0 + (M_{c,n} - M_0) \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^n, \quad (1)$$

სადაც M_c - მექანიზმის წინაღობის მომენტი ω სიჩქარის დროს;



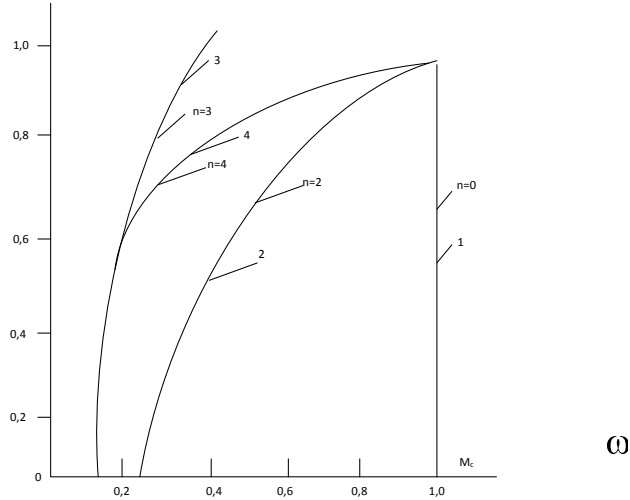
III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



M_0 - მექანიზმის მოძრავი ნაწილის ხახუნის წინაღობის მომენტი;

$M_{c,n}$ - მექანიზმის წინაღობის მომენტი ω_n ნომინალური სიჩქარის დროს;

n - ხარისხის მაჩვენებელი, რომელიც ახასიათებს წინაღობის მომენტის ცვლილებას სიჩქარის ცვლილების დროს.



ნახ.1. თბოელექტროსადგურის საკუთარი მოხმარების მექანიზმების მექანიკური მახასიათებლები.

1- სფერული წისკვილი; 2-ვენტილატორები და ტუმბოები; 3,4 - უკუწნევაზე მომუშავე მექანიზმები.

განხილულიდან გამომდინარე შეიძლება მოვახდინოთ კლასიფიკაცია თბოელექტროსადგურის საკუთარი მოხმარების მექანიზმების მექანიკური მახასიათებლების შემდეგი ძირითადი კატეგორიებად:

- მექანიკური მახასიათებელი, როცა არ არის დამოკიდებული სიჩქარისაგან (სწორ ხაზი-1, ნახ.1), ამ შემთხვევაში $n = 0$ და წინაღობის მომენტი M_c არ არის დამოკიდებული სიჩქარეზე;

- არახაზოვანი, ზრდადი მექანიკური მახასიათებელი (მრუდი -2, ნახ.1), აღნიშნულ მახასიათებელს შეესაბამება $n = 2$; წინაღობის მომენტი M_c დამოკიდებულია სიჩქარის კვადრატზე.

განვიხილოთ რეგულირებადი ასინქრონული ძრავების კლასიფიკაცია მათი მართვის მეთოდით, რომელიც უზრუნველყოფს თბოელექტროსადგურის საკუთარი მოხმარების მექანიზმების სტატიკურ მახასიათებლებს. მოკლედ ჩართული როტორიანი რეგულირებადი ასინქრონული ძრავას მუშაობის განსაკუთრებულობა მდგომარეობს იმაში, რომ მნკ-ის გადართვის სიხშირე და ძაბვა მიწოდებულ კომუტატორზე დაკავშირებულია როტორის ბრუნვის სიხშირესთან შესაბამისად შემდეგი კანონებით [6,7]:

$$\omega_{H,C} = \omega_P + \omega_G - \alpha \omega_P \quad (2)$$

$$U^C = b \omega_P + U_n^C \quad (3)$$

სადაც $\omega_{H,C}$ - გადართვის კუთხური სიხშირე მნკ-ის;

ω_G -საწყისი მოცემული სრიალის კუთხური სიხშირე, როცა $\omega_P = 0$;

ω_P -როტორის ბრუნვის კუთხური სიხშირე;

$$\alpha = \frac{\omega_G}{\omega_{P,max}}$$

- როტორის მაქსიმალური ასინქრონული სიჩქარის რეგულირების კოეფიციენტი.



ენტი;

$$\omega_{P,max} = \omega_{H,C} = \frac{1}{\alpha} \omega_0 \quad (4)$$

U^c - კომუტატორის შესასვლელზე გამართული მუდმივი რეგულირებადი ძაბვა;

b - ძაბვის რეგულირების კოეფიციენტი.

(2) განტოლებაში სრიალის სიხშირის აბსოლუტური მნიშვნელობის რეგულირება

$$\omega_g - \alpha \omega_p = \omega_s \quad (5)$$

(5) კანონი დაკავშირებულია ძრავას ბრუნთა სიჩქარის შეზღუდვის აუცილებლობასთან, როცა ძრავას ლილვზე მინიმალური დამუხრუჭების მომენტია. მცირე დატვირთვის დროს აღიძვრება ჭარბი ელექტრომაგნიტური მომენტი, რომელიც აჩქარებს როტორს.

თავის მხრივ, როტორის სიჩქარის გაზრდა, მუდმივი აბსოლუტური სრიალის დროს იწვევს მაგნიტური ველის სიჩქარის გაზრდას და ძრავა გაქანდება. ჭარბი მომენტის შემცირებისათვის, ძრავას სიჩქარის გაზრდის დროს მოეთხოვება აბსოლუტური სრიალის შემცირება აუცილებელ მნიშვნელობამდე, რასაც უზრუნველყოფს α - კოეფიციენტის შემოყვანა სრიალის რეგულირების კანონში.

გარდა ამისა, α - კოეფიციენტის შემოყვანა რეგულირების კანონში გვაძლევს საშუალებას მივიღოთ მექანიკური მახასიათებლები, ანალოგიური შერეული აგზნებიანი მუდმივი დენის ძრავას მახასიათებლებისა.

ძაბვის რეგულირების კანონში განტოლება (3) მინიმალური მნიშვნელობა U_n^c უზრუნველყოფს ძრავას გაშვებას, როცა $\omega_p = 0$. $b\omega_p$ - მდგენელის შერჩევა დაკავშირებულია მანქანაში მაგნიტური ნაკადის მუდმივობის უზრუნველყოფასთან.

ლიტერატურა

1. Плетнев Г.П. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1986. 344 с.
2. Электрическая часть электростанций. Л.: Энергия, 1977. 556 с. С.В. Усов, В.В. Кантан, Е.Н. Кизеветтер и др.
3. Головков Ю.П. Дробление твердого топлива на тепловых электростанциях. М.: Энергоатомиздат, 1985. 144 с.
4. Курбангалиев У.К. Самозапуск двигателей собственных нужд электростанций. М.: Энергоиздат, 1982. 56 с.
5. Проблемы развития научных исследований в области преобразовательной техники. Киев. АНУССР, 1987. 39 с. А.И. Денисов, А.А. Саурин, В.В. Гордиенко и др.
6. Бесконтактные электрические двигатели постоянного тока. Т.: Сабчота Сакартвело, 1986. 203 с. Ш.И. Лутидзе, Т.К. Кохреидзе и др.
7. Лутидзе Ш.И., Кохреидзе Т.К. Переходные электромеханические процессы в регулируемых асинхронных двигателях. Т.: ГПИ, 1988. 66 с.

THE ACTUAL QUESTIONS OF THE REGULATIONS OF ELECTRIC ENGINES OF THE MECHANISMS OF PROPER CONSUMPTION OF HEAT ELECTRIC STATIONS.

Chachkhiani G.,

Georgian Technical University.

Summary

The paper dwells on the use of guided semiconductor switch in own consumption of heat electric stations for the issue of a synchronic engines and the for the regulations of turns of the speed. It is shown, that the utilization of guided semiconductor switch gives the important technical - economic effect.



ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების ოპტიმიზაციის კრიტიკული უზრუნველყოფის
ოპტიმიზაციის კრიტიკული უზრუნველყოფის

ჩახიანი ვ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

განხილულია ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების ოპტიმიზაციის კრიტიკული უზრუნველყოფის დადგენილი: არასინუსოიდულობით, არასიმეტრიულობით, დაბვის გადახრით და დაბვის მოდულის რხევებით გამოწვეული ეკონომიური ზარალი. განსაზღვრულია მიზნობრივი ფუნქციის ოპტიმალური მნიშვნელობა.

ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების ცვლილების ნორმატიული ზღვრები დადგენილია გამომდინარე ტექნიკური მოსაზრებებიდან. მათი კონტროლი ექსპლუატაციაში უნდა უზრუნველყოფდეს ელექტრომომწოდებლობის საიმედო მუშაობას.

განვიხილოთ არასინუსოიდულობის კოეფიციენტის სიდიდე, რომლითაც ხასიათდება დაბვის ხარისხი და დაკავშირებულია ეკონომიური ზარალის სიდიდესთან. შემოვიტანოთ ზარალის ჰარმონიკის კოეფიციენტი

$$\Lambda = \sum_{y=2}^n \frac{U_y^2}{y^2 U_1^2} \quad (1)$$

სადაც U_y - დაბვის y ჰარმონიკის ფარდობითი სიდიდე (დაბვის პირველი რიგის ჰარმონიკის მიმართ).

ეკონომიური ზარალი

$$Y_2 = \Lambda \sum_{s=1}^p b_s \quad (2)$$

სადაც b_s - კოეფიციენტი, რომლითაც ხასიათდება ზარალი s სახეობის ელექტრომომწოდებლობის, განსახილველ დროის შუალედში, როცა $\Lambda = 1$.

მკაცრი შეფასებით, ზარალის ფუნქცია Y_2 წარმოადგენს ალბათობის;

შემდგომში სიმარტივისათვის ზარალის ფუნქციის ყველა მდგენელი, განპირობებული ელექტროენერჯის ხარისხის პარამეტრების გადახრებით, ჩაითვლება დეტერმინირებული.

ეკონომიური ზარალი, განპირობებული დაბვის არასიმეტრიულობით, პროპორციულია არასიმეტრიულობის კოეფიციენტის ϵ_{2k} ფუნქციის $F(\epsilon_{2k})$

$$Y_{2k} = \sum_{j=1}^k c_j f_j(\epsilon_{2k}) + \sum_{q=1}^m d_q F_q(\epsilon_{2k}^2) \quad (3)$$

დაბვის არასიმეტრიულობა ხასიათდება პროცენტული თანაფარდობით ქსელის უკუმიმდევრობის U_2 დაბვის, ნომინალურ დაბვასთან U_6 .

არასიმეტრიულობის კოეფიციენტი

$$\epsilon_{2k} = \frac{U_2}{U_6} \cdot 100 \quad (4)$$

არასიმეტრიულობა, რომლის დროსაც კოეფიციენტი $\epsilon_{2k} \leq 2\%$, ნებისმიერი სამფაზა სიმეტრიული ელექტრომომხმარებლებისთვის ჩაითვლება დასაშვებად. c_i და d_q ელექტრომომწოდებლობის ელემენტებია, რომლებშიც დაბვის არასიმეტრიულობის დროს განისაზღვრება ზარალი არასიმეტრიულობის კოეფიციენტის პირველი ან მეორე ხარისხის ფუნქციით. (3) გამოსახულების მარჯვენა ნაწილის მდგენელების სტრუქტურა სპეციფიკურია, ვინაიდან დაბვის არასიმეტრიულობა გავლენას ახდენს მაგალითად ელექტრულ



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ძრავებში არა მხოლოდ დანაკარგების სიდიდეზე, არამედ მატრუნი მომენტის სიდიდეზე და საბოლოოდ შემსრულებელი მექანიზმის წარმადობაზე, პროდუქციის ხარისხზე და თვითღირებულებაზე წარმოების მოცულობით. კონკრეტულ შემთხვევაში შესაბამისი რიცხობრივი კავშირებს შეიძლება ჰქონდეს როგორც დეტერმინირებული, ისე ალბათობითი ხასიათი. ისინი შეიძლება დადგენილი იქნეს საწარმოში.

უშუალოდ დაკვირვებისა და ანალიზის შედეგად, ან ექსპერიმენტის საფუძველზე, რომელიც საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ დატვირთვის კვანძში ეკონომიური მახასიათებლები.

ზარალი, განპირობებული ძაბვის გადახრით დასაშვები დონის ათვლიდან, გამოიხატება მაღალი რიგის ხარისხოვანი პოლინომით. თუ საწყის ანათვლად მიღებულია ნომინალური ძაბვა, მაშინ ზარალის ფუნქცია Y_2 ძაბვის გადახრის ΔU გათვალისწინებით ტოლია:

$$Y_2 = \sum_{p=1}^k c_p \Delta U^p + \sum_{r=1}^l q_r \Delta U^r, \quad (5)$$

სადაც c_p და q_r - მუდმივი კოეფიციენტები.

Y_2 სიდიდის განსაზღვრის დროს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს რიცხობრივი შეფასებას წარმოების ღირებულების მაჩვენებლებზე.

ზარალი, განსაზღვრული ძაბვის მოდულის რხევებით, დამოკიდებულია რხევის ამპლიტუდაზე და სიხშირეზე. [1]-ში განხილულია გამოსახულება ზარალის ფუნქციისათვის:

$$Y_k = \sum_{i=1}^n c_i \int_0^{f_i} H_2(f) S_{\pi}(f)^{k_2(f)} df, \quad (6)$$

სადაც $H_2(f)$ და $k_2(f)$ -წონითი ფუნქციები, რომლებიც გამოსახავს დამოკიდებულებას ხვედრით ზარალსა, რხევების ამპლიტუდასა და სიხშირისაგან. S_{π} - ძაბვის მოდულის გაზომვის პროცესის სპექტრული სიმკვრივე, c_i დროის ხანგრძლივობის ინტერვალში; f_i - სპექტრული სიმკვრივის ზღვრული სიხშირე.

ელექტროენერჯიის ხარისხის მაჩვენებლების ოპტიმიზაციის მათემატიკური ამოცანა დადის მიზნობრივი ფუნქციის მინიმუმის განსაზღვრაში;

სადაც $K(A; \pi_n; \Delta U; \delta U, n)$ - დამატებითი კაპიტალური ხარჯები ელექტროენერჯიის ხარისხის ამაღლებისათვის, განპირობებული ტექნიკური საშუალებების და დონისძიებების დანერგვით;

შესაბამისი დამატებითი ყოველწლიური ხარჯები; P - კაპიტალური დაბანდების ეფექტურობის ნორმატიული კოეფიციენტი.

მიზნობრივი ფუნქციის მინიმუმის განსაზღვრის დროს მხედველობაში მიიღება ელექტროენერჯიის ხარისხის მაჩვენებლების სიდიდეების შეზღუდვა, განსაზღვრული ტექნიკური მოსაზრებებით. (7) გამოსახულების არახაზოვანი ფუნქციის მინიმუმის განსაზღვრისათვის, შეიძლება გამოყენებული იქნეს სხვადასხვა მათემატიკური მეთოდები, მაგალითად არახაზოვანი დინამიკური პროგრამირება, საჯარიმო ფუნქცია და სხვა, რო-



მელთა გამოყენება შესაძლებელია კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენებით.

მთელ რიგ შემთხვევებში ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების ცვლილება ურთიერთდაკავშირებულია სხვადასხვა ფაქტორებთან. მაგალითად, ქსელში ძაბვის ამადლება დაკავშირებულია ჰარმონიკების დონის ცვლილებასთან, გენერირებული ვენტილური გარდამქმნელებით და ძალოვანი ტრანსფორმატორებით.

ძაბვის არასიმეტრიულობის ამადლება დაკავშირებულია ხაზური ძაბვის გადახრის სიდიდის ცვლილებასთან და ა.შ.

ლიტერატურა

1. Железко Ю.С. Колебания напряжения в семенах с ударными нагрузками большой мощности и возможности экономической оценки ущерба от колебания. - В кн: Тезисы докладов на третьем Всесоюзном совещании по качеству электрической энергии. М., ЭНИН им. Г.М. Кржижановского, 1973, с.67-70.

CRITERIA OF THE OPTIMIZATION OF THE INDICATORS OF THE QUALITY OF ELECTRIC ENERGY.

T. Kokhreidze, E. Chachkhiani

Technical University of Georgia, LTD „Electric Industry Resume“
 Summary

It is discussed the criteria of the optimization of the indicators of the quality of electric energy.. It is established: the economical damage provoked with not sinus, not symmetry, with the oscillations of the voltage and the inclination of the voltage. It is defined the optimal importance of the objective function.

ჰიდროგენერატორის ტირისტორული აგზნების სისტემაში ელექტრომაგნიტური პროცესების მათემატიკური მოდელი

მეზონია ლ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

განხილულია მძლავრი ჰიდროგენერატორის ტირისტორული თვითაგზნების სისტემა და მისი მუშაობის განსაკუთრებულობა. მიღებულია ზუსტი თანაფარდობები ფაზური დენების მოძქმედი მნიშვნელობების და ჰარმონიკული მდგენელების.

ნახ. 1. მოცემულია ჰიდროგენერატორის ტირისტორული აგზნების სისტემა როტორის გრაგნილი კვებას ღებულობს გამმართველებიდან, ჩართული გამმართველი ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნილთან. პირველადი გრაგნილი უშუალოდ მიერთებულია ჰიდროგენერატორის გამომყვანებთან. თითოეული გამმართველი გათვლილია იმაზე, რომ უზრუნველყოს გენერატორის მუშაობის რეჟიმი ნომინალური აქტიური სიმძლავრით, როცა $\cos\varphi = 1$. გამმართველებს ცვლადი და მუდმივი დენის მხარეს გააჩნია ჩამრახები. ეს იძლევა საშუალებას ჩავატაროთ პროფილაქტიკური და სარემონტო სამუშაოები ერთ-ერთ მათგანზე გენერატორის გამორთვის გარეშე.

თბური ანგარიში გამმართველების ითვალისწინებს შემდეგი პირობების შესრულებას:

- ნომინალური მუშაობის რეჟიმი უზრუნველყოფილია ვენტილების სრული რიცხვის დროს და როცა თითოეულ მხარეში პარალელურ შტოდან ერთ-ერთის მტყუნებას აქვს ადგილი;

- გადატვირთვა ფორსირების დროს (I_{Σ}) ნომინალური რეჟიმიდან $2I_{\Sigma}$ -მდე; აღნიშნული რეჟიმი უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს ვენტილების სრული რიცხვის დროს და როცა თითოეულ მხარეში პარალელურ შტოდან ერთ-ერთის მტყუნებას აქვს ადგილი;

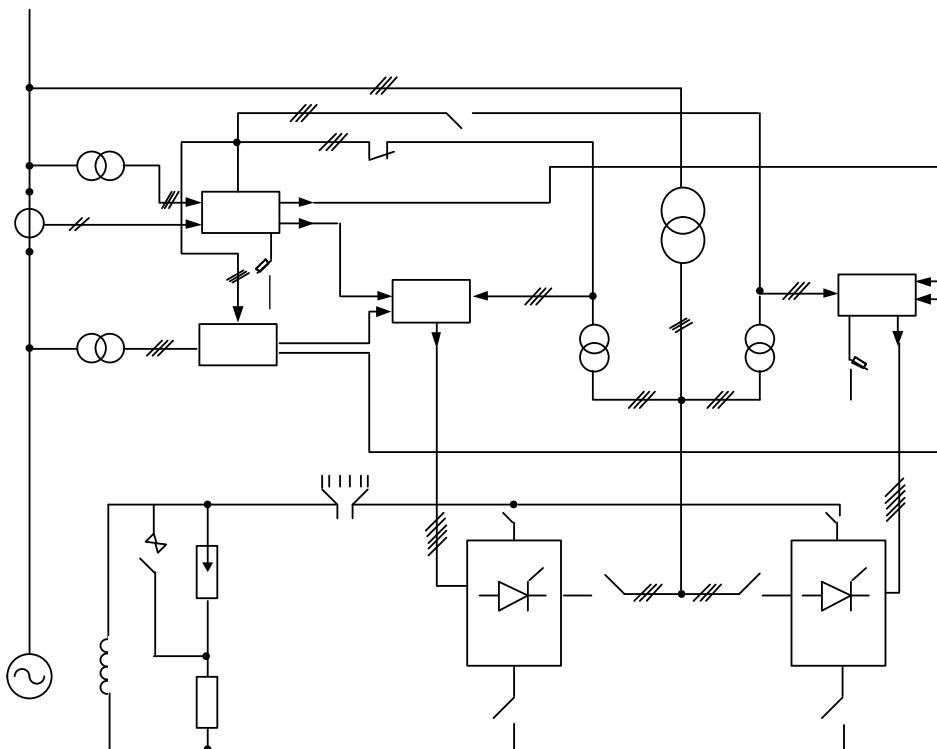


დატვირთვის შეზღუდვის რეჟიმი $P = R_L$ და $\cos \varphi = 1$ უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს როცა ადგილი აქვს გამმართველის ნებისმიერ მხარეში ორი პარალელური შტოს მტყუნებას ან როცა ადგილი აქვს ორი გამმართველიდან ერთ-ერთის გამართვას.

საწყისი აგზნება გენერატორის ქსელში ჩართვის დროს ზუსტი სინქრონიზაციის მეთოდით, ხორციელდება საკუთარი მოხმარების 0,4 კვ ძაბვის ქსელიდან ან სააკუმულატორო ბატარეადან.

ველის ქრობა გენერატორის მუშაობის ნორმალურ რეჟიმში ხორციელდება, როცა ადგილი აქვს აგრეგატის ნორმალურ გაჩერებას, გარდამქმნელის ინვერტორ რეჟიმში გადაყვანით, ხოლო ავარიულ რეჟიმში ველის ქრობის ავტომატით.

აგზნების რეგულირება ხორციელდება ძლიერი მოქმედების აგზნების ავტომატური რეგულატორით, რომელიც ზემოქმედებს ტირისტორული გამმართველების ორივე მართვის სისტემაზე.



ნახ. 1. პიდროგენერატორის ტირისტორული აგზნების სისტემა

- 1 - პიდროგენერატორი; 2,3 - ტირისტორული გარდამქმნელები; 4-ჩამრახები მუდმივი დენის მხარეს; 5-ჩამრახები ცვლადი დენის მხარეს; 6-გამმართველი ტრანსფორმატორი; 7,8-საკუთარი მოხმარების ტრანსფორმატორები; 9,10-ტირისტორული გარდამქმნელების მართვის სისტემები; 11-აგზნების ავტომატური რეგულატორი; 12-ძაბვის ავტომატური რეგულატორი; 13-ველის ქრობის ავტომატი; 14-თვითსინქრონიზაციის კონტაქტორი; 15-მცლელი; 16-თვითსინქრონიზაციის წინაღობა; 17,19-ძაბვის ტრანსფორმატორები; 18-დენის ტრანსფორმატორი; 20-კვების რელე

17

20

ძლიერი მოქმედების აგზნების ავტომატური რეგულატორის პარალელურად გვაქვს პროპორციული მოქმედების ძაბვის ავტომატური რეგულატორი, რომელიც მუშაობაში შედის ძირითადი რეგულატორის გადართვის დროს. ძაბვის ავტომატური რეგულატორი მუშაობს ორ რეჟიმში - მიმყოლი და წამყვანი; მას გააჩნია მახსოვრობის და რეგულირების არხები. მიმყოლ რეჟიმში ძაბვის ავტომატური რეგულატორი იმახსოვრებს სიგნალებს, პროპორციული გენერატორის სტატორზე ძაბვის და მიწოდებული ტირისტორების მართვის სისტემაზე მთავარი რეგულატორიდან. მთავარი რეგულატორი გამართვის დროს ძაბვის ავტომატური რეგულატორი გადადის წამყვან რეჟიმში და ახორციელებს

19

12

64



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



გენერატორის დაბვის რეგულირებას. დაბვის ავტომატური რეგულატორის დანაყენის ცვლილება მიმდინარეობს დისტანციურად მართვის ფარიდან. მთავარი რეგულატორის გადასვლის დროს სარეზერვოზე, როტორის დენის ცვლილება არ აჭარბებს $\pm 10\%$. მოცემულ აგზნების სისტემაში გამმართველებს გააჩნია ბუნებრივი საპაერო გაცივება.

ტირისტორული აგზნების სისტემაში ელექტრომაგნიტური პროცესები უპირველეს ყოვლისა განიხილება გამმართველ სისტემებში. თავიდან განვიხილოთ აგზნების სისტემა ერთჯგუფიანი, შემდეგ ორჯგუფიანი გარდამქმნელის ბოგირული სქემით.

გენერატორის აგზნების დენი ნორმალურ რეჟიმში განისაზღვრება გარდამქმნელის გარე მახასიათებლის და დაბვის ვექტორული დიაგრამის საშუალებით. გამმართველი ნორმალურ რეჟიმში მუშაობს კომუტაციის კუთხით γ . ფაზური მნიშვნელობის კომუტაციის ემპ გამოისახება შემდეგი გამოსახულებით

სადაც \bar{U} და \bar{I} - გენერატორის დაბვა და დენი, - გამმართველი ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი, x_{tr} - ტრანსფორმატორის ინდუქციური წინაღობა.

თუ აგზნების ავტომატური რეგულატორი ინარჩუნებს U დაბვას გენერატორის მომჭერებზე მუდმივს, მაშინ $U = const$. იმ შემთხვევაში, როცა შენარჩუნებულია დაბვა მუდმივი არა გენერატორის მომჭერებზე, არამედ სადგურის მაღალი დაბვის სალტეზე, აუცილებელია გავითვალისწინოთ დაბვის ვარდნა ამამდლებელ ტრანსფორმატორში.

(1) განტოლებიდან ვპოულობთ ემპ-ის ამპლიტუდას

სადაც φ -კუთხე U და I შორის.

აგზნების წრედისთვის გვექნება [1]

$$U_d = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} E_m \cos\alpha - 2\Delta U - \frac{3}{\pi} x I_d - \left(2 - \frac{3\gamma}{2\pi}\right) r I_d \quad (3)$$

სადაც α - მართვის კუთხე, ΔU - პირდაპირი დაბვის ვარდნა ტირისტორებში სქემის ერთ მხარეს, I_d - გამართული დენის საშუალო მნიშვნელობა.

(2) და (3) გამოსახულებიდან ერთჯგუფიანი გარდამქმნელის სქემისთვის ვპოულობთ

სადაც R_f -ომური წინაღობა აგზნების გრაგნილის და შემაერთებელი კაბელების მუდმივი დენის მხარეზე.

დენი I და $\cos\varphi$ განისაზღვრება სინქრონული გენერატორის მუშაობის რეჟიმით. გენერატორის აგზნების დენი I_d გამოითვლება დაბვის ვექტორული დიაგრამის საშუალებით.

ლიტერატურა

1. Глебов И.А. Научные основы проектирования систем возбуждения мощных синхронных машин. - Л.: Наука. Ленинград. 1988. 332 с.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



**IN THE SYSTEM OF THE THYRISTOR IRRITATION OF HYDRO GENERATOR
 THE MATHEMATICAL MODEL OF THE ELECTRIC MAGNETIC PROCESS.**

Mebonia L.,

Technical University of Georgia

Summary

The paper describes the thyristor self excitation of strong hydro generator and its particularity of the function. It is received the exact co proportions of active importance of phase electricity and of harmonic compositions.

**სინქრონული ელექტრული ძრავებით დატვირთულ
 ელექტროსისტემაში ენერჯის ზეგამტარული ინდუქციური მაგროვებლის მუშაობის დროს ელექტრომექანიკური პროცესები. დამუშავებულია მათემატიკური მოდელი და გამოკვლეულია ელექტროსისტემისა და მაგროვებლის პარამეტრების თანაფარდობ. ნაჩვენებია, რომ ზეგამტარული მაგროვებლის გამოყენება საშუალებას იძლევა გაიზარდოს სინქრონული დატვირთვის სიმძლავრე 70%-ით.**

კოხრაიძე თ., მებონია ლ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

განხილულია სინქრონული ელექტრული ძრავებით დატვირთულ ელექტროსისტემაში ენერჯის ზეგამტარული ინდუქციური მაგროვებლის მუშაობის დროს ელექტრომექანიკური პროცესები. დამუშავებულია მათემატიკური მოდელი და გამოკვლეულია ელექტროსისტემისა და მაგროვებლის პარამეტრების თანაფარდობ. ნაჩვენებია, რომ ზეგამტარული მაგროვებლის გამოყენება საშუალებას იძლევა გაიზარდოს სინქრონული დატვირთვის სიმძლავრე 70%-ით.

ამჟამად ენერგეტიკოსების დიდ ყურადღებას იპყრობს ელექტროენერჯის ზეგამტარული ინდუქციური მაგროვებელი (ეზგიმ), თავისი შესაძლებლობების მიხედვით, როგორცაა ელექტროენერჯის აკუმულირება და მისი სწრაფი რეალიზაცია. ეზგიმ-ის გამოყენებას ენერგეტიკაში გააჩნია დიდი პერსპექტივა [1]-ის შეიძლება გახდეს ეფექტური საშუალება ელექტროსისტემის ეკონომიურობისა და საიმედოობის ამაღლებისა. ელექტროსისტემის დატვირთვის ქვეშ წარმოდგენილია პარალელურად მომუშავე სინქრონული ელექტრული ძრავები, რომლებიც ემსახურებიან ნავთობ-გაზ გადამამუშავებელი კომპლექსების მექანიზმების ამძრავებს. ასეთი კომპლექსების ელექტრომომარაგების საიმედოობის ამაღლების პრობლემა გამოირჩევა განსაკუთრებული აქტუალობით. შესაძლო უეცარი მოკლე შერთვის შემთხვევაში მიმდინარეობს დაზიანებული ხაზის გამორთვა და სინქრონული დატვირთვა შეიძლება ამოვარდეს სინქრონიზმიდან.

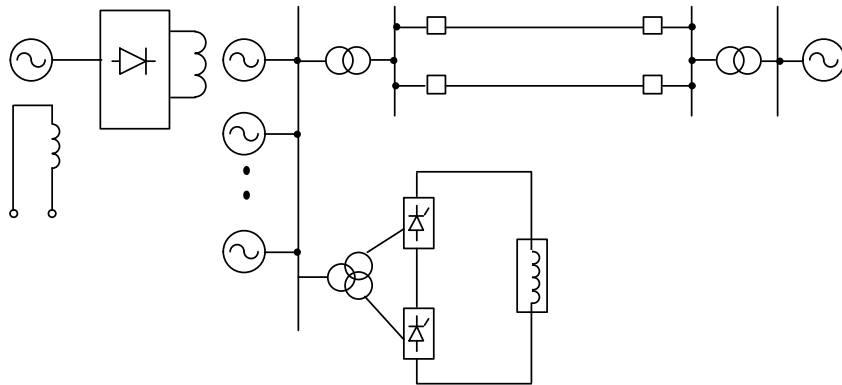
განვიხილოთ ელექტროსისტემის ელექტრული სქემა, რომელიც ნაჩვენებია ნახ.1 [2].

სინქრონული დატვირთვის კვანძი კვებას ღებულობს გადამცემა ხაზებით. ქვესადგურის სალტიდან იკვებება სამრეწველო ნავთობ-გაზ გადამამუშავებელი კომპლექსი, რომლის ძირითად დატვირთვას წარმოადგენს სინქრონული ელექტრული ძრავები ტიპით, სიმძლავრით 12000 კვტ-მდე. სინქრონული ელექტროძრავების ჯამური სიმძლავრე შეადგენს 200 მგვტ-ს. ეზგიმ-ი ჩართულია ქვესადგურის სალტესთან ტ3 (ზგტ)-ის საშუალებით და შექცევადი ტირისტორული გარდამქმნელებით, რომელიც ასრულებს ეზგიმ-ის კავშირისა და მართვის ყველა ფუნქციას ცვლადი დენის ქსელთან.

განვიხილოთ გარდამავალი პროცესი ელექტროსისტემაში, წარმოშობილი შესაძლო უეცარი მოკლე შერთვის შედეგად გადამცემ ხაზზე (ნახ. 1), რომელიც აკავშირებს სინქრონულ დატვირთვას უსასრულო მძლავრ სისტემასთან. პროცესის მიმდევრობა შემდეგია. რელეური დაცვის მოქმედების შემდეგ 0,1 წამზე დაზიანებული ხაზი გამოირთვება და დარჩება კავშირი ელექტროსისტემის ელემენტებს შორის დაზიანებული ხაზით. შემდეგ 0,3 წამზე იმოქმედებს ავტომატი განმეორებითი ჩართვის და ხაზი ხელახლა ჩა-



ირთვება სისტემასთან. ჩვენი შემთხვევის განსაკუთრებულობა მდგომარეობს იმაში, რომ დაზიანებული ხაზის გამორთვის შემდეგ, სწრაფმომქმედი მართვის სისტემის საშუალებით ტირისტორული გარდამქმნელის პირველი ბლოკი გადადის გამმართველის რეჟიმ-დან ინვერტორულ რეჟიმში. ენერგია, დაგროვილი ეზგიმ-ის მაგნიტურ ველში, გარდაიქმნება სინქრონული ელექტრული ძრავას ლილვზე მექანიკურ ენერგიაში. მათემატიკური მოდელის დამუშავების დროს სინქრონული მანქანა ელექტროსისტემაში წარმოვიდგინოთ გამარტივებული დიფერენციალური განტოლებებით. მათემატიკური მოდელის დამუშავების დროს მიღებული იქნა შემდეგი დაშვებები: მხედველობაში არ მიიღება აპერიოდული პროცესები სინქრონული ელექტრული ძრავას სტატორის გრაგნილში; მხედველობაში არ მიიღება სინქრონული მანქანის სტატორის გრაგნილის აქტიური წინაღობა; მაგნიტური სისტემის გაუქმნოვა გათვალისწინებულია ღუზის გრაგნილის ინდუქციური წინააღობის კორექტირების გზით; ელექტროსისტემის დატვირთვის ხასიათად ითვლება სინქრონული ელექტრული ძრავები. მუშა მექანიზმების (კომპრესორების, ტუმბოების) სიმძლავრე მუდმივია. ანგარიშებში ითვლება, რომ ცვლადი დენი, გაცემული ეზგიმი-დან ელექტრული ძრავების სალტეზე, შეიცავს მხოლოდ პირველი რიგის ჰარმონიკის მდგენელს.



ნახ.1. ელექტროსისტემის ელექტრული სქემა: იბ-ინვერტორის ბლოკი; გბ-გამმართველის ბლოკი; ტ1, ტ2- ძალოვანი ტრანსფორმატორები; გ-ხ1, გ-ხ2-გადამცემი ხაზები; ტ3(ზგტ(-ზევაამტარული ტრანსფორმატორი; გ-ეკვივალენტური სინქრონული გენერატორი; სძ-სინქრონული ძრავები; აგ-აგზნების გრაგნილი; გ-გამმართველი; ად-აგზნების ღუზა; ააგ-ამგზნების აგზნების გრაგნილი.

სინქრონული ელექტროძრავას როტორის ფარდობითი მოძრაობა, უეცარი ცვლილების შემთხვევაში, განისაზღვრება განტოლებით

$$T_e \frac{d^2\delta}{dt^2} + P_e \frac{d\delta}{dt} = P_1 - P_{e0} \quad (1)$$

P_1 - სინქრონული მანქანის მიერ სისტემაში გაცემული სიმძლავრე;

P_{e0} - შემსრულებელი მექანიზმის სიმძლავრე;

T_e - მექანიკური მუდმივა;

P_e - დემფირების კოეფიციენტი;

δ - ძვრის კუთხე სინქრონული მანქანის E_q ემძ-ის ვექტორსა და სისტემის სალტე 2-ზე U_L ძაბვის ვექტორს შორის.

(1) განტოლება წარმოადგენს მეორე რიგის არახაზოვან დიფერენციალურ განტოლებას, რომლის ამოხსნა ანალიზური მეთოდებით შეუძლებელია. ანალიზური ამოცანების ამოხსნისად გამოიყენება თანმიმდევრობითი მიახლოებების მეთოდი, რომელშიც



კოორდინატის ახალი მნიშვნელობის გამოთვლისათვის ($t_1, t_1(n+1)$) დროის მონაკვეთზე გამოიყენება საშუალო სიჩქარე. (1) დიფერენციალური განტოლება შეიძლება წარმოვიდგინოთ ორი პირველი რიგის დიფერენციალური განტოლების სახით

$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{P_{\Phi}}{T_{\Phi}}\omega + \frac{(P_{\text{გაქ}} - P_1)(360 \times 50)}{T_{\Phi}} \quad (2)$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega \quad (3)$$

$$\frac{dI_{\Phi}}{dt} = -\frac{2}{L_{\Phi}}(bU_{\Phi} \cos\beta + AI_{\Phi} X_{\text{ცა}}) \quad (4)$$

(2)-(4) განტოლებები წარმოადგენენ ხაზოვან დიფერენციალურ განტოლებებს ω, δ და I_{Φ} ცვლადების მიმართ.

სიმძლავრის განსაზღვრისათვის, რომელიც მიეწოდება ეზგიმ-ის მიერ სინქრონულ დატვირთვას ავარიულ რეჟიმში, აუცილებელია ვიცოდეთ სინქრონული დატვირთვის საღტეზე ძაბვის მყისი მნიშვნელობა U_{Φ} , რომელიც არ რჩება მუდმივი როტორის რხევის დროს. U_{Φ} მნიშვნელობა იცვლება აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის ცვლილებასთან ერთად

$$U_{\Phi} = \sqrt{\left(u_{\Phi} + \frac{Q_2 X_{\Phi}}{U_{\Phi}}\right)^2 + \left(\frac{P_2 X_{\Phi}}{U_{\Phi}}\right)^2} \quad (5)$$

(2) - (4) განტოლებების რიცხობრივი ამოხსნა იძლევა საშუალებას თვალი ვადევნოთ რხევის პროცესს საწყისი პარამეტრების სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის. ამოხსნის შედეგად გამოითვლება ძირითადი სიდიდეები, რომლითაც ხასიათდება ელექტრული სისტემა: რხევის კუთხე δ , დენები ეზგიმ-ის და სინქრონული დატვირთვის, ძაბვა სინქრონული ძრავას მომჭერებზე U_{Φ} , ეზგიმ-ის გამართული ძაბვა U_{Φ} , ეზგიმ-ის მყისი სიმძლავრე P_2, Q_2 , ელექტრომაგნიტური სიმძლავრე სინქრონული დატვირთვის ლილვზე P_1, Q_1 . აგრეთვე სიმძლავრე მიღებული სისტემიდან P_2, Q_2 .

შედგენილი მათემატიკური მოდელის რეალიზაცია საშუალებას იძლევა შევისწავლოთ გარდამავალი პროცესები ელექტროსისტემაში და გამოვაავლინოთ ძირითადი ენერგეტიკული თანაფარდობა ეზგიმ-სა და დატვირთვის შორის. რიცხობრივი ექსპერიმენტის შედეგების საფუძველზე შეიძლება მივიღოთ რეკომენდაციები პერსპექტივაში მისი გამოყენებისა და საცდელი დანადგარის პროექტირებისა.

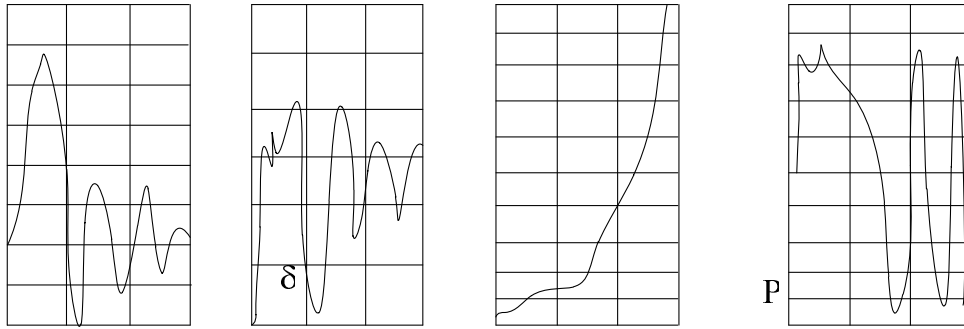
შედარებითი ანგარიშისთვის მივიღოთ: სიმძლავრის ბაზისური მნიშვნელობა $S_{\Phi} = 200$ მგვტ; საწყისი რეჟიმისათვის $\cos\varphi = 0,98$. X_{Φ} -ის მნიშვნელობა შეესაბამება გადამცემი ხაზის სიგრძეს, 300 კმ და ტოლია 0,49 ფარდობით ერთეულებში. ეზგიმ-ის არ მონაწილეობა აღიწერება სისტემის მდგომარეობით, რომელშიც Z_{Φ} წინაღობის ნამდვილი და წარმოსახვითი ნაწილი უსასრულოდ დიდია.

ნახ. 2, ა.ბ-ზე ნაჩვენებია პროცესები ეზგიმ-ის მონაწილეობის გარეშე. სისტემა იმყოფება დინამიკური მდგრადობის ზღვარზე.

ნახ.3-ზე ნაჩვენებია, როგორ მიმდინარეობს რხევითი პროცესი, სინქრონული დატვირთვის მიერ მოთხოვნილი სიმძლავრის ცვლილების დროს და სიმძლავრე ეზგიმ-ის მიერ გაცემული. ეზგიმ-იდან ენერგიის გამოყვანის პროცესი მიმდინარეობს 1 წამის განმავლობაში, ამ შემთხვევაში ენერგია გამოდის მთლიანად. როგორც ანგარიშები გვიჩვენებს, დინამიკური მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტი ეზგიმ-ის მონაწილეობის შედეგად



გად შეიძლება გაიზარდოს 1,34-დან 2,27-მდე, ე.ი 70%-ზე.



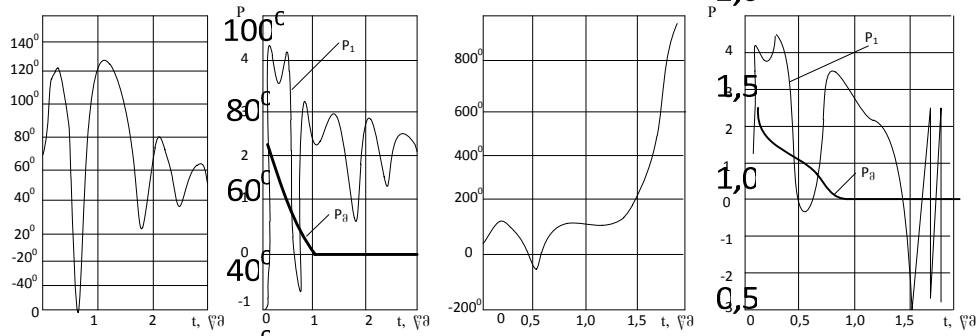
140°C

2,5

ნახ. 2. გარდამავალი პროცესი ეზგიმ-ის მონაწილეობის გარეშე

ა - გადამცემი ხაზის მიერ გადაცემული სიმძლავრე: $P_0 = 1,34; Q_0 = 0,258;$

ბ - $P_0 = 1,35; Q_0 = 0,27$



120

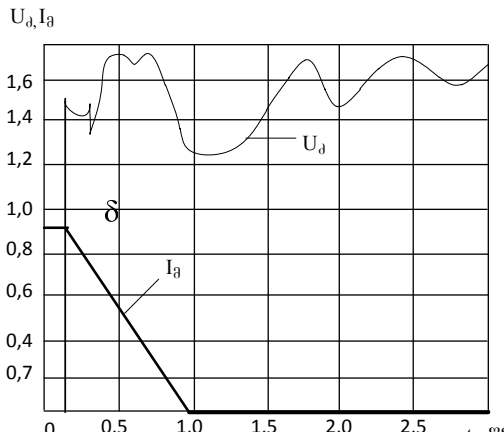
2,0

ნახ. 3. გარდამავალი პროცესი ეზგიმ-ის მონაწილეობით:

ა) ეზგიმ-ის საწყისი დენი $I_{EO} = 10$ კა; გადაცემული სიმძლავრე $P_0 = 2,27; Q_0 = 0,454;$

ბ) $I_{EO} = 10$ კა; $P_0 = 2,28; Q_0 = 0,456$

ნახ.4-ზე ნაჩვენებია სინქრონული დატვირთვის საღტეზე ძაბვის U_d და ეზგიმ-ის დენის I_d დროზე დამოკიდებულება.



ნახ. 4. ეზგიმ-ის დენი I_d და ძაბვა სინქრონული ძრავას საღტეზე U_d : გადაცემული სიმძლავრე $P_0 = 2,27; Q_0 = 0,454;$

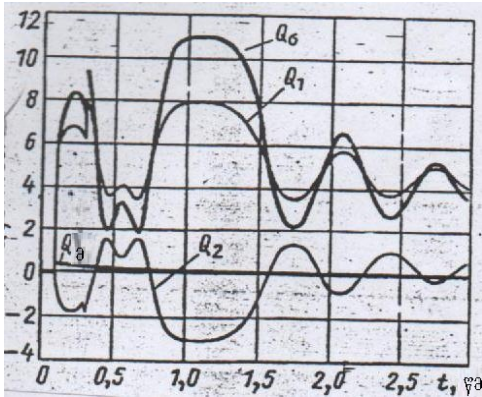
ნახ.5-ზე მოყვანილია Q_1, Q_2 და Q_w , აგრეთვე ჯამური რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგები გადამცემ ხაზზე და სინქრონული დატვირთვაში Q_0 .

ნახ.6-ზე ნაჩვენებია ეკვივალენტური აქტიური და რეაქტიული წინაღობების დროში

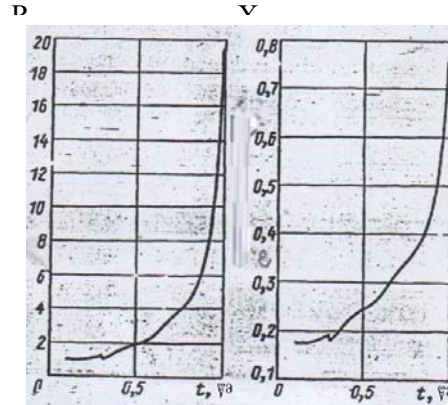


ცვლილების მრუდები.

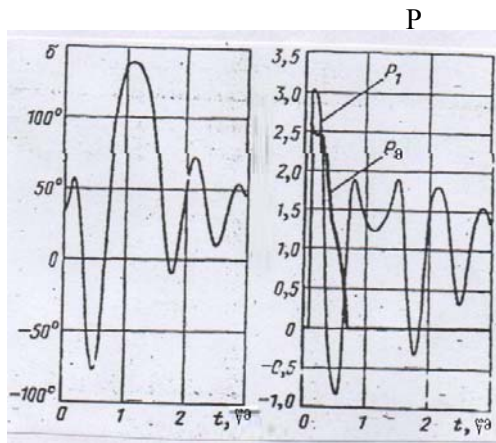
ნახ.7-ზე ნაჩვენებია გარდამავალი პროცესი ეზგიმ-ის ორი მოდულის სექციებად პარალელურად ჩართვის შემთხვევაში.



ნახ. 5. გარდამავალ პროცესში რეაქტიული სიმძლავრეების დამოკიდებულება დროში:
 $P_0 = 2,27$; $Q_0 = 0,454$;



ნახ.6. ეკვივალენტური კომპლექსური წინაღობის ცვლილება ენერჯის გამოყვანის პროცესში: $P_0 = 2,27$;
 $Q_0 = 0,454$;



ნახ.7. გარდამავალი პროცესი ეზგიმ-ის ორი მოდულის სექციებად პარალელურად ჩართვის შემთხვევაში: ეზგიმ-ის საწყისი დენი $I_{\text{სო}} = 20$ კა; $P_0 = 1,08$; $Q_0 = 0,216$ (სისტემა იმყოფება მდგრადობის ზღვარზე)

ეზგიმ-ის ენერჯია და ეზგიმ-იდან ენერჯის გამოყვანის სისწრაფე უნდა იყოს შეთანხმებული სინქრონული დატვირთვის პარამეტრებთან. კერძოდ, ეზგიმ-ის მაქსიმალური სიმძლავრე არ უნდა აღარბეზდეს დატვირთვის სიმძლავრეს, ხოლო ენერჯის გამოყვანის დრო არ უნდა იყოს რხევის პერიოდზე ნაკლები.

ლიტერატურა

1. Перспективы использования сверхпроводниковых накопителей энергии в электроэнергетических системах. Ю.Н. Астахов, В.А. Лабунцов, А.Г. Тер-Газарян и др. - электричество, 1992, №7.
2. თ. კობერიძე, ვ. მეტრეველი, ნ. უფლისაშვილი. ახალი თაობის ელექტროენერჯის ზეგამტარული ინდუქციური მაგროვებლის გამოყენების პერსპექტივა საქართველოს ელექტროენერჯეტიკულ სისტემაში. ენერჯია. 2013. №3(67).



ELECTROMECHANICAL PROCESSES DURING OPERATION OF SUPERCONDUCTING INDUCTION ENERGY STORAGE IN THE ELECTRICAL SYSTEM CHARGED WITH SYNCHRONOUS MOTORS.

T. Kokhreidze, V. Metreveli
 Technical University of Georgia

Summary

The paper dwells on the electric systems charged with synchronized electric engines there are the mechanical process in time of the work of the superconducting induction storage of the energy. It is elaborated the mathematical model and it is researched the co proportion of the parameters of electric system and storage. It is shown, that the utilization of superconducting storage gives the possibility to increase the capacity of synchronized charging with 70%.

მაღალი ძაბვის გადამცემ ხაზებში სიმძლავრის დანაკარგების ანგარიშის მათემატიკური მოდელი

კოხრეიძე კ., ნემსაძე შ., კოხრეიძე თ.
 შპს კანარგო-ჯორჯია,
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დამუშავებულია მაღალი ძაბვის 220 კვ და მეტი ვადამცემ ხაზებში სიმძლავრის დანაკარგების ანგარიშის მათემატიკური მოდელი. მიღებულია ძირითადი თანაფარდობები სიმძლავრის დანაკარგების ანგარიშისათვის. მოდელის რეალიზაცია შესაძლებელია კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენებით.

ცვლადი დენის ვადამცემ ხაზში ℓ , კმ, სიგრძით, შესაბამისი პარამეტრებით r_0 ომი/კმ, x_0 ომი/კმ, g_0 , 1/(ომი.კმ), და b_0 , 1/(ომ.კმ), დამყარებული რეჟიმის ძირითადი პარამეტრები (ძაბვა ხაზის ბოლოებში U_1 და U_2 , დენები I_1 და I_2) დაკავშირებულია ცნობილი თანაფარდობებით [1]

$$\bar{U}_1 = \bar{U}_2 \operatorname{ch} \gamma \ell + \sqrt{3} \bar{I}_2 Z_c \operatorname{sh} \gamma \ell ; \quad (1)$$

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{U}_2}{\sqrt{3} Z_c} \operatorname{sh} \gamma \ell + \bar{I}_2 \operatorname{ch} \gamma \ell.$$

სადაც $\gamma = \beta + j\alpha = \sqrt{(r_0 + jx_0)(g_0 + jb_0)}$ (2)

- გავრცელების კოეფიციენტი, რად/კმ;

$$Z_c = \sqrt{\frac{r_0 + jx_0}{g_0 + jb_0}} = Z_c(\alpha - jb) \quad (3)$$

- ხაზის ტაღლური წინაღობა, ომი

$\alpha \gg b$. $\alpha^2 + b^2 = 1$ და განსახილველი კლასის ($U \leq 220$ კვ) ხაზისთვის ელექტრული სრული სიმძლავრის ნაკადი სამფაზა სიმეტრიულ სისტემაში

$$\bar{S} = \sqrt{3} \bar{U} \bar{I}^* \quad (4)$$

დაუშვათ ხაზის ბოლოს აქტიური სიმძლავრე (P_1) მოცემულია, მოხერხებულია გამოვიყენოთ შემდეგი გამოსახულება ხაზში დანაკარგებისათვის:

$$\Delta P = R_c(\bar{S}_1) - P_1, \quad (5)$$



$$\text{სადაც } S_1 = \sqrt{3}U_1 I_1 \quad (6)$$

გავხსნათ (5) გამოსახულება (1)-ის ჩასმით (4)-ში (2) და (3)-ის გათვალისწინების გზით, მივიღებთ:

$$P_2^2 + q_2 \quad (7)$$

$$\text{სადაც } P_2 = \frac{P_2}{P_c} \text{ და } q_2 = \frac{Q_2}{P_c}$$

- ხაზის ბოლოში აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრე ნატურალური სიმძლავრის წილში. ნატურალური სიმძლავრე (განსაზღვრული ხაზური ძაბვით ხაზის ბოლოს)

$$S_c = P_c + jQ_c = \frac{U_c^2}{Z_c}$$

$$\text{სადაც } Z_c = \sqrt{\frac{(r_0 + jx_0)}{(g_0 + jb_0)}}$$

- მუდმივი კომპლექსური სიდიდე, რომელიც ცნობილია ხაზის ტალღური წინააღობით; $r_0, x_0 = \omega L_0$; $g_0, b = \omega C_0$ -აქტიური და ინდუქციური წინააღობა, აქტიური და ტევადური გამტარობა შესაბამისად ხაზის ერთეულ სიგრძეზე.

თუ სადენის აქტიური წინააღობა მცირეა, შედარებით ინდუქციურთან ($r_0 \ll x_0$), როგორც მას ადგილი აქვს მძლავრ საპარო გადამცემ ხაზებში გვირგვინის მოვლენის გათვალისწინების გარეშე ($g_0 = 0$), მაშინ ძალაშია შემდეგი გამოსახულება [2]:

$$P_c \approx \frac{U_c^2}{Z_c}; \quad Q_c \approx -P_c r_0 / 2x_0;$$

(7) გამოსახულება შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით:

$$\Delta P = P_c [k_1 + k_2 P_2 + k_3 q_2 + k_4 (P_2^2 + q_2^2)] \quad (8)$$

$k_1 - k_4$ კოეფიციენტები განისაზღვრება მხოლოდ ხაზის საკუთარი პარამეტრებით (კვეთი და სადენის ტიპი, მათი განლაგება საყრდენზე, ხაზის სიგრძე) და არაა დამოკიდებული გადაცემის რეჟიმზე.

(8) დან ჩანს, რომ დანაკარგები ხაზში პროპორციულია ენერჯის სრული სიმძლავრის ნაკადზე და უკმა სვლის დანაკარგებზე, ე.ი. დანაკარგები ხაზში, როცა ბოლო მხარე განრთულია ($P_2 = 0$; $q_2 = 0$).

(7)-ის შესაბამისად $k_1 - k_4$ კოეფიციენტები ტოლია:

$$\begin{aligned} k_1 &= a \operatorname{sh} \beta l \operatorname{ch} \beta l - b \operatorname{sin} \alpha l \operatorname{cos} \alpha l; \\ k_2 &= \operatorname{sh}^2 \beta l \operatorname{sin}^2 \alpha l + \operatorname{ch}^2 \beta l \operatorname{cos}^2 \alpha l - 1 + (a^2 - b^2) \operatorname{sh}^2 \beta l \operatorname{cos}^2 \alpha l + \operatorname{ch}^2 \beta l \operatorname{sin}^2 \alpha l; \\ k_3 &= -2ab (\operatorname{sh}^2 \beta l \operatorname{cos}^2 \alpha l + \operatorname{ch}^2 \beta l \operatorname{sin}^2 \alpha l); \\ k_4 &= a \operatorname{sh} \beta l \operatorname{ch} \beta l + b \operatorname{sin} \alpha l \operatorname{cos} \alpha l; \end{aligned} \quad (9)$$

ამგვარად, სიმძლავრის დანაკარგები ხაზში, რომლის პარამეტრები ცნობილია, განისაზღვრება მოცემული აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეებით ხაზის ბოლოში (7) ან (8) გამოსახულების საშუალებით.

დაუშვათ ხაზის ბოლოს რეაქტიული სიმძლავრე უცნობია.

მაშინ აუცილებელია ავირჩიოთ საწყის პარამეტრებად რომელიმე სხვა პარამეტრის სიდიდე, მაგალითად ძაბვის მოდული ხაზის დასაწყისში (U_2 იგულისხმება მოცემული) ან კუთხე ძაბვის ვექტორებს შორის ხაზის თავსა და ბოლოში. შემოვიყვანოთ ხაზში ძაბვის ვარდნის ცნება ე.ი. თანაფარდობა ძაბვების მოდულების ხაზის საწყისსა და ბოლოში:



$$\kappa = \frac{|\bar{U}_1|}{|\bar{U}_2|} \quad (10)$$

აღნიშნული პარამეტრების ცვალებადობის დიაპაზონი შეადგენს 0,95-1,05 500 კვ და მეტი ძაბვის ხაზისთვის, რაც საგრძნობლად ამარტივებს κ სიდიდის შერჩევას.

(1) გამოსახულებიდან, (10)-ის გათვალისწინებით, მარტივი გამარტივების შემდეგ მივიღებთ ფორმულას Q_2 -ის განსაზღვრისათვის:

$$Q_2 = P_c \left[\frac{bsh\beta ctg\beta\ell + asina\ell\cos\alpha\ell}{D} + \sqrt{\frac{\kappa^2 - ch^2\beta\ell\cos^2\alpha\ell - sh^2\beta\ell\sin^2\alpha\ell - 2P_2^2(ash\beta ctg\beta\ell - bsina\ell\cos\alpha\ell)}{D} + \frac{(bsh\beta ctg\beta\ell + asina\ell\cos\alpha\ell)^2}{D^2} - P_2^2} \right] \quad (11)$$

სადაც $D = sh^2\beta\ell\cos^2\alpha\ell + ch^2\beta\ell\sin^2\alpha\ell$.

ხაზში სიმძლავრის დანაკარგები, რომელიც შეიცავს κ მნიშვნელობას, შემდეგ პოულობენ (7) ან (8) გამოსახულებით.

(7), (8) და (11) გამოსახულებები გამომდინარე თავისი სირთულით, წარმოშობს გარკვეულ უხერხულობას პრაქტიკული გამოყენებისათვის.

ეხლა განვიხილოთ ანგარიშის შედარებით გამარტივებული მეთოდი.

განსაკურებულობას საჭირო გადაცემა ხაზის 220 კვ და მეტი ძაბვის წარმოადგენს ის, რომ რეაქტიული ხვედრითი პარამეტრები გაცილებით მეტია აქტიურ პარამეტრებზე: $x_0 \gg r_0$ და $b_0 \gg g_0$. ამიტომ პირველი მიახლოებით შეიძლება მხედველობაში არ მივიღოთ აქტიური წინაღობა და გამტარობა ხაზში დენის მოდულზე. ასეთი დაშვების შედეგად (2) და (3) მკაცრი გამოსახულების ნაცვლად შეიძლება მივიღოთ:

$$\gamma \approx j\alpha \quad \text{და} \quad Z_c = z_c, \quad (12)$$

რის შედეგად გამოსახულება დენისათვის x კმ მანძილზე ხაზის ბოლოდან ჩაიწერება შემდეგი სახით

$$\bar{I}_x = \frac{\bar{U}_2}{\sqrt{3}Z_c} [P_2 \cos\alpha x + j(\sin\alpha x - Q_2 \cos\alpha x)] \quad (13)$$

სოლო რეაქტიული სიმძლავრე ხაზის ბოლოში Q_2 ტოლია

$$Q_2 = P_c \left[\sqrt{\frac{\kappa^2}{\sin^2\alpha\ell} - P_2^2} - ctg\alpha\ell \right] \quad (14)$$

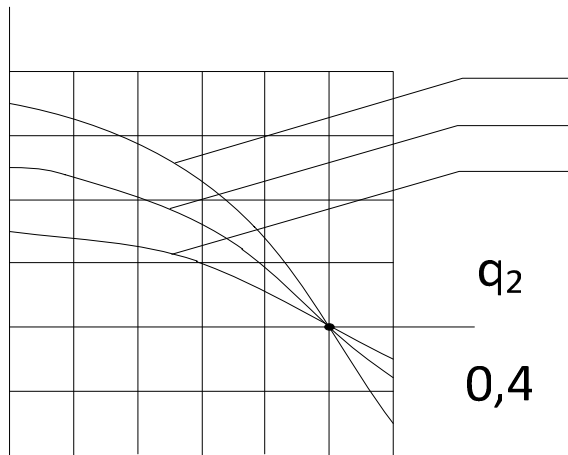
როცა ხაზის ბოლოებში ძაბვების მოდულები ტოლია, მაშინ $\kappa = 1$, რეაქტიული სიმძლავრე ხაზის თავში და ბოლოში ერთმანეთის ტოლია. $P < P_c$.

$$Q_1 = Q_2 = P_c \left[\sqrt{\frac{1}{\sin^2\alpha\ell} - P_2^2} - ctg\alpha\ell \right] \quad (15)$$

როცა აქტიური სიმძლავრე ნაკლებია ხაზის ნატურალურ სიმძლავრეზე, ნატურალური სიმძლავრე წარმოადგენს რეაქტიული სიმძლავრის წყაროს (ნახ. 1).

ძაბვის ვარდნის დროს რეაქტიული სიმძლავრე ხაზის დასაწყისში ტოლია:

$$Q_1 = P_c \left[\sqrt{\frac{\kappa^2}{\sin^2\alpha\ell} - P_2^2} - \kappa^2 ctg\alpha\ell \right] \quad (16)$$



ნახ.1. ხაზის ბოლოს რეაქტიული სიმძლავრის q_2 დამოკიდებულება გადაცემული აქტიური სიმძლავრეზე P_2 .

როცა $K > 1$ და $P_2 < P_c$ რეაქტიული სიმძლავრე ხაზის ბოლოს აღმოჩნდება ნაკლები, ვიდრე მომხმარებლის; P_2 -ის გაზრდით ის პირველად $0,2$ უკნეს ნულოვან მნიშვნელობას და იცვლის ნიშანს, ე.ი. იწყებს მიწოდებას ბოლო ქვესადგურის სალტიდან ხაზში. (14)-ის ჩასმით (13)-ში, მივიღებთ გამოსახულებას, რომელიც განსაზღვრავს ხაზის ნებისმიერ წერტილში დენის დამოკიდებულებას ძაბვის ვარდნასთან ხაზის ბოლოებში:

$$\bar{I}_x = \frac{\bar{U}_2}{\sqrt{3}Z_c} \left[P_2 \cos \alpha x + j \left(\sin \alpha x + \operatorname{ctg} \alpha l \cos \alpha x - \cos \alpha x \sqrt{K^2 / \sin^2 \alpha l - P_2^2} \right) \right] \quad (17)$$

დამოკიდებულება ხაზის ბოლოში ენერჯის ნაკადის სიმძლავრესა და ძაბვის ვარდნას შორის გამოისახება შემდეგი თანაფარდობით:

$$K = \sqrt{(P_2^2 + q_2^2) \sin^2 \alpha l + \cos^2 \alpha l + 2q_2 \sin \alpha l \cos \alpha l} \quad (18)$$

$$\Delta P = 3 \int_0^l I_x^2 r_0 dx \quad (19)$$

ხაზის სადენში სიმძლავრის დანაკარგები (17)-ის ჩასმით (19)-ში და მის ინტეგრირებით, მივიღებთ გამოსახულებას სიმძლავრის დანაკარგებისთვის ხაზში ნებისმიერი რეჟიმის მუშაობის დროს:

$$\Delta P = P_c \frac{r_0 l}{Z_c} \left[\frac{1}{2} \frac{\sin^2 \alpha l}{4 \alpha l} + \frac{1 - \cos^2 \alpha l}{2 \alpha l} \times \left(\operatorname{ctg} \alpha l - \sqrt{\frac{K^2}{\sin^2 \alpha l} - P_2^2} \right) + \left(\frac{1}{2} + \frac{\sin^2 \alpha l}{4 \alpha l} \right) \left(\operatorname{ctg}^2 \alpha l + \frac{K^2}{\sin^2 \alpha l} - 2 \operatorname{ctg} \alpha l \sqrt{\frac{K^2}{\sin^2 \alpha l} - P_2^2} \right) \right] \quad (20)$$

(3.20) გამოსახულება გარდაქმნის შემდეგ წარმოვიღებთ შემდეგი სახით

$$\Delta P = P_c \frac{r_0 l}{Z_c} \left[A - B \sqrt{\frac{K^2}{\sin^2 \alpha l} - P_2^2} \right], \quad (21)$$

$$\text{სადაც } A = (K^2 + 1) \left[\frac{1}{2 \sin^2 \alpha l} + \frac{\operatorname{ctg} \alpha l}{2 \alpha l} \right];$$

$$B = [\operatorname{ctg} \alpha l + 1/\alpha l] \quad (22)$$

- კოეფიციენტები, რომლებიც დამოკიდებულია ხაზის პარამეტრებზე და მასში ძაბვის ვარდნებზე.

(21) გამოსახულება იძლევა შესაძლებლობას ვიპოვოთ მოცემული აქტიური სიმძლავრის P_2 შესაბამისი დანაკარგები სადენში.



ლიტერატურა

1. Энергетика СССР в 1976-1980 годах/под ред. А.М. Некрасова, М.Г. Первухина.-М.: Энергия, 1977-288 с.
2. Дальние передачи переменного тока/И.С. Брук, П.И. Зубков, А.А. Крюков и др.-М.: Изд-во АН СССР, 1958. - 259 с.

A MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATION OF POWER LOSSES IN HIGH-VOLTAGE TRANSMISSION LINES.

K. Kokhreidze, Sh. Nemsadze, T. Kokhreidze

LTD Canargo- Georgia, Technical University of Georgia

Summary

It is elaborated 220 kilowatt of high voltage and the mathematical model of the account of capacity lost in transferring lines. It is received the main co proportions, for the account of capacity lost. The realization of the model is possible by using of the computer techniques.

ენერგეტიკული მანქანების ტექნიკურ მდგომარეობათა ცვლილებების ტრენდისა და პროგნოზის განსაზღვრის ერთ-ერთი მათემატიკური მეთოდი, კერძოდ, პროგნოზისათვის გამოყენებულია ბურჯის ავტორეგრესიული ფუნქცია.

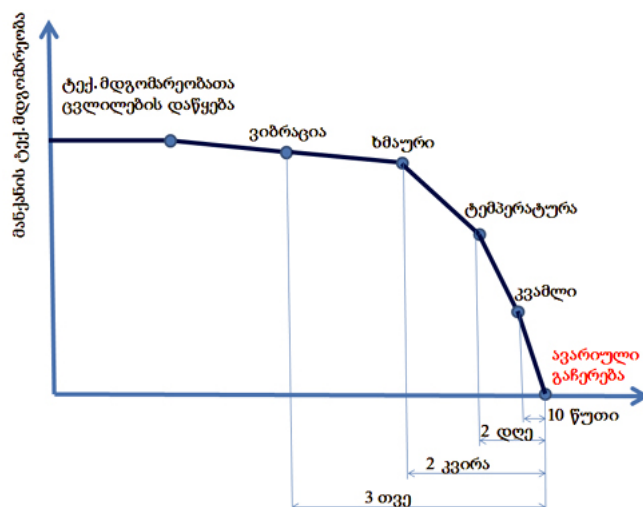
კოპალიანი ნ., აბაშია დ., ბობისვანიძე ვ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია ენერგეტიკული მანქანების ტექნიკურ მდგომარეობათა ცვლილებების ტრენდისა და პროგნოზის განსაზღვრის ერთ-ერთი მათემატიკური მეთოდი, კერძოდ, პროგნოზისათვის გამოყენებულია ბურჯის ავტორეგრესიული ფუნქცია.

მანქანის ტექნიკური მდგომარეობა - არის მანქანის ტექნიკური პარამეტრების ერთობლიობა, რომლებიც ახასიათებენ ობიექტის ფუნქციონირების შესაძლო გადახრას ნორმისაგან და რომლებსაც თავის მხრივ მიყვავართ შესაძლო გაუმართაობამდე. (ობიექტის გაჩერებამდე).

როგორც კვლევები უჩვენებენ, ზოგადად, მანქანათა ტექნიკურ მდგომარეობათა ცვლილებების დაწყებას და შემდგომში დეგრადაციული პროცესების მიმდინარეობას დროში აქვს ქვემოთ გრაფიკზე (ნახ. 1) წარმოდგენილი სახე. ყველაზე ადრე ცვლილებებზე რეაგირებს ვიბრაცია, შემდეგ ხმაური, შემდეგ ტემპერატურა და ბოლოს იგრძნობა ნამწვავის სუნი და კვამლი.



ნახ. 1. მანქანათა ტექნიკურ მდგომარეობათა ცვლილებების დაწყება და შემდგომში დეგრადაციული პროცესების განვითარება დროში



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

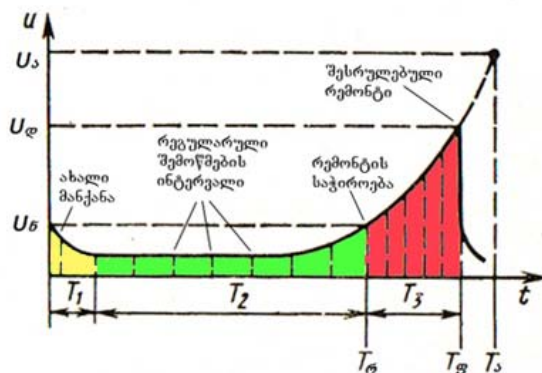


ტექნიკურ მდგომარეობათა მონიტორინგი მოიცავს დანადგარების ან მექანიზმების სტრუქტურული კომპონენტების მდგომარეობათა უწყვეტ ან პერიოდულ შეფასებებს ექსპლუატაციის პროცესში. ეს იძლევა ნებისმიერი მტყუნებისა და დეფექტების გამოვლენისა და მათი წინასწარმეტყველების (პროგნოზის) შესაძლებლობებს, რასაც მოაქვს არსებითი სარგებლობა, კერძოდ, ამცირებს მომსახურების დანახარჯებს, ზრდის მანქანათა მზადყოფნას, ამცირებს სათადარიგო ნაწილების გამოყენებისა და შენახვის საჭიროებას და აუმჯობესებს უსაფრთხოებას.

ტექნიკური მონიტორინგისა და დიაგნოსტიკის ამოცანებში მანქანათა ტექნიკურ მდგომარეობათა კონტროლის დროს შესაძლებელია ორი მიდგომა.

პირველი მიდგომა მდგომარეობს მანქანის წარმომადგენლობითი პარამეტრების ცვლილებათა მუდმივი კონტროლის ორგანიზაციაში (ცვლილებათა ტრენდის, ტენდენციის). ამ პარამეტრების ცვლილებები ახასიათებენ მანქანის ტექნიკურ მდგომარეობათა ცვლილებებს მუშაობის პროცესში, იმისათვის რომ მიუთითოდ დრო, როდესაც ტექნიკური მდგომარეობის გაუარესების სიჩქარე გახდება კრიტიკული. წარმომადგენლობით პარამეტრში იგულისხმება მაგალითად, ვიბრაციის ან ხმაურის ჯამური დონეები, ან მათი სპექტრალური მდგენელების დონეები, სრული ვიბრაციული ენერგია, ტემპერატურა, წნევა, დენი, ძაბვა და ა.შ..

მანქანის მუშაობის ტექნიკურ მდგომარეობათა წარმომადგენლობითი პარამეტრის (მაგალითად, ვიბროსიგნალის) ტიპურ დამოკიდებულებას დროზე აქვს ქვემოთ გრაფიკზე (ნახ. 2) წარმოდგენილი სახე.



ნახ. 2. მექანიზმის კვანძის წარმომადგენლობითი პარამეტრის ტექნიკური მდგომარეობის ტიპური ქცევა მუშაობის პროცესში:

T1 - მიმუშავების პერიოდი, T2 - ნორმალური ფუნქციონირების პერიოდი, T3 - დეფექტის ჩასახვისა და განვითარების პერიოდი, Tr - დანიშნული რესურსის დრო, Tg - ფაქტიური რემონტის ვადის დრო, Ta - ავარიის დადგომის დრო, Ub - ნორმალური ფუნციონირების დონე, Ud - დასაშვები დონე, Us - ავარიული დონე.

მკვეთრად გამოირჩევა სამი პერიოდი: მანქანის ნაწილების მიმუშავების (მიხახუნების, მორგების) პერიოდი (T1 - ყვითელი ფერი გრაფიკზე), ნორმალური მუშაობის პერიოდი (T2 - მწვანე ფერი) და დეგრადაციის პერიოდი (T3 - წითელი ფერი), როდესაც ტექნიკური მდგომარეობის გაუარესების სიჩქარე იზრდება დროის მიხედვით. ამ დამოკიდებულებიდან გამომდინარე, რომ სარემონტო სამუშაოების ჩატარების დრო Tr (დანიშნული რესურსი) ბევრად უფრო ნაკლებია ვიდრე ფაქტიური ვადა Tg, როდესაც ეს რემონტი ხდება აუცილებელი.

ტრენდური მახასიათებელი (მახასიათებლის განვითარების ტენდენცია) იძლევა შესაძლებლობას ტექნიკურ მდგომარეობათა კატასტროფული ცვლილებების დადგომის მომენტის პროგნოზირების, და გამოდის რომ შესაძლებელია დარჩენილი რესურსის პროგნოზირება და ფიზიკურად დასაბუთებული რემონტის დაგეგმვის ვადის განსაზღვრა.



ღვრა.

ეს მეთოდი რეკომენდირებულია ძვირადღირებული უნიკალური ან საპასუხისმგებლო ტექნიკური ობიექტებისათვის, რომელთა მუშაუნარიანობის დარღვევას შეუძლია მიგვიყვანოს კატასტროფულ შედეგებამდე, მათ შორის დაკავშირებულს ადამიანების ჯამრთელობასთან და სიცოცხლესთან.

რაც უფრო ადრე გამოვლინდება დეფექტი მით უფრო მეტია ალბათობა ავარიული სიტუაციის დროულად თავიდან აცილების. ამიტომაც რომ, მანქანებისა და მექანიზმების ექსპლუატაციის ეტაპზე ასეთი დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ჩასახული დეფექტების ვიბროაკუსტიკური დიაგნოსტიკის მეთოდებს, რომლებიც იძლევიან კარგ შედეგებს.

მეორე მიდგომა (საკონტროლო შემოწმება) დაფუძნებულია ტექნიკურ მდგომარეობათა წარმომადგენლობითი პარამეტრების ეპიზოდურ კონტროლზე და მათ შედარებაზე ზღვრულ მნიშვნელობებთან, რომლებიც თავის მხრივ არიან დადგენილი საკმაოდ ბევრი წინასწარ ჩატარებული დიაგნოსტიკური ექსპერიმენტების საფუძველზე. საკონტროლო შემოწმების მეთოდი მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნას ერთტიპიური მანქანების სიმრავლის ტექნიკურ მდგომარეობათა განსაზღვრისათვის და იმ მანქანების და ნაწილების გამოვლენისათვის რომლებიც იმყოფებიან კრიტიკულ მდგომარეობაში.

თუ შევაჯამებთ ზემოთქმულს და გავითვალისწინებთ ყოველდღიური პრაქტიკის შედეგებს, შეიძლება დავასკვნათ, რომ მონიტორინგისა და დიაგნოსტიკის მეთოდების გამოყენება მანქანათა ექსპლუატაციის ეტაპზე იძლევა შესაძლებლობას დაუსაბუთებელი გადასინჯვის ლიკვიდაციის ხარჯზე, რომელიც ამცირებს რესურსს, გაგრძელებული იქნას დანადგარის მუშაობის ვადა, შემცირებული იქნას ექსპლუატაციის ღირებულება მუშაობის დროს, სათადარიგო ნაწილებისა და საწვავ-საპოხი მასალების ეკონომიის ხარჯზე, ხოლო წარმოების პირობებში ავამაღლოთ დანადგარის ეფექტურობა დაუსაბუთებელი გაჩერებების ხარჯზე.

ავტომატიზირებულ წარმოებებში დიაგნოსტიკის მეთოდების გამოყენება იძლევა შესაძლებლობას ვაწარმოოთ ტექნოლოგიური პროცესების სიზუსტის პარამეტრების უწყვეტი კონტროლი, რაც არის გარანტია მაღალი ხარისხის პროდუქციის გამოშვებისა დანადგარების მოცდენების დროის შემცირებით პროფილაქტიკური დათვალიერებისა და წინასწარ დაგეგმილი მიმდინარე რემონტისათვის.

ზოგადად, მონიტორინგისა და დიაგნოსტიკის მეთოდების (განსაკუთრებით ვიბროაკუსტიკური მეთოდების) დანერგვა პრაქტიკაში იძლევა ტექნოლოგიური პროცესების მაღალი დონის ოპტიმიზაციის დიდ შესაძლებლობებს.

Mathcad -ში არის ფუნქციები:

```
detrend(v)
Returns the vector or matrix v with any linear trend removed.
```

ცვლილებათა ტრენდის განსაზღვრისათვის და

```
predict(v, m, n)
Returns a vector of n predicted values past the last element in v, based on autocorrelation coefficients of m consecutive values in a sliding window.
```

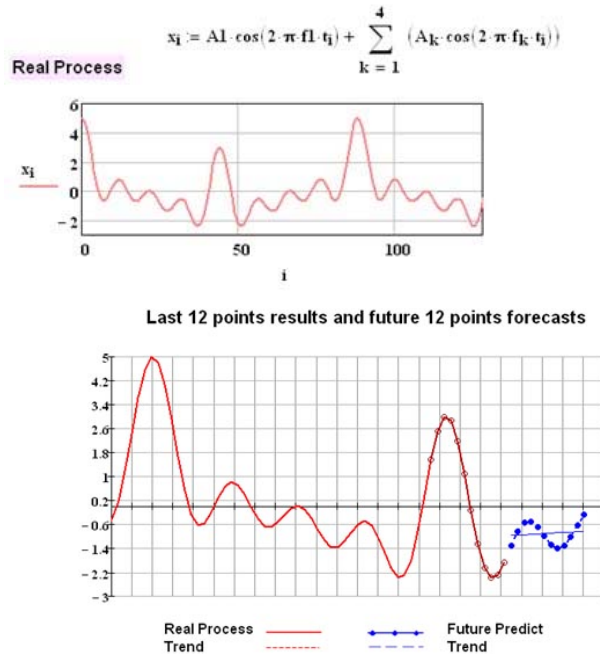
ცვლილებათა პროგნოზისათვის (ბურგის ფუნქცია, დაფუძნებული ავტორეგრესიულ მეთოდზე) რომლებიც კარგ პრაქტიკულ შედეგებს იძლევიან.

საილუსტრაციოდ გამოვიყენოთ ეს ფუნქციები, მაგალითად ქვემოთ მოყვანილ მოდელირებულ სიგნალზე. შევწყვიტოთ პროცესი ნებისმიერ დროის მონაკვეთში და გავაკეთოთ მოსალოდნელი წერტილების პროგნოზი და ვიპოვოთ ტრენდი.

როგორც ვხედავთ, რომ ეს მეთოდი მაღალი სიზუსტით აკეთებს წერტილების პროგნოზს თვით პროცესიდან გამომდინარე. რეალურ სისტემებში, თუ პროცესში არის რაიმე კანონზომიერება, მეთოდი ავლენს ამ კანონზომიერებას და იყენებს მას პროცესის



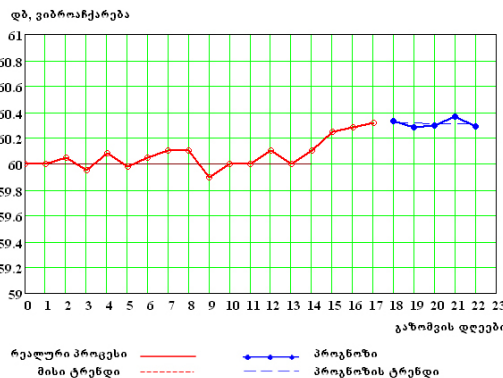
მოსალოდნელი წერტილების პროგნოზისათვის მაღალი სიზუსტით.



ნახ. 3. შეწყვეტილი სიგნალის მოსალოდნელი წერტილების პროგნოზი და ტრენდი.

გამოვიყენოთ ეს მეთოდი, მაგალითად, პიდრო ენერგოაგრეგატის ტურბინის საკისრის ვიბრაციის ჯამური დონის (დბ) ტრენდისა და ცვლილებათა მოსალოდნელი პროგნოზისათვის(ნახ.4).

როგორც კი დაიწყება საკისარში დეგრადაციული პროცესები სენსორიდან წამოსულ სიგნალს მეთოდი უკეთებს პროგნოზს და საზღვრავს ტრენდს, რაც მიანიშნებს ოპერატორს საჭირო მოქმედებებს. იდეალურია ეს მიდგომა პროცესების ავტომატიზაციისათვის, მითუმეტეს რომ დღესდღეობით მიმდინარეობს ინტენსიური მუშაობა ვიბრაციული სიგნალების გამოყენებით ავტომატიზირებული მართვის სისტემების შესაქმნელად.



ნახ. 4. ტექნიკურ მდგომარეობათა ტრენდისა და პროგნოზის განსაზღვრის მაგალითი

ლიტერატურა

1. В.П.Дьяконов – Энциклопедия Mathcad 2001 и Mathcad2011. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 832
2. ნ.კობალიანი, ო.შაუთიძე ”პიდრო ენერგოაგრეგატების დინამიკის ზოგიერთი საკითხები” -საერთაშორისო სამეცნიერო-მეთოდური კონფერენცია ”ენერგეტიკა: რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები” ქუთაისი, 21-22 მაისი, 2013.
3. ნ.კობალიანი, ნ.გიორგულიძე, ო.შაუთიძე, ა.ყაველაშვილი ”ვარციხე ჰეს-ის პიდრო ენერგოაგრეგატების ვიბრაციული მახასიათებლების ექსპერიმენტული კვლევა” - საერთაშორისო სამეცნიერო-მეთოდური კონფერენცია ”ენერგეტიკა: რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები” ქუთაისი, 21-22 მაისი, 2013



**III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**



DETERMINING CHANGES TREND IN TECHNICAL STATE OF ENERGY-CONVERTING MACHINERY AND FORECASTING IN TECHNICAL DIAGNOSTICS PROBLEMS.

N.Kopaliani, D.Dzadzamia, V.Gogisvanidze,
Akaki Tsereteli State University.

Summary

The paper dwells on mathematical methods of definition of a trend and the forecast of changes of technical conditions of power machines is considered, in particular, for the forecast autoregressive function of Burg is used.

ელექტროენერგეტიკაში დატვირთვების პროგნოზირება ხელოვნური ინტელექტის მეთოდის გამოყენებით

ჭრელაშვილი კ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მოხსენება ეხება ელექტროენერგეტიკის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს კომპონენტს, როგორცაა დატვირთვის პროგნოზირება. დატვირთვების პროგნოზირება წარმოადგენს საკმაოდ რთულ და პრობლემატურ საკითხს ელექტროენერგეტიკაში. მისი პრობლემატურობა გამოვლინდება რამოდენიმე ფაქტორით, ესენია: ბუნებრივი ფაქტორების გათვალისწინება, პროგნოზირების სიზუსტე, პროგნოზირების სისწრაფე, ინფორმაციის დამუშავების სიმარტივე და თავსებადობა ელექტრული ქსელის ცვლილებებთან.

მოხსენებაში ზოგადად განხილულია ელექტრული ქსელის პროგნოზირების თანამედროვე მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებს ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებას დატვირთვის პროგნოზირებაში. კერძოდ განხილულია დატვირთვის პროგნოზირების ორი მიმართულება: ხელოვნური ნეირონული ქსელი და არამკაფიო ნეირონული ქსელი. მოხსენებაში წარმოდგენილია ამ ორი მეთოდის მოქმედების პრინციპი, მათი განვითარების და პრაქტიკაში დანერგვის ტენდენციები, დადებითი და უარყოფითი მხარეები და თავისებურებანი.

ელექტროენერგეტიკაში დღესდღეობით ერთ-ერთი უმთავრესი ადგილი უჭირავს ელექტრული დატვირთვების პროგნოზირებას. ენერგეტიკულ სისტემებში რეჟიმების დაგეგმვისა და გადაწყვეტილების მიღებისათვის აუცილებელია დატვირთვების პროგნოზირება დროის ყველა შუალედში (რამოდენიმე წუთიდან რამოდენიმე წლამდე). მსოფლიო მრავალ ქვეყანაში, მათ შორის საქართველოში მოხდა ენერგოსისტემების პრივატიზაცია. დღითიდღე იზრდება მოთხოვნა ელექტროენერგიაზე და ის გადაიქცა ყიდვა-გაყიდვის საგნად. ამიტომაც ელექტრული დატვირთვების პროგნოზი გადამწყვეტ როლს თამაშობს ელექტრო ბაზარზე ელექტროენერგიის ფასის ცვლილებაში და მას სულ უფრო და უფრო დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

დატვირთვების პროგნოზირება საკმაოდ რთული დავალებაა. პირველ რიგში იმიტომ, რომ მთელი რიგი ელექტრული დატვირთვებისა საკმაოდ რთულია და ხასიათდებიან სეზონურობის რამოდენიმე დონით. მეორეს მხრივ, არსებობს მრავალი ეგზოგენური, გარდამავალი ფაქტორები, რომლებიც გათვალისწინებული უნდა იყოს დატვირტვების პროგნოზირებაში. განსაკუთრებით გამოსაყოფია ამინდის ფაქტორი. ელექტრული დატვირთვების პროგნოზირებისას მიიჩნევა, რომ საკმაოდ მარტივია მივიღოთ პროგნოზი 10%-იანი აბსოლიტური ცდომილებით. მაგრამ, რეალური მოთხოვნებით ცდომილება არ უნდა ცდებოდეს 2%-ს. ასევე გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ დატვირთვის პროგნოზირების ცდომილების ფასი საკმაოდ მაღალია და იწვევს დანახარჯების ზრდას. მაგალითად დიდ ბრიტანეთში პროგნოზის ცდომილების ერთი პროცენტით გაზრდა წლის მანძილზე იძლევა 10 მილიონ ფუნტ სტერლინგ დანკარგს.

არსებობს რამოდენიმე მოდელი და მეთოდი ელექტრული დატვირთვების პროგნოზირებაში. მათი კლასიფიკაცია შეიძლება მოხდეს, როგორც დროის რიგის მოდელისა, რომელშიც დატვირთვა მოდელირებულია როგორც ფუნქცია რამოდენიმე გარდამავალი



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ფაქტორისა (განსაკუთრებით ამინდის და სოციალური ფაქტორის). ზოგიერთი მოდელე-ბი წარმოადგენენ ავტორეგრესიულ, წრფივ და არაწრფივ დინამიკურ მოდელეებს.

მიუხედავად იმისა, რომ არსებობს ელექტრული დატვირთვების პროგნოზირების მრავალი ალტერნატიული მეთოდი, მათგან განვითარება ჰპოვა ხაზურმა რეგრესიულმა მოდელეებმა. ეს მოდელი მიმზღველია იმით რომ საშუალებას გვაძლევს უფრო ზუსტად შევასრულოთ დატვირთვის პროგნოზი, ასევე საშუალებას გვაძლევს შევინარჩუნოთ სი-ზუსტე სამუშაო დღეებიდან დასვენების დღეების გადასვლისას და პირიქით. დატვირ-თვის პროგნოზირება ხორციელდება სხვადასხვა დროით დიაპაზონში. პროგნოზირების დიაპაზონები კლასიფიცირდება შემდეგნაირად: ოპერატიული პროგნოზი (პროგნოზირე-ბა ხორციელდება დღეღამის განმავლობაში), მცირევადიანი პროგნოზი (პროგნოზირება ხორციელდება კვირის მანძილზე), სასუალო პროგნოზი (პროგნოზირება ხორციელდება თვის მანძილზე), გრძელვადიანი პროგნოზი (პროგნოზირება ხორციელდება წლის მან-ძილზე).

უკანასკნელი ათწლეულის მანძილზე დატვირთვების პროგნოზირების თეორიამ საკმაოდ დიდი განვითარება ჰპოვა. შეიქმნა ახალი მიმდინარეობები. მათ შორის აღსან-სნაგია ხელოვნური ინტელექტის მეთოდი. ეს მეთოდი დატვირთვის პროგნოზირებას ახორციელებს მოდელით, რომელიც შექმნილია ხელოვნური ნეირონული ქსელის საფუძ-ველზე. ცოტა მოგვიანებით ამ მოდელმა ჰპოვა განვითარება, მას დაემატა არამკაფიო ლოგიკის ელემენტები და ეწოდა არამკაფიო ნეირონული ქსელი. პრველი პუბლიკაციები ამ მეთოდის შესახებ გამოქვეყნდა XX საუკუნის 90-ან წლებში, მას შემდეგ მოხდა ნეი-რონული ქსელის მეთოდის დამუშავება და დრესდენობით მისი კონფიგურაცია შეიცავს პირდაპირი გავრცელების მოდელეებსაც.

დატვირთვების პროგნოზირების მოდელეებისა და მეთოდების განხილვისას, რომ-ლებიც შედგენილია ხელოვნური ნეირონული ქსელის საფუძველზე, გამოვლინდება რო-გორც დადებითი ასევე უარყოფითი ასპექტებიც, ამიტომაც საჭროა ამ მეთოდის უფრო სრულყოფილი დამუშავება, რათა ის აღიარებულ იქნას როგორც დატვირთვის პროგნო-ზირების ოფიციალური მეთოდი. დატვირთვის პროგნოზირების მოდელი დამუშავებულია ნეირონული ქსელის ორი ძირითადი სტრუქტურით, ესენია: **ხელოვნური ნეორონული ქსელი და არამაფიო ნეირონული ქსელი.**

განვიხილოთ **ხელოვნური ნეორონული ქსელი.** პირდაპირი გავრცელების მრავალ-შრიანი ხელოვნური ნეირონული ქსელის ფუნქციონირება საკმაოდ მარტივია. შემავალი სიგნალები, მოღებიც მიწოდება ქსელს, შედიან შემავალი შრის ნეირონებში, შემდეგ რიგრიგობით გაივლიან ყველა ფარულ შრეს და გამოიყოფიან გამომავალი შრის ნეი-რონებზე. ქსელში სიგნალების გავრცელებისას ისინი განიცდიან მთელ რიგ გარდაქ-მნებს, რომლებიც დამოკიდებულნი არიან მათ პირველად მნიშვნელოვანზე, გარდამქნელ ფუნქციაზე და კავშირის მასის სიდიდეზე. ხელოვნური ნეირონული ქსელის ფუნქციის გარკვევისათვის შეიძლება შესაბამისი მოდელი ნეირონებისა. ნეირონების საკმარისი რიცხვი ფარულ ფენაში, შემავალი და გამომავალი პარამეტრები და მათი გამოსახვის ფორმები, რომლებიც წარმოდგებიან ექსპერიმენტული კვლევებით.

აუცილებელია ავლნიშნოთ, რომ ხელოვნური ნეირონული ქსელის არჩევისას აუცი-ლებელია გავითვალისწინოთ მისი ზომა, ასევე ფარული ფენების სიდიდე ნეირონების რიცხვი ამ ფენებში. როდესაც ნეირონული ქსელის ზომა არასაკმარისია ხელოვნური ნეირონული ქსელი დაკისრებული დავალების შესრულებისას არაზუსტად იმუშავებს და არ შეესაბამება კვლევის პროცესს. ხოლო თუ ქსელის ზომა იქნება უფრო დიდი ვიდრე საჭროა დაკისრებული დავალებისათვის, კვლევის პროცესი შეიძლება გაჭიანურდეს საკმარისზე მეტ დროს და ქსელი გამოუსადეგარი აღმოჩნდება პროგნოზირებისათვის. ამიტომაც ეს პროცესი ხორციელდება ექსპერიმენტალური კვლევის გათვალისწინებით.

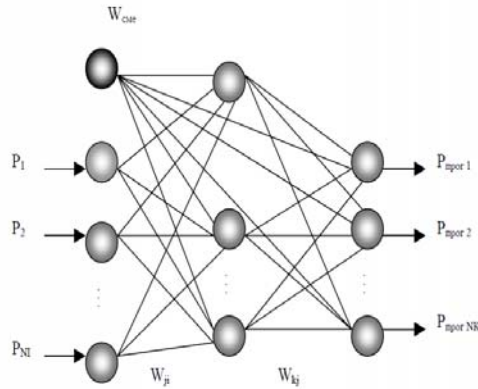
თეორიული და ექსპერიმენტალური კვლევების საფუძველზე მიღებულია ხელოვნუ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



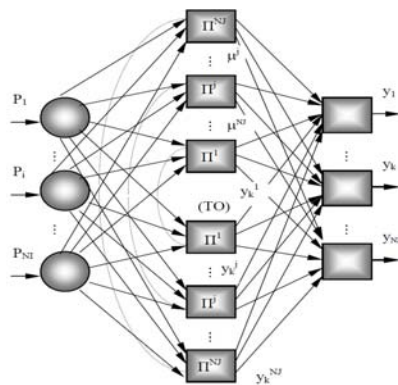
რი ნეირონული ქსელი ერთი ფარული ფენით, რომელიც გათვლილია ყველა ზემოთნახსენები დატვირთვის პროგნოზირებისათვის. ნეირონების რაოდენობა ფარულ ფენაში ყველა დროითი დიაპაზონის პროგნოზირებისათვის (იქნება ის დღეღამური, კვირის თუ თვიური) არის შემდეგი: 5, 10, 10 და 3. გარდამქმნელი ფუნქციებით, რომლებიც იძლევიან უმცირეს შესაძლებელ ცდომილებას პროგნოზირებისას, შერჩეული არიან სიგმური ფუნქციით როგორც ფარული ასევე გამავალი ფენისათვის.



შემაგალი ფენა i ფარული ფენა j გამომავალი ფენა k
 ნახ. 1. ხელოვნური ნეირონული ქსელი

განვიხილოთ არამკაფიო ნეირონული ქსელი. დატვირთვის პროგნოზირების მოდელი რომელიც შექმნილია არამკაფიო ნეირონული ქსელის საფუძველზე, გვაძლევს დამატებით უპირატესობას ხელოვნურ ნეირონულ ქსელთან შედარებით. პირველ რიგში ეს უპირატესობა გამოიხატება მოდელთან მუშაობის ადაპტაციაში, მოდელის გარდაქმნის სიმარტივეში (არ საჭიროებს წინამდებარე კვლევებს, რათა განსაზღვროს ნეირონების რაოდენობა ფენებში).

არამკაფიო ნეირონული ქსელის დამუშავებული სტრუქტურა ნახვენებია ნახ.2-ზე.



ნახ. 2 . არამკაფიო ნეირონული ქსელი.

ქსელი შედგება სამი ფენისაგან: შემაგალი ფენა, ფარული ფენა და გამავალი ფენა. სქემაზე ნეირონები რომლებიც გამოსახულია წრეების სახით, წარმოადგენენ ერთ კვანძს. ხოლო ნეირონები, რომლებიც გამოსახულია კვადრატის სახით გააჩნიათ კვანძების დიდი რიცხვი.

ყოველი წვილი ნეირონებისა ფარულ ფენაში შეადგენს არამკაფიო წესს, შერჩეულია შემდეგი ფორმა წესებისა, რომელშიდაც არამკაფიო მამრავლები ერთეუბიან მხოლოდ დამასრულებელი ნაწილის წესებში

$$P^j : \text{iff } x_1 = A_1^j, x_2 = A_2^j, \dots, x_i = A_i^j,$$



$$\text{or } y_k^j = c_{0k}^j + c_{1k}^j x_1 + \dots + c_{rk}^j x_r,$$

სადაც P^j - j -ური წესია; x_i - შემავალი ცვლადები; y_k^j - ნიშნულები K -ური გამომავალი შრის, A_i^j - ლოგიკური წევრები, ხასიაღდებიან მკუთვნების ფუნქციებით μ_i^j . შემავალ ფენაში შედეგებზე დაყრდნობით ფორმირდება მკაფიო გამავალი ფენა, როგორც საშუალო შეწონილი ფორმულით:

$$y_k = \sum_{j=1}^{N_j} N_j \cdot [(y_k^j) \cdot \mu^j] / T = P_{prog}^k,$$

სადაც $k=1, \dots, NK$; NK - წესების რაოდენობა; μ^j - მკუთვნების ფუნქცია j -ური წესით.

თანამედროვეობაში ელექტრომომხარებას ახასიათებს რთული ხასიათის შემთხვევითი პროცესები, მასზე მოთხოვნა მზარდია და ამიტომაც დათვირთვის პროგნოზირებას ყოველთვის მაღალი მოთხოვნები წაყენება. ენერგოსისტემების საიმედოობის უზრუნველყოფა, დამოკიდებულია დატვირთვის პროგნოზირების ახალი მეთოდების შექმნაზე, რომლებიც შესაძლებლობას მოგვცემს გავითვალისწინოთ ყველა აქტუალური მოთხოვნა თანამედროვე ქსელისა. ამიტომაც კპოვა განვითარება ახალმა მეთოდებმა დატვირთვის პროგნოზირებაში, კერძოდ ხელგონურმა ნეირონულმა მეთოდმა. მისი განვითარება და დანერგვა ხორციელდება სხვადასვა ქვეყნის ელექტროსისტემებში.

ხელგონური ნეირონული ქსელი არმოადგენს თანამედროვეობის საუკეთესო მეთოდს დატვირთვის პროგნოზირებაში. მას გააჩნია ყველა საჭირო თვისება დატვირთვის პროგნოზირებაში, რომელთაგან გამოსარჩევია: ზუსტი პროგნოზირება, პროგნოზირება რეალურ დროში და დროის ნებისმიერ შუალედში, პროგნოზირებისას შემთხვევითი ფაქტორების გათვალისწინება, პროგნოზირება როგორც ცალკეულ კვანძებში ასევე მთელ ელექტროსისტემაში და მისი სრუქტურის ცვლილების სიმარტივე, რაც აადვილებს პროგნოზირებას ქსელის სრუქტურის ცვლილების შემთხვევაში.

ამ მოხსენებაში ზოგადად არის განხილული დატვირთვის პროგნოზირების თანამედროვე მეთოდი, რომელიც პროგნოზირებისათვის იყენებს ხელგონურ ინტელექტს. კერძოდ კანვიხილეთ ნეირონული ქსელის ორი მიმდინარეობა: ხელგონური ნეირონული ქსელი და არამკაფიო ნეირონული ქსელი, მათი სტრუქტურა და მოქმედების პრინციპი. ასევე მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. მრავალი კვლევითი ორგანო აქტიურად მუშაობს ამ თოდის განვითარებისა და დანერგვისათვის და მომავალში ის მიიგებს ჩამოყალიბებულ სახეს აქტიურად დაინერგება ელექტროსისტემაში.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Шумилова Г.П., Готман Н.Э., Старцева Т.Б. Прогнозирование электрических нагрузок с применением методов искусственного интеллекта. <http://www.energy.komisc.ru/seminar/StShum1.pdf>.
2. Шумилова Г. П., Готман Н. Э., Старцева Т. Б., Прогнозирование электрических нагрузок при оперативном управлении электроэнергетическими системами на основе нейросетевых структур. Екатеринбург: УрО РАН, 2008, 89с.

ELECTRICAL LOADS FORECAST BY USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUE

Chrelashvili K.,

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper generally dwells on the modern method for the electrical network forecast, which envisages using artificial intelligence in load forecast. In particular, there are described two directions of load forecast: artificial neural network and indistinct neural network. The paper describes operating principles of these two methods, trends of their development and practical application, positive and negative aspects and peculiarities.



ენერგოეფექტურობა და განახლებადი
ენერგიის წყაროები

2

ENERGY EFFICIENCY AND
RENEWABLE ENERGY SOURCES





III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



საქართველოში ენერგეტიკის დაბალემისიებიანი



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



განვითარების სტენარების შეფასება

არაბიძე ბ., ფხალაძე ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ენერგეტიკის დაბალემისიებიანი განვითარების სამი შესაძლო სცენარი, კერძოდ, ემისიების შემცირება 15%, 20% და 25%-ით BAU სცენართან შედარებით. დადგენილია, რომ თუ მიზანი იქნება ემისიების 15%-ით შემცირება, საბოლოო ენერჯის მოხმარება 5%-ით შემცირდება, 20%-იანი მიზნის შემთხვევაში - 7%-ით და 25%-იანისათვის კი - 9.5%-ით. ემისიების 15%-ით შერბილების სცენარის შემთხვევაში, ერთიანი სისტემის ხარჯი საბაზისო ნიშნულიდან იზრდება 0.60%-ით (336 მლნ ევრო), ემისიების 20%-ით შემცირების შემთხვევაში - 1.06%-ით (589 მლნ ევრო), და ემისიების 25%-ით შემცირების შემთხვევაში - 1.68%-ით (930 მლნ ევრო), რაც მიანიშნებს, რომ საქართველოსთვის კლიმატის ცვლილების შერბილების მიზნების მიღწევა ამ სქემით ძალიან ძვირი არ ჯდება. ჩატარებულმა ანალიზმა აჩვენა რომ; ელექტროენერჯის გენერირების სიტუაში განახლებად ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურების წილის გაზრდით, 2030 წლისათვის, შეიძლება 332 000 ტონით შევამციროთ CO₂ BAU-თან შედარებით; კომუნალურ და საყოფაცხოვრებო სექტორში ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესებით და განახლებადი ენერგორესურსების გამოყენებით დაიზოგება 1075000 ტონა CO₂ BAU-თან შედარებით; მრეწველობაში ენერგოეფექტურობის გაზრდა დაზოგავს 519000 ტონა CO₂ BAU-თან შედარებით, ხოლო საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მომსახურების გაუმჯობესება და ენერგოეფექტურ ტექნოლოგიებზე გადაყვანა კი 309000 ტონა CO₂ BAU-თან შედარებით.

იმის გამო, რომ საქართველოს ჯერ არა აქვს დასრულებული მუშაობა დაბალემისიებიანი განვითარების სტრატეგიაზე, სადაც განსაზღვრული იქნებოდა სათბურის გაზების ემისიების შემცირების გეგმები (მიზნები), მას ასევე არ გააჩნია ემისიების შემცირებასთან დაკავშირებული რაიმე სხვა კონკრეტული გეგმა, ვინაიდან საქართველო არ წარმოადგენს კონვენციის დანართ ერთში შესულ ქვეყანას კონკრეტული ვალდებულებებით, ამიტომ წინამდებარე ანალიზის ფარგლებში შესწავლილ იქნა სამი შესაძლო სცენარი, რომლებშიც განხილულია სხვადასხვა მიზანი - 2030 წლისთვის ემისიების შემცირება 15%, 20% და 25%-ით BAU სცენართან შედარებით. ეს ანალიზი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც პირველი ნაბიჯი შემცირების სამიზნე მახვენებლების დადგენისკენ, თითოეული შემთხვევისათვის დანახარჯების, ხარჯ-ეფექტიანი პოლიტიკისა და ღონისძიებების განსაზღვრით.

სათბურის გაზების ემისიების შემცირების განხორციელება შესაძლებელია ენერგოეფექტურობის და განახლებადი ენერჯიების წილის გაზრდით, როგორც ელექტროგენერაციის, ასევე ენერგომოხმარების სექტორებში და ასევე, ერთი ტიპის საწვავის მეორე ტიპის საწვავით/ელექტროენერჯით ჩანაცვლებით. ეს უკანასკნელი მოიცავს ისეთი ტიპის ღონისძიებებს, როგორცაა მაგალითად ტრანსპორტის გადაყვანა ბენზინიდან კომპრესირებულ გაზზე ან ელექტროენერჯიაზე, რაც შეიძლება არ იწვევდეს არც ენერჯის მოხმარების შემცირებას, არც განახლებადების წილის ზრდას, მაგრამ ეფექტი ჰქონდეს ემისიების შემცირების თვალსაზრისით.

ენერგოეფექტურობის თვალსაზრისით, თუ მიზანი იქნება ემისიების 15%-ით შემცირება, საბოლოო ენერჯის მოხმარება საკმარისია 5%-ით შემცირდეს, 20%-იანი მიზნის შემთხვევაში, მოხმარება უნდა შემცირდეს 7%-ით და 25%-იანი მიზნის შემთხვევაში - 9.5%-ით. პროცესის ხელშეწყობა შესაბამისი ენერგოეფექტურობის სტრატეგიის საშუალებით უნდა განხორციელდეს.

რაც შეეხება განახლებად ენერჯიებს, ელექტროგენერაციაში განახლებადი ენერჯიების წილი (ჰიდრო და ქარის) 2030 წლის საბაზისო სცენარის 90%-იდან 93-94%-მდე უნდა ავიდეს. შედარებით ნაკლები გავლენა აქვს განახლებადი ენერჯიების წილების (ბიომასის ჩათვლით) ცვლილებას საბოლოო ენერჯის მოხმარებაში, მათი წილი უმ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნიშნულად იზრდება 2030 წელს საბაზისო სცენართან შედარებით (BAU- 16.7%, 15%-იანი სამიზნე მაჩვენებელი - 17.7%, 20%-იანი სამიზნე მაჩვენებელი -18.2%, 25%-იანი სამიზნე მაჩვენებელი - 18.8%).

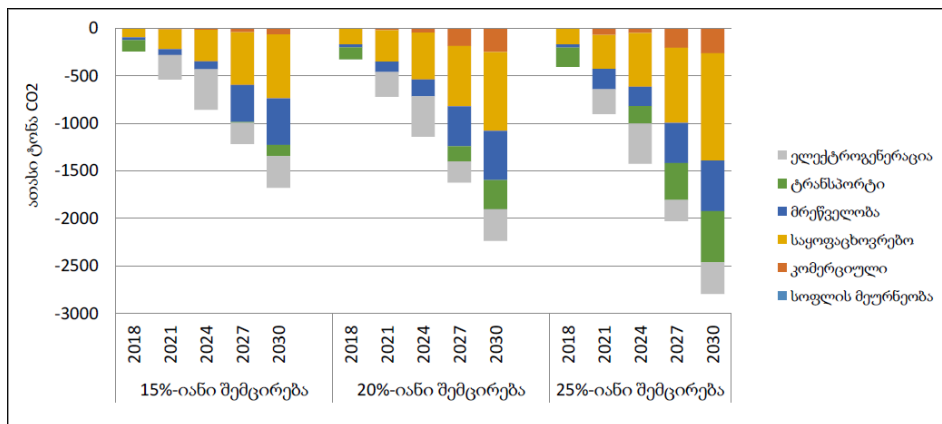
ემისიების მხოლოდ 15%-ით შესამცირებლად საჭირო ღონისძიებების (ენერგოეფექტურობა, განახლებადის წილის გაზრდა გენერაციაში და საბოლოო მოხმარებაში და საწვავის ჩანაცვლება ნაკლებ-ნახშირბადიანი საწვავით) გატარება, 2030 წლისთვის ენერგიაშემცველების იმპორტის 13%-ზე მეტით შემცირებას გამოიწვევს, რაც გააძლიერებს ქვეყნის ენერგოუსაფრთხოებას. ემისიების 20%-ით შესამცირებლად საჭირო ღონისძიებების გატარებით, იმპორტი 18%-ით შემცირდება, ხოლო ემისიების 25%-ით შესამცირებლად გატარებული ღონისძიებებით- 23%-ით. ბოლო შემთხვევაში, იმპორტზე დამოკიდებულება საგრძნობლად მცირდება. 2012 წელს საქართველოში პირველადი ენერჯის 64% იმპორტირებული იყო, და ეს თანაფარდობა, საბაზისო სცენარში, 2030 წელსაც ნარჩუნდება, ხოლო ემისიების 25%-ით შემცირების შემთხვევაში იმპორტის წილი პირველად ენერჯიაში 54%-მდე მცირდება.

იმპორტირებულ საწვავზე გადასახდელი თანხების შემცირების შედეგად, 25%-იანი სამიზნე მაჩვენებლის შემთხვევაში 2030 წელს დაიზოგება საწვავისთვის გადახდილი თანხების 7.4%, ანუ დაახლოებით 161 მლნ ევრო, ხოლო მთლიანი საპროგნოზო პერიოდის განმავლობაში (2012-2030 წწ)- დაახლოებით 850 მლნ ევრო, რისი საშუალებითაც მოხდება უკეთესად ფუნქციონირებადი თანამედროვე მოწყობილობების შექმნაზე გაწეული მზარდი ხარჯების დაბალანსება. როგორც წესი, თანამედროვე ტექნოლოგიები, მათდამი კეთილგანწყობილი პოლიტიკისა და პროგრამების მიუხედავად, უფრო ძვირად ღირებულია ტრადიციულ ტექნოლოგიებთან შედარებით.

ცხრ.1-ში წარმოდგენილია ძირითადი შედეგები და შედარებები საბაზისო სცენარსა და ემისიების შემცირების სცენარებს შორის. ენერგოსისტემის ერთიანი დისკონტირებული ხარჯი არის 18-წლიანი დაგეგმარების პერიოდზე გათვლილი მთელ ენერგოსისტემაში გაწეული საერთო ინვესტიციის (მოწყობილობების შექმნის, საწვავის, საოპერაციო და შენახვის ხარჯების) წმინდა მიმდინარე ღირებულება. ემისიების 15%-ით შერბილების სცენარის შემთხვევაში, ერთიანი სისტემის ხარჯი საბაზისო ნიშნულიდან იზრდება 0.60%-ით (336 მლნ ევრო), ემისიების 20%-ით შემცირების შემთხვევაში - 1.06%-ით (589 მლნ ევრო), და ემისიების 25%-ით შემცირების შემთხვევაში - 1.68%-ით (930 მლნ ევრო), რაც მიანიშნებს, რომ საქართველოსთვის კლიმატის ცვლილების შერბილების მიზნების მიღწევა ამ სქემით ძალიან ძვირი არ ჯდება.

ემისიების შემცირებასთან დაკავშირებული მიზნების მიღწევაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს როგორც ელექტროგენერაციის, ისე საბოლოო მოხმარების (მოთხოვნის) სექტორები. ნახ.1-ზე ნაჩვენებია ემისიების შემცირება სხვადასხვა სექტორში განხილული სამი სამიზნე მაჩვენებლისათვის.

ელექტროგენერაციის სექტორის გარდა ემისიის შემცირების თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი როლი მიეკუთვნება აგრეთვე მოხმარების სექტორებს. მაგალითად, საშუალო, 20%-ით შემცირების სცენარის შემთხვევაში ემისიების მთლიან კლებაში სექტორების წილი შემდგენაირად განისაზღვრება: საყოფაცხოვრებო სექტორი - 37%; მრეწველობა - 23%; ტრანსპორტი - 15%; კომერციული 11%. დარჩენილი 14% ელექტროგენერაციის სექტორზე მოდის.



ნახ.1. CO₂-ის ემისიების შემცირება სექტორების მიხედვით სხვადასხვა სამიზნე მანქანებლების შემთხვევაში



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



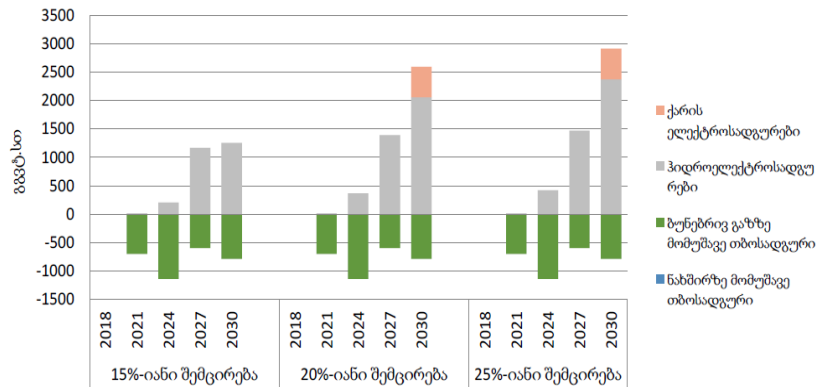
ბის შემცირებას ადგილი არ აქვს არც ერთ სცენარში, თუმცა ადგილი აქვს გაზის სადგურების დატვირთვის შემცირებას და განახლებადი ელექტროენერჯის გენერაციის გაზრდას სხვა მოთხოვნებთან (ექსპორტი) ერთად ენერგომოსხმარების (მოთხოვნის) სექტორში წიაღისეული საწვავის ჩასანაცვლებლად, სადაც ეს შესაძლებელია.

საბაზისო სცენარის მიხედვით ელექტროენერჯის წარმოების ახალი დამატებითი სიმძლავრეებიდან, რომელიც მოლიანობაში 3 041 მგვტ-ს შეადგენს, ძირითადი ზრდა, დაახლოებით 2 650 მგვტ, ჰიდრო და ქარის ენერგოგენერირების სიმძლავრეებზე მოდის. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, განახლებადი ელექტროენერჯის წარმოებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება ენერჯიაზე სამომავლო მოთხოვნების დაკმაყოფილების საქმეში, იმ შემთხვევაშიც კი, თუ განსაზღვრული არ იქნება ემისიების შემცირების მიზნები. ენერგოუსაფრთხოების გაძლიერებისა და კლიმატის ცვლილებით განპირობებული საფრთხეების შესამცირებლად, განახლებადი ენერჯიების უფრო აგრესიულ სტრატეგიას დამატებითი უპირატესობები გააჩნია, თუმცა ასეთი აგრესიული სტრატეგია თავის მხრივ დამატებით ხარჯებს მოითხოვს. ემისიების 15%-იანი შემცირების გეგმის პირობებში, დამატებით 200 მგვტ ჰიდროელექტროსადგურების აშენებაა საჭირო, ხოლო 20% და 25%-იანი შემცირების შემთხვევაში 480 მგვტ ჰიდრო და 240 მგვტ ქარის სადგურებისა. ეს ნიშნავს, რომ ემისიების შემცირებასთან დაკავშირებული მიზნების მიღწევა, უფრო დიდი მოცულობის კაპიტალის მოზიდვას საჭიროებს ელექტროენერჯის გენერირების სექტორის გაფართოების მიზნით, ვიდრე საბაზისო შემთხვევაში. აღნიშნული დამატებითი კაპიტალის ოდენობა (ელექტროგენერაციის სადგურებისთვის) მთელს დაგეგმვის პერიოდზე, 2030 წლისთვის ემისიების 15%-ით შემცირების გეგმის ფარგლებში, უდრის 569 მლნ ევროს, ხოლო 20% და 25%-ით შემცირების შემთხვევაში, საჭირო კაპიტალის ოდენობა იქნება დაახლოებით 1.5 მილიარდი ევრო.

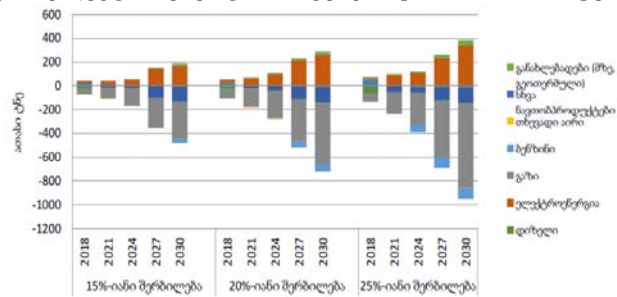
ნახ.2-ზე წარმოდგენილია ცვლილებები ელექტროენერჯის გენერაციაში. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ელექტროგენერაციის სექტორში განახლებადი სადგურების მიერ გამოშუშავება დაახლოებით 3 000 გვტ.სთ-ით უნდა გაიზარდოს წელიწადში, ხოლო ბუნებრივ აირზე მომუშავე სადგურების ელექტროგენერაცია დაახლოებით 800 გვტ.სთ-ით უნდა შემცირდეს. მცირდება ასევე ელექტროენერჯის ექსპორტი და იზრდება ელექტროენერჯის იმპორტი. ნამატი ელექტროენერჯია გამოიყენება მოხმარების სექტორში წიაღისეული საწვავის მოხმარების ჩასანაცვლებლად.

ნახ.3 და 4-ზე ემისიების შემცირების სამივე სცენარისათვის წარმოდგენილია ცვლილებები საბოლოო ენერჯის მოხმარებაში. ამშემთხვევაში საქმე გვაქვს ორ პროცესთან: 1.ხდება უფრო ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებით ნაკლებეფექტური ტექნოლოგიების ჩანაცვლება და 2.გაზზე, დიზელზე და ნახშირზე მომუშავე ტექნოლოგიების ჩანაცვლება ელექტროენერჯიაზე მომუშავე ტექნოლოგიებით, რომელიც ერთის მხრივ უფრო სუფთაა და მეორეს მხრივ - უფრო ეფექტური. ასევე იზრდება მზისა და გეოთერმული ენერჯის მოხმარება, მაგრამ შედარებით ნაკლებად, რადგანაც შეზღუდულია ამ რესურსის პოტენციალი.

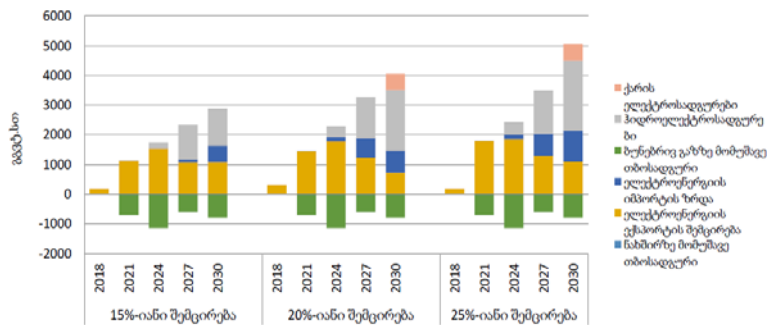
ნახ.5-ზე წარმოდგენილია ენერჯის დაზოგვის უფრო დეტალური მიმოხილვა ენერგომომსახურებაზე მოთხოვნის მიხედვით. როგორც უკვე აღინიშნა, ყველაზე ხარჯეფექტიან შემცირებებს ადგილი აქვს საყოფაცხოვრებო (რეზიდენტულ) სექტორში, სადაც იქნება უფრო ეფექტური შენობები, წყლის გამათბობელი და განათების სისტემები, თბური ტუმბოები და უკეთესი საყოფაცხოვრებო ტექნიკა შემოვა მომავალში. ამას შედეგად მოჰყვება გაზის მოხმარების საკმაოდ მნიშვნელოვანი შემცირება და ელექტროენერჯის მოხმარების ნაწილობრივი ზრდა. რაც შეეხება სატრანსპორტო სექტორს, სცენარის მიხედვით ავტოპარკი გადადის უფრო მოწინავე ჰიბრიდული ტი-

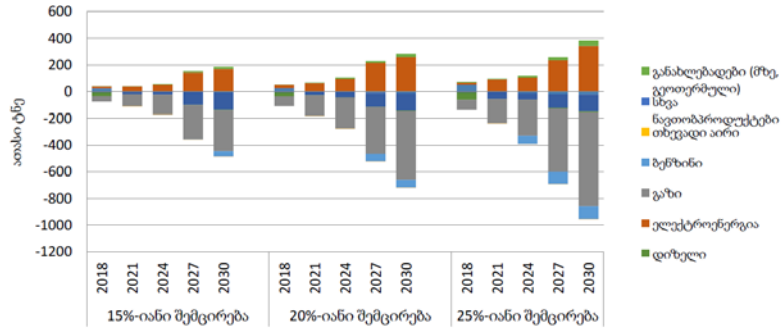


ნახ.2. ცვლილებები ელექტროენერჯის გენერაციაში, BAU სცენართან შედარებით



ნახ.3 ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებით ნაკლებეფექტური ტექნოლოგიების ჩანაცვლება, BAU სცენართან შედარებით







III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



5. ბროშურა “ენერგოეფექტურობა ყველასათვის” მომზადებულია ნიდერლანდების სამეფოს საელჩოს საქართველოში და ენერგოეფექტურობის ცენტრის მიერ, 2008.
6. ვ. კიკუტაძე „მწვანე შენობების“ შეფასება და მართვა“, ჟურნალი „ახალი ეკონომისტი“ №4, გამომცემლობა „გეორგია“, 2010.
7. BRE. BREEAM Scheme Document for New Construction (SD5073). BRE Environmental Assessment Method, 18.Oct.2012.Web.18.Mar.2014. http://www.breeam.org/breeamGeneralPrint/breeam_non_dom_manual_3_0.pdf.
8. Dirlich S. (2011). A Comparison of Assessment and Certification Schemes for Sustainable Building and Suggestions for an International Standard System. The IMRE journal volume 5 (1) 2011 Tu BergakademiaFrieberg.
9. D. Erten, “Green Buildings” (2011) a book sponsored and distributed by Regional Environment Center (REC) and Ministry of Environment and Urbanism and European Union.

ASSESSMENT OF DIFFERENT SCENARIOS FOR GEORGIA LOW EMISSIONS DEVELOPMENT STRATEGY

Arabidze G., Pkhaladze I.

Georgian Technical University

Summary

Three possible low emission development scenarios are discussed in the study, namely the GHG reduction of 15%, 20% and 25% against BAU scenarios. In case of 15% GHG emissions reduction the final energy use will be reduced by 5%, in case of 20% reduction the final energy use will be reduced by 7% and in case of 25% reduction the result will be 9,5% of final energy use reduction. In case of 15% reduction scenario the total energy cost compared to base year will increase by 0.60% (336 mln. Euros), in case of 20% reduction scenario the cost will increase by 1.06% (589 mln. Euro) and in case of 25% scenario by 1.68% (930 mln. Euro), which indicates that by using the proposed scheme, reaching the goals of climate change mitigation in Georgia will not be too expensive. The analysis proved that by increasing the share of electricity generated by renewable power plants in the total generation of Georgia will ensure 332 000 Tons of CO₂ reduction against BAU by 2030; and by improving the energy efficiency and increased use of renewable resource in residential sector will reduce 107 500 tons of CO₂ against BAU; Increase of energy efficiency in Industry sector will save 519 000 Tons of CO₂ against BAU; improvement of public transport service and switching to the energy efficiency technologies will ensure reduction of 309 000 tons of CO₂ against BAU.

ნახშირორქანის (CO₂) ემისიის შემცირების მეთოდები ენერგეტიკის სექტორში

არაბიძე ხ., ჯაფანაშვილი ნ., ჯიშაკარიანი თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

კლიმატის ცვლილება ანუ გლობალური დათბობა, რომლის გამომწვევი ძირითადი მიზეზი ატმოსფეროში ნახშირორქანის, CO₂-ის, არნახული რაოდენობით დაგროვებაა დღევანდელი მსოფლიო საზოგადოების განსაკუთრებულ შეშუოებას იწვევს. ორგანული სათბობის (ნავთობი, ნახშირი, ბუნებრივი აირი) წვის შედეგად მსოფლიოში ყოველწლიურად 6 გიგატონამდე ნახშირორქანი გამოიყოფა, რომლის ნახევარზე მეტი ატმოსფეროში ილექება. ბოლო 50 წლის განმავლობაში CO₂-ის კონცენტრაცია ატმოსფეროში ყოველწლიურად 1.7 მემილიონედი ნაწილით (ppm) იზრდება და მსოფლიო ეკონომიკის განვითარების ტემპების შემცირების შემთხვევაშიც კი (იგულისხმება ეკონომიკის განვითარების ტემპები, რომელიც არ უნდა აღემატებოდეს 2%-ს წელიწადში), 2050 წლისთვის, 500 ppm-ს გადააჭარბებს (ყოველ ერთ მილიონ ლიტრ ატმოსფერულ ჰაერში იქნება 500 ლიტრი CO₂). სამწუხაროდ, მსოფლიო ეკონომიკის განვითარების ტემპების შემცირება, მიუხედავად იმისა, რომ შეამცირებს ორგანული სათბობის მოხმარების ტემპს, ვერ შეაჩერებს ატმოსფეროში CO₂-ის კონცენტრაციის ზრდას. ამის მიღწევა შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მომავალი 10-20 წლის განმავლობაში CO₂-ის ყოველწლიური ემისია 3-ჯერ ნაკლები იქნება 1990 წლის ემისიასთან შედარებით.

ნახშირორქანის (CO₂) ემისიის შეზღუდვა ატმოსფეროში და კლიმატის ცვლილების სიჩქარის შემცირება უშუალოდ არის დაკავშირებული სამრეწველო, საყოფაცხოვრებო, სამშენებლო, სატრანსპორტო და სხვა სექტორებში სათბობ-ენერგეტიკული რესურსე-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ბის რაციონალურად გამოყენებასთან, მაღალეფექტური ტექნოლოგიების დანერგვასა და ენერგოდამზოგი ღონისძიებების პრაქტიკული რეალიზებასთან.

საქართველოში ენერჯის კარგის ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან წყაროს საცხოვრებელი და მუნიციპალური შენობების სექტორი წარმოადგენს. აქედან გამომდინარე შენობა-ნაგებობებს, როგორცაა საცხოვრებელი სახლები, სკოლები, საავადმყოფოები, საბავშვო ბაღები, სასტუმროები, სასწავლო დაწესებულებები, მაღაზიები, ოფისები, და ა.შ. ენერგოდამზოგვის დიდი პოტენციალი გააჩნიათ.

ამ შენობების დიდი ნაწილი აშენებულია საბჭოთა პერიოდში, მაშინდელი დაბალი სტანდარტებით და მათი უმეტესობა ოდნავადაც არ პასუხობს ენერჯის დაზოგვის მოთხოვნებს: ღია სადარბაზოები, თხელი კედლები, დაზიანებული კარკასი, ერთმაგი შემინვის ხის ფანჯრები, შენობის სითბური წინაღობის კოეფიციენტისა და ექსტერიერის თბოდაცვითი მახასიათებლების დაბალი მნიშვნელობები. ეს არის არასრული ჩამონათვალი იმ ხარვეზებისა, რის გამოც ასეთ შენობებში დიდია ენერჯის დანაკარგები.

მუნიციპალურ და სხვა კომერციულ შენობებში ენერჯიაზე დანახარჯების შემცირება შესაძლებელია ენერგოდამზოგვის სხვადასხვა ღონისძიებების რეალიზაციით. ენერჯის სამომხმარებლო მოთხოვნილებათა მართვა, ფანჯრების დიობების შემჭიდროვების ხარისხის გაუმჯობესება, გათბობის სისტემის ჰიდრავლიკური ბალანსირება, მართვის ავტომატური რეგულირება, რადიატორებზე თერმოსტატიკური სარქველების დაყენება, შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციების დამატებითი თბოიზოლაცია და სხვა მსგავსი ღონისძიებების განხორციელება, ენერგომომხმარების შემცირებასთან ერთად, ამცირებს ნახშირორჟანგის ემისიას და მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს გამწვავებულ ეკოლოგიურ სიტუაციას როგორც ლოკალური, ისე გლობალური მასშტაბით.

ამ მიზნით საქართველოს 12 ქალაქი მიუერთდა ევროკავშირის მიერ ინიცირებულ „მერების შეთანხმებას“, რომელიც წარმოადგენს ადგილობრივი და რეგიონული ხელისუფლებების ინიციატივას, რომ მათ, თავიანთ კონტროლირებად ტერიტორიებზე და სექტორებში ნებაყოფლობით გაზარდონ ენერგოეფექტურობა და განახლებადი ენერჯის გამოყენება, განავითარონ ეკოლოგიურად ორიენტირებული მწვანე ეკონომიკა, გააუმჯობესონ საცხოვრებელი პირობები, გაატარონ ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების პოლიტიკა და ამ გზებით 2020 წლისთვის 20%-ით შეამცირონ CO₂-ის ემისია.

ენერგოდამზოგვის ფაქტობრივი პოტენციალის განსაზღვრა მოითხოვს ოპტიმალური მეთოდებისა და საშუალებების გამოყენებას ენერგოაუდიტის ჩასატარებლად, რომელიც თავის მხრივ, მოიცავს შენობათა გამოკვლევას, არსებული სიტუაციის შეფასებასა და ანალიზს, აგრეთვე სხვა ღონისძიებებს, რომლებიც უნდა განხორციელდეს ენერჯის მოხმარების შესამცირებლად და შენობაში მიკროკლიმატის გასაუმჯობესებლად. შედეგები აისახება ენერგოაუდიტის ანგარიშში, რომელიც უნდა აღწერდეს სარეკომენდაციო ღონისძიებებს შესატყვისი ინვესტიციებით, დანახოგებით და მოგებით.

ჩატარებული ფართომასშტაბიანი კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ სათანადო ენერგოდამზოგი ღონისძიებების რეალიზებით საქართველოს ქალაქების შენობების სექტორში შესაძლებელია ენერგორესურსების მნიშვნელოვანი დაზოგვა და ენერგომომხმარების ყოველწლიური შემცირება 20-25%-ით. შესაბამისად შემცირდება ნახშირორჟანგის ყოველწლიური ემისიაც.

ენერგორესურსების დაზოგვისა და ნახშირორჟანგის ემისიის შემცირების მნიშვნელოვანი პოტენციალი არსებობს ელექტროენერჯის გენერაციის სფეროში. ამასთან დაკავშირებით, მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში ფართოდ იწერება ახალი მეთოდები და ტექნოლოგიები ნახშირორჟანგის გამონაბოლქვის შესამცირებლად. ერთ-ერთი ტექნოლოგია - „Carbon capture and storage (CCS)“ - ითვალისწინებს სათბობის წვის აირადი ნა-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



წარმოდან (CO_2)-ის გამოყოფას, მის შემდგომ გათხევადებას და შენახვას მოპოვებული ნავთობის დაცარიელებულ მიწისქვეშა ფენებში, ფორიან-წყლოვან სტრუქტურებში ან ოლივინური სარტყლის გეოლოგიურ წარმონაქმნებში. წვის აირადი ნაწარმოდან (CO_2)-ის სეპარაციისათვის სარგებლობენ სპეციალურად შემუშავებული მაღალტემპერატურული ($>600^\circ\text{C}$) არაორგანული მემბრანებით, რომელთა გამოყენება შესაძლებელია აგრეთვე ბუნებრივი აიარისა და ნახშირების გაზიფიკაციის დროს მიღებული გენერატორული აირის გასაწმენდად [1].

აშშ-ს მთავრობის, სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტებისა და სამრეწველო საწარმოების ძალისხმევით შექმნილია Zero Emission Coal Alliance (ZECA), ანუ „ნახშირის გამოყენების კავშირი ნულოვანი გამონაბოლქვებით“. კავშირის მიერ შემუშავებული ე.წ. ZECA-პროცესის სქემა ითვალისწინებს თბო- და ელექტროენერჯის გამომუშავებას მილისებრ მყაროქსიდთან სათბობ-ელემენტებისა და ნახშირის გაზიფიკაციის პროცესის შეთანწყობით. ნახშირორჟანგის შთანთქმისათვის აქ იყენებენ მაგნიუმისა და კალციუმის სილიკატებისაგან კარბონატის წარმოქმნის ბუნებრივ პროცესს. ენერგოდანადგარი გამოირჩევა ძალზე მაღალი მქ კოეფიციენტით და, რაც არა ნაკლებ მნიშვნელოვანია ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის ნულოვანი გამონაბოლქვით [2].

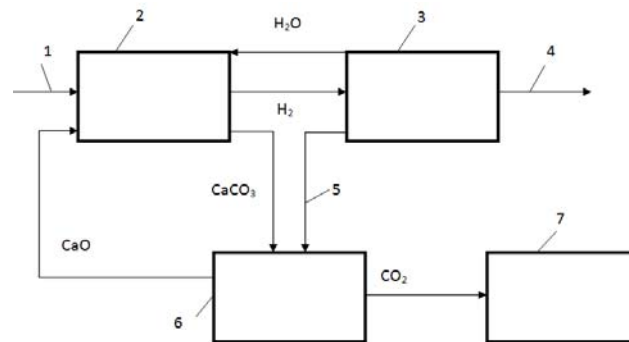
სიმენს-ვესტინგჰაუსის მილისებრი მყაროქსიდური სათბობ-ელემენტი (SOFC) შედგება ელექტროლიტისაგან და ორი მილისებრი ელექტროდისაგან (Siemens Power Generation არის მსოფლიოში SOFC-ის წარმოების წამყვანი კომპანია). მილისებრ SOFC-ში ჰაერი მიედინება სათბობ-ელემენტის შიგა სივრცეში, ხოლო სათბობი მოძრაობს სათბობ-ელემენტის გარედან. გაზრდილი ტემპერატურის პირობებში ჰაერში არსებული ჟანგბადი იონიზდება და წარმოქმნილი იონები მოძრაობენ ელექტროდის გავლით და ერთდებიან სათბობთან სათბობ-ელემენტის გარე ზედაპირზე. ელექტროქიმიურ რეაქციას თან სდევს ელექტრონების გამონათავისუფლება, რომლებიც სათანადო წრედის არსებობის შემთხვევაში ქმნიან ელექტრულ დენს. ოდული ცივდება ტექნოლოგიური ჰაერით და ნორმალური მუშაობის პირობებში არ მოითხოვს წყალს. ას აგრეთვე გააჩნია თერმულად და ჰიდრაულიკურად ინტეგრირებული ბუნებრივი აირის რიფორმერი, რომელიც გამოყოფს სათბობ-ელემენტის მუშაობისათვის საჭირო წყალბადსა და ნახშირორჟანგს. იგი არ მოითხოვს სითბოს გარე წყაროს გარდა გაშვების პროცესისა. მყაროქსიდური სათბობ-ელემენტებში წყალბადის გარდა ნახშირორჟანგის მოხმარების შესაზღვებლობა ასეთი ტიპის სათბობ-ელემენტებს ხდის უფრო მრავალმხრივს სხვა სათბობ-ელემენტებთან შედარებით.

ZECA-პროცესის პრინციპული სქემა მოცემულია ნახ. 1-ზე. გაზიფიკატორში ნახშირის მიწოდება შეიძლება როგორც მშრალ მდგომარეობაში, ასევე ნახშირწყლიანი სუსპენზიის სახით. ჭყალბადი წარმოიქმნება წყლის ორთქლისა და ნახშირბადის შეერთების შედეგად. ნახშირთან ერთად. ნახშირთან ერთად გაზიფიკატორს მიეწოდება CaO კირის სახით. მიღებული წყალბადი მიემართება სათბობ-ელემენტისაკენ, ხოლო კალციუმის კარბონატი CaCO_3 გადადის დეკარბონიზატორში.

კალციუმის კარბონატის დეკარბონიზაციისათვის გამოიყენება სათბობ-ელემენტიდან ართმეული სითბო. ამ პროცესში მიღებული CaO უბრუნდება გაზიფიკატორს, ხოლო CO_2 გადადის კარბონიზატორში, სადაც ის შედის ქიმიურ რეაქციაში მაგნიუმ-სილიკატური ქანებისაგან წარმოქმნილ მაგნიუმის შენაერთებთან (ეს ქანები ბუნებაში ფართოდ არის გავრცელებული და ადვილად მოსაპოვებელია) რეაქციის შედეგად მიღებული საბოლოო პროდუქტები (მაგნიუმის კარბონატი და სილიციუმის დიოქსიდი) უზრუნველყოფენ ნახშირორჟანგის განუწყვეტელ და საიმედო შთანთქმას და არავითარ მავნე გავლენას არ



ახდენენა გარემოზე [3].



ZECA-პროცესის პრინციპული სქემა

1-ნახშირი; 2-გაზიფიკატორი; 3-მილოვანი მყაროქსიდური სათბობ-ელემენტი;
4-ელექტროენერგია; 5-სითბო; 6-დეკარბონიზაცია; 7-კარბონიზაცია

რადგან ZECA-პროცესის ჩაკეტილ კონტურში ხორციელდება, ნახშირის გაზიფიკაციის დროს წარმოქმნილი აირადი ნაწარმი დანადგარშივე ცირკულირებს და ატმოსფეროში არ გამოტყორცნება. აზოტისა და გოგირდის ჟანგეულების, მძიმე ლითონებისა და მიკროელემენტების კონცენტრირების შესაძლებლობა აადვილებს მათ გამოყოფას სისტემიდან თხევადი ნაკადის ან მყარი ნივთიერებების სახით.

ZECA-პროცესის ენერგოეფექტურობის შეფასების დროს ითვალისწინებენ იმ ფაქტს, რომ სათბობ-ელემენტის მქ კოეფიციენტის მნიშვნელობა განისაზღვრება წყალბადის დაწვის სითბოს მიხედვით, ხოლო დანადგარის საერთო მქ კოეფიციენტის მნიშვნელობა კი – ნახშირბადის დაწვის სითბოს მიხედვით. საბოლოო ჯამში ელექტროენერგიად გარდაქმნის მქ კოეფიციენტი საკმაოდ მაღალია და მისი მნიშვნელობა 70%-ს აღწევს.

საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტოს (IEA) შეფასებით, შემოთავაზებული პროცესის პრაქტიკული რეალიზების დროს 1 ტ CO₂-ის მოშორება \$15-20 ჯდება. მაგრამ თუ გავითვალისწინებთ, რომ ენერგოდანადგარის მქ კოეფიციენტი 70%-ს აღწევს, წარმოებული ელექტროენერგიის ღირებულება 1 ცენტი/კვტ.სთ-ს არ აღემატება[4].

ლიტერატურა

1. კანდელაკი რ., კილურაძე ო., ჯიშკარიანი თ. თბოელექტროსადგურების ტექნიკურად ხელახალი აღჭურვის კონცეფცია და სათბობ-ელემენტები (Fuel Cells) და ნულოვანი გამონაბოლქვები ატმოსფეროში. // ენერგია. 2003. №4(28).. გვ.67-70.
2. კანდელაკი რ., ჯიშკარიანი თ., რაზმაძე მ. სათბობ-ელემენტები (Fuel Cells) და ნულოვანი გამონაბოლქვები ატმოსფეროში. // ენერგია. 2007. №1(41). გვ.39-41.
3. Мессерле В.Е., Устименко А.Б. 28-я Международная конференция по использованию угля и тепловым системам. // Теплоэнергетика. 2004. #1. сс.45-49.
3. Беликов С.Е., Котлер В.Р. Нулевые выбросы в атмосферу. // Теплоэнергетика. 2004. #1. сс.12-15.

METHODS FOR REDUCING CO₂ EMISSIONS IN ENERGY SECTOR.

Arabidze Kh., Javshanashvili N., Jishkariani T.,

Georgian Technical University.

Summary

Climate Changing or Global Warming generally caused by CO₂ emissions to the air is the most nervousness thing in the world for the people. Annually 6 Giga Tones of CO₂ is emitted through burning the organic fuel (Oil, Coal, Natural Gas). Concentration of CO₂ in the atmosphere increases by 1.7 millionth of ppm during the last 50 years and even in terms of slow down of global economics development rate of growth (considered that rate not exceeds 2% per year) by 2050 it wil exceed 500 ppm (It means that per one million litre atmospheric air will contain 500 litre CO₂). Unfortunately, despite of Reducing use of organic fuel caused by slowing down rate of growth of the global economics development could not prevent increasing amount of Co₂ concentration in the air. That could be achieved in the future 10-20 years in case of reducing of CO₂ emissions 3 times less than it was in 1990.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ქარისა და მზის ენერჯის ელექტრულ ენერჯიაში გარდაქმნის ტექნოლოგიები

კოსტეიძე ბ., ფხაპაძე შ., პაპიძე ზ., შუშაკიძე თ.

* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

** აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ქარისა და მზის ენერჯების გამოყენების აუცილებლობა და აქტუალობა. წარმოდგენილია ქარის ენერჯის გამოყენების კოეფიციენტის ოპტიმალურ მნიშვნელობამდე მიყვანის გზები და მეთოდები. აგებულია ქარის ენერჯეტიკული დანადგარის ფრთის შემობრუნების კუთხის α და განვითარებული სიმძლავრის P - ქარის სიჩქარეზე დამოკიდებულების გრაფიკები.

სტატიაში აგრეთვე წარმოდგენილია მზის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ატმოსფეროს პარამეტრებზე დამოკიდებულების საკითხები. ფოტოელექტრული გარდაქმნისას ნახევარგამტარებში ენერჯის შთანთქმის პროცესი და გამოსხივების ზღვრული ტალღის სიგრძის ანგარიში.

მრავალრიცხოვანი გამოკვლევების შედეგების მიხედვით, 2020 წლისათვის ორგანული საწვავი ნაწილობრივ დააკმაყოფილებს მსოფლიო ენერჯეტიკის მოთხოვნებს. ენერგომოსხმარების დარჩენილი ნაწილი შეიძლება დაკმაყოფილდეს არატრადიციული და განახლებადი ენერჯის წყაროების ხარჯზე.

არატრადიციული და განახლებადი ენერჯის წყაროებს მიეკუთვნება ეკოლოგიურად უსაფრთხო ქარისა და მზის ენერჯები, რომელთა გამოყენებისას არ ხდება CO₂-ის გამოყოფა და რადიოაქტიური ნივთიერებებით გარემოს გატუჩყიანება.

ქარის წარმოშობის ძირითადი მიზეზია მზით დედამიწის ზედაპირის არათანაბარი გახურება. დედამიწის ზედაპირი არაერთგვაროვანია: ხმელეთი, ოკეანეები, მთები, ტყეები განაპირობებენ ზედაპირის სხვადასხვა გახურებას ერთი და იგივე განედის ქვეშ. ყველა ეს მიზეზები ართულებს ატმოსფეროს ზოგად ცირკულაციას. აღიგზნება ამა თუ იმ ხარისხში ერთმანეთთან დაკავშირებული რიგი ცალკეული ცირკულაციები.

ქარის სიჩქარე მუდმივად ცვალებადია, მისი კინეტიკური ენერჯია იცვლება მისი სიჩქარის კუბის პროპორციულად:

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{\rho SV^3}{2} \tag{1}$$

სადაც ρ - არის ქარის სიმკვრივე; S - განივი კვეთის ფართი; V - ქარის სიჩქარე.

ქარის ენერჯის გამოყენების კოეფიციენტია:

$$\xi = c_x \left(1 - \frac{U}{V}\right)^2 \cdot \frac{U}{V} \tag{2}$$

სადაც c_x - ფრთის საქარე წინაღობის ჰაეროდინამიკური კოეფიციენტია; U - ფრთის წრიული მოძრაობის სიჩქარე; V - ქარის საშუალო სიჩქარე. როგორც (2)-დან ჩანს ξ - დამოკიდებულია ქარის მიმართულებაში ზედაპირის გადაადგილების სიჩქარეზე. თუ $U = 0$; მაშინ ქარის მიერ შესრულებული მუშაობა ნულის ტოლია; თუ $U = V$, მაშინ ზედაპირი გადაადგილდება ქარის სიჩქარით და მუშაობა იქნება ნული, რადგანაც არ არის წინაღობის ძალა. აქედან გამომდინარეობს, რომ ზედაპირის სიჩქარის მნიშვნელობა მოთავსებულია საზღვრებში $U = 0$ -დან $U = V$ -მდე.

დადგენილია, რომ ξ -ის მაქსიმალური მნიშვნელობის მისაღებად ფრთის ზედაპირი უნდა გადაადგილდეს სიჩქარით:



$$U = \frac{1}{3}V \quad (3)$$

ქარის ენერჯის გამოყენების მაქსიმალური კოეფიციენტი წინააღობის ძალით ზედაპირის მუშაობისას არ უნდა იყოს $\xi = 0,192$ -ზე მეტი.

როგორც ცნობილია, აღნიშნულ შემთხვევაში სიმძლავრე განისაზღვრება ძალის ნამრავლი სიჩქარეზე

$$P = FV \quad (4)$$

ერთი და იგივე მუშაობა შეიძლება მივიღოთ ან დიდი P – ძალით ფრთის მუშა ზედაპირის მცირე სიჩქარით გადაადგილებისას, ან შებრუნებით, მცირე ძალით და შესაბამისად მცირე ზედაპირით, მაგრამ მუშა ზედაპირის გადაადგილების გაზრდილი სიჩქარისას.

დავუშვათ, გვაქვს მუშა ზედაპირის ფართი S , რომელიც დაყენებულია ქარის მიმართულების პერპენდიკულარად. ჰაერის ნაკადი, ფრთის მუშა ზედაპირით დამუხრუჭებით, მიიღებს უკუქმედებას, გარს შემოუვლის ზედაპირს და ქმნის P_x – წნევის ძალას. ამ ძალის შედეგად მუშა ზედაპირი გადაადგილება ნაკადის მიმართულებით რაიმე U – სიჩქარით. ამ დროს შესრულებული მუშაობა ტოლია P_x – ძალის U – სიჩქარეზე ნამრავლის.

$$A = P_x U \quad (5)$$

სადაც P_x – წინააღობის ძალაა, რომელიც ტოლია:

$$P_x = C_x F \frac{\rho}{2} (V - U)^2 \quad (6)$$

სადაც ρ – ჰაერის სიმკვრივეა, F – ფრთის სხეულის ფართობის გეგმილია ჰაერის ნაკადის პერპენდიკულარულ სიბრტყეზე.

ამ შემთხვევაში ქარი გადაუქროლებს ზედაპირს ფარდობითი სიჩქარით, რომელიც ტოლია:

$$V' = V - U \quad (7)$$

(6) ჩავსვათ (7)-ში, მივიღებთ:

$$A = C_x F \frac{\rho}{2} (V - U)^2 U \quad (8)$$

(8) გამოსახულებით განისაზღვრება მოძრავი ფრთის მიერ განვითარებული ენერჯია ან შესასრულებელი მუშაობა. ფრთის ბრუნავ ლილვზე t დროში განვითარებული სიმძლავრე ტოლია:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{C_x F \frac{\rho}{2} (V - U)^2 U}{t} \quad (9)$$

ქარბორბალას ფრთები ჩამაგრებულია რეგულირებადი – კუთხით ისე, რომ წარმოებს ჰაერის ნაკადის მაქსიმალური სიმძლავრის განვითარება. ამ კუთხეს უწოდებენ ჩამაგრების რეგულირებად კუთხეს. ამ დროს ფრთის ელემენტებზე გადაუქროლებს საჰაერო ნაკადი ფარდობითი სიჩქარით რაიმე α – კუთხით, რომელსაც შეტვის კუთხეს უწოდებენ და მოქმედებს R – ძალით. და კუთხეები მნიშვნელოვნად განსაზღვრავენ ფრთების ეფექტურობას. R – ძალას შლიან P_x და P_f ძალებად. P_x – ძალა აწარმოებს ქარის მიმართულებით წნევას, რომელსაც უწოდებენ გვერდით წნევას. P_f – ძალები მოქმედებენ სიბრტყეში, სადაც იქმნება მაბრუნე მომენტი.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მაქსიმალური ძალები, რომელსაც მოჰყავს ბორბალი მოძრაობაში, შეიქმნება კუთხის რაიმე განსაზღვრული მნიშვნელობისას. ე.ი. ფრთის ზედაპირისადმი ქარის ნაკადის დახრის კუთხისას. იმის გამო, რომ გრძელი ფრთის ელემენტის წრიული სიჩქარე არაერთნაირია, ის იზრდება თანდათან ფრთის სიჩქარის ბოლო წერტილამდე, ფარდობითი V' – სიჩქარე, რომლითაც ჰაერის ნაკადი გადაუქროლებს ფრთის ზედაპირს, იზრდება. ამასთან ერთად მცირდება α –კუთხე და რაიმე ω წრიული სიჩქარისას იგი ხდება უარყოფითი. შესაბამისად ფრთის ყოველ ელემენტს არ ექნება მაქსიმალური გამწვევი ძალა.

თუ შევამცირებთ ϕ –კუთხეს ბრუნვის ღერძიდან თანდათან მოშორებით, ისე, რომ შეტევის α –კუთხე შენარჩუნებული იქნას მუდმივი, მაშინ მივიღებთ პირობას, როცა ფრთის ყველა ელემენტი იმუშავებს თავისი მაქსიმალური გამწვევი ძალით.

ჩამაგრების სწორი კუთხე პროფილის კარგი ჰაეროდინამიკის პირობებში უზრუნველყოფს ქარის ენერჯის გამოყენების მაღალ კოეფიციენტს. კარგად შესრულებულ მოდელებს ქარის ენერჯის გამოყენების კოეფიციენტი გააჩნიათ 46%. 100კვტ სიმძლავრის ქარის ელექტროდანადგარის ორფრთიან ქარბორბალას აქვს 38 მ დიამეტრი და მოჰყავს ბრუნვით მოძრაობაში ამანქარებელი რედუქტორის საშუალებით ასინქრონული გენერატორის როტორი. ქარის ბორბალა ბრუნავს მუდმივი სიჩქარით 40 ბრ/წთ კუთხური სიხშირით. სამფაზა გენერატორს აქვს ბრუნვის ნომინალური სიხშირე 1800 ბრ/წთ. იგი გამოიმუშავებს 50 კვ სიხშირის ძაბვას. აქ დაცულია ქარბორბალადან გენერატორისაკენ მამბრუნი მომენტის გადაცემის სისტემის მექანიზმების ნორმალური მუშაობის კომპონენტები და ქარის მიმართულებისადმი ქარბორბალას ორიენტაცია შესაბამისი მართვის სისტემით. ქარბორბალა იწყებს ბრუნვას ქარის 2,2 მ/წმ სიჩქარისას და მიაღწევს 40 ბრ/წთ ბრუნვის სიხშირეს. სასარგებლო ენერჯია იწყებს გამომუშავებას ქარის 4,2 მ/წმ სიჩქარისას. ქარის ელექტრული დანადგარის მომამბრუნებელი მოწყობილობა მიერთებულია ორიენტაციის მექანიზმებთან და მასზე მიმაგრებულია ქარბორბალის და ფრთების ღერძი.

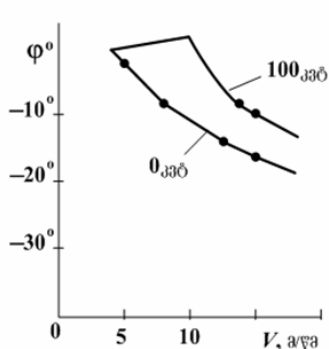
ექსპლუატაციის პროცესში დაზუსტებულია ფრთების შემობრუნების ϕ – კუთხის დამოკიდებულება ქარის V სიჩქარესთან (ნახ. 1).

ძირითადად ქარის ელექტრული დანადგარის შემომამბრუნებელი დაბო-ლოებანი და ორიენტაციის მექანიზმი შედგება ნაწილებისაგან: გამჭკედი ღვედური გადაცემისაგან, ამანქარებელი რედუქტორისაგან, ბრჯენისაგან, რომელშიც თავსდება ფრთები, ფრთებისაგან, ქარის ბორბლის ორიენტაციის მართვის სისტემის ბლოკისაგან, გენერატორისაგან და ფრთების შემობრუნების ჰიდრავლიკური სისტემის მართვის ბლოკისაგან. დაზუსტებულია აგრეთვე დამოკიდებულება ამავე ქარის ელექტრო ტექნიკური დანადგარის მიერ განვითარებული P –სიმძლავრისა ქარის V სიჩქარეზე (ნახ. 2).

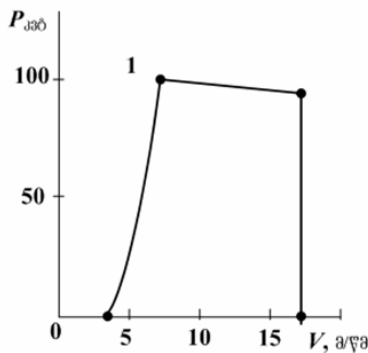
ქარის ენერჯის ელექტრულ ენერჯიაში გარდაქმნასთან დაკავშირებული სქემების განხილვისას საჭიროა ვიმსჯელოდ შევძღვოთ ძირითად მომენტებს: გამომუშავებული ელექტრო ენერჯის სახე (ცვლადი ძაბვა ცვლადი ან მუდმივი სიხშირით ან მუდმივი ძაბვა), ქარის ძრავის ბრუნვის სიხშირე (მუდმივი, მუდმივთან ახლოს ან ცვლადი), გამომუშავებული ელექტრული ენერჯის გამოყენების ხასიათი (აკუმულატორული ბატარეების გამოყენება ან სხვა ხერხით აკუმულირება, ელექტროენერჯის გაცემა ცვლადი დენის ქსელში).



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნახ.1 ფრთის შემობრუნების φ° კუთხის დამოკიდებულება ქარის V სიჩქარეზე; ბრუნვის სიხშირეა 40 ბრ/წთ და სიმძლავრე 100 კვტ



ნახ.2 განვითარებული P სიმძლავრის დამოკიდებულება ქარის -სიჩქარეზე : (სიმძლავრე 100 კვტ, $V = 3$ მწმ. ბორბლის ბრუნვის სიხშირეა 40 ბრ/წთ.

მზის გამოსხივების ენერჯის წყაროს განაპირობებს მზეზე თერმობირთვული რეაქცია. ამ ენერჯის ძირითადი ნაწილი გადადის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სახეში 0,2-3 მკმ დიაპაზონში. ატმოსფეროს გავლით მზის ენერჯია სუსტდება ძირითადად წყლის ორთქლში ინფრაწითელი გამოსხივების შთანთქმის გამო, ოზონის მიერ ულტრა-იისფერი გამოსხივების შთანთქმის გამო და გაზების და ჰაერში არსებული მტვრის ნაწილაკების მიერ გამოსხივების ფანტვის გამო. ატმოსფეროს მიერ მზის გამოსხივების ინტენსიურობაზე გავლენის ასახვის ძირითადი პარამეტრია ატმოსფერული მასა (ამ). ნულოვანი ატმოსფერული მასის ამ 0 შემთხვევაში მზის გამოსხივების ინტენსიურობა ტოლია $E_{\text{გზ}}=1360 \text{ ვტ/მ}^2$ ამ 1 სიდიდე შეესაბამება მზის გამოსხივების გავლას უღრუბლო ატმოსფეროს გავლით ზღვის დონემდე მზის ზენიტური მდგომარეობაში ყოფნისას.

ატმოსფერული მასა დედამიწის ზედაპირის ნებისმიერი ღონისათვის დღის ნებისმიერ მომენტში განისაზღვრება ფორმულით:

$$am(x) = \frac{x}{x_0} \cdot \frac{1}{\sin \theta}$$

სადაც x - ატმოსფერული წნევაა- პასკალი (პა);

x_0 - ნომინალური ატმოსფერული წნევაა ($1,013 \cdot 10^5$ პა);

θ - ჰორიზონტის ზემოთ მზის სიმაღლის კუთხეა.

დედამიწის პირობებში მეტად დამახასიათებელია ამ $1,5(\theta = 42^\circ)$. იგი ჩაითვლება სტანდარტულ სიდიდედ $E_c=835 \text{ ვტ/მ}^2$, მზის გამოსხივების ინტეგრალური ზედაპირული სიმკვრივისას - $E_{\text{გზ}}=835 \text{ ვტ/მ}^2$.

ფოტონის ენერჯია, ევ, ტალღის λ სიგრძის გამოსხივებაში განისაზღვრება თანაფარდობიდან:

$$h\nu = h \frac{c}{\lambda} = \frac{1,24}{\lambda}$$

სადაც h -პლანკის მუდმივაა, $6,626196 \cdot 10^{-34}$ ჯიულ·წმ;

c -სინათლის სიჩქარეა, 300000 კმ/წმ; λ -ტალღის სიგრძეა, მკმ.

აკრძალული ზონის E_p განის მქონე მზის ელემენტის მასალაში ფოტონის შთანთქმა იწყება ტალღის ზღვრული სიგრძის ასეთი მნიშვნელობის შემდეგ:

$$\lambda_{\text{ზღვრა}} = \frac{1,24}{E_p}$$



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ზღვრ-ზე მეტი სიგრძის მქონე ტალღა არ შთაინთქმება ნახევარ გამტარში და შე-
 საბამისად, ფოტოელექტრული გარდაქმნის თვალსაზრისით უსარგებლოა.

ლიტერატურა

1. კობრიძე გ; ნემსაძე ს; ფხაკაძე შ; კობრიძე დ; გოგინაშვილი ნ. მზის ენერჯის გარდაქმნის პროცესების ფიზიკური საფუძვლები აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. მე-2 სა-
 ერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ენერჯეტიკა: რეგიონალური პრობლემები და განვი-
 თარების პესპექტივები“. ქუთაისი 2013 წელი.
2. Рензо Д. де: Пер. с. Англ.: Под редакцией Я.И. Шефтера. Ветроэнергетика. М. Энергоатомиздат. 1982г. 272 с.
3. Каргиев В.М., Мартиросов С.Н., Муругов В.П., Пинов А.Б., Сокольский А.К., Харатонов В.П. Ветроэнергетика. Руководство по применению ветроустановок малой и средней мощности. М. „Интерсоларцентр“, 2001г. 61 с.
4. Фаренбрух А., Бьюб Р., Солнечные элементы. Теория и эксперимент. Перевод с английского. М. Энергоатомиздат. 1987г. 278 с.

**TECHNOLOGIES OF WIND AND SOLAR ENERGY CONVERSION
 INTO ELECTRIC POWER**

KOKHREIDZE G., PKHAKADZE SH., PAPIDZE Z., SHUKAKIDZE T.

Georgian technical University , Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on the necessity and urgency of wind and solar energy consumption. There are considered the ways and methods for bringing wind energy efficiency to the optimum value. There are drawn the dependency graphs of the angle of turn of wind power installation wing α and generated power P - on wind velocity.

The paper also describes the issues of the dependency of electromagnetic radiation on the atmospheric pa-
 rameters, as well as the process of energy absorption in semiconductors and computation of the radiation edge wave during photovoltaic conversion.

**მდ. რაჩხის გამოყენების პერსპექტივები წყალმომარაგებასა
 და ენერჯეტიკაში**

ნოსელიძე ჯ., მომცემიძე შ., კალაძე დ., ნოსელიძე ბ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

*ნაშრომში განხილულია მდ. რაჩხის სასმელ წყლად გამოყენებისა და ენერჯეტიკული მოხ-
 მარების შესაძლებლობის პერსპექტივების შესახებ. 2010-2012 წლებში ჩატარებული საველე-საექ-
 სპედიციო სამუშაოებისა და ჰიდრომეტრიული გაზომვების საფუძველზე დადგინდა, რომ აღნიშ-
 ნული წყლის მარაგი სრულად აკმაყოფილებს სასმელი წყლისადმი წაყენებულ ნორმატიულ მო-
 თხოვნებს. აგრეთვე მისი გამოყენება შეიძლება ელექტროენერჯის მისაღებად, ვინაიდან მას აქვს
 დიდი ვარდნა და შესაბამისი წყლის ხარჯი.*

საქართველო მდიდარია სასმელი წყლის ბუნებრივი საბადოებით, რომლებიც ფლობენ
 სასმელი წყლის უნიკალურ შემადგენლობას, აგრეთვე გააჩნია დიდი ენერჯია ენერჯეტიკუ-
 ლი გამოყენებისათვის, მაგრამ ჯერ კიდევ არ მოგვარდა საქართველოს ყველა დასახლებუ-
 ლი პუნქტისა და ქალაქის 24-საათიანი წყალმომარაგებით უზრუნველყოფა.

საქართველოს ყველა დასახლებული პუნქტისა და ქალაქის 24-საათიანი წყალმომარა-
 გების უზრუნველყოფის მშენებლობაში ჩართულია უცხოეთის ინვესტიციები, მთელი საქარ-
 თველო, შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი და მათ შორის აკაკი წერეთლის
 სახელმწიფო უნივერსიტეტი და საინჟინრო ტექნიკური ფაკულტეტი (მეცნიერთა ჯგუფი),
 რომელთა მიზანია ისეთი სასმელი წყლის საბადოს შერჩევა და შესწავლა, რომელიც ტერი-



სურ. 1. მდ. რაჩხა 2012 წლის 30 აპრილს სოფ. მახურას საავტომობილო ხიდის კვეთში



სურ. 2. მდ. რაჩხა სოფ. მახურას საავტომობილო ხიდის კვეთში ფსკერის გრანულომეტრიული შემადგენლობა.



სურ. 3. 2012 წლის 28 ოქტომბერს მდ. რაჩხაზე სოფ. მახურას საავტომობილო ხიდის კვეთში არსებულ საგუშაგოს ჭრილის ქვედა ბიეფში.



სურ. 4. მდ. რანხაზე სოფ. მახურას მცირე ჰიდროელექტრო სადგურის მონაკვეთზე წყლის ნაკადის სიღრმის განსაზღვრის მომენტში.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



			ვეთზე არსებული ჰიდროლოგიური საგუშაგო		დობა
			მდ. რაჩხაზ ძველი ჰესთან ჰიდროლოგიური საგუშაგო	5.1	
			ჭუთაისი- ცაგერის საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე	8.7	
6	2012	24 ივნისი	სოფ. მახურას საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე არსებული ჰიდროლოგიური საგუშაგო	1.8	წყალ მცირეობა
			მდ. რაჩხაზ ძველი ჰესთან ჰიდროლოგიური საგუშაგო	4.311	
			ჭუთაისი- ცაგერის საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე	7.9	
7	2012	01 ივლისი	სოფ. მახურას საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე არსებული ჰიდროლოგიური საგუშაგო	2.1	წყალ მცირეობა
			მდ. რაჩხაზ ძველი ჰესთან ჰიდროლოგიური საგუშაგო	3.85	
			ჭუთაისი- ცაგერის საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე	7.9	
8	2012	20 აგვისტო	სოფ. მახურას საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე არსებული ჰიდროლოგიური საგუშაგო	0.2	წყალ მცირეობა
			მდ. რაჩხაზ ძველი ჰესთან ჰიდროლოგიური საგუშაგო	2.24	
			ჭუთაისი- ცაგერის საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე	5.6	
9	2012	23 სექტემბერი	სოფ. მახურას საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე არსებული ჰიდროლოგიური საგუშაგო	2.4	წყალ მცირეობა
			მდ. რაჩხაზ ძველი ჰესთან ჰიდროლოგიური საგუშაგო	4.37	
			ჭუთაისი- ცაგერის საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე	6.8	
10	2012	28 ოქტომბერი	სოფ. მახურას საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე არსებული ჰიდროლოგიური საგუშაგო	1.1	წყალმცირეობა
			მდ. რაჩხაზ ძველი ჰესთან ჰიდროლოგიური საგუშაგო	2.49	
			ჭუთაისი- ცაგერის საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე	6.4	
11	2012	30 ნოემბერი	სოფ. მახურას საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე არსებული ჰიდროლოგიური საგუშაგო	1.8	სწყალ-მცირეობა
			მდ. რაჩხაზ ძველი ჰესთან ჰიდროლოგიური საგუშაგო	3.57	
			ჭუთაისი- ცაგერის საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე	7.5	
12	2012	31 დეკემბერი	სოფ. მახურას საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე არსებული ჰიდროლოგიური საგუშაგო	2.1	წყალმცირეობა
			მდ. რაჩხაზ ძველი ჰესთან ჰიდროლოგიური საგუშაგო	4.45	
			ჭუთაისი- ცაგერის საავტომობილო ხიდის მონაკვეთზე	8.1	

მდ. რაჩხის სათავის, ასხის მთასა და მდ. ცხენისწყლის დონეს შორის დიდი სიმაღლეთა სხვაობის (ვარდნის) გათვალისწინებით და სხვადასხვა სიმაღლეზე წყლის ხარჯის მოცულობის მიხედვით შესაძლებელია მდინარის ჰიდრაულიკური ენერჯის გამიყენება ჰიდროელექტროსადგურების ხარჯის შესაბამის დონეზე მშენებლობისათვის, რომელთა სიმძლავრე



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



რის დადგენა შესაძლებელია 2010-2012 წლების დაკვირვების საფუძველზე. მდ.რანხის უფრო დეტალური შესწავლის მიზნით აუცილებელია დაკვირვებათა ჰიდროლოგიური და ჰიდრაულიკური ციკლის დაკვირვებათა გაგრძელება.

ლიტერატურა

1. ნოსელიძე ჯ., შაუთიძე ი., მომცემლიძე შ., მდ.რანხის გამოყენება ქუთაისისა და აკურორტ წყალტუბოს სასმელი წყლით მარაგების მიზნით (წინასწარი კვლევის შედეგები) თბილისი. "მეცნიერება და ტექნოლოგიები" საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ყოველთვიური სამეცნიერო-რეზერვული ჟურნალი №4-6, 2011, გვ. 70-72.
2. სუპატაშვილი გ., ქაჯაია გ. გარემო და ადამიანი. 2001.

RIVER RACHKHA USE IN WATER SUPPLY AND IN THE ENERGY SECTOR
J. NOSELIDZE, S. MOMTSEMLIDZE, D. KALADZE, G. NOSELIDZE

Akaki Tsereteli State University

Summary

The article deals with energy consumption and capacity of the river for drinking rachkhas. 2010-2012 years of field-expeditionary works and hydrometric measurements revealed that the water supply of drinking water and the set is fully compliant with regulatory requirements. Also it can be used to generate electric energy, since it has a huge drop in the water flow.

ბაიოთერმული ენერჯის მსოფლიო პოტენციალი და მისი გამოყენების პერსპექტივები

ზანცხავა ე., მჭედლიძე ძ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია გეოთერმული წყლების ეფექტური გამოყენების და განვითარების პერსპექტივები. შეფასებულია მსოფლიო ასოციაციის ექსპერტთა ჯგუფის მიერ დაბალი და მაღალ ტემპერატურის გეოთერმული ენერჯის შესახებ მიღებული მონაცემები. დასაბუთებულია მიზანშეწონილობა გეოთერმული წყლების გამოყენებისა, რომელიც იძლევა სათბობის მნიშვნელოვან ეკონომიას და აუმჯობესებს გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობას.

ჯერ კიდევ 150 წლის წინ ჩვენს პლანეტაზე გამოიყენებდნენ განსაკუთრებით განახლებად და ეკოლოგიურად უსაფრთხო ენერჯის წყაროს: ასე მაგ. მდინარეთა წყლის ნაკადს, რომ დაებრუნებინათ წყლის ბორბალი, ქარს, რომელსაც მოძრაობაში მოყვანა წისქვილი, ასევე შეშას, ტორფს, აფრას (იალქანს), და სოფლის მეურნეობის ნარჩენებს გასათბობად. მაგრამ XIX საუკუნის ბოლოდან წარმოების სწრაფმა განვითარებამ გამოიწვია იმის აუცილებლობა, რომ დაჩქარებული ტემპით აგვეთვისებინა და გაგვევითარებინა ჯერ თბოენერგეტიკა, შემდეგ კი ატომური ენერგეტიკა. ამან კი თავის მხრივ გამოიწვია ნახშირბადის საბადოს გამოფიტვა და დედამიწის ატმოსფეროს რადიაქტიური და ბინძურების საშიშროება. ამიტომ მიმდინარე საუკუნის მიჯნაზე ხელახლა წამოიჭრა საკითხი მომგებიანი უსაფრთხო და განახლებადი ენერჯის წარმოების, როგორცაა მაგალითად: ქარის, მზის, გეოთერმული, მდინარის და ზღვის მოქცევის, ცხოველთა და მცენარეთა ბიომასის ენერჯია და მათ საფუძველზე შეგვექმნა და წარმატებით გამოგვეყენებინა ახალი არატრადიციული ენერგოდანადგარები. ქარის, მზის და სხვა არატრადიციული ენერგოდანადგარები ფართოდ შეუქდება ჟურნალთა პუბლიკაციებში, მაგრამ გეოთერმულ ენერგოდანადგარებს და კერძოდ გეოთერმულ ელექტროსადგურებს არ ექცევა ისეთი ყურადღება რასაც ის იმსახურებს. ეს მაშინ, როდესაც დედამიწის სითბოს ენერჯის გამოყენების შანსი ძალიან დიდია, რადგან ჩვენი პლანეტის ზედაპირის ქვეშ არსე-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ბოხს ბუნებრივი ენერგეტიკული ქვაბი, რომელშიც თავმოყრილია უზარმაზარი რეზერვი სითბოსა და ენერჯის. ამ სითბოსა და ენერჯის წყარო კი არის დედამიწის ქერქსა და მანტიაში მინდინარე რადიოაქტიური ცვლილებები. ამ წყაროთა ენერჯია იმდენად დიდია, რომ ის ყოველწლიურად რამდენიმე სანტიმეტრით გადაადგილებს, სძრავს დედამიწის ლიტოსფეროს ფენებს, იწვევს კონტინენტების დრეიფს, მიწისძვრებს, და ვულკანთა ამოფრქვევას, რომელთაგან ზოგიერთი პერიოდულად ამოქმედდება ხოლმე. კაცობრიობამ ჯერ კიდევ ვერ ისწავლა ვულკანთა ენერჯიის გამოყენება სამშვიდობო მიზნებისთვის, მაგრამ დედამიწის გულში მიმდინარე თითქმის შეუმჩნეველი ცვლილებებით მიღებულ ენერჯიას უკვე დიდი ხანია იყენებს ადამიანი განვითარებისათვის და ბოლო 100 წელი ელექტროენერჯის მისაღებად.

ასეთი დაფარული გამომქდავენება ენერჯიისა იწვევს დედამიწის ქერქისა და მანტიის ტემპერატურის ზრდას. ეს ტემპერატურა სიღრმის მატებასთან ერთად იზრდება საშუალოდ 1 კმ-ზე 20⁰C -ით, 2-3 კმ-ზე ის აღწევს 100⁰C, ხოლო 100 კმ სიღრმეზე 1300 - 1500⁰C. ეს კი იწვევს სიღრმეში ციკლური რეზონანსი წყლის გაცხელებას საკმაოდ დიდი ტემპერატურით. ჩვენი პლანეტის ვულკანურ რაიონებში ეს ცხელი წყალი დედამიწის ქერქის ბზარებიდან ამოდის ზედაპირზე, ხოლო სეისმურად წყნარ რეგიონებში ის შეიძლება ზედაპირზე ამოვიყვანოთ გაბურღული ჭაბურღილებით. ამისთვის საკმარისია გაბურღულ ჭაბურღილში ჩავუშვათ ცივი წყალი და გვერდით გაბურღულ ჭაბურღილიდან მივიღებთ გაცხელებულ გეოთერმულ წყალს, რომლისგანაც შეიძლება მივიღოთ ორთქლი. [1, 2,].

გეოთერმული ენერჯიის გამოყენებასთან აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ მისი როგორც დადებითი ისე უარყოფითი მხარეები. გეოთერმული ენერჯიის ძირითადი ღირსება არის ის, რომ შეიძლება გამოვიყენოთ სათბობად, ცხელი წყლის სახით ან წყლისა და ორთქლის ნარევის სახით (დამოკიდებულია როგორი ტემპერატურა ექნება მას).

პლანეტის ვულკანურ რაიონებში, სადაც მაღალტემპერატურიანი სითბო გეოთერმულ წყალს აცხელებს 140 ÷ 150⁰C ტემპერატურაზე მეტად, ეკონომიურად მომგებიანია ელექტროენერჯიის გამოსამუშავებლად. მიწისქვეშა გეოთერმული წყლები 100⁰ C-ზე ნაკლები ტემპერატურით კი გამოიყენება თბომომარაგებისათვის, ცხელი წყლით მომარაგებისათვის და სხვა და სხვა მიზნებისათვის, ისე როგორც მითითებულია №1 ცხრილში.

№1 ცხრილი.

გეოთერმული წყლების ტემპერატურა, ⁰ C	გამოყენებული წყლების გამოყენების არე
140 ⁰ C -მეტი	ელ. ენერჯიის გამოსამუშავებლად
100 ⁰ C - ე ნაკლები	შენობა- ნაგებობების გასათბობად
60 ⁰ C - ის ფარგლებში	ცხელი წყლით მომარაგებისათვის
60 ⁰ C - ზე ნაკლები	სათბურების გასათბობად, გეოთერმულ გამაციებელ მოწყობილობებში.

გეოთერმული ტექნოლოგიის სრულყოფასა და განვითარებასთან ერთად ხდება დამუშავება შედარებით დაბალი ტემპერატურის გეოთერმული წყლით ელექტროენერჯიის გამომუშავებისა. დამუშავებულია კომბინირებული სქემები 70-80⁰C ტემპერატურის მქონე წყლით ელექტროენერჯიის მისაღებად. სანქტ-პეტერბურგის პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში შექმნილია ტურბინები, რომელთა გამოყენებით გეოთერმულ წყალში (მეორე კონტურია წყლის ორთქლის) ტემპერატურის დიაპაზონი 20 ÷ 200⁰C ანუ საშუალოდ 22%-ით. მნიშვნელოვნად იზრდება ეფექტურობა თერმული წყლების კომპლექსური გამოყენებისას. სხვადასხვა ტექნოლოგიური



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



პროცესებით შეიძლება მივაღწიოთ წყლის თბური პოტენციალის მთლიან რეალიზაციას, ასევე მივიღოთ თერმულ წყლებში არსებული საჭირო კომპონენტები (იოდი, ბრომი, ცეზიუმი, ლითიუმი, სუფრის მარილი, ბორის მუავა, და სხვა მრავალი).

გეოთერმული ენერჯის ძირითადი ნაკლი არის ის, რომ ნამუშევარი წყალი უნდა გადაგტუმბოთ მიწისქვეშა ჰორიზონტში გასაცხელებლად. მეორე ნაკლი ამ ენერჯისა არის თერმული წყლებში მაღალი მინერალიზაცია, წყალში არსებული ტოქსიკური შენაერთები და მეტალების არსებობა.

ზემოთ ჩამოთვლილი ნაკლოვანებების გათვალისწინებით გეოთერმული ენერჯის გამოყენების შემთხვევაში საჭირო ხდება მნიშვნელოვანი კაპიტალური დანახარჯების გაღება ჭაბურღილისათვის. ასევე უნდა შეიქმნას კოროზიულად მდგრადი თბოტექნიკური მოწყობილობა.

ახალი ტექნოლოგიების დანერგვით სულ უფრო ნაკლები დანახარჯებით შეიძლება ბურღვითი სამუშაოების შესრულება, გეოთერმული წყლების გაწმენდა ტოქსიკური შენაერთებისა და მეტალებისაგან. ასევე უკანასკნელი გაანგარიშებები გვაძლევს იმის თქმის უფლებას, რომ ელექტროენერჯია მიღებული იქნას 80°C-ზე დაბალ ტემპერატურის მქონე წყლისა და ორთქლის ნარევისაგან. ამიტომ იმ ქვეყნებში, სადაც გეოთერმული პოტენციალი დიდია, მოსალოდნელია გეოთეს-ის სიმძლავრე უმოკლეს დროში გაორმაგდეს[2,3].

მსოფლიო ასოციაციის ექსპერტთა ჯგუფმა, რომელიც სწავლობს გეოთერმული ენერჯის საკითხებს გააკეთა შეფასება დაბალი და მაღალი ტემპერატურის გეოთერმული ენერჯის შესახებ. ჩვენ პლანეტაზე არსებულ სხვადასხვა ტიპის გეოთერმული წყლის პოტენციალის მონაცემები მოცემულია №2 ცხრილში.

№ 2 ცხრილი.

დასახელება	გეოთერმული წყაროს ტიპი		
	კონტინენტი	ელ. ენერჯის წარმოებისათვის მაღალი ტემპერატურის გეოთერმული ენერჯია ტ ჯ/ წელი	დაბალი ტემპერატურის გეოთერმული ენერჯია სითბოს სახით. ტ ჯ/წელი (ქვედა საზღვარი)
ევროპა	1830	3700	>370
აზია	2970	5900	>320
აფრიკა	1220	2400	>240
ჩრ. ამერიკა	1330	2700	>120
ლათ. ამერიკა	2800	5600	>240
ოკეანეთი	1050	2100	>110
მსოფლიო პოტენციალი	11200	22400	>1400

როგორც ცხრილიდან ჩანს გეოთერმული წყაროების პოტენციალი უბრალოდ კოლოსალურია. მაგრამ მისი გამოყენება ხდება ძალიან უმნიშვნელოდ. გეოთეს-ის დადგმული სიმძლავრე მთელ მსოფლიოში 1990 წელს იყო 5000, ხოლო 2000 წლისთვის დაახლოებით 6000 მგვტ. ესეა გეოთერმულ ელექტროენერჯეტიკა ვითარდება დაჩქარებული ტემპით, რადგან ნავთობისა და აირის ფასები საკმაოდ დიდია და მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში არსებობს სამთავრობო პროგრამები, რომლებიც მხარს უჭერს გეოთერმული ენერჯეტიკის სწრაფი ტემპით განვითარებას.

ავლნიშნაეთ, რომ გეოთერმული რესურსები მოძიებულია 80 ქვეყანაში და აქედან 58-ში აქტიურად გამოიყენეს. გეოთერმული ენერჯის ერთ-ერთი მსხვილი, წარმატებული აქტიური მწარმოებელია ამერიკის შეერთებული შტატები . ამერიკის შეერთებულ შტა-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ტებში 2005 წელს გეოთეს-ში გამომუშავებული იქნა 16 მილიარდი კვტ ელექტროენერგია. საფრანცისკოსგან 100 კმ -ით ჩრდილოეთით არის 1360 მგვტ. დადგმული სიმძლავრის სადგური, მარიალიანი ზღვის ჩრდილოეთ ნაწილში ცენტრალურ კალიფორნიაში 570 მგვტ დადგმული სიმძლავრის სადგური და ა.შ. გეოთერმული ელექტროენერგეტიკა ასევე წარმატებით ვითარდება სხვა ქვეყნებშიც. ასე მაგალითად: ფილიპინებში 2003 წელს გეოთეს-ის დადგმული სიმძლავრე 1930 მგვტ-ს შეადგენდა, რაც ქვეყნის ელექტროენერგიაზე მოხმარების 27% ფარავდა. იტალიაში 2003 წელს მუშაობდა გეოთერმული ელექტროდინამოგარები, რომელთა საერთო სიმძლავრე 790 მგვტ-ი იყო.

კენიაში გეოთეს-ის სიმძლავრე 2005 წელს 160 მგვტ-ს შეადგენდა და შემუშავებული იქნა გეგმა, რომ ეს სიმძლავრე 576 მგვტ-ზე აიყვანონ.

რუსეთი ფლობს არა მარტო ორგანული სათბობის დიდ მარაგს, არამედ მას გეოთერმული რესურსების ისეთი მარაგიც აქვს, რომ ამ უკანასკნელის ენერგია საკამოდ აღემატება ორგანული სათბობის მთელ პოტენციალს. რუსეთში დედამიწის სითბოს გამოყენებამ თბომომარაგების მთლიან ბალანსში შეიძლება მიაღწიოს 10 %-მდე. რუსეთის მთელ ტერიტორიაზე განლაგებულია 66 გეოთერმული საბადო, სადაც თერმული წყლების წარმადობა მეტია 240000 მ³/დღე-ღამეში, ხოლო ორთქლწარმადობა 105000 მ³/დღე-ღამეში. გაბურღულია 4000-ზე მეტი ჭაბურღილი, რათა გამოყენებული იქნას იქ არსებული გეოთერმული რესურსები.

დღესდღეობით 50-ზე მეტი სამეცნიერო ორგანიზაცია სწავლობს დედამიწის სითბოს გამოყენების საკითხს მარტო რუსეთში. რადგან ძალიან მნიშვნელოვანია თერმული ენერჯის მაქსიმალური გამოყენება მისი კომპლექსური გამოყენების გზით. მთელ რიგ შემთხვევებში მოხმარების შემდეგ თერმული წყლები 50-70⁰C ტემპერატურით იღვრება. მხოლოდ მთელი პოტენციალის 1/5-ის გამოყენება ხდება სასარგებლოდ.

საქართველოში გეოთერმული წყლები ცნობილია უძველესი დროიდან და საუკუნეების მანძილზე მათი გამოყენება ხდებოდა აბანოებსა და სამკურნალო-ბალნეოლოგიურ დაწესებულებებში. თანამედროვე ეტაპზე ჰიდროლოგიური გამოკვლევების საფუძველზე საქართველოს გეოთერმული რესურსების 50-100⁰C ტემპერატურით შეფასებულია 220-260 მლნ მ³ წელიწადში, რაც პოტენციურად შეესაბამება 1,8-2,3 მლრდ ტპს-ს. ძირითადი თერმული წყლების შემცველი ჰორიზონტები, რომლებიც რესპუბლიკის მეურნეობის ობიექტების გეოთერმული თბომომარაგების სარესურსო ბაზას წარმოადგენს, განლაგებულია ქვედა ცარცის(დასავლეთ საქართველოში) და ეოცენ-პალეოცენის ნაღველებში(აღმოსავლეთ საქართველოში) [3].

შპს „საქურდგეოთერმის“ მიერ წინა წლებში ჩატარებული საძიებო ბურღვითი სამუშაოების შედეგად გამოვლენილი გეოთერმული წყლების საბადოები განლაგებულია: თბილისში, სადაც 7 ჭაბურღილის საერთო დებიტი შეადგენს 3760 მ/დღ-ს, ტემპერატურა-56-70⁰C -ს. საბადოს ექსპლუატაცია მიმდინარეობს 1973 წლიდან. ამჟამად საბადოს ექსპლუატაცია გრძელდება, გეოთერმული წყლები მიეწოდება მოსახლეობას და აბანოებს ცხელწყალმომარაგების მიზნით, რის შედეგადაც ყოველწლიურად მნიშვნელოვნად იზოგება 14,2 ათასი ტპს და 1,5 მლნ მ³ სასმელი წყალი;

ზუგდიდ-ცაიშის გეოთერმული წყლების საბადოზე 18 ჭაბურღილია. მათი საერთო დებიტია 36800 მ³/დღ, ტემპერატურა- 82-90⁰C. გეოთერმული წყალი მიეწოდება ქ. ზუგდიდის კომუნალურ მეურნეობას ცხელწყალ მომარაგებისათვის, სასოფლო-სამეურნეო ობიექტებს, ცაიშის ბალნეოლოგიურ კურორტს.

არსებული საბადოების ჯამური დებიტი შეადგენს 82500 მ³/დღ -ს ან 30 მლნ მ³/წ-

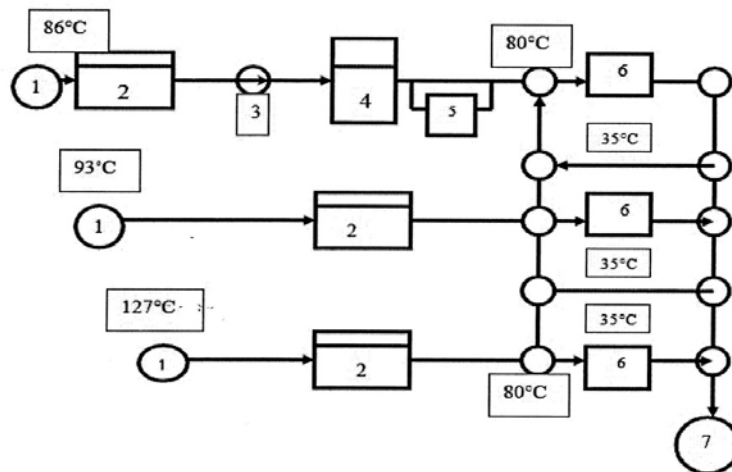


III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ს, რაც ამ რესურსების ეფექტიანი გამოყენების შემთხვევაში შეესაბამება წელიწადში 240 ათას ტპს-ის დაზოგვას. საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსში გეოთერმული ენერჯის ხვედრითი წილი 1990 წლისათვის 0,5% იყო, მაგრამ ზემოთ აღნიშნული გეოთერმული წყლების კომპლექსურად გამოყენების შემთხვევაში შესაძლებელია ეს მაჩვენებელი გაიზარდოს: 2015 წლისათვის 1,7%-ით, 2020 წლისათვის 2,3%-ით და 2035 წლისათვის კი 3,5% -ით [3]. საილუსტრაციოთ განვიხილოთ ზუგდიდი-ცაიშის გეოთერმული საბადოს ექსპლუატაციის ოპტიმიზაციის საკითხები.

ბოლო წლებში აქტუელურად ვითარდება გეოთერმული სისტემებით თბომომარაგება თბური ტუმბოების გამოყენებით. დაახლოებით 58% გეოთერმული თბური სისტემების სიმძლავრისა მოდის სისტემებზე თბური ტუმბოებით. საერთო დადგმული სიმძლავრე თბური ტუმბოებით მომუშავე სისტემებისა შეადგენს 15723 მგვტ-ს. ეს ტექნოლოგიები განსაკუთრებით განვითარებულია აშშ, გერმანიასა და კანადაში. ისლანდიაში ეკონომიკის გადასვლამ გეოთერმულ რესურსებზე ქვეყანა ძალიან განავითარა და ცხოვრების დონეც ძალიან ამაღლდა. ისლანდიაში თბომომარაგების 87%-ზე მეტი ხორციელდება გეოთერმული სითბოთი და ამ რიცხვის უახლოეს მომავალში 92 %-მდე გაზრდაა ნაგულისხმევი. მსხვილი პროექტის წარმატებით განხორციელების მაგალითია ქ. რეიკიავიკის თბომომარაგების გადაყვანა გეოთერმულ სათბობზე, რომელმაც უზრუნველყო ქალაქში სითბოს მოხმარების 99 %-ი. აღნიშნული სისტემა მოიხმარს 2348 ლ/სთ. გეოთერმულ ცხელ წყალს, რომლის ტემპერატურა 86⁰C-127⁰C- მდეა(ნახ.1).



ნახაზი 1. ქ. რეიკიავიკის თბომომარაგების ორგანიზაციის პრინციპული სქემა.
1. გეოთერმული ჭაბურღილი; 2. დეაერატორი; 3.სატუმბო სადგური;
4. ავარიული ავზი; 5. საქვაბენ; სითბოს მომხარებელი; 7. დამჭირსნი არხი;

დღეისათვის მსოფლიოს გეოთერმული პოტენციალის 3,5%-ი გამოიყენება ელექტროენერჯის გამოსამუშავებლად და მხოლოდ 0,2%-ი სითბოს მისაღებად. გეოთერმული რესურსები ტემპერატურის მიხედვით გამოიყენება ელექტროენერგეტიკაში, თბოფიკაციაში, მრეწველობასა და სოფლის მეურნეობაში.

ლიტერატურა.

1. Конеченков А.Е. Новые энергетические директивы ЕС //Электропанорама.- 2003. – № 6.
2. Конеченков А.Е. Остапенко С. Энергия тепла Земли // Электропанорама.-2003.- №7-8.
3. Геотермальное энергоснабжение. www. esco.co.ua/journal/2005-11/rt 07-28. Htm



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



WORLD POTENTIAL OF GEOTHERMAL ENERGY AND PROSPECTS OF ITS USE.

Pantskhava E. Mchedlidze K.

Georgian Technical University

Summary

The article discusses the perspectives of effective usage and development of geothermal waters. Experts group from the world association evaluate the statistics in regards to low and high levels of geothermal energy. The advisability of using the geothermal sources for complex heat-cool supplying of agriculture giving a considerable economy of fuel and improvement of ecological conditions of the environment are substantiated.

შუქდიოდური ნათურების კონსტრუქცია და მათი გამოყენების უპირატესობა ენერგოდაზოგვის საქმეში.

ქათამაძე ი., ნაპაშიძე ვ.

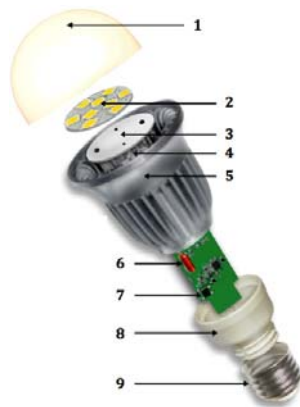
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიის შინაარსი ეხება უკანასკნელ წლებში ნახევარგამტარული შუქდიოდების ბაზაზე დამზადებულ სანათ საშუალებებს. მათ უპირატესობას სხვა ენერგოდაზოგ ნათურებთან შედარებით. ნაშრომში აღწერილია შუქდიოდური ნათურის კონსტრუქცია და თითოეული მისი შემადგენელი ელემენტის დანიშნულება.

უკანასკნელი ათწლეულები ტექნიკისა და ტექნოლოგიების განვითარების არნახული ტემპით აღინიშნა. განსაკუთრებული ძვრები მოხდა ნახევარგამტარული ტექნოლოგიების მიმართულებით. ნახევარგამტარული ხელსაწყოების განვითარებამ დააჩქარა პროგრესი მრეწველობის უკლებლივ ყველა დარგში. რამაც ენერგომომარაგებაში მეტად აქტუალური გახადა ენერგოდაზოგვის, ანუ ელექტროენერჯის ეკონომიის საკითხი. უახლოეს პერიოდში ელექტროენერჯის ტარიფის გაზრდის გამო ენერგოდაზოგვის თემა, სახელმწიფო სტრუქტურებისა და საზოგადოების მეტ დაინტერესებას იწვევს. ამ პრობლემის ნაწილობრივი მოგვარების ერთ-ერთი გზა არის განათების სისტემაში თანამედროვე სანათი საშუალებების დანერგვა.

განათებაზე საერთო მოხმარებული ელექტროენერჯის მნიშვნელოვანი ნაწილი მოდის, სადაც ჯერ კიდევ იყენებენ ნათურებს, რომლებიც მიეკუთვნება ძველ ტექნოლოგიებს და ნაკლებად ენერგოეფექტურია. ეს ეხება, როგორც გარე განათებას, ასევე საცხოვრებელი სახლებისა და დაწესებულებების განათებას. განათებაში თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება მნიშვნელოვნად შეამცირებს ელექტროენერჯის ხარჯს და გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობას გააუმჯობესებს.

მძლავრი შუქდიოდების გამოჩენამ და მათ საფუძველზე ტექნოლოგიურად დახვეწილი, საიმედო სანათების დამზადებით, უკანასკნელ წლებში განათებაში ახალი ერა დაიწყო. შუქდიოდი სულ უფრო და უფრო იმკვიდრებს დამსახურებულად თავის ადგილს ყველა სფეროში. ეს არის სხვადასხვა ნახევარგამტარების საფუძველზე განსაკუთრებული ტექნოლოგიების გამოყენებით დამზადებული ხელსაწყო, რომელიც მასში დენის გავლისას იწვევს ნათებას. სინათლის შუქდიოდური წყაროების მწარმოებლებმა მიაღწიეს მნიშვნელოვან წარმატებებს, რამაც განაპირობა შუქდიოდური სანათების ძირითადი უპირატესობები სხვა ნათურებთან შედარებით: ხანგრძლივი დროის განმავლობაში (დაახლოებით 70 000 სთ) შუქტექნიკური მახასიათებლების შენარჩუნება, ექსპლუატაციაში უმიზეზობა, მინიატურობა, დაბალი მოხმარებული სიმძლავრე, მომწამლავი მდგენელების არქონა. თანამედროვე შუქდიოდური სინათლის გაცემა მჭიდროდ მიუახლოვდა 100 ლმ/ვტ ნიშნულს, რაც საშუალებას იძლევა კონკურენცია გაუწიოს ისეთ



ნახ.1. შუქდიოდური ნათურის კონსტრუქცია.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



7. *დრაივერი* - ელექტროტექნიკური მოწყობილობაა, ყველა შექლიოდური ნათურის შიგნით არის და განკუთვნილია ცვლადი დენის მუდმივად გარგაქმნისთვის. მინიატურული ბეჭდური ფირი შეიცავს ძაბვის სტაბილიზატორს და დიოდურ ბოგირს. უზრუნველყოფს შექლიოდების კვებისთვის საჭირო ძაბვის გამართვას, გაგლუვებას (გაფილტვრას) და სტაბილიზაციას.
8. *ცოკლის ფუძე* - მისი დანიშნულებაა კორპუსის დაცვა ელექტრული დენით გარღვევისგან.
9. *ცოკლი* - მეტწილად მზადდება ნიკელით დაფარული თითბერისაგან, რაც უზრუნველყოფს საიმედო კონტაქტს სანათის ბუდესთან და კოროზიისგან დაცვას.
 შექლიოდური ნათურის კონსტრუქციის სირთულე განაპირობებს, მის მძაღლ ფასს, მაგრამ ამის მიუხედავად ენერგოდამზოვი განათების განვითარების პროგრამის ჩარჩოებში, მოსალოდნელია ქალაქების განათების საქმეში შექლიოდური ტექნოლოგიების მძაფრი განვითარება, რადგან შექლიოდების საფუძველზე შექმნილ სანათებს სხვა სახის სანათებთან შედარებით აქვს მინიმალური ენერგომოსხმარება და სხვა უპირატესობები.

ლიტერატურა

1. თ.მუსელიანი, გ.მთვარელიშვილი, ი.ქათამაძე. შექლიოდური სანათები და მათი გამოყენების პერსპექტივები ქუჩის განათებისათვის. ჟურ. „ბიზნეს-ინჟინერინგი“. №4, 2014წ. გვ.89-91.
2. svetlix.ru/articles/led.

LED LAMPS DESIGN AND THE ADVANTAGES OF THEIR USE IN ENERGY CONSERVATION

Katamadze I., Nakashidze V.
 Akaki Tsereteli State University

Summary

Increase of tariffs for electricity made even more topical the problem of the electric power saving. This problem can be resolved partially by introducing the high-tech LED lamps in the lighting system. The LED lamps are characterized by a complex design and high prices, but from the perspectives of energy efficiency and ecology, they hold a leading position in lighting systems.

**მსოფლიოში მცირე ჰიდროენერგეტიკის განვითარების ტენდენციები
 და პერსპექტივები**

კერესელიძე თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მცირე ჰიდროენერგეტიკის განვითარებას გრძელვადიანი ეკონომიკური უპირატესობები გააჩნია, უპირველეს ყოვლისა, არა მარტო დიდი, არამედ მცირე მდინარეების ჰიდროენერჯის პოტენციალის უფრო ეფექტური და მრავალმიზნობრივი გამოყენების პოზიციიდან.

საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტოს (სეს)-ს პროგნოზებით 2007–2030 წლებში დიდი სიმძლავრის ჰეს-ზე, საშუალოდ წელიწადში, ელექტროენერჯის წარმოების ზრდა შეადგენს 2%, 2030 წლისთვის კი ენერჯის წარმოება მათზე აღემატება 4380 ტვტ.ს.

ამასთან, ელექტროენერჯის მსოფლიო ბაზარზე დიდი სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურების წილი შემცირდება 16,5-დან 12,4%-დე.

მსოფლიო ჰიდროენერგეტიკის განვითარების პროგნოზული სცენარები 2050-წლისთვის წინასწარმეტყველებენ ჰესების დადგმული სიმძლავრის გაზრდას 800 000 მგვტ-დან



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



1700 000 მგვტ-მდე. ჰიდროენერგეტიკის მომავალზე შეიძლება გავლენა მოახდინონ (პოზიტიურიც და ნეგატიურიც) კლიმატის გლობალურმა ცვლილებებმა, რაც შესაბამისი კვლევების ჩატარებას და საადაპტაციო ზომების მიღებას მოითხოვს. უკანასკნელ წლებში მსოფლიოში მცირე ჰიდროენერგეტიკის სიმძლავრეების ზრდის ტემპები შეადგენდა 7%, ხოლო მცირე ჰიდროენერგეტიკაში ჩადებულმა ჯამურმა მსოფლიო ინვესტიციებმა შეადგინა დაახლოებით § 6 მლრდ. [1]

შვეიცარიაში მცირე ჰეს-ზე ელექტროენერჯის წარმოების წილია 8,3% მიაღწია, ესპანეთში – 2,8%, შვედეთში თითქმის 3% და ავსტრიაში – 10%. მცირე ჰეს-ზე გენერირებული სიმძლავრეების საერთო გამოქმუშავების მაჩვენებლით ლიდერული პოზიციები უკავიათ: ჩინეთს, იაპონიას, აშშ-ს, იტალიას და ბრაზილიას. 2010 წელს მსოფლიოში მცირე ჰესებზე ჯამურმა დადგმულმა სიმძლავრემ შეადგინა 87 გვტ. [2]

ცხრილი 1. მსოფლიოში ელექტროენერჯის წარმოებაში ჰიდროენერგეტიკის წილი [3]

ენერჯის წყარო	ელექტროენერჯის წარმოება (ტვტ/ს)		წილი (%)		ზრდის ტემპი % 2012 წ-2030 წ
	2012 წ.	2030 წ.	2012 წ	2030 წ	
დიდი სიმძლავრ. ჰეს-ბი	3756	5000	16.5	12.4	2
მპეს	252	800	1.4	2.2	4.0

მცირე ჰიდროენერგეტიკის განვითარებას გრძელვადიანი ეკონომიკური უპირატესობები გააჩნია, უპირველეს ყოვლისა, მისი დივერსიფიკაციის შესაძლებლობის, არა მარტო დიდი, არამედ მცირე მდინარეების ჰიდროენერჯის პოტენციალის უფრო ეფექტური და მრავალმიზნობრივი გამოყენების პოზიციიდან. ეს მიმდინარეობა სწრაფად ფორმირდება განვითარებულ და განვითარებად ქვეყნებში, განსაკუთრებით, სოფლის რაიონებში, ენერგოსისტემებიდან დაშორებულ ადგილებში. მცირე ჰიდროენერგეტიკა თავისუფალია ბევრი ნაკლისგან, რომელიც ახასიათებს დიდი სიმძლავრის ჰესებს და აღიარებულია ელექტროენერჯის მიღების უფრო ეფექტურ და ეკოლოგიურად უსაფრთხო ხერხად, მითუმეტეს, მცირე წყალდენების გამოყენებისას.

მპეს-ის უპირატესობებია:

-გარემოზე კლიმატის გლობალური ცვლილების ზემოქმედების შერბილება C2 გამოტყორცნის შემცირების ხარჯზე;

-ეფექტური ტექნოლოგიები;

-დატბორვის მინიმალური ფართობები და მშენებლობის მცირე ვადები;

-ადგილობრივი და რეგიონალური განვითარების ხელშეწყობა;

-დახმარება მდინარის აუზის მომსახურებაში;

-სასოფლო დასახლებული პუნქტებისა და წარმოებების ელექტრიფიკაცია;

-ინვესტიციების ანაზღაურების მცირე ვადა.

-ბუნებრივი ლანდშაფტის შენარჩუნება.

წიაღისეულ საწვავზე მომუშავე ელექტროსადგურებთან შედარებით მცირე ჰიდროენერგეტიკის უპირატესობებს შეიძლება მივაკუთვნოთ: ელექტროენერჯის დაბალი თვითღირებულება და საექსპლუატაციო დანახარჯები, ადჭურვილობის შედარებით იაფი და სწრაფი შეცვლა, ჰეს-ის უფრო ხანგრძლივი ექსპლუატაციის ვადა (100 წლამდე) წყლის რესურსების კომპლექსური გამოყენება (ელექტროენერგეტიკა, წყალმომარაგება, მელიორაცია, წყლის დაცვა, თევზსაშენი მეურნეობა).

დღეს არ არსებობს ყველა ქვეყნისთვის ზოგადად მიღებული მცირე ჰიდროელექტროსადგურის განმარტება. მაგრამ ბევრ ქვეყნებში ასეთი ჰეს-ის ძირითად მახასიათებლად მიღებულია მისი დადგმული სიმძლავრე. მცირე ჰეს-ს, როგორც წესი, მიეკუთვნება ჰეს-ი 10 მგვტ-დე სიმძლავრით (ზოგიერთ ქვეყნებში 50 მგტ-დე).



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მცირე ჰეს (1-10 მგვტ) საინვესტიციო დანახარჯები სხვადასხვა მონაცემებით განვითარებულ ქვეყნებში შეფასებულია \$2000-დან \$7500-დე დადგმული სიმძლავრის 1 კვტ-ზე და საშუალოდ შეადგინა \$4500 1 კვტ-ზე. [1]

ჰიდროენერგეტიკის ექსპლუატაციის და ტექნიკური მომსახურების დანახარჯები შეადგენს საინვესტიციო ღირებულების 1.5-დან 2.5%-დე წელიწადში. შედეგად, დიდი სიმძლავრის ჰეს-სთვის გენერაციის საერთო ღირებულებამ შეიძლება შეადგინოს \$40-დან \$110-მდე 1 კვტ-ზე (საშუალოდ \$80) და მცირე ჰეს-სთვის \$45-დან \$120-მდე 1 კვტ-ზე (საშუალოდ \$85). მცირე ჰიდროენერგეტიკის ტექნიკურ-ეკონომიკური და პროგნოზული მაჩვენებლები მოყვანილია ცხრილში 2.

ჩინეთში მცირე ჰესებს მიეკუთვნებიან 50 მგვტ-დე სიმძლავრის ჰესები ისინი მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ სასოფლო რაიონების ელექტროენერგიით უზრუნველყოფაში: 90 ათასი მცირე ჰიდრო ნაგებობები გამოიმუშავებენ 150 მლრდ კვტ.სთ ელექტროენერგიას 500 მლნ სოფლის მაცხოვრებლებისთვის. მცირე ენერგეტიკის გაფართოვების გეგმების კვალს თუ გავყვებით, მომდევნო წლებში ჩინეთი განახორციელებს მის განსავითარებლად \$16,5 მლრდ ინვესტირებას. შედეგად მაზრების რაოდენობა, რომლებშიც ასეთი ობიექტები აშენდება გაიზრდება 300-დან 782-დე.

ჰიდროენერგეტიკის განვითარებას მნიშვნელოვან ყურადღებას სხვა ქვეყნებიც აქცევენ.

ცხრილი 2. მცირე ჰიდროენერგეტიკის ტექნიკურ-ეკონომიკური და პროგნოზული მაჩვენებლები

ტექნიკური მაჩვენებლები	ჰეს-ის ტიპების საერთაშორისო განსაზღვრა		
	მიკროჰეს (1 მგვტ-მდე)	მკეს (1-10 მგვტ-მდე)	სხვა ჰეს-ბი (>10 მგვტ)
ჰეს-ის კატეგორიები			
ჰიდროტურბინების მქკ (%)	92-დე	92-დე	92-დე
მშენებლობის ვადები (თვე)	6-10	10-18	18-96
ექსპლუატაციის შესაძლო ვადა (წელი)	100-დე		
დადგმული სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტი (%)	40-60 (50)	35-55 (45)	35-55 (45)
გარემოზე ზემოქმედება			
ჩ 2-ის და სხვა სათბურების აირების გამოტყორცნა (კგ/მგვტ.ს)	არ გააჩნია		
ჰეს-ის მშენებლობის ხარჯები (2008 წ-ის ფასებში, \$)			
საინვესტიციო ღირებულება, სამშენებლო სამუშაოების ხარჯების გათვალისწინებით (\$/კვტ)	2500-10000 (5000)	2000-7.500 (4500)	1750-6250 (4000)
ექსპლუატაციის და მომსახურების ხარჯები (ფიქსირებული და ცვალებადი) (\$/კვტ)	50-90 (75)	45-85 (65)	35-85 (60)
მომსახურების ეკონომიკური ვადა (წელი)	30		
წარმოებული ელექტროენერგიის საერთო ღირებულება (\$/მგვტ.სთ)	55-185 (90)	45-120 (85)	40-110 (80)
პროგნოზის პერიოდი	2010 წ.	2020 წ.	2030 წ.
საინვესტიციო ღირებულება, სამშენებლო სამუშაოების ხარჯების გათვალისწინებით (\$/კვტ)	5000 4500 (4000)	4500 4000 (3600)	4000 (3600)
წარმოებული ელექტროენერგიის საერთო ღირებულება (\$/მგვტ.სთ)	90 87 85	87 85 80	73 70
ჰეს-ს ელექტროენერგიის წილი საერთო ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე (%)	16-17	18-20	20-21



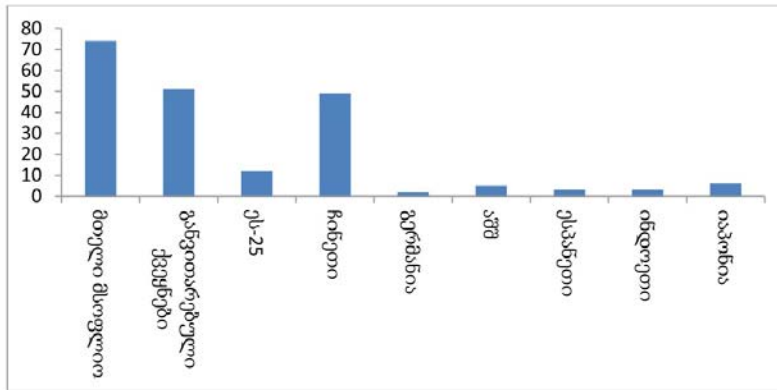
III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



2012 წელს იტალიაში მკვს-ის სიმძლავრე საერთო სიმძლავრეში - 21%, 17% – საფრანგეთში, 16% – ესპანეთში, 2% – პოლონეთში და ჩეხეთში.

მცირე პიდროელექტროსადგურების დანახარჯები მათი პროექტირებისას და მშენებლობის პროცესში ხანდახან აღემატება დიდი ჰეს-ის ერთეულების ხარჯებს. ამასთან, სხვადასხვა მცირე პიდროკვანძების პროექტირებისა და მშენებლობის გამოცდილება იძლევა სვედრითი ღირებულების მნიშვნელოვან შემცირების საშუალებას. ევროკავშირის ქვეყნებში აფართოვებენ მცირე მდინარეების პიდროენერგეტიკული რესურსების გამოყენებას ზემოთ აღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინებით.

ნახაზი 1. მკვს-ის ჯამური სიმძლავრეები მსოფლიოს ქვეყნებში [4]



ცხრილი 3. მკვს-ის განვითარების მიზანშეწონილობის შედარებითი მახასიათებლები

ფაქტორები	უპირატესობები
ეკონომიკური	<ul style="list-style-type: none"> - გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება 2-2.5 ჯერ დაბალია, ვიდრე დიდ ჰესებზე; - არ ითხოვს კაშხლების მშენებლობას და დატბორვის დიდ ფართობებს; - არ ახდენს ნაყოფიერი მიწების ამოღებას სამეურნეო ბრუნვისგან; - მომხმარებელთან სიახლოვე; და - არ საჭიროებს ძვირადღირებული ეგხ-ის გაყვანის აუცილებლობას შორ მანძილზე - მოსახლეობის, მცირე და საშუალო ბიზნესის სახსრების მოზიდვის შესაძლებლობა; - ქმნის ახალი ტერიტორიების ათვისების დამატებით საშუალებებს; - ელექტროენერჯის მიღების უფრო მცირე ვადები.
ტექნიკური და ტექნოლოგიური	<ul style="list-style-type: none"> - არ ითხოვს დიდი ტერიტორიების ტექნიკის გამოყენებას, გზების აშენებას ტექნიკის ტრანსპორტირებისთვის და კაშხლების ასაშენებლად საჭირო მასალებისთვის და ა. შ; - ექსპლუატაციის რეჟიმების რეგულირების სიმარტივე; - მშენებლობისას მცირე სიმძლავრის მქონე სატრანსპორტო საშუალებების გამოყენების შესაძლებლობა.
ეკოლოგიური	<ul style="list-style-type: none"> - დატბორვის ზონების არ არსებობა და ბუნებრივი მიწის ნაკვეთების შენარჩუნება (ეროზიის და დამლაშების გარეშე), ტყეების, ფლორის და ფაუნის; - ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნება; - კომუნალური საჭიროებისთვის და მორწყვისთვის მიწოდებული წყლის ხარისხის შენარჩუნება.
სოციალური	<ul style="list-style-type: none"> - ძირითადი კომუნიკაციებისგან დაშორებული დასახლებების ელექტრიფიკაცია; - ახალი სამუშაო ადგილების შექმნა და ადგილობრივი მუშა ძალის მოზიდვა ახლი წარმოებების ასათვისებლად და მოქმედების უფრო ეფექტურად გამოსაყენებლად; - მოსახლეობის სოციალურ-ყოფითი პირობების გაუმჯობესება. - მცირე ბიზნესის განვითარება.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მცირე ჰიდროენერგეტიკის განვითარების ტემპები და მასშტაბები შესაბამისი ტექნოლოგიების არსებობაზე და ხარისხზე დამოკიდებული, და საბოლოო ჯამში, მიღებული ელექტროენერჯის თვითღირებულებაზე. სწორედ ამ უპირატესობების გამო საქართველოში დაჩქარებული ტემპებით უნდა განვითარდეს მცირე ჰიდროენერგეტიკა. საქართველოში დღეისათვის ენერგოსისტემასთან მიერთებულია და ექსპლუატაციაში იმყოფება ორმოცამდე მცირე ჰესი. მათი ჯამური დადგმული სიმძლავრე დაახლოებით 90 მეგავატს, ხოლო ელექტროენერჯის წლიური საპროექტო გამომუშავება 400 მლნ. კვტს-ს, ფაქტიური კი დაახლოებით 300 მლნ. კვტს-ს შეადგენს. მცირე ჰესების წილი ენერგოსისტემაში მომუშავე ელექტროსადგურების სიმძლავრეში 1.9%-ს, ხოლო ელექტროენერჯის გამომუშავებაში 3.2%-ს შეადგენს. იგივე მაჩვენებლები ჰესებთან მიმართებაში შესაბამისად 3.3 და 3.5%-ია. ეს კი იმაზე მიუთითებს, რომ ბაზისური სიმძლავრეებითა და ელექტროენერჯით დეფიციტურ საქართველოს ენერგოსისტემაში ყველაზე ეფექტურად სწორედ მცირე ჰესები მუშაობენ.

ლიტერატურა

1. დარგის მიმოხილვის მასალების მიხედვით: № 14 ЕБРР, «Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики в странах СНГ»
2. wyaro: ESHA (European small Hyndropower Association)
3. wyaro: WEO, 2012
4. wyaro: REN21, 2008.

SMALL HYDROPOWER DEVELOPMENT TRENDS AND PROSPECTS WORLDWIDE

Kereselidze T.

Georgian Technical University

Summary

Small scale hydropower is free of many negative aspects which are characteristics of large hydropower plants and it is considered as an effective and ecologically reliable option of receiving electricity, especially when dealing with water pipes.

Accordingly, it would be reasonable to promote to the development of renewable sources of energy, especially it is important to enhance the development of small scale hydropower stations, which should be reflected into relevant Laws.

იმერეთის რეგიონში ბუნებრივი წყლების გამოყენების პერსპექტივები

**ქორღანია ი., ვაზირიშვილი-ნოზაძე ძ., მიჩინაშვილი ნ., ბაქალიშვილი ნ., ხათაშვილი ვ.,
 ბახტაძე ვ., ლორია მ. ჯიხვაძე მ.**
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შემოთავაზებულია და დამუშავებულია გეოთერმული თბოსიცივით მომარაგების ენერგო-დამზოვი კომპლექსური სისტემების გამოყენების პერსპექტივები იმერეთის რეგიონის ეროვნული მუდრეობის სხვადასხვა დარგისათვის.

ნაჩვენებია, რომ იმერეთის რეგიონის გეოთერმული წყლების თბური პოტენციალი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს სასოფლო-სამეურნეო ობიექტების, სამრეწველო საწარმოებისა და დასახლებული პუნქტების თბომომარაგებისათვის.

ქვეყნის საკუთარი სათბობი რესურსების სიმწირის გამო განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება თბური ენერჯის ახალი წყაროების გამოვლენას. ამ თვალსაზრისით ფრიად მნიშვნელოვანია შეფასებულ იქნეს მაღალტემპერატურული თერმული წყლების თბური პოტენციალი.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სადღეისოდ, შპს "საქბურგეოთერმის" მიერ იმერეთის რეგიონში გამოვლენილია თერმული წყლები, კერძოდ: ქ.ქუთაისის რაიონში, ხონში, სამტრედიაში, წყალტუბოში, ვანიში, თერჯოლაში, ხარაგაულსა და საჩხერეში. იმერეთის გეოთერმული წყლების ძირითადი აუზების მახასიათებლები მოყვანილია ცხრილში 1.

დღემდე იმერეთში თერმულ წყლებს იღებდნენ 2000-3000 მ სიღრმიდან. სიღრმითი ბურღვის განვითარებასთან ერთად, 3500-4000მ-დან, უნდა ველოდოთ მაღალტემპერატურული თერმული წყლების მნიშვნელოვან ზრდას.

ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით იმერეთის რეგიონში არსებული თერმული წყლები მიეკუთვნებიან სულფატურ-ქლორიდულ-კალციუმისა და ჰიდროკარბონატულ-ნატრიუმის ტიპებს [3].

ცხრილი 1

იმერეთის გეოთერმული წყლების ძირითადი აუზების მახასიათებლები

	აუზის დასახელება	აუზის ფართობი, კმ ²	თერმული წყლის პროგნოზული დებიტი, 10 ³ მ ³ /დღ.-დამ.	დამტკიცებული მარაგები 10 ³ მ ³ /დღ.-დამ.	თერმული წყლის ტემპერატურა, °C
1.	ქუთაისი	2000	20	12	45
2.	წყალტუბო	1650	30	22	37
3.	ვანი	1540	25	19	27
4.	ხონი	1230	15	11	52
5.	სამტრედია	1100	20	7	60
6.	თერჯოლა	750	8	5	43
7.	ხარაგაული	1350	18	11	57
8.	საჩხერე	1115	9	5	39

აირადი შემადგენლობის მიხედვით ამ რეგიონის თერმული წყლები ძირითადად აზოტურია, აზოტურ-მეთანურია და მეთანურია. ზოგან, მცირე რაოდენობით ვლინდება აგრეთვე ნახშირორჟანგი. რეგიონის თერმული წყლები შეიცავენ აგრეთვე მიკროკომპონენტებს: იოდს, ბრომს, ბორს და სხვ., რომლებიც ტემპერატურასთან, აირად შემადგენლობასთან და მცირე რადიოაქტიურობასთან ერთად განსაზღვრავენ მათ სამკურნალო ხასიათს (მაგალითად: წყალტუბო და სამტრედია). მთლიანობაში, იმერეთის თერმული წყლები ხასიათდებიან დაბალი მინერალიზაციით. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო-გეოლოგიის სექტორის მონაცემებით, თერმული წყლები, რომელთა მინერალიზაცია ნაკლებია 1 გ/ლ-ზე, შეადგენს რეგიონის თერმული წყაროების ნახევარზე მეტს, რაც აადვილებს მათ პრაქტიკულ გამოყენებას. უმეტესწილად, მათი საერთო მინერალიზაციის ხარისხი მერყეობს 0,4-2,2 გ/ლ ფარგლებში.

ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ მართალია რეგიონში არსებული თერმული წყლების უმეტესობა არ ხასიათდება მაღალი მინერალიზაციით და გაზშემცველობით, მაგრამ სამაგიეროდ ისინი შეიცავენ აქტიურ ელემენტებს, რაც იწვევს მილსადენების შიგა ზედაპირებზე მარილების დალექვას და მათ კოროზიას. ყოველივე ეს კი უარყოფით გავლენას ახდენს საცირკულაციო სისტემის ჰიდრაულიკურ და თბურ რეჟიმებზე. იმერეთის რეგიონში არსებული თერმული წყლების სამრეწველო ათვისებისათვის აუცილებელია, რომ ფართოდ იქნეს გამოყენებული წყლის დარბილების ამჟამად არსებული მეთოდები, ან დამუშავდეს მათი გაწმენდის უფრო ეფექტური ხერხები.

2014 წლის მონაცემების მიხედვით იმერეთის რეგიონში მოხმარებული თერმული წყლების 60% მოდის კომუნალურ საჭიროებებზე – გათბობასა და ცხელი წყალმომარაგებაზე, მრეწველობაზე და სოფლის მეურნეობაზე მოდის შესაბამისად – 15% და 25%. თერმული წყლების საერთო თბური პოტენციალი, მისი არც თუ დიდი მოხმარების პირობებში, დაახლოებით შეადგენს 426 ათას გკალ/წლ-ში, რაც წელიწადში 105 ათასი ტ.პ.ს.-ის მოხმარების ექვივალენტურია.



გეოთერმული წყლების გამოყენების პრობლემები

იმერეთის რეგიონში თერმული წყლების გამოყენების სფეროების გაფართოება ძირითადად შეფერხებულია საბადოების ექსპლუატაციისა და ამ წყლების რესურსების ეფექტურად მოხმარების საკითხების არასრულყოფილი შესწავლის გამო. მაგალითად: დიდი საბადოების უმეტესობის ექსპლუატაცია მიმდინარეობს ერთეული საძიებო ჭაბურღილებით; არც ერთ ექსპლუატირებულ საბადოზე არ ტარდება ამ რესურსების გამოფიტვისაგან დაცვის ღონისძიებები; ბევრ შემთხვევაში 40°-იანი თერმული წყალი იღვრება წყალსაცავებში, რაც იწვევს ზედაპირული წყლების თბურ გაბინძურებას [2,3].

ბოლო პერიოდში სოფლის მეურნეობის სხვადასხვა დარგში შეინიშნება თერმული წყლების გამოყენების გაუმჯობესების ტენდენცია. შესაბამისი გაანგარიშებიდან ჩანს, რომ სამტრედიის მარტო ამჟამად არსებული ჭაბურღილების ბაზაზე შესაძლებელია შეიქმნას 10 ათას ტონიანი ტევადობის ხილისა და ბოსტნეულის საცავი, თუმცა თერმული წყლების ძირითად მომხმარებლებად სოფლის მეურნეობაში მაინც რჩებიან მეფრინველეობის ფაბრიკები, სათევზე მეურნეობები, კვების პროდუქტების პირველადი გადამუშავების საწარმოები და სხვ.

თერმული წყლების გამოყენების ეფექტურობა დამოკიდებულია რამოდენიმე ფაქტორზე. ესენია: ტექნიკური, ეკონომიკური და ეკოლოგიური. ტექნიკური ფაქტორებია – თბური ენერჯის მაქსიმალური ართმევა სხვადასხვა სახის მომხმარებლებისა და თბომომარაგების სქემების გამოყენებით, აგრეთვე არსებული ჭაბურღილების რაციონალური გამოყენება და ახალი ჭაბურღილების ათვისება. ეკონომიკური ფაქტორებია – ჭაბურღილების ბურღვის ღირებულება, თბოსიცივით მომარაგების სისტემებზე განხორციელებული ინვესტიციები, რეგიონის ეკონომიკის განვითარების სპეციფიკა და მისი საერთო ენერგეტიკული მახასიათებლები. ეკოლოგიური ფაქტორებია – გარემოს თბური გაბინძურება, რომლის თავიდან აცილების მიზნით აუცილებელია ნამუშევარი თერმული წყლების რეინექციის საკითხების დამუშავება და გადაწყვეტა.

ამჟამად, სამტრედიის, წყალტუბოსა და ვანის მაღალდებიტიანი გეოთერმულ ჭაბურღილებს შესაძლებელია დაემატოს რამოდენიმე პერსპექტიული ჭაბურღილი, თუმცა მომხმარებლების სიმცირის გამო ფაქტიურად გამოიყენება არსებული რესურსების მხოლოდ 50%. გარდა ამისა, არის ბევრი უმოქმედო ჭაბურღილი, რომელთა სამრეწველო ათვისებას ჯერ-ჯერობით ვერ ხერხდება.

გეოთერმული წყლების გამოყენების პერსპექტივები

პერსპექტივაში იმერეთის გეოთერმული წყლების თბური პოტენციალი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს სასოფლო-სამეურნეო ობიექტების, სამრეწველო საწარმოების და დასახლებული პუნქტების თბომომარაგებისათვის.

“საქბურგეოთერმის” მიერ განსაზღვრულია იმერეთში 2015-2025 წლებში გეოთერმული თბომომარაგების განვითარების მასშტაბები (ცხრილი 2).

გეოთერმული პოტენციალის სრულად ათვისების მიზნით აუცილებელია გადაწყდეს ნამუშევარი თერმული წყლების რეინექციის, ჭაბურღილების უფრო სიღრმული ათვისებისა და მათი ექსპლუატაციის საათების რიცხვის გაზრდის საკითხები. გეოთერმული წყლების გამოყენება უნდა ხორციელდებოდეს მათი თბური პოტენციალის, აგრეთვე ქიმიური და აირადი შემადგენლობის გათვალისწინებით და კოროზიულ არგესიულობაზე გამოცდების შედეგების მიხედვით.

თერმული წყლების რაციონალური და კომპლექსური გამოყენების მიზნით აუცილებელია, რომ შემუშავდეს ჭაბურღილებთან ახლოს სათბურების, მეფრინველეობის ფერმების, ხორბლის, ხილისა და ბოსტნეულის საშრობების, კომუნალური და ადგილობრივი სამრეწველო საწარმოების შექმნის ღონისძიებები. მეთევზეობის განვითარების მიზნით ნამუშევარი თერმული წყლების ბაზაზე მიზანშეწონილია დიდი წყალსაცავების შექმნა.



ცხრილი 2

იმერეთის რეგიონში 2015-2025 წლებში გეოთერმული თბომომარაგების გამოყენების პერსპექტივები

მახასიათებლები	2015	2020	2025
სიმძლავრე, 10 ³ კკაღ/სთ	0,7	0,85	1,21
გამომუშავებული თბური ენერჯია, 10 ⁶ კკაღ/წლ	4,4	5,2	6,3
ორგანული სათბობის ეკონომია, 10 ³ ტ.პ.ს./წლ	430	550	600

მიზანშეწონილია აგრეთვე მაღალტემპერატურული (ტ=50±100°ჩ) თერმული წყლების გამოყენება შემდგომი გადახურების მეთოდის საფუძველზე თბოელექტროსადგურში ელექტროენერჯიის მისაღებად.

გეოთერმული წყლების გამოყენების ეკოლოგიური ასპექტები

იმერეთში “საქურგეოთერმიის” გარდა, თერმული წყლების ექსპლუატაციას ეწევიან აგრეთვე სხვა არასპეციალიზებული უწყებებიც. უკონტროლო ექსპლუატაციამ კი შესაძლებელია გამოიწვიოს საბადოების გამოფიტვა და გარემოს მკვეთრი გაბინძურება.

რეგიონის თერმული წყლებიდან ზოგიერთი აუზის წყალი გამოირჩევა მაღალი აგრესიულობით. თბომომარაგების სისტემებში ასეთი წყლების გამოყენებისას ლითონის მიღების შიგა კედლებზე, ვენტილებზე და ჩამკეტებზე წარმოიქმნება დიდი ოდენობის დანალექები, რაც იწვევს მთელი სისტემის დაზიანებას. ამრიგად, მარილების დანალექებისა და კოროზიის პრობლემების გადაწყვეტას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს გეოთერმული რესურსების გამოყენებისას.

საქართველოში დამუშავებულია და პრაქტიკაში დანერგილია კოაგულანტი, რომლის გამოყენებითაც (დასამუშავებელი წყლის მასის 0,3-0,5% ოდენობით) შესაძლებელია მაღალი სიხისტის წყლის თითქმის სრული დარბილება, მისი დეზაქტივაცია (გაწმენდა რადიუმისაგან და რადონისაგან) და ამის შედეგად თბომომარაგების სისტემების კოროზიის თავიდან აცილება. კოაგულანტის გამოყენების ტექნოლოგია მოიცავს – მის შეყვანას დასამუშავებელ თერმულ წყალში, არევას და დალექვას. შესაბამისი ფილტრის გაფლის შემდეგ დამუშავებული თერმული წყალი მიეწოდება მომხმარებელს. ეს მეთოდი იძლევა არსებით ეკონომიკურ ეფექტს. ასე მაგალითად, თუ 1 ტონა გეოთერმული წყლის დარბილება სხვა ცნობილი მეთოდებით ჯდება 4\$, ამ მეთოდის გამოყენებით ღირს – 1,5\$. აღწერილი მეთოდი დანერგილია და წარმატებით გამოიყენება სამტრედიის ერთ-ერთ სასათბურე კომბინატში [1,2].

ნამუშევარი თერმული წყლების ჩადვრა ღია წყალსაცავებში (მდინარეები, ტბები და ა.შ.) მავნებელია და აკრძალულია გარემოს დაცვის წესების მიხედვით. ამ შემთხვევაში ყველაზე დიდ საფრთხეს წარმოადგენს ის ნამუშევარი წყლები, რომლებშიც ფენოლების ოდენობა აღემატება 0,001 მგ/ლ-ზე. თერმული წყლების ფენოლებისაგან გაწმენდის ამჟამად არსებული მეთოდები ეკონომიკური თვალსაზრისით მიუღებელია.

ქართველი სპეციალისტების მიერ დამუშავებულია სპეციალური აპარატი-აერატორი, რომელიც ეფექტურად გამოიყენება თერმული წყლების ფენოლებისაგან გაწმენდისას.

გეოთერმული წყლები, რომელთა მინერალიზაცია არ აღემატება 10 გ/ლ-ზე და პასუხობენ სასმელი წყლის მოთხოვნებს, თბომომარაგების სქემებში შესაძლებელია გამოყენებულ იყოს უშუალოდ პირველ კონტურში. თუ გეოთერმული წყლები არ პასუხობენ ზემოთ ჩამოთვლილ მოთხოვნებს, მაგრამ ამასთან ფლობენ დიდ თბურ პოტენციალს, მაშინ მათი გამოყენება თბომომარაგების სისტემებში შესაძლებელია შუალედური კონტურის საშუალებით.

ამრიგად, იმერეთის რეგიონის გეოთერმული რესურსების შესწავლისა და გამო-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ყენების ძირითადი მიმართულებებია:

- იმერეთის ეკონომიკაში გეოთერმული წყლების კომპლექსური და რაციონალური გამოყენების გენერალური გეგმისა და პროგრამის დამუშავება;
- მაღალტემპერატურული (100°ჩ-ზე მეტი) თერმული წყლების გამოვლენის მიზნით პერსპექტიულ უბნებზე საძიებო სამუშაოების გაფართოება და სიღრმული ბურღვის (3500-4000მ) ინტენსიურად გამოყენება;
- გარემოდაცვითი ღონისძიებების განხორციელება.

ლიტერატურა

1. ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., მირიანაშვილი ნ., გედევანიშვილი თ. სორბენტის ხსნარსა და ჰაერის ნაკადს შორის თბომასაგადაცემის პროცესის გამოკვლევა//ინტელექტი. თბილისი, 2009. №2(34), გვ. 60-62.
2. ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., მირიანაშვილი ნ., გედევანიშვილი თ. მეურნეობის სხვადასხვა დარგის თბოსიცივით მომარაგების ახალი კომპლექსური სისტემების დამუშავება გეოთერმული ენერჯის გამოყენებით//ენერჯია. თბილისი, 2010. №1(53), გვ. 36-43.
3. ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., მირიანაშვილი ნ., გედევანიშვილი თ. საყოფაცხოვრებო-კომუნალური სექტორის თბოსიცივით მომარაგება გეოთერმული წყლების ბაზაზე//ენერჯია. თბილისი, 2010. №1(53), გვ. 44-48.

PROSPECTS FOR THE USE OF GEOTHERMAL WATERS IN IMERETI REGION.
Q Zhordania I., Vezirishvili-Nozadze K., Mirianashvili N., Grdzlishvili N., Khatashvili V., Bakhtadze V., Loria M., Jikhvadze M.,
Georgian Technical University.

Summary

Prospects for the use of energy-saving complex systems of geothermal heat - and cold supply for different sectors of a national economy of Imereti region are offered and developed.

It is shown, that in the long term the thermal potential of geothermal waters of Imereti region can be used for a heat supply of agriculture objects, industrial enterprises and settlements.

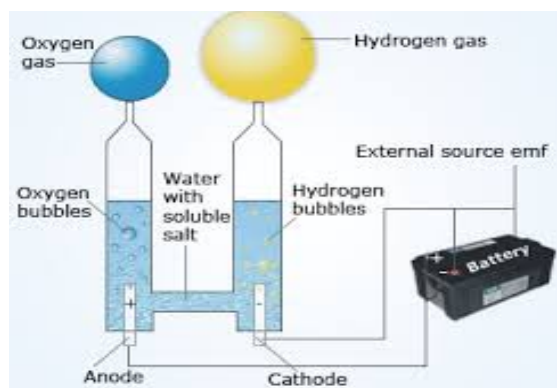
წყალბადი - მომავლის ენერგეტიკული რესურსი

კუპლაშვილი ბ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მსოფლიოში გაზრდილია ინტერესი განახლებადი და არატრადიციული ენერჯის წყაროების მიღებისა და გამოყენების ტექნოლოგიების მიმართ. დღესდღეობით ბევრ განვითარებულ ქვეყანაში წყალბადს ხედავენ არამარტო იმ გამოყენების არეალში როგორც ჩვენ ყოველდღიურობაში ვხდებით მას, არამედ წყალბადი წარმოუდგენიათ უშირეც სამომავლო ენერგეტიკულ რესურსად. იმის ფონზე რომ კატასტროფულად გაუარესებულია მსოფლიოს ეკოლოგიური მდგომარეობა და ტრადიციული რესურსების არსებული მარაგები იწურება, მაცდურად გამოიყურება ის საკითხი, რომ წყალბადი გამოყენებული შეიძლება იყოს როგორც ენერჯია ტრანსპორტისთვის, საცხოვრებელი სახლების გასათბობად ან მისი ენერჯია გარდაქმნილი იქნას სხვა ენერჯიად (მაგალითად ელექტროენერჯიად) და რაც მთავარია ეს ენერჯია იქნება ეკოლოგიურად “სუფთა” ენერჯია. ყველაზე მიმზიდველი და მარტივი მეთოდი წყალბადის მისაღებად არის წყლის ელექტროლიზი. დამწვარი (აფეთქებული) წყალბადით ისევ წყლის მოლეკულები მიიღება, გამოდის რომ გვექნება ენერჯია რომელიც პრაქტიკულად არასდროს დაიღვეა.

შევხედოთ მზეს და სხვა ვარსკვლავებს, მათზე მილიონობით წელია მიმდინარეობს თერმობირთვული რეაქცია. მზეზე რეაქცია მიმდინარეობს მილიარდობით წელიწადია, სტაბილურად და მოაქვს სითბო და სიცოცხლე. ჩვენ უკვე გვაქვს გამოგონებული წყალბადის ბომბი, რომლის უზარმაზარი და საშიში ენერჯია რამოდენიმე წამში გამოიყოფა და დამანგრეველია. ჩვენ გვჭირდება წყალბადის ენერჯის იმ დროს და იმ რაოდენ-



ნახ. 1. წყლის ელექტროლიზი



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



თხვეადება დაბალი ტემპერატურისა და მაღალი წნევის პირობებში და შენახვა ლითონის ჭურჭელში. საჭიროების შემთხვევაში, მისი გარკვეული რაოდენობა ტემპერატურის აწევით ან წნევის შემცირებით შეგვიძლია კვლავ გადავიყვანოთ აირში და გამოვიყენოთ. დაბალტემპერატურიანი შენახვა უფრო უსაფრთხოა, რადგან გათხვეადებულ მდგომარეობაში წყალბადის მოლეკულებს შორის არსებული შეჭიდულობის ძალა ხელს უშლის ცალკეული ნაწილაკების შეღწევას ლითონის კედლებში. მაგრამ აქ პრობლემა ჩნდება იმ ენერგოდანახარჯებთან დაკავშირებით, რომელიც საჭიროა ჭურჭლის ხანგრძლივად დაბალ ტემპერატურაზე შესანახად. ყველაზე უფრო საინტერესო და უსაფრთხო წესია წყალბადის შენახვა და ტრანსპორტირება მისი სხვადასხვა ნივთიერების კრისტალურ მესერში შეყვანის გზით. წყალბადის ატომები, თავისი მცირე ზომის გამო, სხვა ატომებთან შედარებით ბევრად უფრო ადვილად ახერხებს ლითონის მასალებში შეღწევას და იქ ჩამაგრებას. ხატოვნად რომ ვთქვათ, ლითონის ნაჭერი ისევე იქვინთება წყალბადით, როგორც საბანაო ღრუბელი-წყლით. მართალია, ამ დროს ჩამჭერი ლითონის ფიზიკური თვისებები იცვლება (მაგალითად, სარკისებრი ამრეკლავი ლითონური მდგომარეობიდან ის შეიძლება გადავიდეს იზოლატორის ან ნახევარგამტარის მდგომარეობაში და გახდეს გამჭირვალე), მაგრამ მთავარი ის არის, რომ ლითონის მიერ შესრუტული წყალბადი აქ ყველაზე უფრო უსაფრთხო მდგომარეობაშია და შესაძლებელია ის გამოვიყენოთ მოძრავ დანადგარებზე (მაგალითად, ავტომანქანის შიდაწვის ძრავის საწვავად), ასევე უძრავ დანადგარებზე (ჭარბი ელექტროენერჯის მარაგის შესანახავად). წყალბადის ატომების გამოთავისუფლება და ლითონის “გალიდან” გამოსვლა ხერხდება ისევე და ისევე ტემპერატურის ცვლილებით. დაბალ ტემპერატურაზე შესაძლებელია წყალბადის ჩატერა, ხოლო შემდგომში გათბობისას – თანდათანობით გამოშვება. ამ მეთოდსაც თან სდევს ერთი არსებითი სირთულე - ეს არის ამჟამად გამოყენებული ჩამჭერი ლითონური მასალების დიდი წონა, რაც იწვევს მთელი მოძრავი კონსტრუქციის საგრძნობ დამძიმებას. ჩამჭერ კონტეინერებში შენახული საწვავის წონა არ აღემატება კონტეინერის წონის ერთ პროცენტს, როცა ყველა გამოთვლით სასურველი ოპტიმალური რეჟიმი მიიღწევა, როცა ეს თანაფარდობა 7-დან 10%-მდე გაიზრდება. ამიტომ აუცილებელია, რომ ჩამჭერი კონტეინერის მასალა რაც შეიძლება მსუბუქი იყოს, რათა ამგვარი ენერგობალონების მობილურობა და ეფექტიანობა ეკონომიურადაც გამართლებული გახდეს. ამჟამად ფართოდ გავრცელებულია ტექნოლოგია, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მსუბუქი ლითონების წყალბადთან ბმული კომპლექტები შევქმნათ კატალიზატორის მეშვეობით, ხოლო შემდეგ, ისევე ტემპერატურის გაზრდით, გამოვიწვიოთ მათი დაშლა და თავისუფალი წყალბადის გამოყოფა. განსაკუთრებით საინტერესოა ამ მხრივ უახლესი გამოკვლევები, რომლებშიც წყალბადის შესანახავად გამოიყენება ლითონის მინარევების მქონე მაკრომოლეკულების მიკროფოროვანი სტრუქტურები. ინტესიური გამოკვლევის სტადიაშია აგრეთვე წყალბადის შემნახველ პერსპექტიულ მასალად ნახშირბადის ნანომილაკებისა და სხვა ნანოსტრუქტურების გამოყენება. შემდეგ მიღებული და აკუმულირებული წყალბადის გამოყენება ყველასთვის ადვილია.

წყალბადის ენერგეტიკის უპირატესობა არსებულთან შედარებით კოლოსალურია. ტექნოლოგიურად ძალიან ხელსაყრელია, წყალბადი უნებელი გაზია და პრაქტიკულად გარემოს არ აბინძურებს. ამასთან სატრანსპორტო საშუალებები რომლებიც წყალბადზე მუშაობს უხმაუროა. აღნიშნულ უპირატესობათა გამო, უკვე 90-იანი წლებიდან საერთაშორისო სანავთობო და საავტომობილო კომპანიები წყალბადს განიხილავენ როგორც “მეორე ნავთობს”. უკვე 1992 წელს კანადის ქალაქ ვანკუვერში გამოჩნდა პირველი ავტობუსი, რომელიც წყალბადზე მუშაობდა. ავტობუსის ძრავის სიმძლავრე შეადგენდა 150 კილოვატს, ანუ 15-ჯერ მეტს, ვიდრე ამას წყალბადის ძრავისაგან მოელოდნენ. ამის



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



შემდეგ კომპანიამ თანამშრომლობა განაგრძო “დაიმლერ-ბენცთან”, რომელიც საავტომობილო გიგანტს წარმოადგენს. მათ საექსპერიმენტო პოლიგონად ისლანდია აირჩიეს. წყალბადს იყენებენ კოსმოსური ხომალდების საწვავად, მაგალითად “შატლის” საწვავად. ბევრი ამერიკული საავტომობილო კომპანია 90-იანი წლებიდან აქტიურად მუშაობს ავტომობილებში წყალბადის ენერჯის გამოყენების დახვეწისაკენ, ესენია : ჩჰვეროლექ, ოდგე, ორდ. 1999 – დან ჭ-ემ გამოიყვანა საჩვენებელი მოდელი ჭ 750 ჰლ, 140 ლიტრიანი თხევადი საწვავის ავზით. 200კმ/სთ მაქსიმალური სიჩქარე, ამ მოდელს შეეძლო 350 კმ-ის გავლა. რობოტიზირებული სადგური, რომელსაც უნდა შეეგოს მანქანის ავზი თხევადი წყალბადით, ააშენეს 1999 წელს მიუნხენში, აეროპორტთან ახლოს. ასევე “ტოიოტა” უკვე უშვებს ავტომობილებს, რომლის საბაზრო ღირებულებაა 75 ათასი დოლარი. მათი თხევადი წყალბადით შესავსები სადგურები აშენებულია ტოკიოში. მსოფლიო მაშტაბით წყალბადის საწვავის პრაქტიკული გამოყენებისთვის თითქმის ყველა საკვანძო პრობლემა მოგვარებულია, მაგრამ რჩება მთავარი - ეკონომიკური სარგებლობა, ჯერჯერობით წყალბადის საწვავი ბენზინთან კონკურენციას ვერ უძლებს ფასის გამო. მარცხის მთავარი მიზეზია წყალბადის კონტეინერების მასალის სიძვირე და სიმძიმე. დღესდღეობით მიმდინარეობს აქტიური კვლევა-ძიება გამოსადეგი მასალების, რომ შევძლოთ წყალბადის კონტეინერი უფრო დაბალღირებულადი და გაცილებით მსუბუქი მასალისგან დამზადდეს.

წყალბადის ენერგეტიკის გამოყენების სამომავლო პერსპექტივები დიდ იმედებს იძლევა. თუ მიზანმიმართული და გონივრული სამუშაოები განხორციელდება ამ მიმართულებით, შესაძლებელი იქნება იაფი, სუფთა და ადვილად ხელმისაწვდომი ენერჯის დიდი მოცულობის მიღება. უნდა ვეცადოთ, რომ წყალბადის ენერგეტიკა ახალი ენერგეტიკული ერის დაწყებას მოასწავებს, რეალობად იქცეს ჩვენი ქვეყნისთვისაც, მითუმეტეს საქართველოში გვაქვს წყალბადის აკუმულაციაზე მუშაობის დიდი გამოცდილება.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ჩომახიძე დემური, საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოება, 2003 – 545
2. კოტორიშვილი ე. „განახლებადი ენერჯო რესურსების გამოყენების ეფექტურობა საქართველოში“ თბილისი, 2014 – 143 გვ.
3. Варшавский И.Л. Энергоаккумулирующие вещества и некоторые принципы их использования для транспорта, энергетики и промышленности, 1970 - 51 гв.
4. <http://chemistry-chaba.blogspot.com/2012/03/blog-post.html>
5. <http://www.24saati.ge/weekend/story/17845-tsyalbadis-energetika-da-tanamedrove-teqnologiuri-gamotsvevebi>
6. <http://informsoc.org/ka/journal/ecology/70-2009-08-19-17-05-02>
7. http://informsoc.org/index.php?option=com_content&view=article&id=70:2009-08-19-17-05-02&catid=53:ecology&Itemid=188&lang=ka&limitstart=1
8. http://www.mamok.mesi.ru/busines_club_analitics_energy_ru.htm
9. http://www.businessweek.com/common_frames/gb.htm?/2000/00_38/b3699304.htm

HYDROGEN ENERGY FUTURE

Kublashvili G.

Akaki Tsereteli State University

Summary

Interest towards generation of and using renewable and nontraditional energy sources and their technologies has been increased throughout the world. At present, in many developed countries, hydrogen is considered not only for such an application field, in which we encounter it in everydayness, but hydrogen is also considered an inexhaustible energy resource. Against the backgrounds of environmental degradation in the world and reducing existing reserves of traditional resources, the issue that hydrogen can be used as energy for transport, heating dwelling houses, or its energy may be converted into another energy (for example, into electric power) looks alluring, and, this being the most important, this energy will be pollution-free energy. The most attractive and simple method for hydrogen generation is water electrolysis. By using incinerated (detonated) hydrogen, there are obtained water molecules again, and it appears that we will have energy, which will never exhaust.



3

საინფორმაციო ტექნოლოგიები ენერგეტიკასა და ტელეკომუნიკაციებში INFORMATION TECHNOLOGY IN POWER INDUSTRY AND TELECOMMUNICATION





III სავაჭრო-სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE





III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნივთების ინტერნეტში მფრინავი სისტემების გამოყენების თავისებურებები

ბურბაძე ტ., ცაჭიჭინიძე ი.ვ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

განიხილება კვლევები მფრინავი სენსორული ქსელების (მსქ) სფეროში, ქსელის მოდელის სტრუქტურა ასეთი ქსელებისათვის და მფრინავი სენსორული ქსელების ტესტირების სახეობები. წარმოდგენილია ახალი კლასის სისტემები - ნივთების ინტერნეტი (IoT), რომელშიც ობიექტებს შეუძლიათ გადაადგილება სამგანზომილებიან სივრცეში. მოცემულია მფრინავი ინტერნეტ ნივთების გამოყენების შესაძლებლობები საგანგებო სიტუაციის (სს) კატასტროფულ ფაზამდე, ფაზის დროს და შემდგომ. ფორმულირდება ზოგიერთი ინტერნეტ ნივთების ქცევის რაციონალიზაციის პრობლემები, სხვა ინტერნეტ ნივთებისაგან მიღებული მონაცემებით.

ბოლო დროს, არსებულ ქსელებს შორის დანერგვის მოცულობით და შეთავაზებული მომსახურებებით, მნიშვნელოვან ადგილს იკავებენ ყველგან შეღწევადი სენსორული ქსელები **USN (Ubiquitous Sensor Networks)**. წარმოიშვა მფრინავი სენსორული ქსელების შექმნისა და მიზანშეწონილობის საკითხი, რომელთა დანიშნულებაც გახდება მიწისპირა სენსორული ველებიდან მონაცემთა შეგროვება და მათი შრომისუნარიანობის მხარდაჭერა. ასეთი ქსელები მოცემული იყო [1], სადაც განხილული იყო არაიერარქიული მფრინავი სენსორული ქსელები, ერთი ან მრავალი საერთო სარგებლობის **უპილოტო მფრინავი აპარატით (სს უმა)**, რომლებიც დაფრინავენ დაახლოებით ერთდამივსე სიბრტყეში. მიწისზედა ქსელზე ასევე განლაგებული იყო 1-დან m -მდე სენსორული ველი. ბოლო წლებში რთულად მიღწევადი რაიონების [2] კავშირით უზრუნველსაყოფად ან სამხედრო მიზნებისთვის შეთავაზებული იყო მაღლივი სატელეკომუნიკაციო პლატფორმების (**High Altitude Platform, HAP**) ახალი თაობა: მიმავრებული აეროსტატები, რომლებიც მიწისზედა ინფრასტრუქტურასთან დაკავშირებული არაიან მაღალსიხქარიანი კაბელით (არხით).

ასეთი გადაწყვეტა საკმაოდ დიდ ტერიტორიაზე მომხმარებელთა სეტელეფონო კავშირით, მონაცემთა გადაცემის და ვიდეო დაკვირვებით უზრუნველყოფის საშუალებას იძლევა, თუმცა არ შეუძლია ინფორმაციის შეგროვება ამ ტერიტორიაზე განთავსებული სენსორული ველებიდან. უპილოტო მფრინავი აპარატების ფრენის შეზღუდული დროის გათვალისწინებით, ბუნებრივად დადგა მაღლივი სატელეკომუნიკაციო პლატფორმებისა და მფრინავი სენსორული ქსელების კონვერგენციის ამოცანა. ასე შეიქმნა იერარქიული მფრინავი სენსორული ქსელების სტრუქტურა, რომლის უმარტივესი ვარიანტი გამოსახულია ნახ. 1-ზე.

ძირითადად უპილოტო მფრინავი აპარატები გამოყენებულები იქნებიან დედამიწის ზედაპირთან უახლოეს და ზოგიერთ შემთხვევაში ერთადერთ მფრინავ სეგმენტად, თუმცა მათ გააჩნიათ ფრენის ხანგძლივობის საკმაოდ შეზღუდული შესაძლებლობები. ამიტომ მონაცემთა შეგროვების რაციონალური მარშრუტის შერჩევა პირველი რიგის ამოცანას წარმოადგენს.

მფრინავი სენსორული ქსელების მართვის ამოცანათა კიდევ ერთ, საკმაოდ დიდ ჯგუფს წარმოადგენს, სენსორული კვანძების განლაგება უპილოტო მფრინავ აპარატიან სენსორულ ველებზე, მათი დახმარებით მიწისზედა ქსელის კვანძების შეცვლა ან/და დამუხტვა.

მფრინავი სენსორული ქსელების პრაქტიკულად დანერგვის უზრუნველსაყოფად, ისევე, როგორც კავშირის სხვა ქსელების, მიზანშეწონილია ქსელის მოდელის შექმნა შესაბამისობათა და თავსებადობის ტესტირებისთვის [3].

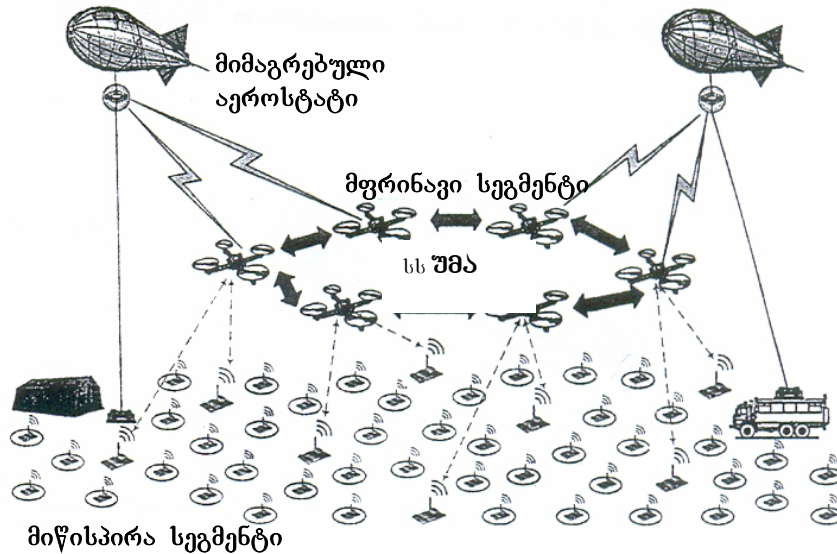
უახლოეს მომავალში სააბონენტო მოწყობილობათა რიცხვში, რომლებიც აქტიუ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

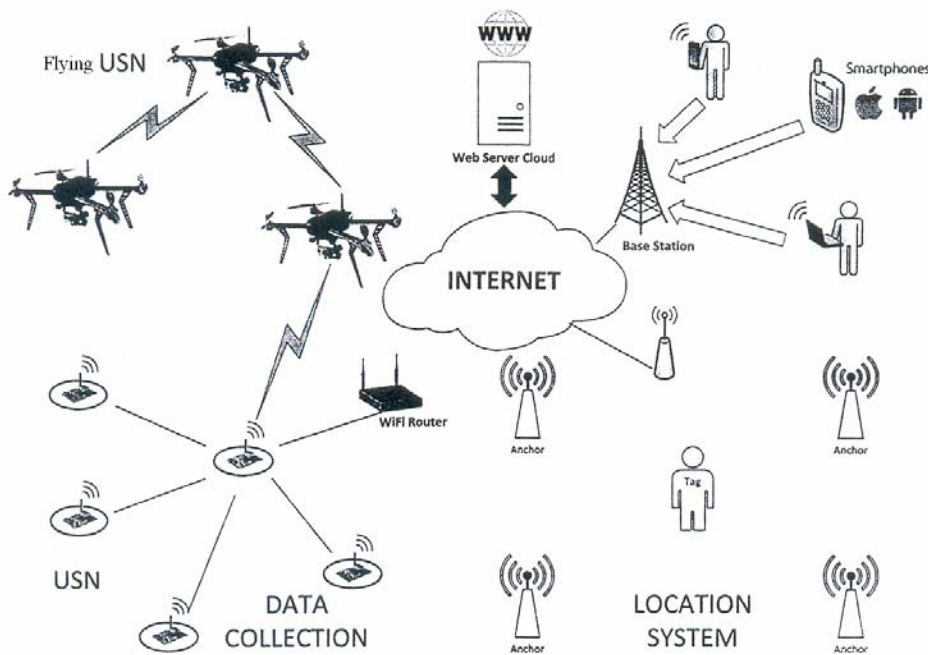


რად ურთიერთქმედებენ ერთიან კონვერგენტულ ინფოსაკომუნიკაციო გარემოში, რომლის ფორმირებაც მიმდინარეობს, გარდა ადამიანი-მანქანა სისტემებისა და მანქანა სისტემებისა, სულ უფრო ხშირად დაიწყება ნივთების ინტერნეტის (IoT) სისტემების გამოყენება.



ნახ. 1. იერარქიული მფრინავი სენსორული ქსელი

არსებობს ადამიანი-მანქანის და მანქანების სისტემების ნივთების ინტერნეტის სისტემებად ტრანსფორმირების მყარი ტენდენცია და ახლო მომავალში ნივთების ინტერნეტი ერთიანად მოიცავს კონვერგენტულ ინფოსაკომუნიკაციო გარემოს (კისგ), რომლის ფორმირებაც მიმდინარეობს. ვინაიდან სენსორული მფრინავი ქსელები ნივთების ინტერნეტის ერთ-ერთი მდგენელი არიან, ასეთი ქსელის მოდელის სტრუქტურა მოცემულია ნახ. 2.



ნახ. 2. სამოდულო ქსელი გადაწყვეტილებების პრაქტიკული შემოღებისთვის ნივთების ინტერნეტისთვის



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მფრინავი სენსორული ქსელის ტესტირებისთვის, ტესტირების ტრადიციული სახეობების გარდა, ისეთების როგორც არის შესაბამისობა და ა.შ. ემატება ორი ახალი სახეობა – დაყოვნებებთან ტოლერანტობისა და ლეგიტიმურობის ტესტირება. უპილოტო მფრინავი აპარატების სენსორული ველის თავზე ყოფნის მომენტში პირველი სახის ტესტირების დროს ინფორმაციის აღების გარდა, შეიძლება ჩატარდეს მიწისზედა სეგმენტისა ან მისი ნაწილის ტესტირება ნარჩენი ენერჯის პარამეტრების მიხედვით. ტესტირების ასეთ სახეს, ქსელებთან ანალოგიაში, უწოდეს დაყოვნებებთან ტოლერანტული ტესტირება.

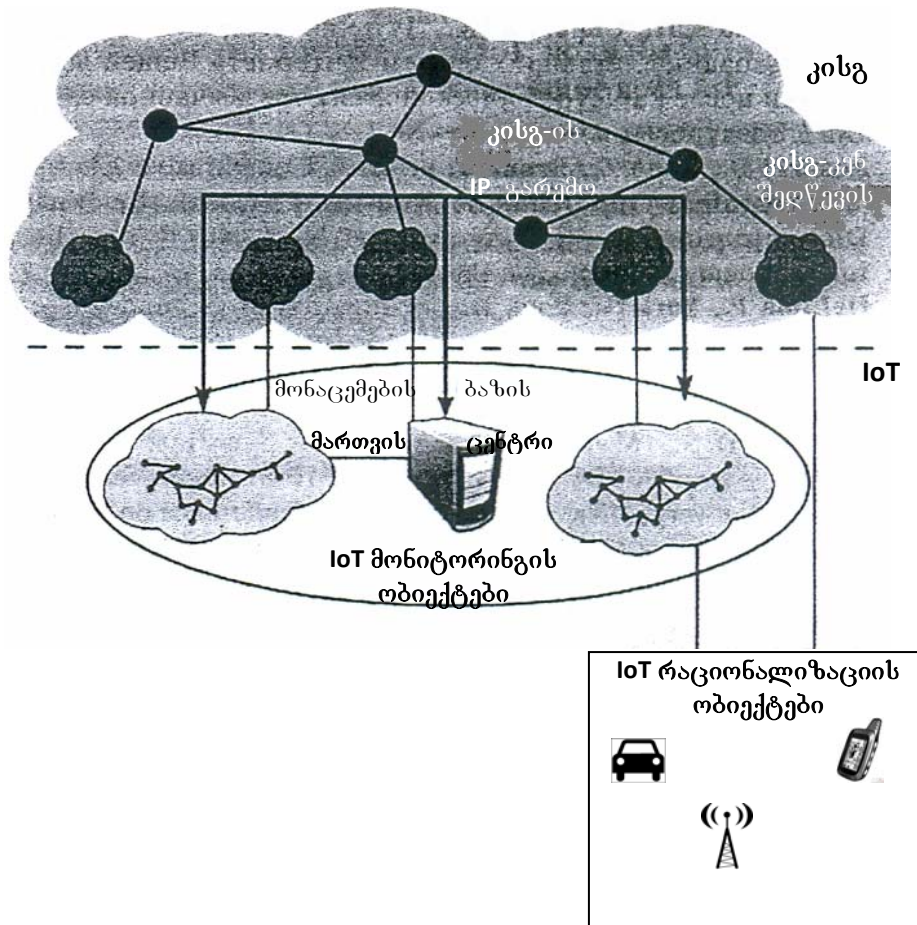
ტესტირების მეორე სახეობა დაკავშირებულია იმასთან რომ, ყველგანშედწევადი სენსორულ ქსელებში შეჭრის ერთ-ერთი გავრცელებულ სახეობას წარმოადგენს სენსორული კვანძების კლონირება [4]. ამიტომაც ყველგანშედწევადი სენსორული ქსელის მფრინავ ნაწილებს შეიძლება დაეკისროთ სენსორული კვანძების ლეგალობის ტესტირების ფუნქცია, რომელიც კონკრეტულ მომენტში წარმოადგენს მფრინავი სენსორული ყველგანშედწევადი ქსელის ფრაგმენტს.

ადამიანის გარშემო მყოფი ნივთების ინტერნეტის ფართო გამოყენებას ხელი შეუწყო ბოლო დროს განხორციელებულმა მძლავრმა ტექნოლოგიურმა გარღვევებმა:

- ✓ IP მისამართების მინიჭების ახალ სისტემაზე გადასვლა – IPv6, რომელიც IoT-ს ფაქტიურად განუსაზღვრელ შედწევის საშუალებას იძლევა, კისგ-ში IP პროტოკოლით;
- ✓ კავშირგაბმულობის ქსელების, სენსორული ქსელების ჩათვლით, კონვერგენცია ერთიან კისგ-ად;
- ✓ მასიური მომხმარებლისთვის პრაქტიკულად ყველგან კისგ-ს ფართოზოლოვან არსებობასთან წვდომა;
- ✓ მასიური მომხმარებლისთვის უსადენო შედწევის სისტემების განვითარება ქვეყნის ტერიტორიაზე;
- ✓ მონაცემთა დიდი ბაზების დამუშავებისა და პრაქტიკული გამოყენების მეთოდების შემუშავება;
- ✓ დრუბლისებური გამოთვლების შემუშავება და პრაქტიკული გამოყენება;
- ✓ კავშირგაბმულობის ოპერატორების გადასვლა ფართოზოლოვან არსებზე (LTE სტანდარტები და სხვა);
- ✓ ტექნოლოგიების განვითარება, სენსორული ქსელების წარმოება და გამოყენება.

გარდა ამისა ჩნდება ნივთების ინტერნეტის მფრინავი სისტემები, რომელთა პროტოტიპებს სენსორული მფრინავი ქსელები წარმოადგენენ [5].

ტიპიურ შემთხვევაში IoT მოწყობილობა შედგება: მიმღებისგან, რომელიც განსაზღვრავს ადგილმდებარეობას (მაგ. მიმღები „გლონასს/GPS“, ხოლო მფრინავი სისტემებისთვის IoT_{ფერ} – ამავდროულად სიმაღლის მზომი); უსადენო კავშირის მოდული (Wi-Fi, LTE და სხვა); დამაკავშირებელი მოწყობილობა, რომელიც მოცემულ IoT მოწყობილობას დააკავშირებს დანარჩენ კონვერგენტულ ინფოსაკომუნიკაციო გარემოსთან IP საშუალებით; ერთი ან რამოდენიმე ფიზიკური სიდიდეების მთვლელი, რომლებიც განსაზღვრავენ IoT მოწყობილობის ან მისი გარემოს მდგომარეობას, რომელთანაც IP მეშვეობით ურთიერთქმედებენ ერთიან კონვერგენტულ ინფოსაკომუნიკაციო გარემოსთან და სხვა IoT მოწყობილობებთან (ნახ. 3, [6]). განხილვისას მნიშვნელოვან გარემოებას წარმოადგენს ის, რომ ინფორმაცია ადგილმდებარეობის შესახებ აუცილებლად არის ჩართული მონაცემთა რიცხვში, რომლებიც ახასიათებენ IoT მოწყობილობას. მფრინავი IoT-სთვის ადგილმდებარეობა განისაზღვრება სამი კოორდინატით.



ნახ. 3. მოწყობილობათა ურთიერთქმედების საერთო სქემა IoT-ში

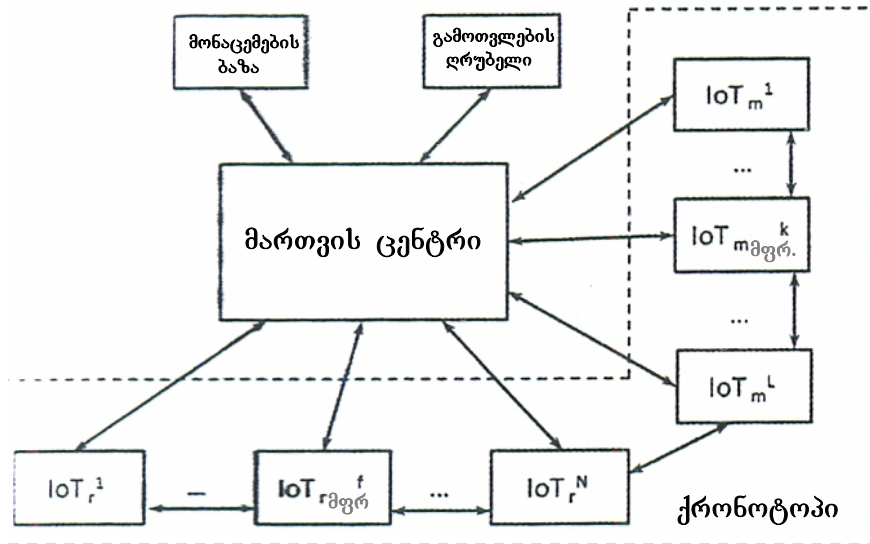
ნახ. 4-ზე მოყვანილია ერთიანი კონვერგენტული ინფოსაკომუნიკაციო გარემოს ფრაგმენტის ბლოკ-სქემა, რომელშიც IoT მოწყობილობები ურთიერთქმედებენ. ამ ორი ტიპის მოწყობილობები ნახაზზე აღნიშნულია როგორც IoT და IoT_{მგვრ.} ასევე გამოყოფილია მფრინავი მოწყობილობების ქვეტიპები IoT_{რმგვრ.} ი IoT_{მმგვრ.} ზოგიერთ შემთხვევაში IoT მოწყობილობებმა შეიძლება შეასრულონ ორი როლი ერთდროულად და იყვნენ როგორც მონიტორინგის ობიექტები, ასევე რაციონალიზაციის, ხოლო სტაციონალური მოწყობილობები გადაიქცევიან მფრინავებად, თუ ისინი აღჭურვილნი არიან შესაბამისი ფიზიკური მთვლელობით და გარკვეულ პირობებში შეუძლიათ გადაადგილება სამ განზომილებაში.

ტიპიურ შემთხვევაში მონაცემები IoT_მ-დან მართვის ცენტრის (ასევე მომსახურებათა ადმინისტრირების ცენტრი) გავლით შეუწყვეტლივ უნდა მიედინებოდეს მონაცემთა დიდ ბაზაში (მბ). მართვის ცენტრში შემოსული ინფორმაციის საფუძველზე, ასევე ბაზაში ჩაწერილი მონაცემებით IoT_მ-დან, “დრუბელში” საჭირო გამოთვლების შემდეგ, რეალური დროის რეჟიმში გამოიმუშავდება და გადაეცემა რაციონალური ქცევის სიგანეები თითოეული IoT_რ-თვის რომელიც იმყოფება იმ მომენტში X ქრონოტოპში, რომელიც მონიშნულია პუნქტურით ნახ. 4-ზე.

ქრონოტოპის ქვეშ აქ იგულისხმება სივრცე და დრო, რომლებშიც ქრონოტოპში ჩართული მონიტორინგის მონაცემები IoT_მ-დან, ზეგავლენას ახდენენ IoT_რ რაციონალური ქმედების არჩევანზე, რომლებიც მოცემულ დროში აღმოჩნდნენ ამ ქრონოტოპში. IoT_რ სა-



ერთო რიცხვი, რომლებიც დროის განსახილველ მომენტში იმყოფებიან X -ში, ნახ. 4-ზე აღნიშნულია როგორც N ; IoT_m საერთო რიცხვი, რომლებიც შედიან X -ში აღნიშნულია როგორც L . N რიცხვში შედის f მფრინავი მოწყობილობა $IoT_{r\text{მფრ}}$ ხოლო L რიცხვში შედის k მფრინავი მოწყობილობა $IoT_{m\text{მფრ}}$: $1 \leq f < N$, $1 \leq k < L$. ნახ. 4-ზე მოცემულ რთული დინამიური სისტემის ყველა მდგენელს შორის ურთიერთქმედება ხორციელდება ერთიანი კონვერგენტული ინფოსაკომუნიკაციო გარემოს გავლით.



ნახ. 4. ერთიანი კონვერგენტული ინფოსაკომუნიკაციო გარემოს ფრაგმენტი

ამგვარად, IoT გამოყენების ძირითადი იდეა არის ქრონოტოპში IoT_r -ის რაციონალური ქცევის ამაღლება IoT_m -დან მონაცემების დახმარებით. ერთიანი კონვერგენტული ინფოსაკომუნიკაციო გარემოში IoT_r რაციონალური ქცევის მართვის სიგნალების გამოქვეყნება, არის ინფოკომუნიკაციური მომსახურება, რომელსაც ახორციელებს მართვის ცენტრი [7].

მფრინავი ნივთების ინტერნეტი შეიძლება გამოყენებულიქნეს საგანგებო სიტუაციისას (**სს**) შემდგომი ამოცანების გადასაჭრელად:

- ✓ საგანგებო სიტუაციის წარმოქმნამდე – გარემოს პარამეტრების მონიტორინგისთვის საგანგებო სიტუაციის პირველი ნიშნების აღოსაჩენად;
- ✓ საგანგებო სიტუაციის დროს – კავშირის უზრუნველსაყოფად იმ პირების ინდივიდუალურ მოწყობილობებთან, რომლებიც საფრთხეში ამყოფებიან, ასევე მაშველებთან; გარემოს პარამეტრების მონიტორინგისთვის, მონაცემების მიმდინარე და შემდგომი ანალიზისთვის, საგანგებო სიტუაციათა მოდელის შემდგომი კორექტირებისათვის.
- ✓ სტიქიური უბედურების ფაზის დასრულებისას – იმ პირთა აღმოსაჩენად, რომლებიც ჯერ კიდევ იმყოფებიან სიფათის ზონაში.

მომხდარი კატასტროფების განვითარების ანალიზი იძლევა საგანგებო სიტუაციების განვითარების კანონზომიერებების გამოვლენის საშუალებას სხვადასხვა ტიპის ობიექტებისა და კატასტროფებისთვის. ამავდროულად დროის მონაკვეთზე კატასტროფის დაწყებიდან კატასტროფული ფაზის მომენტამდე გამოვლენილი კანონზომიერებები საშუალებას იძლევა შეიძინოს ოპტიმალური მართვა და დაინერგოს მართვის ახალ და არსებულ მართვის სისტემების ობიექტებში.



ლიტერატურა

1. Кучерявый А.Е., Владыко А.Г., Киричек Р.В. Летающие сенсорные сети // Электросвязь. - 2014. - № 9.
2. Вишнеvский В.М., Терещенко Б.Н.. Разработка и исследование нового поколения высотных привязных телекоммуникационных платформ // Т-Comm. – 2013. - № 7.
3. Андреев Д.В., Тарасов Д.В., Кучерявый А.Е. Модельные сети для тестирования технических средств сетей связи следующего поколения. Рекомендация МСЭ-Т Q.3900 // Электросвязь. – 2007. - № 12.
4. Богданов И.А., Парамонов А.И., Кучерявый А.Е. Характеристики жизненного цикла мобильной сенсорной сети при различных потоках ложных событий // Электросвязь. - 2013. - № 1.
5. Кучерявый А.Е., Владыко А.Г., Киричек Р.В. Летающие сенсорные сети // Электросвязь. - 2014. - № 9. – С. 2-5.
6. Назаренко А.П., Сарьян В.К. Навигация Интернета вещей: перспективы, проблемы, решения / Труды форума "КВНО-2015". – 2015.
7. Сарьян В.К., Сущенко Н.А., Дубнов И.А. Прошлое, настоящее и будущее стандартизации Интернета вещей // Труды НИИР. – 2014. - №1. С. 1-7.

PECULIARITIES OF USING FLYING SYSTEMS ON THE INTERNET OF THINGS.

Burkadze T., Tskvitinidze I.,
 Georgian Technical University.

Summary

The preconditions that have enabled the emergence of Internet of Things (IoT) flying systems are considered. The particular attention is paid to a flying sensor networks, which are part of the flying systems of the IoT.

The usage of flying system of Internet of Things during the preparation, while the duration and after the emergency case is shown. The emergency situation management - is one of the few applications in which the rational behavior of large number of subjects of IoT in the framework of chronotope is possible. The essential condition for the rationalization is the existence of models of behavior for objects of the IoT.

ზემაღალი სიხშირის ზემოქავერი ელექტრომაგნიტური

ბელზვიიკე პ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ზემაღალი სიხშირის ზემოქავერი ელექტრომაგნიტური ტალღების მიღების მეთოდი ვირტუალური კათოდის რხევის შედეგად.

მეოცე საუკუნის 70-იან წლებში მკვლევართა ხელში აღმოჩნდა უნიკალური ენერჯის მქონე ელექტრონების ამანქარებლები, პარამეტრებით: $10^5 - 10^7$ (ეე), დენის ძალით $10^3 - 10^5$ (ა), იმპულსის ხანგრძლივობით $10^{-8} - 10^{-5}$ წამი და სიმძლავრით $10^8 - 10^{13}$ (ვტ); (დღეისათვის ეს პარამეტრები შვეიცარიაში განთავსებული ამანქარებლისათვის რეალურ დანადგართან საბავშვო სათამაშოს შედარებას გაეს). ელექტრონების ასეთმა კონებმა ძალზე სწრაფად ჰპოვა გამოყენება მეცნიერებისა და ტექნიკის სხვადასხვა სფეროში, ისეთებში როგორცაა: იმპულსური მართვადი თერმობირთვული სინთეზი, ზემოქავერი რელატივისტური ზემაღალი სიხშირის ელექტრონიკა, ლაზერული ტექნიკა, დიდ მანძილზე უმავთულოდ ელექტრო ენერჯის გადაცემა და სხვა.

ზემაღალი სიხშირის ზემოქავერი ელექტრომაგნიტური ტალღების მიღების ერთ-ერთ მეთოდს წარმოადგენს ე.წ. ვირტუალური კათოდის რხევის მეთოდზე დაყრდნობილი გენერატორის გამოსხივება. თეორიული კვლევა ვირტუალური კათოდის რხევით მომუშავე ელექტროგენერატორების შესახებ მოცემულია ნაშრომში [1], ხოლო ექსპერიმენტალურად რამოდენიმე გეგავატი სიმძლავრის სანტიმეტრული დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივება მიკროწამის ხანგრძლივობის იმპულსურ რეჟიმში განხილულია ნაშრომში [2].

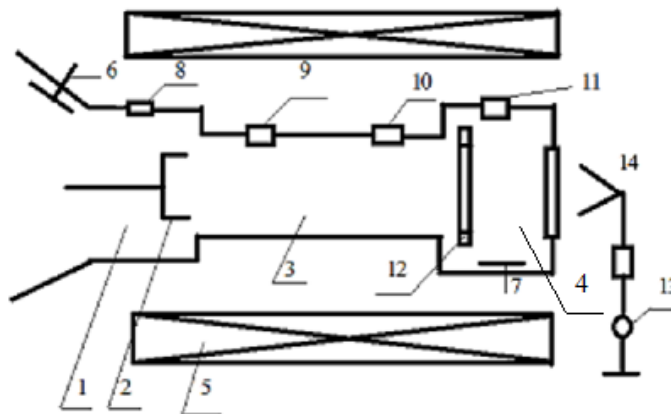


III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



პირველი ექსპერიმენტალური კვლევა, რომელიც ვირტუალური კათოდის რხევის ანალოგს წარმოადგენს [3] განხორციელდა მეოცე საუკუნის ოციან წლებში არარელატივისტური ელექტრონების გამოყენებით ამრეკლი დიოდის საშუალებით. ანალოგია ამრეკლი დიოდის მუშაობასა და ვირტუალური კათოდის რხევას შორის შესაძლებელი გახდა ძლიერდენიანი რელატივისტური

ელექტრონული კონების ტრანსპორტირების თეორიული კვლევების [4] შემდეგ. თეორიულად ცნობილია, რომ ზღვრული დენის მქონე რელატივისტური ელექტრონული კონის ტრანსპორტირება ვაკუუმში დამოკიდებულია როგორც სისტემის ისე ელექტრონული კონის გეომეტრიულ ზომებზე და გეომეტრიული ზომის გადიდება იწვევს ზღვრული დენის შემცირებას, რაც ნიშნავს ელექტრონული კონის გაფრცვლების გზაზე პოტენციალური ბარიერის შექმნას, რომელიც ელექტრონების გარკვეულ ნაწილს აირეკლავს, როგორც ამას ადგილი აქვს ამრეკლი დიოდის შემთხვევაში, ვინაიდან პოტენციალურ ბარიერს უარყოფითი პოტენციალი აქვს ისე როგორც კათოდს ამიტომ სივრცის აღნიშნულ ნაწილში თითქოს სისტემაში აღიძვრება ე.წ. “ვირტუალური კათოდი”, რომელიც ძირითადი ელექტრონული ნაკადის შემცირებისას ქრება, კვლავ სისტემაში აღიძვრება ზღვრული დენი, რასაც მოყვება კვლავ ვირტუალური კათოდის აღძვრა და ასე შემდეგ, სისტემა ასრულებს ამრეკლი დიოდის ანალოგიურ რეჟიმში მუშაობას. სისტემა მერხევი ვირტუალური კათოდით მოცემულია სქემაზე.



სისტემა მერხევი ვირტუალური კათოდით:

1 –ამაჩქარებლის დიოდური კამერა; 2 –ამაჩქარებლის კათოდი; 3; 4 – ვაკუუმური სივრცე სადაც ხდება ცილინდრული ფორმის რელატივისტური ელექტრონული კონის ტრანსპორტირება; 5 –სოლენოიდი, (რამოდენიმე ტესლა) ძლიერი მაგნიტური ველის შესაქმნელად; 6; 7 –ტევადური გადამწოდები; 8; 9; 10; 11 – დენის მაკონტროლებელი შუნტები; 12 – უკუდენის შუნტი; 13 – დეტექტორი; 14 - რუპორული ანტენა.

ამ ტიპის გენერატორის გამოყენების საინტერესო შემთხვევას ეძღვნება ნაშრომი [5].

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Гелхвицдзе П.К., СВЧ-генераторы на основе колебания виртуального катода. Препринт, ИОФАН, № 147, М., 1986.
2. Гелхвицдзе П.К. Транспортировка РЭП с предельным током. Сообщения АН ГССР, 140, №1, 1990, с.45
3. Богданкевич Л.С., Рухадзе А.А. Устойчивость релятивистских электронных пучков и проблема критических токов –УФН., 1971, т.103, с. 609-640.
4. Barkhaustn H. und Kurz K. –Die Kurzesten mit Wakuum rohren herstellbaren Welfen –Phys. Z.S.,1920, Bd.21, N1, s.1-9.



5. გელხვიძე პ.-"მომავლის ენერგეტიკა" მე-2 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია "ენერგეტიკა რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები" ქუთაისი 2013.

SUPER-HIGH FREQUENCY EXTRA-POWER ELECTRICAL GENERATING UNIT.

Gelkhviidze P.,

Akaki Tsereteli State University.

Summary

The paper dwells on the interaction of high power microwave electromagnetic waves as a result of the method of virtual cathode oscillation.

ჰიპერფრეკვენტული ძხელების მწარმოებლურობის გაუმჯობესება მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგურების გამოყენებით

პოწანიძე პ., მურჯიანი ბ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შემოთავაზებულია ჰეტეროგენული ქსელის მწარმოებლურობის ამოღების მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია ქსელში მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგურების დანერგვაზე. აღნიშნული მიდგომის გამოყენებით, შესაძლებელია PEP და OP მანქანების გაუმჯობესება, ასევე ფიჭის დაფარვის არეალის გაზრდა.

დღესდღეობით მობილური ოპერატორებისათვის უმნიშვნელოვანეს გამოწვევას წარმოადგენს ქსელის დაფარვისა და ტევადობის გაზრდის პრობლემები. მზარდი მოთხოვნის დასაკმაყოფილებლად განუწყვეტლივ ვითარდება ქსელების შესაძლებლობები და ინერგება ახალი სტანდარტები. ფიჭური ქსელის ოპერატორები მაკრო და მცირე ზომის საბაზო სადგურების გამოყენებით ჰქმნიან მაღალი მწარმოებლურობის ჰეტეროგენულ ქსელებს.

შენობის შიგნით მცირე ზომის ფიჭების გამოყენება წარმოადგენს საუკეთესო გადაწყვეტილებას ქსელის დაფარვასთან და ტევადობასთან დაკავშირებული პრობლემების აღმოფხვრის თვალსაზრისით. სერვისის ხარისხის გასაუმჯობესებლად უკვე ბევრმა ოპერატორმა დაიწყო მცირე ზომის ფიჭების გამოყენება ხალხმრავალ ადგილებში. მიმდინარეობს კვლევები მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგურების გამოყენებასთან დაკავშირებით. საზოგადოებრივ ტრანსპორტში დამონტაჟებული ასეთი ფიჭები შექმნიან ლოკალურ დაფარვას ტრანსპორტის შიგნით.

მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგურების გამოყენებასთან დაკავშირებული კვლევები წარმოდგენილია რამდენიმე ნაშრომში [1,2,3,4], მაგრამ აღნიშნული მეთოდის გამოყენების ეფექტურობასთან და მწარმოებლურობასთან დაკავშირებული კითხვები ჯერ კიდევ არსებობს.

იმ მომხმარებლების რაოდენობა, რომლებიც მობილურ მოწყობილობას აქტიურად იყენებენ საზოგადოებრივი ტრანსპორტით გადაადგილების დროს, ექსპონენციალურად იზრდება. შესაძლოა ასეთ მომხმარებელს სერვისის სათანადო ხარისხით ვერ მიეწოდოს, სიგნალის ცუდი დონის ან შეზღუდული რესურსის გამო, რომელიც გამოწვეულია სიგნალის კარგით და დოპლერის ეფექტით, რომელთა მიზეზს წარმოადგენს ტრანსპორტის გადაადგილება მნიშვნელოვანი სიჩქარით, ასევე მობილურ მოწყობილობასა და მაკრო საბაზო სადგურს შორის დიდი მანძილი.

ჩვენს მიერ გამოკვლეულ იქნა საზოგადოებრივ ტრანსპორტში მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგურების დანერგვით მოსალოდნელი პოტენციური მწარმოებლურობა. ნავა-



რაუდებია, რომ მოძრავი SBS (Small Base Station) განთავსებულია ავტობუსში, რათა მოემსახუროს მგზავრებს, ხოლო სახურავზე განთავსებული მიმღებ-გადამცემით იგი დაუკავშირდება მაკრო საბაზო სადგურს (MBS). მოძრავი SBS სადგური ახდენს ტრაფიკის აგრეგაციას MBS სადგურის აღმაგალ და დაღმაგალ ლინკზე.



ნახ.1. ახალი მიდგომის გამოყენება ჰეტეროგენულ ქსელში

ანალიზისთვის შერჩეულ იქნა მწარმოებლურობის შესაფასებელი ორი მეტრიკა PEP (Pairwise Error Probability) და OP (Outage Probability), რათა შეფასებულ იქნას სერვისის ხარისხი და მობილური მოწყობილობის ენერჯის მოხმარება. ჩატარებულ იქნა კვლევა, რომლის საფუძველზე მიღებულ იქნა შემდეგი შედეგები:

- შემოთავაზებულია მობილური მცირე საბაზო სადგურის მხარეს წინასწარი კოდირების ვარიანტი, რომელიც საშუალებას იძლევა თავიდან იქნას აცილებული სატრანსპორტო საშუალების გარეთ მდებარე საბაზო სადგურიდან მიღებული ხელისშემშლელი სიგნალის გავლენა.
- განხორციელდა PEP და OP მეტრიკების დეტალური ანალიზი.
- სიმულატორის გამოყენებით შედარდა მოძრავი მცირე ზომის ფიჭის გამოყენებით მიღებული შედეგები სტანდარტული მეთოდით სიგნალის გადაცემის ვარიანტთან.

PEP არის შეცდომების ალბათობა, რომელიც გამოითვლება გადასაცემი სიგნალისთვის (S), რომლის დამახინჯებული ვარიანტი (\hat{S}) წარმოდგენილ იქნება მიმღებ მხარეს.

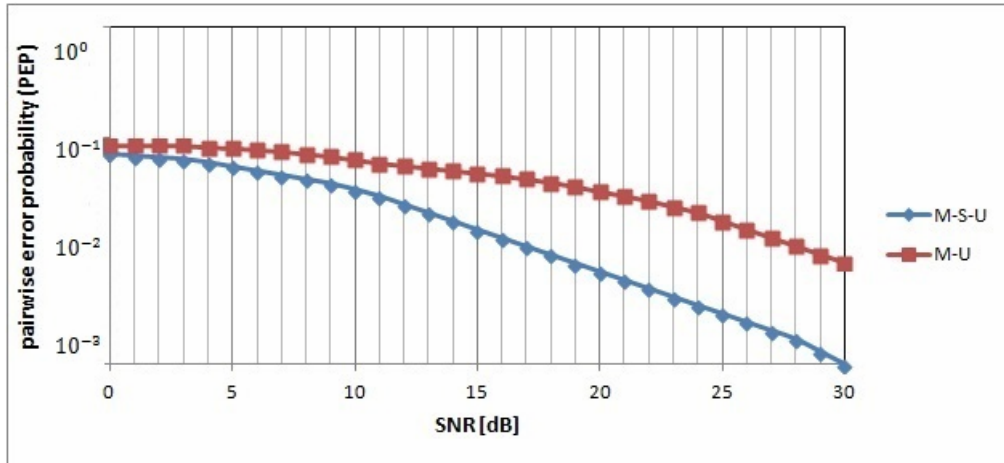
OP არის სიგნალის დაყოვნების ალბათობა, რომელიც ანგარიშობს იმ შემთხვევების ალბათობას, როდესაც ხმაურის დონე აჭარბებს სასარგებლო სიგნალის დონეს.

MATLAB სიმულატორის გამოყენებით შესრულდა მწარმოებლურობის ანალიზი. შემოთავაზებული მიდგომა შედარდა სტანდარტულ შემთხვევას (ტრანსპორტში მყოფ მომხმარებელს ემსახურება მაკრო საბაზო სადგური). ჩვენ გადაამტანის სისშირული ზოლის სიგანედ მოვიარებთ 100მჰც-ს, ხოლო მოდულაციის სქემად QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying), ასევე $f_m = 2.5$ გჰც და $f_s = 2.6$ გჰც, $T_s = 500$ მკწმ, $v = 60$ კმ/სთ, $\alpha = 3.67$, $\vartheta = \pi$, $r_d = 1.328$ მკწმ და $G_{MS}/G_{SU} = -30$ დბ. ცხრილი 1.1-ში მოცემულია სიმულაციის დროს გამოყენებული სხვა დამატებითი პარამეტრები. ჩვენ ვიყენებთ წინასწარ კოდირებას θ შემდეგ პარამეტრებთან ერთად $P = 2$ და $Z = 2$. მოცემული პარამეტრებიდან მიიღება $[L_{MS}, Q_{MS}] = [1, 1]$ იმ შემთხვევაში როცა $M \rightarrow S$ ლინკი არის გამოყენებული, ხოლო $S \rightarrow M$ ლინკის შემთხვევაში ჩვენ გვაქვს სისშირულ-დროითი არხი, საიდანაც მიიღება $[L_{SU}, Q_{SU}] = [0, 0]$.



პარამეტრი	მნიშვნელობა
f_M [მჰც]	2500
f_S [მჰც]	2600
h_M [მ]	20
h_S [მ]	2
L_{SH} [დბ]	8
L_{pen} [დბ]	9.6

ცხრ. 1.1 სიმულაციის დროს გამოყენებული პარამეტრები

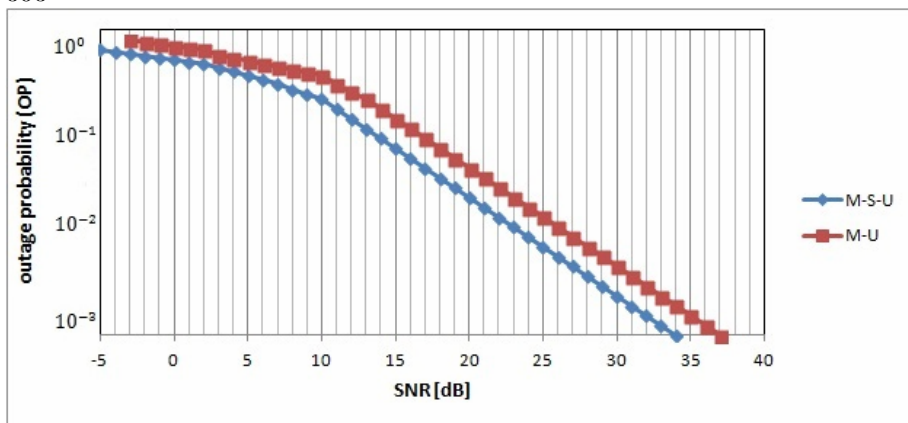


ნახ.2. არსებული და მიღებული PEP პარამეტრის შედეგების შედარება

წინასწარი კოდირების პარამეტრებში $P = 2$ და $Z = 2$, შემავალი მონაცემთა $s(n)$ ბლოკების სიგრძეა $N_S \times 1 (PZ)$, ხოლო წინასწარი კოდერის გამოსასვლელზე $u(n)$ ბლოკების სიგრძეა $N_T \times 1 ((P + Q)(Z + L))$. აქედან გამომდინარე, წინასწარი კოდერის გამოსასვლელზე ბლოკების გადაცემის სიჩქარე ტოლია:

$$N_S/N_T = \frac{PZ}{(P + Q)(Z + L)}$$

როგორც ნახაზი 2-დან ჩანს, მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგურის გამოყენების შემთხვევაში საგრძნობლად მცირდება ენერჯის მოხმარება. მაგალითად, როდესაც $PEP = 10^{-2}$ $M \rightarrow S \rightarrow U$ სცენარისათვის გადაცემის სიმძლავრე ~ 10 დბ-ით ნაკლებია, ვიდრე $M \rightarrow U$ შემთხვევაში.

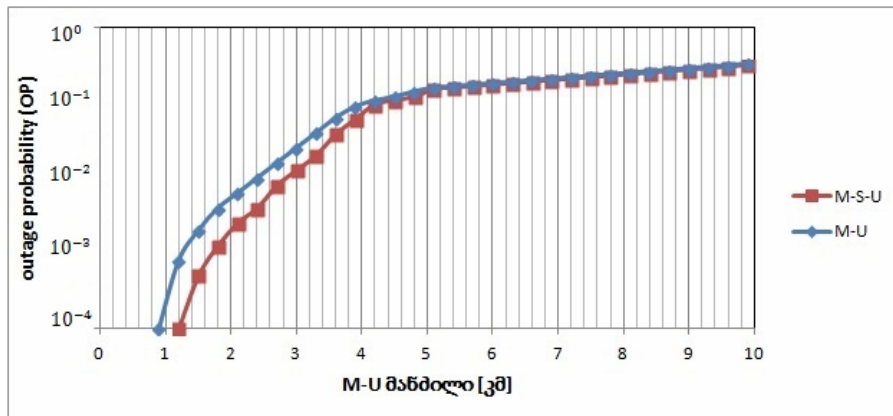


ნახ.3. არსებული და მიღებული OP პარამეტრის შედეგების შედარება



ნახაზი 3-ზე წარმოდგენილია სერვისის წყვეტის ალბათობა $M \rightarrow S \rightarrow U$ და $M \rightarrow U$ სცენარების შემთხვევაში. სერვისის წყვეტის ალბათობის ზუსტი ანგარიშისთვის საჭიროა აღებულ იქნას მიღებული სიგნალის SNR ალბათობის განაწილების ფუნქციის რიცხვითი მნიშვნელობები. მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგურის სქემის გამოყენების შემთხვევაში, გადაცემის პირველ ეტაპზე, MBS მის წინასწარ კოდირებულ სიგნალს უგზავნის მობილური SBS სადგურის მიმღებ-გადამცემს, ხოლო მეორე ეტაპზე, მობილური SBS სადგური მიღებულ სიგნალს აწვდის ტრანსპორტის შიგნით მყოფ მობილურ მოწყობილობას, იმ შემთხვევაში თუ სიგნალის დეკოდირება სწორად შესრულდა. მობილური SBS სადგური ახდენს სიგნალის დეკოდირებას და შემდეგ აგზავნის დეკოდირებული სიგნალის კოპირებულ სიგნალს მობილური მოწყობილობის მიმართულებით. პრაქტიკულად მობილურ მცირე ზომის საბაზო სადგურს CRC(Cyclic Redundancy Check) გამოყენებით შეუძლია შეამოწმოს გადაწყვეტილების სისწორე. მაღალი SNR-ის რეგიონში, მაგალითად, $SNR > 8$ დბ მოძრავი მცირე საბაზო სადგურის შემთხვევაში სიმძლავრის მოგება შეადგენს ~ 4 დბ-ს.

ნახაზი 4-ზე მკაფიოდ ჩანს დაფარვის არეალის ზრდა მოძრავი მცირე ზომის ფიჭის გამოყენების შემთხვევაში. მაგალითად, $OP = 10^{-4}$ -ის დროს $M \rightarrow S \rightarrow U$ სცენარი $M \rightarrow U$ სცენართან შედარებით, იძლევა დაფარვის არეალის გაუმჯობესებას დაახლოებით ~ 0.3 კილომეტრით.



ნახ.4. M-U მანძილის შედარება

სიმულაციის შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ შემოთავაზებული მიდგომის გამოყენებით შესაძლებელია ჰეტეროგენულ ქსელებში ფიჭის დაფარვის არეალის გაზრდა, მობილური მოწყობილობის ენერჯის მოხმარების შემცირება, PEP და OP მაჩვენებლების გაუმჯობესება.

ლიტერატურა

- 1) N. Lu, X. Zhu, Z. Jiang, X. Lu, F. Yang, and Q. Bi, Performance of LTE-advanced macro-pico heterogeneous networks, Proc. IEEE Wireless Commun. and Networking Conf. (WCNC), Apr. 2013, pp. 545-550
- 2) M. Qutqut, H. Abou-zeid, H. S. Hassanein, A. Rashwan, and F. Al-Turjman, Dynamic small cell placement strategies for LTE heterogeneous networks, Proc. IEEE Symp. on Comput. and Commun. (ISCC), June 2014
- 3) P. Mekikis, E. Kartsakli, A. Antonopoulos, A. Lalos, L. Alonso, and C. Verik-oukis, Two-tier cellular random network planning for minimum deployment cost, Proc. IEEE I. Conf. on Commun. (ICC), June 2014
- 4) M. Qutqut, M. Feteiha, and H. S. Hassanein, Outage probability analysis of mobile small cells over LTE-A networks, Proc. Int. Wireless Commun. And Mobile Comput. Conf. (IWCMC), Aug. 2014.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



**IMPROVING OF HETEROGENEOUS NETWORKS PERFORMANCE USING
 MOBILE SMALL BASE STATIONS**

Dzotsenidze G., Murjikneli G.
 Georgian Technical University

Summary

The paper describes the method for improving of heterogeneous network performance, that is based on mobile small base stations deployment in the network. Using provided method, it is possible to improve PEP and OP indicators, also increase coverage of cell.

**სატელეკომუნიკაციო ქსელში პერსონალური მონაცემების
 დაცვის პრობლემები**

ყიფიანი ძ., კოპლატაძე მ., კუპატაძე თ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში გაანალიზებულია საერთო სარგებლობის სატელეკომუნიკაციო ქსელში ინფორმაციული უსაფრთხოებისათვის კომპლექსური სისტემის შექმნის საკითხები, რაც დაცული ინფორმაციული საზოგადოების ჩამოყალიბებისათვის აუცილებელ მოთხოვნას წარმოადგენს.

პერსონალური მონაცემების დაცვა არის სახელმწიფოებრივ დონეზე, ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მიმართულება ინფორმაციული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ერთიან სისტემაში. ტექნოლოგიური თვალსაზრისით პრობლემა, რომ არ მოხდეს ინფორმაციის გაჟონვა, შედარებით გასაგებია: საჭიროა ორგანიზაციული და ტექნიკური ღონისძიებების გატარება, აუცილებელია მომხმარებელთა აუდენტიფიკაცია და ავტორიზაცია სათანადო დონეზე, კავშირგაბმულობის არხებში შიფრაციის გათვალისწინება, პერსონალურ მონაცემებთან ხელმისაწვდომობის შეფასება და სატელეკომუნიკაციო არხებში მონაცემების გადაცემის სისრულის დაცვა და აგრეთვე საინფორმაციო სისტემები, რომლითაც ხდება ამ მონაცემების დამუშავება. ამასთანავე, გასათვალისწინებელია, რომ დაცული ინფორმაცია ლოკალურ ქსელში შეიძლება მომხმარებლებისათვის პრაქტიკულად მიუწვდომელი გაეხადოს. მაგრამ, ინტერნეტის ქსელში ეს შეუძლებელია, ვინაიდან ინფორმაციული საზოგადოებისათვის ასეთი ღონისძიება შეუთავსებელია [1]. ჩვენ ვცხოვრობთ ღია ინფორმაციულ სამყაროში, სადაც სახელმწიფო ორგანოების მოღვაწეობის შესახებაც კი მონაცემები უნდა იყოს მაქსიმალურად ღია.

როდესაც დასრულდება ინფორმაციული საზოგადოების კონცეფციის რეალიზება (ელექტრონული მთავრობა, სახელმწიფო მომსახურების უზრუნველყოფა ინტერნეტით და ა.შ) შეიქმნება „ღია გასაღებების“ ინფრასტრუქტურა [1]. მაგრამ ამ შემთხვევაშიც წარმოიქმნება ქსელური უსაფრთხოების პრობლემა. ღია გასაღებების ინფრასტრუქტურაც დაუცველი აღმოჩნდება შემოტევებისაგან, ვინაიდან მისი საქსელო კომპონენტები გაფანტულია ღია ქსელებში. გასათვალისწინებელია, რომ ინფორმაციის მისაღებად, ნებისმიერ შემთხვევაში აუცილებელია მიერთების ქსელის არსებობა, შესაბამისად ინფორმაციული უსაფრთხოების საკითხის გადასაწყვეტად, საჭიროა შესაბამისი რესურსებით სატელეკომუნიკაციო სივრცის უზრუნველყოფა სახელმწიფო დონეზე. უნდა არსებობდეს ინფორმაციის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ნაციონალური ცენტრი, სადაც შეისწავლიან ყველა არსებულ საკითხებს და შეიმუშავენ მათთან გამკლავების ღონისძიებებს. პერსონალური მონაცემების დაცვასთან დაკავშირებით ძალზე მნიშვნელოვანი შედეგებია წარმოდგენილი [2] სტატიაში:

რა შეიძლება ზემოქმედებდეს პერსონალური მონაცემების გაჟონვის ალბათობაზე



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



- ძირითადია, დასამუშავებელ პერსონალურ მონაცემებში ცნობების მოცულობა.

პერსონალური მონაცემების შესახებ ჩანაწერების რაოდენობა

რესპოდენტების რაოდენობა პროცენტებში, რომლებიც ამუშავებენ პერსონალურ მონაცემებს

- მილიონზე მეტი 16%
- 500 ათასიდან მილიონამდე 6%
- 100 ათასიდან 500 ათასამდე 5%
- 50 ათასიდან 100 ათასამდე 4%
- 10 ათასიდან 50 ათასამდე 20%
- 1000-დან 10 ათასამდე 20%
- 1000-ზე ნაკლები 19%
- ანალიზს არ ექვემდებარება აქედან ჩანს, რომ ნახევარზე მეტი რესპოდენტი ამუშავებს არანაკლებ 10 ათასი პიროვნების პერსონალურ მონაცემებს და შესაბამისად, ასეთი ინფორმაციიდან გაჯონგვის რაოდენობა იქნება ძალზე დამაფიქრებელი.

შემდეგი მნიშვნელოვანი საკითხი, რომელიც გაანალიზებულია [2]-ში შეეხება, თუ ვის და რა რაოდენობის პირებს აქვთ წვდომა პერსონალურ მონაცემებზე:

შემდეგი მნიშვნელოვანი საკითხი, რომელიც გაანალიზებულია [2]-ში შეეხება, თუ ვის და რა რაოდენობის პირებს აქვთ წვდომა პერსონალურ მონაცემებზე:

- ინფორმაციული ტექნოლოგიების სამსახურის თანამშრომლები 41%
- მენეჯერები და ძირითადი ქვედანაყოფების ხელმძღვანელები 18%
- ქვედანაყოფების თანამშრომლები 17%
- ანალიტიკური სამსახურების თანამშრომლები 14%
- ტექნიკური უზრუნველყოფის სამსახურების თანამშრომლები 10%
- უსაფრთხოების სამსახურების თანამშრომლები 4%
- არ ექვემდებარება აღწერას 10%

პრაქტიკულად, მხოლოდ უსაფრთხოების სამსახურის თანამშრომლების დაშვება პერსონალურ მონაცემებთან შეესაბამება 4%, ხოლო ინფორმაციული ტექნოლოგიების სამსახურის თანამშრომლები ყველაზე ხშირად (41%) არიან პერსონალურ მონაცემებთან, რაც ძალზე დამაფიქრებელია.

[2]-ში გაანალიზებულია აგრეთვე დაბრკოლებები, რომლებიც დაკავშირებულია პერსონალური მონაცემების დაცვისათვის გათვალისწინებული ღონისძიებების გატარებასთან:

- კვალიფიცირებული კადრების ნაკლებობა 31%
- ფინანსური შეზღუდვები 30%
- პრაქტიკულად როგორ განხორციელდეს არ არის ცხადი 24%
- არავითარი დაბრკოლება და სიძნელეები არ არსებობს დაცვის განსახორციელებლად 7%
- გვაქვს განსხვავებული პრიორიტეტული პროექტები 3%
- ხელმძღვანელობის მხარდაჭერა არ გავაჩნია 3%
- პასუხი აქ გვაქვს 2%



დასკვნა

აუცილებელია ინფორმაციის დაცვის კომპლექსური სისტემის გათვალისწინება საერთო სარგებლობის ქსელებში. მაშინ, ტექნიკურ სრულყოფასთან ერთად შეიძლება შეიქმნას დაცული ინფორმაციული საზოგადოება. ამისათვის ტექნიკური საშუალებები არსებობს, მაგრამ არ არსებობს ნორმატიული ბაზა.

ლიტერატურა

1. Доступность и защищенность персональных данных: как совместить несовместимое. //Электросвя. Ежемесячный научно-технический журнал, №12, 2009, стр.40-42.
2. Ульянов В.В. Защита персональных данных: тенденции осени – 2009. //Электросвязь. Ежемесячный научно-технический журнал, №12, 2009, стр.43-45.

SECURITY PROBLEMS OF PERSONAL DATA IN TELECOMMUNICATION NETWORK

Kipiani K., Koplatadze M., Kupatadze T.

Georgian Technical University

Summary

The paper describes the creation of complex system of informational security in the public telecommunication network. This is the mandatory factor for creation of secure informational society.

ტრაფიკის ახალი სახეობები და სატელეკომუნიკაციო ქსელებში მომსახურების ხარისხისაღმი მოთხოვნების ევოლუცია

მარღალეიშვილი ზ.*, გელხვიძე პ.*, კოპლატაძე მ.*, კუპატაძე თ.****

*აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მომსახურების ახალი სახეობების შექმნისა და მათი სწრაფი დანერგვის გამო გაიზარდა მომსახურების ხარისხის მაჩვენებლების რაოდენობა, რომელთა შორის მნიშვნელოვანია დაყოვნებების გათვალისწინება. ნაშრომში განხილულია მოთხოვნათა ნაკადების ხასიათის ზეგავლენა წარმოქმნილი დაყოვნებების მნიშვნელობებზე.

საერთო სარგებლობის სატელეკომუნიკაციო ქსელების შექმნა თავიდანვე გამიზნული იყო სამეტყველო სიგნალების (სატელეფონო სიგნალების) ტრაფიკის მომსახურებაზე. ეს იყო ბუნებრივი მოვლენა საერთო სარგებლობის ჰომოგენური ქსელისათვის. ტელეკომუნიკაციის ტექნოლოგიების სწრაფმა განვითარებამ და მომსახურების სახეობებზე მოთხოვნების ზრდამ გამოიწვია ახალი სახეობების შექმნისა და მათი სწრაფი დანერგვის აუცილებლობა. ამ ფაქტორების ზეგავლენით ჩამოყალიბდა ჰეტეროგენული პაკეტური შემდგომი თაობის (NGN – Next Generation Networks) ქსელის კონცეფცია, სადაც სამეტყველო სიგნალების გადაცემა განიხილება, როგორც მომსახურების ისეთი სახეობები, რომლებიც მოითხოვენ დაყოვნებების კიდევ უფრო მცირე მნიშვნელობებს, ვიდრე სამეტყველო სიგნალის გადაცემა IP ქსელით, დაყოვნებების პრობლემამ მოახდინა მნიშვნელოვანი ზეგავლენა NGN ქსელის მახასიათებლებზე. [1] ავტორებმა ასეთი ქსელები გამოყვეს ახალ კლასად და უწოდეს ქსელები მცირე დაყოვნებებით.

საერთო სარგებლობის სატელეფონო ქსელის დაპროექტება ხორციელდებოდა კარგვებიანი სისტემის მოდელის ბაზაზე, ერლანგის ფორმულების გამოყენებით და ქალაქის სატელეფონო ქსელისათვის კარგვები (უარები მოთხოვნების მომსახურებაზე) შეადგენდა 5%-ზე ნაკლებს, ხოლო სასადაგურო მოწყობილობების შიგნით ნორმირებული



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



იყო 5‰ ($5 \cdot 10^{-3}$) ფარგლებში. საერთო სარგებლობის ციფრული სატელეფონო ქსელების შექმნამ, მომსახურების ხარისხის (QoS – Quality of service) პარამეტრების ნორმირების თვალსაზრისით არ გამოიწვია ახალი პრინციპული პრობლემები, ვინაიდან ქსელი იყო ჰომოგენური – ემსახურებოდა მხოლოდ სატელეფონო ტრაფიკს.

NGN კონცეფციის საფუძველზე საერთო სარგებლობის კავშირგაბმულობის ქსელი გადავიდა პაკეტური კომუტაციის პრინციპებზე, მომსახურების მრავალი სახეობების უნარით, რამაც მოითხოვა QoS-ის კლასებისა და პარამეტრების დიფერენციაცია [2]. გარდა ამისა, QoS-ის განზომილებებს დაემატა პარამეტრი – აღქმის ხარისხი (QoE – Quality of Experience), რომელიც შეესაბამება მომხმარებლის სუბიექტური შეფასების მნიშვნელობას [3].

სატელეკომუნიკაციო ქსელების კლასი მცირე დაყოვნებებით ხასიათდება მომსახურების ხარისხის შესაბამისი მახასიათებლებით, რომლებიც NGN ქსელისათვის განსაზღვრულია ITU-T-ს რეკომენდაციებით **Req.Y.1541** [1].

ცხრილი 1.

მომსახურების ხარისხის პარამეტრი	მომსახურების კლასი					
	0	1	2	3	4	5
პაკეტების გადაცემის დაყოვნება (IPTD - IP Time Delay)	100 მწმ	400 მწმ	100 მწმ	400 მწმ	1 წმ	-
დაყოვნების ცვალებადობა – ვარიაცია (ჯიტერი) (IPDV - IP Delay Variance)	50 მწმ	50 მწმ	-	-	-	-
დაკარგული პაკეტების წილი (IPLR - IP Loss Ratio)	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	-
შეცდომებით გადაცემული პაკეტების წილი (IPER - IP Error Rate)	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	-

ყველაზე მკაცრი მოთხოვნები შეესაბამება მომსახურების ნულთან კლასს, რომლის გამოყენება განკუთვნილია სამეტყველო სიგნალების დროის რეალურ მასშტაბში გადაცემისათვის არანაკლებ 4000 კმ მანძილზე და აქ დაყოვნებები დაკავშირებულია კავშირგაბმულობის არხში სიგნალის გავრცელების ხანგრძლიობასთან.

ამრიგად, NGN ქსელების დაპროექტება უნდა ითვალისწინებდეს, რომ დაყოვნება არ უნდა აღემატებოდეს 100 მწმ, ხოლო ჯიტერი 50 მწმ, რაც შეეხება პაკეტების კარგების წილისა და შეცდომებით გადაცემული პაკეტების წილის მნიშვნელობებს, მოთხოვნილი ნორმების დაცვა არ წარმოადგენს პრაქტიკულ სირთულეს [1].

ტრაფიკის ახალმა სახეობებმა მნიშვნელოვნად გაამკაცრა მოთხოვნები დაყოვნებებისა და კარგების მიმართ, რომელთა გადაცემა ხორციელდება განსხვავებული პრიორიტეტებით თანამედროვე მობილური კავშირის ქსელში, პაკეტური მულტიმედია IMS (IP Multimedia Subsystem)-ის გამოყენებით [4]. როგორც ცხრილი 2-დან ჩანს განსაკუთრებულად პრიორიტეტულს წარმოადგენს შეერთებების მართვის სიგნალებისა და სიგნალიზაციის ტრაფიკი, ამის შემდგომ საფეხურზეა სამეტყველო სიგნალების გადაცემის ტრაფიკი და ა.შ.

დაყოვნების მნიშვნელობებში პრინციპული ცვლილებები ფიჭური მობილური კავშირის სისტემებში განხორციელდა ხანგრძლივი ევოლუციის სისტემის LTE (Long Term Evolution) დანერგვის შემდეგ, მომსახურების რიგი სახეობებისათვის დაყოვნება შეადგენს 20 მწმ [1].

ნახ.1-ზე მოცემულია ქსელის ფრაგმენტი, რომელიც შედგება რამოდენიმე კვანძი-



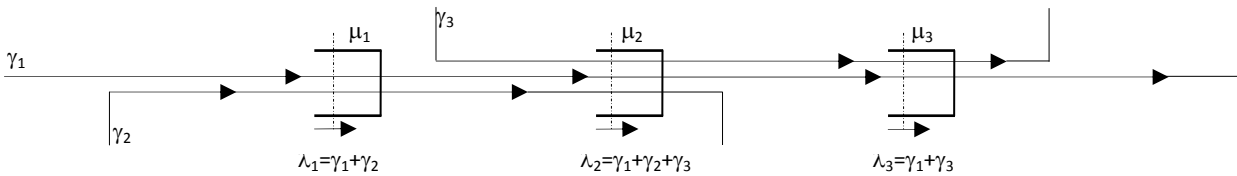
III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



საგან, სადაც მოდელირებისათვის გათვალისწინებულია კვანძებს შორის შემაერთებული ხაზები გამტარუნარიანობით 10 გბიტ/წმ, ხოლო მიერთების ქსელისათვის, გამტარუნარიანობით 4 მბიტ/წმ.

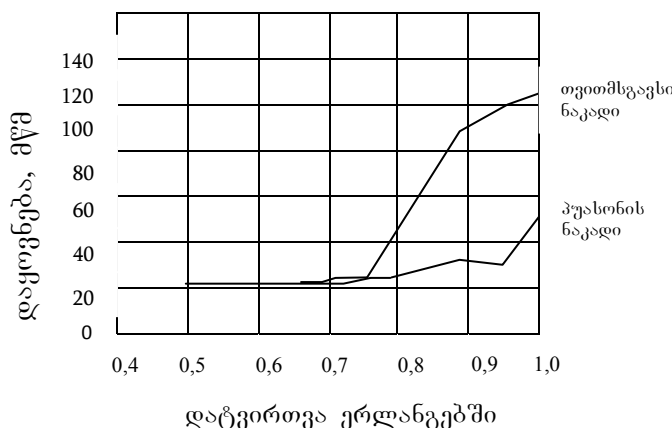
ცხრილი 2.

პრიორიტეტი	დაყოვნებები მწმ.	კარგები	მომსახურების სახეობა
1	100	10^{-6}	IMS ქვესისტემის სიგნალიზაცია
2	100	10^{-2}	სამეტყველო სიგნალების გადაცემა (VoIP)
3	50	10^{-3}	თამაშები დროის რეალურ რეჟიმში
4	150	10^{-3}	ვიდეოკონფერენც კავშირი
5	300	10^{-6}	ნაკადური მომსახურებები
6	300	10^{-6}	Web
7	100	10^{-3}	ინტერაქტიური თამაშები
8	300	10^{-6}	E-mail
9	300	10^{-6}	ფაილების ჩატვირთვა

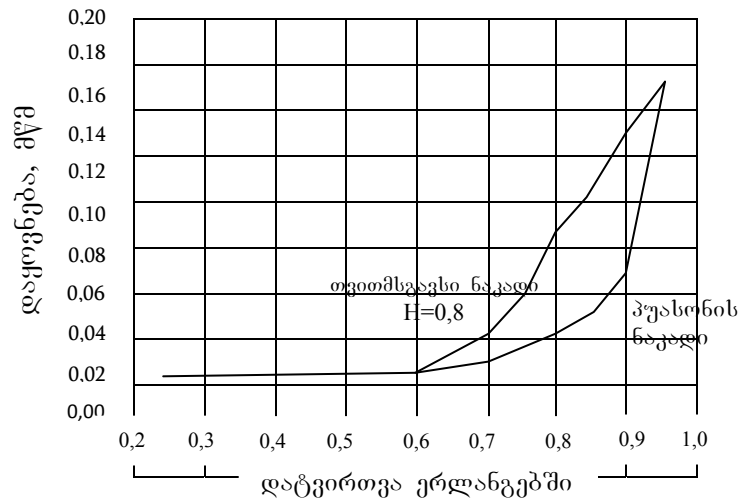


ნახ.1 მულტისერვისული ქსელის ფრაგმენტი

[1]-ში, კვანძის მოდელისათვის გამოყენებულია მასობრივი მომსახურების სისტემა ლოდინით და მომსახურების ხანგრძლიობის უცვლელი დროით. კვანძებს მიეწოდება ტრაფიკის ფონი, რომელიც შეესაბამება კვანძის გამოყენებას, ანუ დატვირთულობას, რომელიც მომსახურების შემდეგ გადის კვანძიდან. გარდა ფონური ტრაფიკისა კვანძს მიეწოდება გამოსაცდელი ტრაფიკი, რომელიც მომსახურების შემდეგ გადაეცემა მომდევნო კვანძის შესასვლელს. ფონური ტრაფიკისათვის შერჩეულია მოთხოვნათა ნაკადების ორი ტიპი: პუასონის და თვითმსგავსი – ხერსტის კოეფიციენტით $H=0.8$. ექსპერიმენტის შედეგად მიღებულია დაყოვნებების საშუალო ხანგრძლიობათა დამოკიდებულებები დატვირთვის სიდიდეზე [1].



ნახ.2. მოდელირების შედეგები, სადაც მიერთების ქსელის გამტარუნარიანობაა 4 მბიტ/წმ [1]



ნახ.3. მოდელირების შედეგები, როდესაც მიერთების ქსელის გამტარუნარიანობაა 10 გბიტ/წმ [1]

ნახ.2-დან ჩანს, რომ დატვირთვის ზრდით მკვეთრად იზრდება დაყოვნების მნიშვნელობა, რაც მასზე მოუთითებს, რომ მიერთების ქსელის პარამეტრები ვერ უზრუნველყოფენ მომსახურების ხარისხის მოთხოვნებს, რაც დასტურდება ნახ.3-ზე წარმოდგენილი მოდელირების შედეგებიდან, სადაც დაყოვნებები იზომება არა ათეულობით მილიწამებში, როგორც ეს ჩანს ნახ.2-დან, არამედ მილიწამების მეათედებით.

პუასონისა და თვითმსგავსი ხასიათის მოთხოვნათა ნაკადებისათვის NGN ქსელში ვლედულობა მნიშვნელოვან განსხვავებებს დაყოვნებების მნიშვნელობებისათვის, რაც იმაზე მოუთითებს, რომ ღრმად უნდა იქნას გაანალიზებული თვითმსგავსი ნაკადის წარმოქმნის პროცესებთან დაკავშირებული საკითხები, რათა ტრაფიკის შემოთავაზებული მოდელი იყოს ზუსტი.

ლიტერატურა

1. Кучерявый А.Е., Парамонов А.И., Аль-Наггар Я.М. Сети связи с малыми задержками //Электросвязь. Ежемесячный научно-технический журнал, 2013, №12, с.15-19.
2. Recommendation Y.1541. Network Performance Objectives for IP-based services, 2006.
3. Recommendation G.1011. Reference Guide to Quality of Experience Assessment Methodologies. ITU-T, Geneva. may 2013.
4. Яновский Г.Н. Multimedia subsystem: принципы, стандарты и архитектура //Вестник связи, №3.

NEW TYPES OF TRAFFIC AND EVOLUTION TOWARDS THE DEMAND OF SERVICE QUALITY IN TELECOMMUNICATIONS NETWORK

Mardaleishvili Z., Gelkhviidze P., Koplatadze M., Kupatadze T.
Akaki Tsereteli State University, Georgian Technical University

Summary

As a result of rapid introduction of entirely new types of service, the indicator of service quality has been significantly improved. The index of delay should be considered in particular. The paper also presents the analysis of the impact of the flow of requirements' character on the significance of delays.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



უსადენო ნანოტექნოლოგიის განვითარების პერსპექტივები

მანარაძე ს., ბერიძე ჯ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მოსხენებაში განხილულია ტელეკომუნიკაციის სფეროში მომავლის ერთერთი ყველაზე პერსპექტიული და თანამედროვე ტექნოლოგიის-ნანოტექნოლოგიის აგების, განვითარების საკითხები, ქსელის დანერგვასთან დაკავშირებული საკვლევო პრობლემები, მოსალოდნელი დადებითი და უარყოფითი შედეგები.

დღეისათვის ადამიანის ყოველდღიური მოღვაწეობა წარმოუდგენელია კავშირის საშუალებების გარეშე. ბოლო ათწლეულის განმავლობაში მეცნიერებასა და ტექნიკაში გაკეთდა დიდი ნახტომი უსადენო გადაწყვეტილებების მხრივ. დღეს ყოველ ადამიანს საფასებით შეუძლია ისარგებლოს კავშირის ხარისხიანი მომსახურებით და მაღალსიჩქარიანი შეღწევით ინტერნეტ ქსელში. პოპულარულ მომსახურებას წარმოადგენს მობილური შეღწევა ინტერნეტში. ასეთ მომსახურებაზე ადამიანთა მოთხოვნა იზრდება ყოველწლიურად, ამიტომ უსადენო ქსელები განუხრელად ვითარდება.

ახალი სტანდარტის და ტექნოლოგიის შემუშავების პარალელურად, რომელიც ამდღებს მონაცემთა გადაცემის სიჩქარეს, მიმდინარეობს კავშირის ორგანიზების ახალი პრინციპის კვლევა. ერთერთ მათგანს წარმოადგენს უსადენო თვითორგანიზებადი სენსორული ქსელი. ეს ქსელი თავისი აგების უნიკალური პრინციპის გამო საშუალებას იძლევა გახდეს მაქსიმალურად საიმედო, მყარი სხვადასხვა სახის წყვეტებისადმი, ამდღეს მომსახურების დონე და მნიშვნელოვნად გაფართოვდეს წარმოდგენილი მომსახურების სპექტრი [1].

ცოტახნის წინ უცნაურად მიიჩნეოდა საგნების ინტერნეტის კონცეფცია (Internet of Things, IoT), მაგრამ დღეს უკვე საუბარია ნანოსაგნების ინტერნეტზე (Internet of Nanotings, IoNT). თუ ქსელურ ელემენტად წარმოვიდგენთ ნებისმიერ “საგანს” მაცივირიდან დაწყებული ადამიანით დამთავრებული, რატომ არ უნდა გავიგოთ რა ხდება მაცივირის სიღრმეში ან თუნდაც ადამიანში. დღეს IoNT უკვე გამოვიდა განვითარების კონცეპტუალური სტადიიდან და მსოფლიოს უმეტესობა ლაბორატორიისათვის გახდა კვლევის საგანი. ნანოტექნოლოგიის აღმოჩენა და განვითარების პროგრესი მოიცავს თავდაცვის, საჰაეროკოსმოსურ, ჯადაცვის, ბიომედიცინის, გართობის, სამრეწველო, ვაჭრობის, ენერგეტიკის და კომუნალური მომსახურების სფეროებს. ამ ტექნოლოგიებით აიძულებს მოწყობილობას გაცვალოს ინფორმაცია – აუსრულებელი სანუკვარი ოცნებაა უმრავლესობა სპეციალისტებისათვის, რომელთაც სურთ როგორც მინიმუმ იცოდნენ სხვადასხვა ტექნოლოგიური პროცესების მიმდინარეობაზე ან ადამიანის ორგანიზმში მიმდინარე ყველანაირი ცვლილების შესახებ.

IoNT წარმოადგენს უსადენო კავშირით დაკავშირებულ ნანომოწყობილობებს, რომელთაც აქვთ გასასვლელი სხვადასხვა კავშირის ქსელებში, უპირველეს ყოვლისა ინტერნეტში. ნანომაშტაბური კავშირის ქსელების ჩართვა ინტერნეტში, აფართოებს IoT-ის სამყაროს IoNT-მდე. ეს ლოკალური განვითარება ხდება გლობალური, ნანოგადამწოდი იქნება პრაქტიკულად ყოველ მყარ თხევად და ფხვიერ პროდუქტში, რომ დროულად მოხდეს ინფორმირება ხომ არ არის დარღვეული რეცეპტურა, კლიმატი, წებოვნება და სხვა შემადგენლობა. მაგ.: ჩვეულებრივ სუნამოში ინტელექტუალური ნანოდამატებების საშუალებით შესაძლებელი გახდება დროულად მოხდეს სიგნალიზირება მოცემული სუნის შესაბამისად, წამალი – ორგანიზმზე მათი რეალური მოქმედების შესახებ ინფორმაციის ასახვის საშუალებას მოგვცემს. ციფრულ სამყაროზე მოთხოვნა ორმაგდება ყო-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ველ 2 წელიწადში. 2013-2020 წლის პროგნოზის მიხედვით ინფორმაციის რაოდენობა გაიზარდება ათეულჯერ ან 4,4 ტრილიონიდან 44 ტრილიონ გიგაბიტამდე. თუ IoT – ეს მილიარდი ყოველდღიური საგნები და მოწყობილობებია, რომელთაც გააჩნიათ უნიკალური იდენტიფიკატორები და შეუძლიათ ავტომატურად დაარეგისტრირდნენ, შეაგროვონ და მიიღონ მონაცემები, მაშინ IoNT – ეს უკვე როგორც მინიმუმ ტრილიონი ნანომოწყობილობაა. მოსალოდნელია რომ სტრუქტურაში ცვლილების და ინოვაციური დამატებების მოთხოვნა გამოიწვევს სერიოზულ მოთხოვნის გაზრდას ნანოსაგნების ბაზარზე უახლოესი რამდენიმე წლის განმავლობაში. როგორც მოსალოდნელია IoNT-დან მიღებული მოგება გაიზარდება 2016 წელს 4260 მილიონი დოლარიდან 9690 მილიონ დოლარამდე 2020 წლისათვის [2].

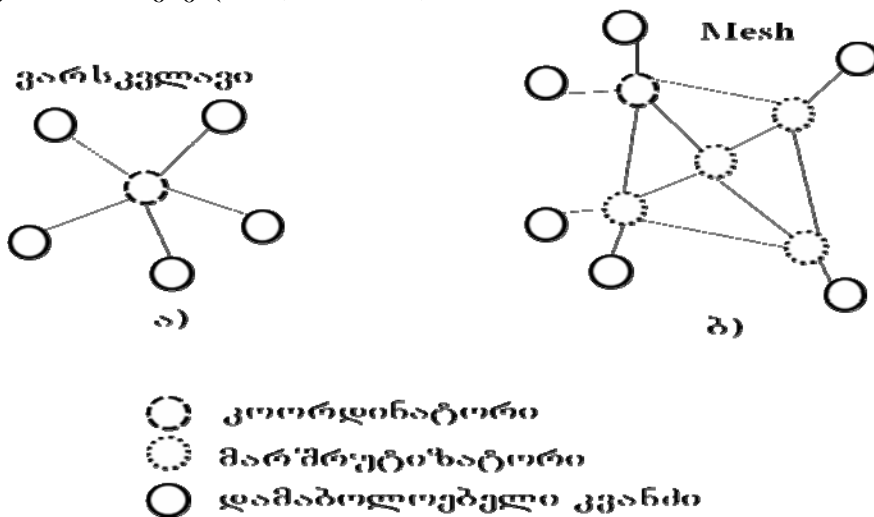
ადრე წარმოდგენაც კი არ არსებობდა ნანოსაგნების ინტერნეტზე, არ იყო ინტერნეტი და არ იყო ნანოსაგნები. ესაა კაცობრიობის მიმდინარე პროგრესირების გამოწვევები. თანამედროვე ადამიანისათვის ნაკლებად გასაგებია რისთვის შეიძლება გამოყენებული იქნას IoNT და რა სარგებელი შეიძლება მოიტანოს მან. ჯერჯერობით ეს ყველაფერი იმყოფება ჩასახვის სტადიაზე, კონცეფციის და ტექნოლოგიის არჩევის გამოუმუშავების ეტაპზე. ზოგიერთ წინწასულ კომპანიებს ამასთან დაკავშირებით გააჩნიათ სხვადასხვა მარკენტივული ოცნებები, სპეციალისტებისათვის კი უფრო საინტერესოა, როგორ იქნება ეს მოწყობილობები და როგორ იმუშავებს ის. მოწყობილობები შეიცვლება დროთა განმავლობაში, ეს დამოკიდებულია ახალი ტექნოლოგიის განვითარებაზე და ჩვენს ცხოვრებაში მათ შემოღწევაზე, საგნების რაოდენობაზე და მათ სახეობაზე დამოკიდებულებით შეიძლება გამოყენებული იქნას ინფორმაციის შეგროვების, დამუშავების და გაცვლისათვის საჭირო სხვადასხვა ტექნოლოგიები. ნანობიექტები უნდა ურთიერთქმედებდნენ ნებისმიერ ადგილზე და ნებისმიერ დროს. IoNT-მა ღირებულებების შექმნის ჯაჭვში უნდა გაიაროს რევოლუციური ცვლილებები ფუნქციონირების ოპტიმიზაციის. მინიატურულ სენსორებს, რომლებიც აკავშირებენ ნანოქსელს, შეუძლიათ წარმოადგინონ წვრილსტრუქტურული მონაცემები ობიექტის შიგნიდან ან რთულად მიღწევადი სფეროებიდან. მაგ.: სხეულსზედა ნანოსენსორებს შეუძლიათ უზრუნველყონ ელექტროკარდიოგრაფიული და სხვა სიცოცხლისათვის მნიშვნელოვანი სიგნალების შეგროვება და გადაცემა. მიკროსენსორებს, რომლებიც განთავსებულია გარემოში შეუძლიათ შეაგროვონ ინფორმაცია პათოგენებზე და ალერგენებზე, რომლებიც არსებობენ კონკრეტულ ფიზიკურ ადგილზე. თუ გავაერთიანებთ ამ ორ მონაცემთა წყაროს IoNT საფუძველზე შეიძლება მივიღოთ ზუსტი დიაგნოზი და თვალყური ვადევნოთ პაციენტების ჯანმრთელობას. რამდენიმე ნანოკომპონენტების ინტეგრაცია ერთიან ორგანიზმში, ნანოქსელებს დაეხმარება განვითარდეს სულ ახალი და ახალი ნანომანქანები, რაც საშუალებას მოგვცემს შეიქმნას ახალი დამატებები ბიომედიცინაში, ეკოლოგიურ, სამრეწველო და სამხედრო სფეროებში. თუმცა დღესდღეისობით ბოლომდე ჯერ არ არის ნათელი ნანომანქანებს როგორი ურთიერთობა ექნებათ ერთმანეთში, როგორ გაცვლიან ინფორმაციას უფრო მსხვილ “საგნებთან” მოცემული გამოწვევის საპასუხოდ ბოლო წლებში ნანოტექნოლოგიის სფეროში გამოჩნდა ახალი მიმართულება – ნანოკავშირი ან ნანომოწყობილობებს შორის კომუნიკაცია: ნანოსქემების, ნანორობოტების, ნანომანქანებს შორის და სხვა.

მოწყობილობათა უმეტესობა ხდება უფრო მეტად მინიატურული და მალე ფიზიკური ობიექტები, რომლებიც ჩართულია ინტერნეტში შეუიარაღებელი თვალისათვის არ იქნება შესაძლებელი. ნამცვეცის ზომის კომპიუტერი მოიცავს მზის ბატარეას, თხელფირფიტის კვების ელემენტს, ოპერატიულ მეხსიერებას, წნევის გადამწოდს, უსადენო რადიო-



მოწყობილობას და ანტენას [3].

დღეს ერთერთ რეალიზებულ (განხორციელებულ) ნანოკავშირს წარმოადგენს უსადენო ქსელის შემუშავება ჩიპზე (Wireless Network Chip, WiNoC). მულტიბირთვულ ჩიპებზე პროექტირების მეთოდოლოგიაზე მუშაობა მივიდა იდეამდე ქსელი-ჩიპზე (Network on chip, NoC) და შესაძლო მიმართულებად - სისტემა კრისტალზე (System on Chip, SoC). WiNoC-ის რეალიზაცია ითვალისწინებს ერთ კრისტალში როგორც უსადენო, ასევე ტრადიციული გამტარიანი ხაზით სიგნალების გადაცემას. მთელი სისტემა კრისტალზე პირობითად იყოფა ბირთვების ჯგუფით შექმნილ ქვექსელებად, კრისტალის შიგნით კომუნიკაცია ხორციელდება გამტარიანი ხაზებით. ყოველი ასეთი ქვექსელი აღჭურვილია მინიატურული საბაზო სადგურით, რომელიც უზრუნველყოფს მონაცემთა პაკეტების გადაცემას და მიღებას რადიოარხით სხვა ქვექსელიდან. ყველა ბირთვი ქვექსელში დაკავშირებულია მის საბაზო სადგურთან კავშირის გამტარიანი ხაზით. სხვადასხვა ქვექსელების მონაცემთა პაკეტის გადაცემა ბირთვებს შორის ხორციელდება ჯერ ლოკალურად შესაბამის საბაზო სადგურთან, შემდეგ კი ერთერთ – ქვეჯგუფის საბაზო სადგურამდე, რომელშიც იმყოფება ადრესატი და შემდეგ გამტარიანი ხაზით დანიშნულების პუნქტში. საბაზო სადგურების გაერთიანება რადიოქსელში შეიძლება შესრულდეს ვარსკვლავური ტოპოლოგიით, mesh-ქსელით (ნახ.1, ა, ბ).



ნახ.1. საბაზო სადგურების გაერთიანების ტოპოლოგიები (ა-ვარსკვლავური, ბ- mesh-ქსელით)

ქსელური არქიტექტურა და კავშირის პროტოკოლები წარმოადგენს სერიოზულ წყაროს ახალი სამეცნიერო კვლევებისათვის. მუშავდება კავშირის ახალი მექანიზმები ელექტრომაგნიტური ნანოქსელებისათვის, რომლებიც მოიცავენ მოდულაციას ფემტოწამური იმპულსების გადაცემის საფუძველზე. ნანოანტენები იყენებენ არამარტო რადიოსიხშირებს, ასევე ოპტიკურ დიაპაზონსაც. მომავალმა რადიოსიხშირულმა ელექტრონულმა ნანომოდულებმა შეიძლება გამოიყენოს შემდეგი გამტარი ნანომასალები: ვერცხლის ნანონაწილები, გრაფიტის ნანომილები ან გრაფენირებული დაფარვა. გრაფენით შეიძლება რეალიზებული იქნას პლაზმური ნანოანტენები, რომელთა დახმარებითაც ნანო და მიკროდონის ასეული და ათასეული მექანიზმი ან მოწყობილობები შეიძლება გაერთიანდეს ერთიან ქსელში უსადენო კავშირის დახმარებით. ტრადიციული მეტალისაგან განსხვავებით სპილენძის სახით ან ვერცხლის გრაფენმა შეიძლება იმუშაოს გაცილებით ნაკლები ენერჯის დანახარჯებით. ეს ეფექტი მიიღწევა ზედაპირული ელექტრონული ტალღების გამოყენების ხარჯზე, რომელიც წარმოიქმნება გრაფენის ზედაპირზე განსაზღვრულ პირობებში, როცა ელექტრონები ქმნიან ველის ელექტრონულ რხევას,



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



რომელიც ხდება ელექტრომაგნიტური ტალღის წყარო, რომელიც ვრცელდება გრაფენის ზედაპირზე. ეს მოვლენა ცნობილია როგორც პლაზმური-პოლარული ტალღის ზედაპირი (Surface Plasmon Polariton, SPP), რომელიც საშუალებას აძლევს გრაფენულ ნანოანტენებს იმუშაონ ტერაჰერცული დიაპაზონის 0,1...10 ტმც-ი ქვედა ზოლში. ტერაჰერცული დიაპაზონის გამოყენება უზრუნველყოფს მონაცემთა გადაცემას უსადენო ქსელებში ორი თანრიგით მეტი სიჩქარით ვიდრე არსებული უსადენო ტექნოლოგიის სიჩქარეა, ხოლო გრაფენული ნანოანტენების გამოყენებით კვების წყაროდან დახარჯული ენერჯია მცირდება ოთხი თანრიგით. საერთოდ უნდა აღინიშნოს, რომ გრაფენი ეს არის **XXI** საუკუნის მასალა, რომლის აღმოჩენისათვის ავტორებს მიენიჭათ ნობელის პრემია, და იგი თანამედროვე მიკროელექტრონიკაში კრემანიუმის წარმატებულ ალტერნატივად განიხილება.

შექმნილია მინიატურული ელექტრო ნანოგენერატორი (ნანოგენერატორი ვანგა) ნანოგამტარების პიეზოელექტრონული თვისების გამოყენებით, რომელსაც შესწევს უნარი გამოიმუშაოს ელექტროენერჯია და აწარმოოს ელექტრომაგნიტური ტალღები სიხშირის ფართო დიაპაზონში. მსგავს ნანოგენერატორს შეუძლია გამოიმუშაოს ელექტროენერჯია უშუალოდ ცოცხალი ორგანიზმის შიგნით, წყაროს სახით გამოიყენება მექანიკური რხევა, მაგალითად სუნთქვის ან გულისცემის ხარჯზე. ამ გზით შეიძლება უზრუნველყოთ ენერჯიით მედიცინის გადამწოდები და იმპლანტები, რომლებიც დამზადებულია ნანოტექნოლოგიის საფუძველზე და არ მოითხოვენ მუშაობისათვის ენერჯიის დიდ რაოდენობას.

ჯერ უცნობია რომელი ტექნოლოგია აღმოჩნდება მომავალში უფრო ეფექტური. ნებისმიერ შემთხვევაში მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ რომ დღეს ვიმყოფებით IONT სფეროს კვლევის ძალიან ადრეულ სტადიაზე და წინ მოსალოდნელია ბევრი სირთულეები.

IONT დამატებები მოიცავს ბიოჰიბრიდულ იმპლანტებს, გლუკოზის დონის მონიტორინგს, გულის მონიტორინგს, ტვინის პათოლოგიის მონიტორინგს, ეპილეფსიის ან დეპრესიის მონიტორინგს. წამალი ნანო გარსით მიზანმიმართული იქნება სიმსივნემდე მიღწევისათვის და მის განადგურებაზე. პრიორიტეტულია თავდაცვის სფეროსათვის რადიაციული, ბიოლოგიური და ქიმიური დაცვისათვის, საგანგებო სიტუაციების მართვისათვის. IONT დამატებებს თეორიულად არ გააჩნიათ საზღვრები, მაგრამ საწყის ეტაპზე გამოყენებული იქნება პროდუქტის და წყლის ხარისხის კონტროლისათვის და ასევე მოდიფიცირებული მასალისა და ქსოვილის შესაქმნელად. ეკოლოგიის სფეროში გამოყენებული იქნება კონტროლისა და ბიოლოგიური განაწილებული ინტენსიფიკაციის ინტერესებისათვის, მესაქონლეობის, მემცენარეობის მართვისათვის, ჰაერის დაბინძურების კონტროლისათვის.

Smart-ორგანოების შექმნა – ეს პარადიგმების დიდი წინსვლაა ჯანდაცვაში. ქსოვილური ინჟინერიის განვითარებას სრულებით შეუძლია შეცვალოს მიდგომა კანის, სისხლძარღვების, ძვლების და ადამიანის სხვა ორგანოების დიაგნოსტიკისა და მკურნალობისადმი. ნანომასალებისა და ნანოგადამწოდების საშუალებით შეიძლება უჯრედების ზრდის სტიმულირება. ნანომანქანებს და ნანოსენსორებს შეუძლიათ მუდმივად იყვნენ ორგანოში და უზრუნველყონ ადრე უხილავი ფუნქციები. მაგ.: ჩვეულებრივი თვალი შეიძლება ინტეგრირდეს ლინზასთან რომლის ფუნქციონირება იქნება უფრო ფართო, ვიდრე GoogleGlass სათვალებები. IONT საშუალებით შეიძლება შეიქმნას ადამიანის სხეულში მართვის პარადიგმული სისტემა, თუ მისთვის თანდაყოლილ სისტემას არ შეუძლია კარგად შეასრულოს თავის ფუნქციები, რომლის მუშაობის კორექტირება შესაძლებე-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ლია. შესაძლებელი იქნება ორგანიზმის დიაგნოსტიკა, ისე როგორც ხდება თანამედროვე ავტომობილების დიაგნოსტიკა. ამისათვის საკმარისი იქნება “უსადენო გზით” მიუერთდეთ კომპიუტერს და ვისარგებლოთ შესაბამისი პროგრამებით.

ასეთი იდეების განხორციელებისათვის ზოგიერთი ფუტუროლოგი მივიდა იმ აზრამდე რომ შეიქმნას ე.წ. სრულიადპლანეტის ნეირონეტი ადამიანური “ტვინის” გაერთიანების გზით, IoT/IoNT კავშირების საშუალებებით გლობალური მასშტაბით. ჯერჯერობით ტვინიდან სიგნალების გადაცემისათვის გამოიყენება ელექტროდები, მაგრამ ოდესმე მის როლს აიღებს თავის თავზე ადამიანში “ჩაშენებული” IoNT ფრაგმენტი, რომელსაც გამოსასვლელი ექნება IoT-ში. შემუშავებული იქნება კომუნიკაციური პროტოკოლები, რომელიც დაფუძნებული იქნება ფსიქიკური პროცესების ციფრულ მოდელზე და ნაპოვნი იქნება მიდგომები “კოლექტიური შეგნების” ორგანიზებისათვის, ისეთი ამოცანების ამოსწისათვის, რომლებიც მოითხოვს სხვადასხვა მოაზროვნეთა გაერთიანებას. თანამედროვე სამყაროში პრობლემათა უმეტესობა წარმოიქმნება იმიტომ რომ ადამიანები ვერ თანხმდებიან ერთმანეთში ამათუიმ რესურსების ერთობლივად გამოყენებაზე. “კოლექტიური შეგნების” ორგანიზებით ნეირონეტი დაეხმარება გადაწყდეს პრობლემები. ნეირონეტი განიხილება საგნების ინტერნეტის ერთერთ ქსელურ ფრაგმენტად, რომლის “კვანძებს” წარმოადგენს არა სმარტფონი, პლანშეტი და ნოუტბუქი, არამედ ადამიანის ტვინი.

IoNT-ის განვითარებას მოელის გასაოცარი წარმატებები, მაგრამ თავს იჩენს მანამდე უხილავი რისკები. შესაძლებელია ადამიანის მოკვლაც კი, ფულისათვის, ქონებისათვის, ძალაუფლებისათვის, შურისძიებისათვის. IoT გახდება კიბერდამნაშავეებისათვის ლოგიკური მიზანი. როგორც სპეციალისტები აღნიშნავენ კიბერუსაფრთხოების საფრთხე წლების მიხედვით იზრდება. Gartner-ის შეფასებით 30 მილიარდი ობიექტი იქნება ჩართული 2020 წლისათვის, IDC-ს მონაცემებით კი 212 მილიარდი დაზვერვის, ეკონომიკური, დანაშაულის აღმოჩენის და სხვა მიზნებისათვის. სპორცმენები გამოიყენებენ სხვადასხვა ჩიპ-იმპლანტებს კუნთების სტიმულირებისათვის დოპინგის ნაცვლად, რაც დარღვევაა სპორტულ ეთიკაში [4].

ტექნოლოგიის შექმნისას უნდა ვიცოდეთ სწორად მისი გამოყენება. არსებობს მოსაზრება რომ ერთის მხრივ ადამიანი არ არის მზად ახალი შესაძლებლობების გამოსაყენებლად პლანეტარული და პერსონალური ათვისებისათვის. მეორეს მხრივ ადამიანს სხვა გამოსავალი არ აქვს უნდა დასძლიოს თავის თავში ახალი ტექნოლოგიის სასარგებლო მოქმედების კოეფიციენტის გამოყენება. ახალი ტექნოლოგიები კი ადამიანის არ უტოვებს სხვა გამოსავალს რომ უნდა შეიცვალოს, ეს მოვლენა არ იქნება მარტივი მაგრამ გარდაუვალი პროცესია.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Самоорганизация ZigBee сетей и маршрутизация сообщений//Блок о шифровании.-2011г. (Электронный ресурс)-Режим доступа URL:<http://crypto.pp.ua/2011/12/samoorganizaciya-zigbee0setej-imarshrutizaciya-soobshhenij-chast-1/>.
2. Самоорганизующиеся беспроводные сети//Наука-это жизнь. Сборник научно-познавательных статей. (Электронный ресурс)-Режим доступа-URL:<http://nauka.relis.ru/26/0201/26201012.htm>
3. Yevgeni Kouchevay, Sasitharan Balasubramian, Ian F. Akyildiz. Nanoscale Communications. DIGILE November 27, 2013.
4. Д. Слюсар, В. Слюсар. Беспроводные сети на кристалле: перспективные идеи и методы реализации. Электроника, №6/2011, с. 74-83.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



WIRELESS NANONETWORKS DEVELOPMENT PROSPECTS

Makharadze S., Beridze J.,
 Georgian Technical University.

Summary

Technological progress is inevitable due to the latest challenges evasion. It is formed until now the dream and the incredible systems. One of them is the nanothings Internet, where devices are miniature, but it is equipped with a large capacity information collection, processing and transmission. Similar devices are projected to use less energy consumption, electricity produce directly to the inside of living organisms, based on mechanical vibration, what is positive for many areas of human activity. Due to the ongoing processes in the world people have not other choice, they are obliged to pay attention to the current challenges and cope with the inevitable related processes.

მონაცემთა ნაკადების რეგულირების ეფექტურობის მახასიათებლების მახასიათებლები და უზრუნველყოფის კონტროლი

ქურდაძე მ., მურჯიანი ბ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

წარმოდგენილია სატელეკომუნიკაციო ქსელში მონაცემთა ნაკადების რეგულირების ეფექტურობის მახასიათებლები ფუნქციონირების მაღალი წარმადობის შენარჩუნების თვალსაზრისით. შემუშავებულია მეთოდი, რომლის თანახმადაც ხორციელდება მონაცემთა ნაკადების კრიტიკულ მახასიათებლების მიხედვით ჯგუფებად დაყოფა სიტუაციის მიხედვით. ამ ჯგუფებს ენიჭებათ პრიორიტეტები და სრულდება ამ ჯგუფებში მოქცეულ მომსახურების ხარისხის მახასიათებლების გაზომვა ალტერნატიული მარშრუტების გამოყენებით, ხორციელდება ჯგუფში მიღწეული მონაცემების ნაკადების გადართვა ალტერნატიულ მარშრუტზე. ისეთი მიდგომა, როცა სისტემა ღებულობს გადაწყვეტილებას ჩატარებული გაზომვების შედეგების საფუძველზე, უზრუნველყოფს კრიტიკული პარამეტრების მუდმივ კონტროლს, რაც თავის მხრივ იძლევა ეფექტური გადაწყვეტილების სწრაფად მიღების შესაძლებლობას, რაც თავის მხრივ მკვეთრად აუმჯობესებს მონაცემთა ნაკადების რეგულირების ხარისხს.

მონაცემთა გადაცემის ქსელის მთავარ ამოცანას საფუძველშივე წარმოადგენს გათვალისწინებულ იქნეს შემდეგი პრინციპები: ზრდაზე ორიენტირებული ქსელები, ქსელის სტაბილურობა, ქსელის მდგრადობა მაქსიმალური დატვირთვების რეჟიმში მუშაობისას; ქსელის ხელმისაწვდომობა; მართვისა და კონტროლისათვის მოქნილი ქსელი; საინფორმაციო ნაკადების კონფიდენციალურობა; გარე საფრთხეებისაგან ქსელის დაცვა; უცხო საინფორმაციო ნაკადების კონტროლი.

თანამედროვე სატელეკომუნიკაციო ქსელებში ბევრი კომპანია სარგებლობს კამპუსის ტიპის ქსელით, რომლებსაც გააჩნიათ ერთზე მეტი არხი, რომლების მეშვეობით ისინი ანხორციელებენ გარე სამყაროსთან კავშირს. ეს არხები წარმოადგენენ ორგანიზაციების კერძო საკუთრებას ან წარმოადგენენ ინტერნეტ პროვაიდერის ინფრასტრუქტურის ნაწილს. ბევრ შემთხვევაში, ერთერთი არხი წარმოადგენს ძირითად არხს, მაგრამ დანარჩენი არხები არიან დამხმარე. ასეთ შემთხვევებში, ძირითადი დატვირთვა მოდის პირველად არხზე, როდესაც დამხმარე არხების რესურსები იმყოფებიან გამოყენების გარეშე. კამპუსის ტიპის არქიტექტურა თავის თავში სრულად მოიცავს ინტელექტუალური კომუტაციისა და მარშრუტიზაციის ინფრასტრუქტურას, IP-კომუნიკაციების მაღალი მწარმოებლურობის ინტეგრირებულ ტექნოლოგიებს, უზრუნველყოფს მობილურობასა და უსაფრთხოების გაზრდილ დონეს. უზრუნველყოფს იმფორმაციულ ნაკადებთან მაღალი სიჩქარით წვდომას, მდგრადი მრავალდონიანი იერარქიული კონსტრუქციის ხარჯზე, აპარატურული და პროგრამული უზრუნველყოფის სწორი გამოყენება უზრუნველყოფს ქსელის დატვირთვების ჯეროვან განაწილებას და ქსელში შე-



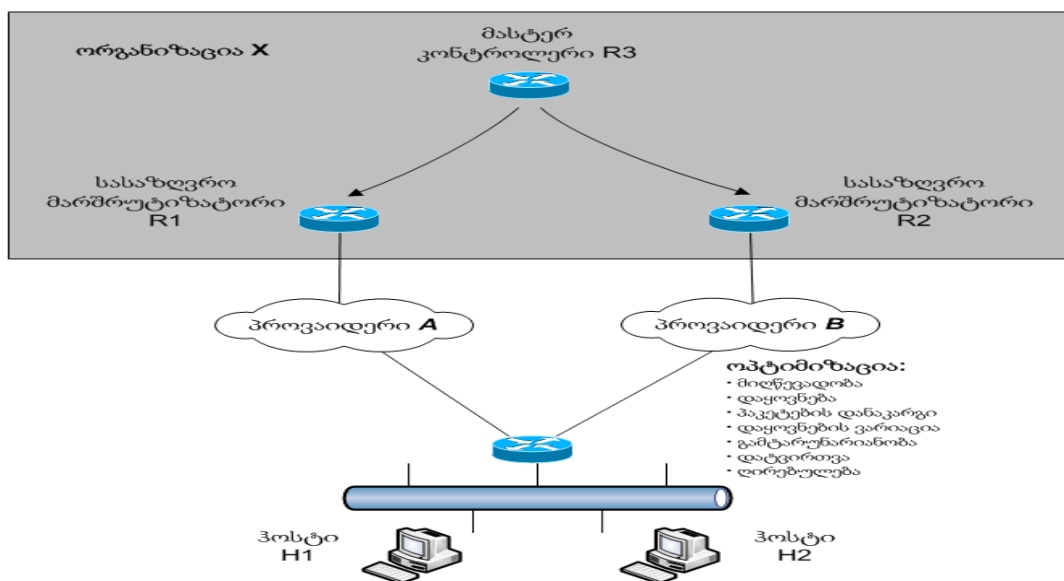
III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



საძლო შეფერხებებისას სისტემის მდგრადობას. უსაფრთხოების კომპლექსური სისტემა უზრუნველყოფს ქსელზე შემტევ ზემოქმედებებს. მიუხედავად ამისა დღევანდელი გლობალური ქსელების პრობლემები გამოიხატება შემდეგში: ტრაფიკის ზრდა და ცენტრალური ქსელის ინტერნეტთან დამაკავშირებელი არხების დატვირთვის გაწონასწორების მოუქნელი ალგორითმები; ძვირადღირებული დამხმარე არხების რესურსების გამოუყენებლობა Border Gateway Protocol (BGP)-ის რთული მექანიზმები; NetFlow სტატისტიკის, IP SLA და პრეფიქსების ხელით შემოწმების აუცილებლობა. ამ პრობლემების გადაწყვეტის საშუალებებად შეიძლება ჩაითვალოს: ძვირადღირებული არხების და ინფრასტრუქტურის სრული გამოყენება; ტრაფიკის ეფექტური განაწილება არხების დატვირთვის გათვალისწინებით; ტრაფიკის ოპტიმიზირება არხების საფასურის პროფილებზე დაყრდნობით; ძვირადღირებული გამოუყენებელი არხების მინიმიზირება.

მონაცემთა ნაკადების რეგულირების მახასიათებლები დამოკიდებული არიან ქსელში პაკეტების კარგის სტატისტიკაზე, რაზეც მარშრუტიზაციის პროტოკოლებს ინფორმაცია არ გააჩნიათ. ამ ფაქტმა შეიძლება გამოიწვიოს მომხმარებლის ქსელში მუშაობის ეფექტურობის გაუარესება და მონაცემთა ნაკადების წარმადობის დეგრადაცია. აღსანიშნავია, რომ ასეთ შემთხვევებში მარშრუტიზაციის პროტოკოლები აგრძელებენ ჩვეულებრივ მუშაობას და მსგავსი პრობლემები არანაირ მინიშნებას არ ახდენენ დინამიური მარშრუტიზაციის პროტოკოლებზე.

პრობლემის გადაწყვეტილება გვესახება ინტელექტუალური მარშრუტიზაციის ალგორითმების დანერგვაში, რომელიც დაყრდნობილია მონაცემთა ნაკადების წარმადობის მონიტორინგზე და გაუარესების შემთხვევაში სწრაფ რეაგირებაზე. ამის მისაღწევად, საჭიროა მომსახურების ხარისხის კრიტიკული პარამეტრების მონიტორინგი. ასეთ პარამეტრებს წარმოადგენენ: პაკეტების გადაცემის დაყოვნება, პაკეტების დანაკარგი, დაყოვნებების ვარიაცია და გამტარუნარიანობა. ამ შემთხვევაში ყალიბდება ალგორითმი, რომელსაც საფუძვლედ უდევს შემდეგი: მარშრუტიზატორებს უნდა შეეძლოთ ნაკადების მარშრუტიზაცია არა მარტო დანიშნულების პრეფიქსების მიხედვით, არამედ მონაცემთა ტიპებზე დაყრდნობით. მარშრუტიზაციამ უნდა აირჩიოს მონაცემისთვის საუკეთესო მარშრუტი და არა მხოლოდ დანიშნულების პრეფიქსისათვის, არამედ ყველა შესაძლო შესასარულებელი ვარიანტისათვის.

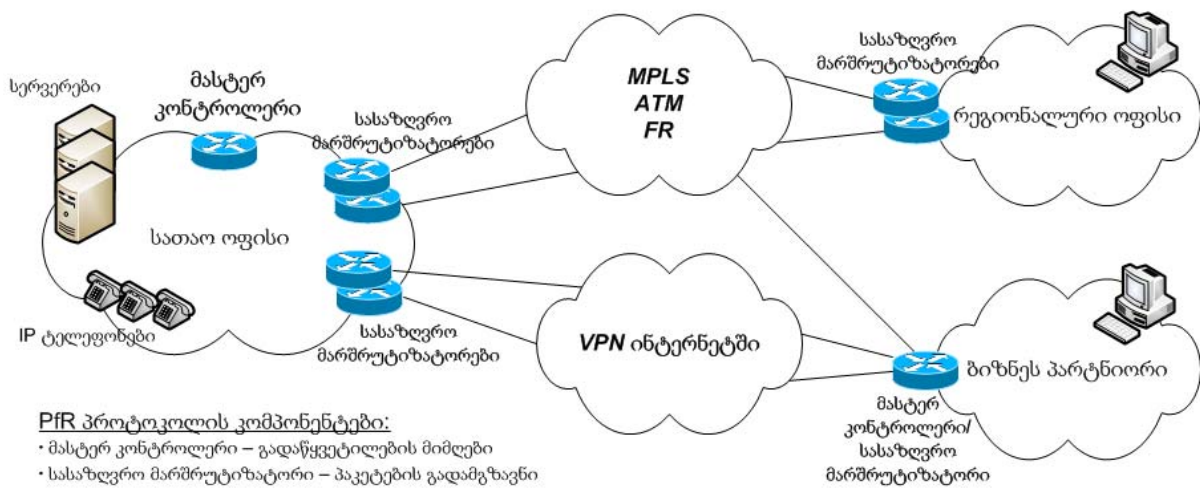


ზემოთ გამოსახულებაზე მოცემულია წარმადობის გაზრდის მიკრო მოდელი სადაც ის არ წარმოადგენენ ავტომატურ დამოუკიდებელ მექანიზმებს და ითვალისწინებენ აღ-



მინისტრატორის ჩარევას და პარამეტრების ხელით კონფიგურირებას. ამ პრობლემის უფრო მოქნილი გადაწყვეტა ხდება Performance Routing.

ტრადიციული მარშრუტიზაცია იყენებს სტატიკურ მეტრიკას და არ გააჩნია არანაირი ინფორმაცია არხების დატვირთვის, მონაცემთა გადაცემის ან არხების შეცდომების შესახებ. Cisco Performance Routing (PfR) აუმჯობესებს მარშრუტიზაციის ალგორითმს და შესაძლებელი ხდება საუკეთესო მარშრუტის არჩევა მომხმარებლის წესდებაზე დაყრდნობით. რაც თავის მხრივ შეიძლება იყოს დაყრდნობილი, როგორც არხებს შორის დატვირთვის განაწილებაზე ასევე მონაცემთა ნაკადებისთვის საუკეთესო და მაქსიმალური წარმადობის მქონე მარშრუტის არჩევაზე. ტრაფიკის მართვის ინტელექტუალურ მეთოდს შეუძლია დინამიკური მარშრუტიზაციის გადაწყვეტილებების მიღება კორპორაციული ქსელის ან ინტერნეტის არხების შეცდომებზე დაყრდნობით და მარშრუტიზაციის კორექტირება კომპლექსურ კრიტერიუმებზე დაყრდნობით. ასეთ კრიტერიუმებს წარმოადგენდნენ პაკეტების მიწოდების დაყოვნება, პაკეტების დანაკარგი, დაყოვნების ვარიაციის ფაქტორი, არხების დატვირთვა და სხვა წესდებები.



და ძეფასების კრიტერიუმები დავადგინოთ, PIR პროტოკოლის ალგორითმის ზოგადი ძოდელი ასე შეიძლება წარმოვიდგინოთ:

- VIII. მიღწევადობის შემოწმება.-დანიშნულების პრეფიქსის დაყოვნების, პაკეტების დანაკარგის და მიღწევადობის ინფორმაცია უფრო დეტალურია და მონაცემთა ანალიზი ნაკლები ცდომილებებით ხორციელდება.
- IX. ტრაფიკის კლასები შესწავლა.-მოიცავს, როგორც შესწავლის ასევე კონფიგურირების მექანიზმებს.
- X. მონაცემთა ნაკადების წარმადობის გაზომვა.-გაზომვის ფაზა ითვლება დასრულებულად, როდესაც გაზომვის ტრაფიკის ნუსხის ყველა ტრაფიკის კლასის ჩანაწერს გააჩნია შესაბამისი წარმადობის მეტრიკების გაზომვის შედეგები.
- XI. წესდების დართვა.-ახორციელებს გაზომილი წარმადობის მახასიათებლების შედარებას არსებული ან კონფიგურირებული ბარიერების მიმართ, როდესაც წარმადობის მახასიათებლები არ აკმაყოფილებენ მიღებულ ბარიერს, PfR პროტოკოლი იღებს გადაწყვეტილებას მოახდინოს ტრაფიკის კლასის გადამისამართება ან მდგომარეობის შეცვლა.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ტრაფიკის კლასი		არხი	
წარმადობა	ხელმისაწვდომობა	წარმადობა	ადმინისტრაციული
• დაყოვნება	• sinkhole	• დატვირთვის განაწილება	• არხების დაჯგუფება
• პაკეტების დანაკარგი	• blackhole	• მაქსიმალური გამოყენება	• ღირებულება
• მიღწევადობა			
• MOS			
• დაყოვნების ვარიაცია			

წესდების დართვა შესაძლებელია გლობალურად, ტრაფიკის კლასის დონეზე ან არხის მიხედვით

XII. მარშრუტის ცვლილების განხორციელება-მარშრუტიზატორები უზაზნიან მასტერ კონტროლერს მოხსენებას იმის თაობაზე, თუ რა ნაკადები იყო დადგენილი, ადგენს ყველა დანიშნულების მისამართისათვის შემდეგ პარამეტრებს: აღმოჩენილი ნაკადების გადაცემის საშუალო დაყოვნებას; პაკეტების დანაკარგის სტატისტიკას; დანიშნულების მისამართის მიღწევადობას; გამტარუნარიანობას, განსაზღვრულს ბიტები/წამში

PfR პროტოკოლის ყველა ტრაფიკის კლასს უნდა გააჩნდეს ერთზე მეტი წესდება. საედანაც პროტოკოლმა უნდა მოახდინოს სასურველი წესდების არჩევა და ყველა წესდებას მიენიჭოს პრიორიტეტის მნიშვნელობა. საწყის მდგომარეობაში, PfR პროტოკოლი ანიჭებს პრიორიტეტებს შემდეგი მიმდევრობით: უმაღლესი პრიორიტეტი ენიჭება დაყოვნების წესდებას, შემდეგ არის დატვირთულობის წესდება. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ყველა შემთხვევაში დაერთება მიღწევადობის წესდება, რომელსაც აქვს პრიორიტეტი. ამ პრიორიტეტის შეცვლა შეუძლებელია და ის მუდმივად არის ერთი და იგივე მნიშვნელობის.

PfR ახორციელებს იმ მარშრუტის არჩევას, რომელიც აკმაყოფილებს წესდებას, და ეს პროცესი შეიცავს შემდეგ ეტაპებს:

8. ყველა ტრაფიკის კლასისათვის არსებული გამავალი ინტერფეისების გამოყენებით გაზომილი მონაცემების თავმოყრა.
9. ყველა გარე და შიდა ინტერფეისებზე მონაცემების თავმოყრა
10. იმ ინტერფეისების იგნორირება რომელზეც არ არსებობს მონაცემები,
11. მონაცემები ინტერფეისების პრიორიტეტების ვარიაციით დალაგება
12. ვარიაციის მქონე ინტერფეისები-კანდიდატები

ამრიგად შემუშავებულ ალგორითმს საფუძვლად უდევს ძირითადი მოთხოვნა, რომ მარშრუტიზატორებს უნდა შეეძლოთ მონაცემთა ნაკადების მარშრუტიზაცია არა მარტო დანიშნულების პრეფიქსების მიხედვით, არამედ მონაცემის ტიპებზე დაყრდნობით. მარშრუტიზაცია ირჩევს მონაცემებისათვის საუკეთესო მარშრუტს და არა მხოლოდ დანიშნულების პრეფიქსისათვის. კრიტიკული აპლიკაციების მარშრუტიზაცია ხორციელდება ძირითადი (მაღალხარისხიანი) არხის გამოყენებით, რაც ხელს უწყობს მონაცემთა ნაკადის ეფექტურ რეგულირებას. შემუშავებული არღორითმი იყენებს ტრაფიკის მართვის ინტელექტუალურ მეთოდს, რომელსაც შეუძლია დინამიკური მარშრუტიზაციის გადაწყვეტილებების მიღება ქსელის არხების შეცდომებზე დაყრდნობით და ასევე მარშრუტიზაციის კორექტირება კომპლექსურ კრიტერიუმების გათვალისწინებით(პაკეტების მიწოდების დაყოვნება, პაკეტების დანაკარგი, დაყოვნების ვარიაციის ფაქტორი, არხების დატვირთვა და სხვა) შემუშავებული მოდელების საფუძველზე აგებული ალგორითმი, ითვალისწინებს არსებული მარშრუტების მომსახურების ხარისხის მახასიათებლების მნიშვნელობებს და ახორციელებს ნაკადების ჯგუფებად.



ლიტერატურა

1. Eremeev S. The generation algorithm of spatial objects for city infrastructure based on topological relations between layers//SGEM: 14th international multidisciplinary scientific GeoConference on Science and technologies in geology exploration and mining. Informatics, Geoinformatics 2014.V. 1. p.833-839
2. Васильев Д.С. Абилов А.В. Протоколы маршрутизации в MANET/Электросвязь.-2014,- №11
3. Пасечников И.И. Методология анализа и синтеза предельно нагруженных информационных сетей. М.: Машиностроение, 2004 217с
4. Фурман Я. А., Кревецкий А.В., Передреев А.К., Роженцов А.А., Хафизов Р.Г., Егошина И.Л., Леухин А.Н. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов 2-е изд. испр. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2003 . 592с

THE CHARACTERISTICS OF EFFECTIVENESS OF DATA FLOW REGULATION AND EVALUATION CRITERIA

Qurdadze M.A., Murjikneli G.G.
 Georgian Technical University
 Summary

The paper dwells on the characteristics of effectiveness of data flow regulation and evaluation criteria in telecommunications network in terms of maintaining high performance. The method has been developed, according to which the data is separated into groups based on the situation of critical characteristics. These groups are given priorities and are measured the characteristics of the service qualities within these groups using alternative routes, and then achieved data flow within group are switched to the alternative route. Such an approach, when the system makes a decision based on the measurement results, providing constant control of critical parameters, which in turn allows for ability of making effective decision quickly, and which in turn improves the quality of the data flow regulation.

საცნობარო-სამართლებრივ სისტემაში ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების ურთიერთკავშირის ვიზუალიზაციისა და ანალიზის ავტომატიზებული სისტემის შემუშავება

შონია ო., ყოლაია ლ., ჩორხაული ნ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში წარმოდგენილია საცნობარო სამართლებრივი სისტემის (კომპიუტერული საცნობარო სამართლებრივი სისტემა) მნიშვნელობა თანამედროვე საზოგადოებისთვის, აღნიშნული სისტემის დანიშნულება, მასში არსებული სამართლებრივი დოკუმენტების ვიზუალიზაციისა და ანალიზის საქმიანი პროცესების ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურის შემუშავება და მისი გავრცელების ძირითადი მიმართულებები.

საკანონმდებლო ინფორმაციის კოლოსალური მოცულობა და მისი ცვლილებების დინამიკა, საჭიროებს იურისტებისაგან, ეკონომისტებისაგან, ბიზნესმენებისა და ნებისმიერი დაინტერესებული პირებისაგან თანამედროვე მეთოდებისა და ინსტრუმენტების გამოყენებას სამართლებრივ ინფორმაციასთან მუშაობის პროცესში. დღეისთვის ასეთ ინსტრუმენტებად გვევლინებიან საცნობარო სამართლებრივი სისტემები (შემდგომში „სსს“), რომელთა ძირითადი ამოცანაა მომხმარებელთა განუსაზღვრელი რაოდენობისთვის უტყუარი სამართლებრივი ინფორმაციის ფორმირება და ოპერატიულად მიწოდება.

კანონშემოქმედების განვითარების დინამიკა განაპირობებს საცნობარო-სამართლებრივი სისტემების ფართოდ გამოყენების აუცილებლობას, რათა დაკმაყოფილებულ იქნას საზოგადოების მოთხოვნები სამართლებრივი ინფორმაციის მიღების კუთხით. სამართალშეგნება, კანონშემოქმედება წარმოადგენს ობიექტურად არსებული ფაქტორებს საზოგადოების მხრიდან სამართლებრივი ინფორმაციის მოთხოვნასთან დაკავშირებით, ხოლო საცნობარო-სამართლებრივი სისტემები კი – საშუალებას ამ მოთხოვნების დაკ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მაყოფილებისა.

ამდენად, საცნობარო-სამართლებრივი სისტემა არის კომპიუტერული მონაცემთა ბაზების განსაკუთრებული კლასი, რომელიც თავის თავში მოიცავს სახელმწიფო ორგანოთა და თანამდებობის პირთა მიერ მიღებულ ყველა სახის სამართლებრივ აქტებს, საერთაშორისო ხელშეკრულებებს, ასევე სპეციალისტთა კონსულტაციებს სამართალზე, საბუღალტრო და საგადასახადო საკითხებზე და სხვა.

უკანასკნელ ხანებში შეიმჩნევა კანონშემოქმედებითი საქმიანობის განუწყვეტელი სწრაფი ზრდა. არსებითად გაიზარდა მიღებული ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტების – კანონების, დადგენილებების, განკარგულებების რაოდენობა. ძოგადად შეკითხვები, რომლებიც დაკავშირებულია კანონშემოქმედებით საქმიანობასთან ტრადიციულად იწვევენ აქტიურ დისკუსიებს. ყურადღება უნდა გამახვილდეს ხშირად ჩრდილში მყოფ კანონშემოქმედებითი საქმიანობის ტექნიკურ ასპექტებზე, რომლებიც მდგომარეობს კანონპროექტების გაფორმების დროს სათანადო წესებისა და ნორმების დაცვაში და კანონმდებლობის პროცესის აქტუალიზაციაში. შექმნილი პრაქტიკიდან გამომდინარე, მოთხოვნები, რომლებიც წაყენებულია საკანონმდებლო დოკუმენტების გაფორმებაზე, მის სტრუქტურაზე და შინაარსზე საკმაოდ მაღალია.

კანონშემოქმედებითი საქმიანობის პროცესში, ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების მიღებისას, მათი ოფიციალურად გამოქვეყნების დროს შესაბამის საცნობარო-სამართლებრივი სისტემებში უმნიშვნელოვანესია ამ დოკუმენტების იურიდიულ-ტექნიკური გაფორმების წესების ზუსტი დაცვა, რომელიც ზოგადად მოიცავს: ნორმატიული აქტის სტრუქტურას, ბმულების გამოყენების წესებს, დოკუმენტის ოფიციალურად გამოქვეყნებას, ნორმატიულ აქტებში ცვლილებების შეტანას და იმ აქტების ნუსხას, რომლებიც ექვემდებარებიან ძალადაკარგულად გამოცხადებას.

სამართლებრივი დოკუმენტების ერთიანი ურთიერთდაკავშირებული სტრუქტურა წარმოადგენს რთულ ობიექტს, რომელიც საჭიროებს ახალ მათემატიკური და თეორიტიკული მეთოდების კვლევას.

ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების ურთიერთკავშირის ვიზუალიზაციისა და ანალიზის ავტომატიზებული სისტემის მიზანია ახალი მეთოდების გამოვლენა, რომელიც მოწოდებულია აღმოაჩინოს კანონშემოქმედებით საქმიანობაში, სამართლებრივი აქტების იურიდიულ-ტექნიკური გაფორმების პროცესში, კომპიუტრულ საცნობარო-სამართლებრივ სისტემებში პოტენციურად საშიში სიტუაციები, სამართლებრივი კოლიზიები და წინააღმდეგობები, ნორმატიული აქტების დუბლირება. აღნიშნული მეთოდი გამოიჩინება ავტომატიზებული ანალიზისა და ურთიერთკავშირის ვიზუალიზაციის ინსტრუმენტების გამოყენებით.

პოტენციურად საშიში სიტუაცია ნიშნავს კანონშემოქმედებითი პროცესის წესებისა და ნორმების გაუთვალისწინებლობას, ხოლო კოლიზია გულისხმობს შემთხვევას, როდესაც იდენტური სამართლებრივი პრობლემა სხვადასხვაგვარად რეგულირდება ორი ან მეტი ნორმატიული აქტით, რა დროსაც უპირატესობა ენიჭება იერარქიით უფრო მაღალ საფეხურზე მდგომ ნორმატიულ აქტს. იერარქიის ერთი და იმავე საფეხურის ნორმატიულ აქტებს შორის წინააღმდეგობის წარმოქმნისას მოქმედებს უფრო გვიან მიღებული (გამოცემული) აქტით დადგენილი ნორმა.

ავტომატიზებული სისტემის ძირითადი ამოცანების შემუშავება იწყება მონაცემების ხელით დამუშავების პროცედურების გამოკვლევით, რათა შესწავლილი და განზოგადებული იქნას ის სირთულეები, რომელსაც აწყდება მომხმარებელი. ასეთი გამოკვლევა ზოგადი ხასიათისაა და მდგომარეობს სიძნელეების გამოვლენაში და არა მათი მიზეზის დადგენაში. თავდაპირველად ხდება მართვის არსებული პროცედურების ზოგა-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



დი გამოკვლევა, ხოლო შემდგომში მოხდება მართვის იმ თითოეული ამოცანის ცალ-ცალკე შესწავლა, რომლის ავტომატიზაციაც არის გათვალისწინებული.

ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების ურთიერთკავშირის ვიზუალიზაციისა და ანალიზის მიზნების მიღწევა გულისხმობს შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტას:

- კანონშემოქმედებით პროცესში დღეისთვის არსებული პრობლემების მიმოხილვა;
- სამართლებრივი აქტების იურიდიულ-ტექნიკური გაფორმება და გადაწყვეტის მეთოდების ძიება;

- იმ მოდელების შემუშავება, რომლებიც აღწერენ ნორმატიულ-სამართლებრივ დოკუმენტებს და მათი სხვადასხვა სახის ურთიერთკავშირს;

- დოკუმენტების ურთიერთკავშირის სტრუქტურის პოტენციურად საშიში ადგილების კრიტერიუმების ფორმალიზაცია ლოგიკურად გამოსახული ფორმით;

- ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტის ტექსტში ურთიერთკავშირის აღმოჩენის ალგორითმისა და ურთიერთდაკავშირებული სტრუქტურის აგებისა და ანალიზის ალგორითმის შემუშავება;

- სამართლებრივი დოკუმენტების ურთიერთკავშირის ვიზუალიზაციისა და ანალიზის ავტომატიზებული სისტემის შემუშავება და რეალიზაცია, კანონშემოქმედების რეალურ პირობებში მისი დანერგვა და აპრობაცია;

- ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა გარე შეტევებისგან.

რათა მოხდეს დასახული ამოცანების გადაწყვეტა, აუცილებელია განისაზღვროს პოტენციურად საშიში სიტუაციების შემდეგი კრიტერიუმები.

კრიტერიუმი №1. ნორმატიულ-სამართლებრივ დოკუმენტში ცვლილებების შეტანა, რომელიც თავისივე ტექსტში შეიცავს მითითებას სხვა ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტის გაუქმების ან მასში ცვლილებების შეტანის შესახებ – პოტენციურად საშიშია.

კრიტერიუმი №2. ნორმატიულ-სამართლებრივ აქტში ლინკის (მისამართის) არსებობა ძალადაკარგულ დოკუმენტებზე – პოტენციურად საშიშია.

კრიტერიუმი №3. ნორმატიულ-სამართლებრივ აქტის ტექსტში ლინკის არსებობა, რომელიც ადგენს ახალ სამართლებრივი რეგულირებას – პოტენციურად საშიშია.

კრიტერიუმი №4. ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტით ძალის დაკარგვა, რომელიც ცვლიდა ან აუქმებდა ნორმატიულ-სამართლებრივ აქტებს – პოტენციურად საშიშია.

კრიტერიუმი №5. თავისუფალი ტიპის ნორმატიულ-სამართლებრივ დოკუმენტზე ლინკი შეიძლება იყოს პოტენციურად საშიში, თუ შემდგომში იგი შეცვლილი ან გაუქმებული იქნა.

კრიტერიუმი №6. ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტებში ცვლილებების სიმრავლე (გადატვირთულობა) შეიძლება წარმოადგენდეს მისი ახალი რედაქციით გამოცემის საბაბს.

კრიტერიუმი №7. თუ ნორმატიულ-სამართლებრივი აქტის მოქმედება განისაზღვრება დროის მიხედვით, დროის შუალედში, მაშინ მასზე მოქმედი ლინკები შეიძლება იყვნენ პოტენციურად საშიში, თუკი დროის ამ მონაკვეთში იგი არ შევიდა ძალაში, ან კიდევ მომავალში მისი მოქმედება შეწყდა.

ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების ურთიერთკავშირის ვიზუალიზაციისა და ანალიზის სისტემის რეალიზაციისთვის გამოყენებულ იქნა აგენტურ-ორიენტირებული მიდგომა.

ჩვეულებრივ ითვლება, რომ აგენტი უნდა ფლობდეს შემდეგ თვისებებს:

- ავტონომიურობა - დამოუკიდებელი, ავტონომიური მუშაობის უნარი;



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



• რეაქტიულობა - გარე სამყაროს შეგვრძნების უნარი და ცვლილებებზე რეაგირება, მოქმედება, რომელიც მიმართულია მიზნების მიღწევაზე;

• აქტიურობა - მიზნობრივი მოქმედების მართვის უნარი, ინიციატივის გამოვლენა, მოქმედების განხორციელება მიმართული მიზნების მისაღწევად;

• კომუნიკაბელურობა - მიზნების მისაღწევად გარე სამყაროს სხვა არსებებთან (სხვა აგენტებთან, ადამიანებთან) ურთიერთმოქმედება.

აგენტი შესაძლოა, მაგრამ არა აუცილებელი თვისებებია:

• ხანგრძლივობა - შედარებით დროის დიდი მონაკვეთის მანძილზე;

• მობილურობა - შესრულების დროს ქსელების სხვადასხვა კვანძს შორის გადაადგილების უნარი; აგენტებს, რომლებსაც არ გააჩნიათ მსგავსი თვისება უწოდებენ სტატისტურებს;

• ინტელექტუალობა (ათვისება) - ახალი გადაწყვეტილებების მოძების უნარი; ასეთ აგენტებს შეუძლიათ შეცვალონ თავიანთი მოქმედება, როგორც საკუთარი, ასევე, სხვა აგენტების გამოცდილების გამოყენებით

• ადაპტირების უნარი - გარე სამყაროს შესწავლისა და ადაპტაციის უნარი;

• აქტიურობა - მიზნამიმართული ქცევების ათვისება;

• ანტიციპაცია - უნარი მომხმარებლის მოთხოვნის განჭვრეტისა.

ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების ურთიერთკავშირის ვიზუალიზაციისა და ანალიზის ავტომატიზებული სისტემა წარმოადგენს განაწილებულ სისტემას. ამგვარი სისტემების პროექტირება საკმაოდ რთული ამოცანაა და საჭიროებს განსაკუთრებულ მიდგომას. ამიტომაც მისი პროექტირების დროს, გათვალისწინებულ იქნა მსგავსი სისტემებისთვის დამახასიათებელი კრიტერიუმები. ასე მაგალითად, მთავარი ამოცანის ქვეამოცანებად და სისტემის ქვესისტემებად დაშლის დროს, გათვალისწინებულ იქნა რიგი დამატებითი ფაქტორები: კომპონენტების ადგილობრივი ავტონომიურობა, მონაცემთა წყაროსთან სიახლოვე, საერთო მწარმოებლურობა.

ვიზუალიზაციისა და ანალიზის ავტომატიზებული სისტემა აგებულია აგენტურული მიდგომის გამოყენებით. სისტემის ძირითადი შემადგენელი ერთეულებია: ლინკების განლაგების აგენტი; ერთიანი მონაცემთა ბაზა, რომელიც შეიცავს მრავლობით ნორმატიულ-სამართლებრივ დოკუმენტებს; ცოდნის ბაზა, რომელიც შეიცავს კანონშემოქმედების ნორმების შეუსრულებლობის თვალსაზრისით პოტენციურად საშიში სიტუაციების კრიტერიუმებს და ლინკების გამოვლენის წესებს.

ლინკების განლაგების აგენტი მუშაობს მუდმივ ფონურ რეჟიმში, რომელიც უზრუნველყოფს ახალი (ერთიანი მონაცემთა ბაზაში დამატებული) კანონებისა და კანონპროექტების დამუშავებას და ტიპების გასაზღვრით მათ ტექსტში სხვა ნორმატიულ-სამართლებრივ აქტებზე ლინკების გამოვლენას. ლინკების განლაგების აგენტი პირდაპირ ურთიერთმოქმედებს ერთიანი მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემასთან, ცოდნის ბაზასთან, ანალიზისა და ვიზუალიზაციის აგენტთან, ირიბად სისტემის ადმინისტრატორთან და ახორციელებს საფოსტო საოქმო ანგარიშების გაგზავნას შეცდომებისა და მუშაობაში შეფერხების თაობაზე. ლინკების განლაგების აგენტისა და ანალიზისა და ვიზუალიზაციის აგენტის ურთიერთმოქმედება შედგება პირველის მიერ ახლად შეტანილი და დამუშავებული დოკუმენტების შესახებ მონაცემების მეორესთვის გადაგზავნაზე. ლინკების განლაგების აგენტის არქიტექტურა შეიცავს ფუნქციონალურად პირობითად დაყოფილ 3 მოდულს: ლინკების გამოვლენის მოდული, ლინკების ტიპის განსაზღვრის მოდული და შეცდომების დამუშავების მოდული.

ვიზუალიზაციისა და ანალიზის ავტომატიზებული სისტემის გადაწყვეტის ეფექტურობა დამოკიდებულია სისტემის ალგორითმულ უზრუნველყოფაზე. ამ საკითხის ოპტი-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მაღური გადაწყვეტისათვის ამოცანას თითოეული მეთოდისთვის ყოფთ ცალკეულ ალგორითმებად.

თითოეული ალგორითმული ბლოკი გათვალისწინებული უნდა იყოს ავტომატიზებული სისტემის გარკვეული ფუნქციის შესასრულებლად. სისტემის ალგორითმიზაციის ეტაპზე საჭიროა მოვახდინოთ თითოეული ალგორითმული ბლოკის ისეთი სახით დეტალიზაცია, რომ შესაძლებელი და გაადვილებული იყოს პროგრამირების პროცესი. ალგორითმულ ბლოკებში აგრეთვე ერთავთ იმ პროგრამების ერთობლიობას, რომლებიც მართავს კომპიუტერის სხვადასხვა ნაწილების მუშაობას და მომხმარებელს საშუალებას მისცემს თავისი ამოცანა გადაწყვიტოს მისთვის სასურველი სახით.

ავტომატიზებული სისტემა შექმნილია ობიექტ-ორიენტირებული დაპროგრამების ენაზე – ორლანდ ელპი-ში, რომელიც წარმოადგენს ვიზუალური გაწყობის ენას. ამ სისტემას გააჩნია დიდი საშუალება მართოს მონაცემთა ბაზები, როგორც პერსონალური კომპიუტერისთვის, ასევე განაწილებული ლოკალური და გლობალური ქსელებისთვის.

ობიექტ-ორიენტირებული დაპროგრამების ენებიდან ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული და მოქნილი სისტემაა – ელპი, რომელიც დაფუძნებულია ობიექტ ასცალ კოდზე. ელპი დამუშავებულს აძლევს მოქნილობის საშუალებას. მისი კომპილატორები, რომლებიც პასკალის ოჯახის ენებიდან არის წარმოშობილი, ითვლებიან ერთ-ერთ ყველაზე სწრაფ კომპილატორებად.

ავტომატიზებული სისტემის პროგრამული კომპლექსის დამუშავებისას გამოყენებულია ორი ძირითადი კლასი: ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტის კლასი – თ ოდე და ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების კავშირების კლასი – თ დეფერენცი.

თითოეული კლასისთვის შექმნილია პროცედურები, ფუნქციები და მეთოდები და თითოეული მეთოდის ალგორითმისთვის დამუშავებულია პროგრამული კოდები, რომლებიც მოყვანილია სქემატურად და თითოეული მათგანი აღწერილია თავისი ფუნქციონალური დანიშნულებით.

საბოლოოდ უნდა აღინიშნოს, რომ შემოთავაზებული სისტემის აგების საერთო კონცეფცია, რომელიც შეიცავს მოდულირების პრინციპს და აგენტურ მიდგომას, იძლევა მისი შემდგომი დახვეწის მნიშვნელოვანი შესაძლებლობის საშუალებას. ძირითადად, პოტენციურად საშიში სიტუაციების აღმოჩენის სისტემის შესაძლებლობის გაზრდა ხორციელდება ცოდნის ბაზაში ახალი კრიტერიუმების დამატებით და შემოიფარგლება მხოლოდ არსებული შეზღუდვითი მათემატიკური მოდელით, ხოლო დოკუმენტის ტექსტში ლინკის აღმოჩენის ეფექტურობის ამაღლება შეიძლება მიღწეულ იქნას სიტყვა-გამორიცხვის სიის შევსებით.

გარდა აღნიშნულისა აუცილებელია ასევე საცნობარო-სამართლებრივ ავტომატიზებული სისტემების ინფორმაციული რესურსების მართვის ეფექტური მექანიზმების შექმნა, რაც შეუძლებელია ინფორმაციული უსაფრთხოების სამეცნიერო დასაბუთების და დაბალანსებული პოლიტიკის პრაქტიკულად განხორციელების გარეშე.

თანამედროვე პირობებში, სახელმწიფო დაწესებულებებში და კერძო სტრუქტურებში ინახება და მუშავდება დიდი რაოდენობის სხვადასხვა მონაცემები, რომლებიც დაკავშირებულია არამარტო მათი საქმიანობის წარმართვასთან, არამედ სხვადასხვა კვლევითი და კონსტრუქციული პროექტების განხორციელებასთან, პერსონალის პირადი მონაცემების დამუშავებასთან, სახელმწიფო კომერციული, პირადი და სხვა სახის კონფიდენციალური ინფორმაციის შენახვასთან.

მაღალი ტექნოლოგიების სფეროში დანაშაულების ზრდამ განაპირობა მოთხოვნე



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ბი სახელმწიფო და კერძო დაწესებულებების სამართლებრივ-საძიებო სისტემების მიმართ გამოთვლითი ქსელების რესურსების დაცვის კუთხით. აქტუალური გახდა საკუთარი უსაფრთხოების სისტემის შექმნის აუცილებლობა, რაც გულისხმობს სამართლებრივ-ნორმატიული ბაზის არსებობას, უსაფრთხოების კონცეფციის ფორმირებას, სპეციალური ღონისძიებების შემუშავებას, უსაფრთხოების მიზნით პროცედურების დაგეგმვას, პროექტირებას, ინფორმაციის დასაცავი ტექნიკური საშუალებების რეალიზებას. ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი სისტემური კომპონტები განსაზღვრავს ინფორმაციული უსაფრთხოების დაცვის ერთიან პოლიტიკას.

სახელმწიფო თუ კერძო დაწესებულებების საცნობარო-სამართლებრივ-საძიებო სისტემაში ინფორმაციის დაცვის სპეციფიკა მდგომარეობს იმაში, რომ ეს დაწესებულებები ხასიათდებიან მუდმივად ცვალებადი პერსონალით, მომხმარებელთა ფართო წრით, საჭირო ინფორმაციის მიღების მსურველთა უზარმაზარი რაოდენობით და მათ შორის „დამწყები კიბერ კრიმინალების“ აქტიური ზრდით.

სახელმწიფო თუ კერძო დაწესებულებები როგორც ინფორმაციზაციის ობიექტი, გამოირჩევიან მრავალპროფილური საქმიანობით, დაფინანსების წყაროს მრავალფეროვნებით, დამხმარე ქვედანაყოფებისა და სერვისების არსებობით (მშენებლობა, წარმოება, სამეურნეო საქმიანობა), საგანმანათლებლო მომსახურების ბაზარზე მუდმივი ადაპტაციით, შრომის ბაზრის მოთხოვნების ანალიზით, ზემდგომ ორგანიზაციებთან ელექტრონული ურთიერთქმედების აუცილებლობით, თანამშრომლებისა და მომხმარებელთა სტატუსების სშირი ცვალებადობით.

სამართლებრივ-საძიებო სისტემის უსაფრთხოების დაცვაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს – ინფორმაციული გარემოს არქიტექტურა და ინფორმაციულ რესურსებზე ხელმისაწვდომობის უფლებების მართვა. განვიხილოთ თითოეული დონის სტრუქტურა:

ინფორმაციული გარემოს არქიტექტურაში შედის - ინფრასტრუქტურა, რომელიც უზრუნველყოფს სამართლებრივ-საძიებო სისტემის სერვისების საიმედო, უსაფრთხო და 24 საათიან რეჟიმში ფუნქციონირებას და საინფორმაციო რესურსები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ნებისმიერ ადგილიდან და ნებისმიერ დროს სამართლებრივ-საძიებო სისტემის საინფორმაციო რესურსებთან მარტივ და საიმედო წვდომას. სადენიანი ქსელური (კომუტატორები, მარშრუტიზატორები და ა.შ.) როუტერისა და კომუტატორების ადმინისტრირება, რომლებიც უზრუნველყოფენ როგორც გარე ინტერნეტთან წვდომას, ასევე შიდა რესურსებთან კავშირს. შიდა კომპიუტერული ქსელის სამისამართო სისტემის მენეჯმენტი, შიდა ქსელის თვითოეული სეგმენტის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა და დაცვა როგორც გარე ასევე შიდა არასანქცირებული შეღწევისაგან. ასევე უსადენო ქსელური (უსადენო კომუტატორები და მარშრუტიზატორები) - უსადენო როუტერებისა და კომუტატორების ადმინისტრირება, რომლებიც უზრუნველყოფს ინტერნეტით კავშირს მოცილებული მომხმარებლებისათვის. უსადენო ქსელის სამისამართო სისტემის მენეჯმენტი, მათი უსაფრთხოების უზრუნველყოფა და დაცვა. ასევე მნიშვნელოვანია სერვერების ადმინისტრირება, რომელზეც გაშვებულია ყველა საჭირო საინფორმაციო რესურსის გამართულად და შეუფერხებლად მუშაობისთვის შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფა. ხდება სერვერების 24 საათიანი მონიტორინგი და ყველა შესაძლო ხარვეზის უმოკლეს დროში აღმოფხვრა და გასწორება. სერვერებზე დაყენებული სოფტის პერიოდული განახლება, სარეზერვო კოპირება და დაცვა როგორც გარე ასევე შიდა არასანქცირებული შეღწევისაგან.

იმისათვის რომ შესაძლებელი იყოს ინფორმაციაზე წვდომის კონტროლი, აუცილებელია როგორც აპარატურული, ისე პროგრამული საშუალებების ეფექტურად ფუნქციონირება.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



კანონშემოქმედებითი საქმიანობის დინამიკა, ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების უწყვეტი სისტემატიური ზრდა განაპირობებს ამ დოკუმენტების ურთიერთკავშირის ვიზუალიზაციისა და ანალიზის აქტიურად გამოყენების აუცილებლობას, ამ მიზნით ახალი ტექნოლოგიებისა და სისტემების დანერგვის მიზანშეწონილობას, რათა კანონშემოქმედებით პროცესში თავიდან იქნას აცილებული სამართლებრივი კოლიზიები, დუბლირება და წინააღმდეგობები და დაიხვეწოს ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების შექმნის, სისტემატიზაციის, კანონმდებლობის ინვენტარიზაციისა და მისი მონიტორინგის პროცედურები.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Новиков Д.Б. „Справочно-правовые компьютерные системы” Москва 1995.
2. Васильев Д. - „Компьютер вместо юриконсульта” Москва 2001
3. ჩოგვაძე გ., გოგინაიშვილი გ., სურგულაძე გ., შეროზია თ., შონია ო. მართვის ავტომატიზებული სისტემების დაპროექტება და აგება, თბილისი 2001
4. გოგინაიშვილი გ., ოდიშარია კ., შონია ო. ინფორმაციის დაცვა ავტომატიზებულ სისტემებში. სტუ. თბ., 2008

INTERCOMMUNICATION VISUALIZATION AND ANALYSIS OF AUTOMATED SYSTEM DEVELOPMENT OF NORMATIVE-LEGAL DOCUMENTS IN DIRECTORY LEGAL SYSTEM

Shonia O, Kolbaia L., Chorkhauri N.

Georgian Technical University

Summary

The paper describes the directory legal system's (computer directory legal system) development and importance for society, purpose of this system, the structure of intercommunication visualization and analysis of normative-legal documents, and the main directions of it's distribution.

მოდულაციის ფორმატები სხვადასხვა ტარვის DWDM სისტემებისათვის

ხოშტარია კ., მოღვაძე ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია DWDM სისტემების ეფექტურობის გაზრდის შესაძლებლობები მოდულაციის სხვადასხვა ტიპის ფორმატების გამოყენებით. ისინი შედარებულია ერთმანეთთან და ნაჩვენებია სპექტრული ეფექტურობის გაზრდისა და სხვადასხვა ტიპის დამახინჯებებისადმი მგრძობიარობის შემცირების გზები მოდულაციის გაუმჯობესებული ფორმატების საშუალებით. საკვანძო სიტყვები: DWDM, სპექტრული ეფექტურობა, მოდულაციის ფორმატები ASK, PSK, DPSK, NRZ, RZ, PSBT, ASK-QPSK, DP QPSK

ოპტიკური სატრანსპორტო ქსელების ფიზიკურ ბაზისს წარმოადგენს DWDM სისტემები, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელი გახდა ოპტიკური ბოჭკოს გადაცემის რესურსების პრაქტიკულად სრულყოფილად ათვისება. აღნიშნული სისტემების განვითარების სამი ეტაპი შეიძლება გამოვყოთ პირობითად. პირველი თაობის სისტემებად მოვიანზრებთ DWDM სისტემებს, რომელთაშიც საარხო სიჩქარე არ აღემატება 10 გბტ/წმ-ს. ასეთ სისტემებში ძირითადად გამოყენებულია ბინარული ამპლიტუდური მოდულაცია – ASK (Amplitude Shift Keying). ეს განპირობებულია მისი რეალიზაციის სიმარტივითა და გადამცემ-მიმღები მოწყობილობების სიიაფით. ძირითადი პრობლემა, რომელიც დამახასიათებელია აღნიშნული სისტემებისათვის, არის ქრომატული და პოლარიზაციულ-მოდული დისპერსიის არსებობა, რის გამოც საჭიროა გაძლიერების, პრაქტიკულად, ყველა უზან-



ზე დისპერსიის კომპენსატორების გამოყენება. ასეთ სისტემებში ხდება ოპტიკური სიგნალის პირდაპირი დეტექტირება მიმღებში.

გადასაცემი ინფორმაციის მოცულობისა და სიჩქარის მოთხოვნის მკვეთრმა ზრდამ აუცილებელი გახადა ახალი მიდგომების გამოყენება DWDM სისტემების აგებისას. ძირითადი ამოცანა ამ შემთხვევაში მდგომარეობს გადაცემის სიჩქარის გაზრდაში და გადასაცემი ინფორმაციის ერთეულის ღირებულების შემცირებაში, რისთვისაც საჭიროა კავშირის DWDM სისტემების სპექტრული ეფექტურობის გაზრდა. არსებობს ორი გზა: 1. არხებს შორის მანძილის შემცირება; 2. საარხო სიჩქარის გაზრდა. უპირატესობა მიენიჭა მეორე გზას, რომლის დროსაც სიჩქარის გაზრდა იწვევს გადასაცემი ინფორმაციის ღირებულების შემცირებას, რადგან სპექტრული ეფექტურობის ფიქსირებული მნიშვნელობისას იზრდება არხებს შორის მანძილი და მცირდება მოთხოვნები ლაზერების გამოსხივების ტალღის სიგრძის სტაბილურობისადმი და მულტიპლექსერების სპექტრული მახასიათებლებისადმი. მაგრამ გადაცემის სიჩქარის გაზრდასთან ერთად მატულობს დამახინჯებებიც. აქედან გამომდინარე, DWDM სისტემების აგებისას დგას ძირითადად ორი ამოცანა: სპექტრული არხების გამოყენების ეფექტურობის გაზრდა და ინფორმაციული სიგნალების მგრძობიარობის შემცირება დისპერსიითა და არაწრფივობით გამოწვეული დამახინჯებების მიმართ. სპექტრული ეფექტურობა γ არის ინფორმაციის გადასაცემად კავშირის DWDM სისტემის მუშა სპექტრის გამოყენების ეფექტურობის ზომა. იგი განისაზღვრება არხში გადაცემის B სიჩქარისა და DWDM - ის არხებს შორის $\Delta\lambda$ მანძილის ფარდობით [1,2]:

$$\gamma = B/\Delta\lambda.$$

სიგნალების გადასაცემად გამოყენებული $\Delta\lambda$ მუშა დიაპაზონის სპექტრის ფიქსირებული სიგანისას მაქსიმალური ჯამური სიჩქარე იქნება:

$$B_{\max} = \gamma \Delta\lambda.$$

აქედან გამომდინარე, B_{\max} -ს გასაზრდელად საჭიროა გაეზარდოს სპექტრული ეფექტურობა. ეს შეიძლება ორი გზით განხორციელდეს: არხებს შორის $\Delta\lambda$ მანძილის შემცირებით, ან საარხო სიგნალის სიჩქარის გაზრდით.

განხილულია 4 შემთხვევა: ა) საარხო სიჩქარე არის B, სპექტრული ეფექტურობა - γ , არხების რაოდენობა N. ბ) არხების რაოდენობა გაზრდილია სიმეტრიულად იმავე $\Delta\lambda$ ზოლში: $B_g = B$, $N_g > N$, $\gamma_g = \gamma$, $\Delta\lambda_g = \Delta\lambda$. გ) თითოეული არხის გადაცემის სიჩქარის გაზრდისას: $B_g > B$, $N_g = N$, $\gamma_g > \gamma$, $\Delta\lambda_g = \Delta\lambda$. დ) სპექტრული დიაპაზონის გაფართოებისას: $B_g = B$, $N_g > N$, $\gamma_g = \gamma$, $\Delta\lambda_g > \Delta\lambda$.

B_{\max} შეიძლება გაიზარდოს $\Delta\lambda$ სპექტრული ინტერვალის გაზრდით, ახალი არხების დამატებით ახალ სიხშირეებზე, მაგრამ ეს არ არის ყოველთვის შესაძლებელი, რადგან DWDM სისტემის სიხშირული ზოლი შეიძლება შეიზღუდოს გამოყენებული მაძლიერებლების მახასიათებლებით ან სხვა მიზეზებით. აქვე შეიძლება აღინიშნოს, რომ საარხო სიჩქარის 4-ჯერ გაზრდა 2,5-ჯერ ამცირებს გადასაცემი ერთეულოვანი ინფორმაციის ღირებულებას, რადგან γ -ს ფიქსირებული მნიშვნელობის დროს იზრდება არხებს შორის მანძილი და მცირდება მოთხოვნები ტალღის სიგრძის სტაბილურობისა და მულტიპლექსერების სპექტრული მახასიათებლების მიმართ.

ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარის ზრდასთან ერთად იზრდება ციფრული სიგნალების დამახინჯებები კავშირის ხაზებში, გამოწვეული ქრომატული და პოლარიზაციული მოდური დისპერსიებით. ხმაურის სიმძლავრე პროპორციულია ბიტური სიჩქარის. სიჩქარის გაზრდისას დისპერსიითა და არაწრფივობით გამოწვეული დამახინჯებების მი-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მართ ინფორმაციული სიგნალების მგრძობიარობის შესამცირებლად აუცილებელი გახდა მოდულაციის სხვადასხვა ფორმატის შესწავლა-კვლევა [2,4,5,6]. რადგან სტატიის შეზღუდული მოცულობა არ იძლევა მეტის საშუალებას, ვეცდებით, მოკლედ მიმოვიხილოთ ოპტიკურ სისტემებში გამოყენებული მოდულაციის ფორმატები. ცხადია, კოდირების მეთოდის (მოდულაციის) ფორმატების შერჩევისას მთავარი ყურადღება უნდა მიექცეს, არის თუ არა ფორმატი სპექტრულად ეფექტური. მოდულაციის ახალი ფორმატის გამოყენება მიზანშეწონილია, როდესაც გადასაცემი ინფორმაციის ჯამური სიჩქარის გაზრდის სხვა საშუალებები ამოწურულია და აუცილებელია გადაცემის მანძილისა ან საარხო სიჩქარის გაზრდა დისპერსიის ან არწრფივობის დამახინჯებებისადმი მგრძობიარობის შემცირების გზით. მართლაც, თითოეული არხით ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარის გაზრდისას სპექტრულად ეფექტური ფორმატების გამოყენებულად ხდება საარხო სპექტრის გაფართოება იმპულსებს შორის დროითი ინტერვალების შემცირების გამო, ჩნდება გარდამავალი ხელშეშლები მეზობელ არხებს შორის, რაც გამოწვეულია სპექტრების გადაფარვით და შესაბამისად იზღუდება გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარე. სპექტრულად ეფექტური ფორმატის გამოყენებისას ჯვარედინი ხელშეშლები არ იზრდება, რადგან სპექტრული ინტერვალები არხებისა ამ დროს არ იზრდება.

DWDM სისტემების განვითარებასთან ერთად იცვლებოდა მოდულაციის ფორმატები, რომელთა კლასიფიკაცია ხდება მოდულაციისათვის გამოყენებული ელექტრომაგნიტური ტალღის პარამეტრების მიხედვით. ფართო გამოყენება ჰპოვეს ამპლიტუდურმა (ASK, Amplitude Shift Keying) და ფაზურმა (PSK, Phase Shift Keying) მოდულაციებმა. ამასთანავე, ზოგიერთი ფორმატი, რომელიც იყენებს ამპლიტუდურ მოდულაციას, შეიცავს გარკვეულ ფაზურ მოდულაციასაც, რომელსაც არ გადააქვს არავითარი ინფორმაცია და პირიქით, იგივე შეიძლება ითქვას ფაზურ მოდულაციაზეც. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ფაზურ ფორმატებში იყენებენ დიფერენციალურ ფაზურ მეთოდებს, რადგან არამიზანშეწონილად ითვლება ოპტიკურ დიაპაზონში მიღებაზე გადამტანი სინათლის ტალღის ფაზის აბსოლუტური მნიშვნელობის გამოყოფა [2]. ამის გამო ინფორმაცია განთავსდება ორი მიმდევრობითი იმპულსის ფარდობით ძვრაში. ეს ფაზური ძვრა შემდეგ უნდა გარდაიქმნას ამპლიტუდურ მოდულაციაში დაყოვნების ოპტიკური ხაზებისა და ინტერფერენციის გამოყენებით. ასეთ ფორმატებს უწოდებენ DPSK (Differential Phase Shift Keying)

როგორც მაღლა აღვნიშნეთ, ყველაზე ფართოდ გამოყენებულია ამპლიტუდური მოდულაცია, ე.წ. ბინარული ASK. არსებობს ასეთი მოდულაციის ორი ვარიანტი: პირდაპირი მოდულაციის გადამცემებში ინფორმაციული მიმდევრობის შესაბამისად მოდულირდება დატუმბვის დენი. ამ სიგნალით მოდულირდება ლაზერის გამოსხივების სიმძლავრე. ეს ვარიანტი გამოყენებულია შედარებით დაბალსიჩქარიან სისტემებში. მათი ნაკლია პარაზიტული სისწირული და ამპლიტუდური მოდულაციების არსებობა, რაც გამოწვეულია გარდამავალი პროცესებით ნახევარგამტარულ ლაზერებში. პარაზიტული სისწირული მოდულაცია (“ჩირპი”-Cirp) იწვევს დამახინჯებების ზრდას, რომელიც დაკავშირებულია ქრომატულ დისპერსიასთან. შემდეგი თაობის ასეთივე გადამცემებით მიიღწევა 10 გბტ/წმ სიჩქარე, თუმცა გადაცემის მანძილითა და სპექტრული ეფექტურობით შორსაა ოპტიმალურისაგან. მკვეთრად გაუმჯობესებული ტექნიკური პარამეტრები აქვთ გადამცემებს უწყვეტი დატუმბვითა და გარე მოდულაციით. ყველაზე გავრცელებული ფორმატი ასეთი მოდულაციისა არის NRZ. გამოიყენება აგრეთვე RZ ფორმატიც. ფართოდ გამოიყენება ის 10გბტ/წმ სისტემებში, რადგან მათ გააჩნიათ უფრო მაღალი მდგრადობა ბოჭკოს არაწრფივობისა და პოლარიზაციულ-მოდულირების მიმართ. წყალქვეშა 10 გბტი/წმ სისტემებში იყენებენ ე.წ. “ჩირპირებულ” RZ (CRZ) ფორმატს, რადგან უფრო



მდგრადია არაწრფივი ეფექტების მიმართ. ის ფორმირდება RZ სიგნალის გავლისას ფაზურ მოდულატორში, რომელსაც მიეწოდება პერიოდული სიგნალი ინფორმაციული სიგნალის მიმდევრობის სიხშირით. არსებობს უფრო გაუმჯობესებული ფორმატები: CSRZ, RZ ჩახშობილი გადამტანით (Carrier Suppressed RZ), რომელიც გამოიყენება 40 გბტ/წმ სისტემებში, რომლებიც შეიძლება ჩავთვალოთ მეორე თაობის DWDM სისტემებად. არსებობს აგრეთვე APRZ (Alternate Phase RZ), არსსშიგნითა დამახინჯებების შესამცირებლად [4].

სპექტრული ეფექტურობის გასაზრდელად განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მრავალდონიანი კოდირება, მაგ. მრავალდონიანი ამპლიტუდური კოდირება (M-ary ASK). ამ ფორმატში N ბიტის ორბითი სიგნალი გარდაიქმნება მრავალდონიან სიგნალად (სიმბოლოდ) M დონეთა რიცხვით ამპლიტუდის მიხედვით $M=2^N$. სრული სიგნალი შედგება ასეთი სიმბოლოებისაგან და გარდაიქმნება სიტყვად, რომელიც ჩაიწერება ბინარული კოდით. თითოეულ სიმბოლოში გვაქვს $N=\log_2 M$ ბიტი ინფორმაცია. იმის მგვირად რომ გადაიცეს ოპტიკური სიგნალები ერთეულოვანი ამპლიტუდითა და პერიოდით $T=1/B$, M დონიანი სიგნალი გადაიცემა ინტერვალებით $T_N=N/B= (\log_2 M)/B$ ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარის შენარჩუნებით. რადგან იმპულსის ხანგრძლივობა გაიზარდა $T=1/B$ -დან $T_N=N/B$ -დგ, გადასაცემა ოთკუთხა იმპულსების სპექტრი შემცირდება $2B$ -დან $2B/N=2B/\log_2 M$. ცხრილში მოცემულია ეს ცვლილებები.

სიხშირული ზოლის სიგანე M დონიანი ASK – ს დროს

დონეების რიცხვი M	სიგნალის სპექტრის სიგანე
2	2 B
4	B
8	2/3 B
16	1/2 B

ოთხდონიანი სიგნალი იძლევა © სპექტრული ეფექტურობის 2-ჯერ გაზრდის საშუალებას, ამასთანავე სიჩქარის ორჯერ გაზრდის-იმავე სიხშირული ზოლისას, ან სპექტრის ორჯერ შემცირების, იმავე გადაცემის სიჩქარისას. პირველ შემთხვევაში DWDM სისტემაში შეიძლება არსების საწყისი რაოდენობის შენარჩუნება თითოეულ არხში სიჩქარის გაზრდით, მეორე შემთხვევაში კი არსების რაოდენობისა და გადაცემის მანძილის გაზრდა გადაცემის სიჩქარის შენარჩუნებით.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ოპტიკურ სისტემებში გამოიყენება დიფერენციალური ფაზური მოდულაცია – DPSK. ამ შემთხვევაში ინფორმაციას შეიცავს ორ მიმდევრობით იმპულსს შორის ფაზათა სხვაობა. ასეთი კოდირებისას გამოსხივების სიმძლავრე ინფორმაციას არ შეიცავს. უფრო ხშირად იყენებენ Max-Zender მოდულაციას. ის ისეა აწყობილი, რომ სიმბოლოების “1” და “0” ინტენსიობები ერთნაირი იყოს. რადგან ინფორმაციას შეიცავს ფაზის ცვლილება სიმბოლოდან სიმბოლომდე, საჭიროა სიგნალი, რომელიც მართავენ ფაზურ მოდულატორს, გარდაიქმნას, რისთვისაც იყენებენ დიფერენციალურ კოდირებას [2].

კოდირების შემდეგ იმპულსების მიმდევრობა გარდაიქმნება ფაზური ძვრების მიმდევრობად, სადაც “1” წარმოდგენილია □-ს ტოლი დაძვრით, ხოლო “0” – ფაზის ნულოვანი დაძვრით. დეტექტორში ხდება მირებული სიგნალის საყრდენ სიგნალთან შედარება. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს ერთი ბიტით დაგვიანებულ სიგნალს მისაღებთან შედარებით. დროის თითოეულ T ინტერვალში მიღებული სიგნალის ფაზა დარდება წინა სიგნალის ფაზასთან. თუ ფაზებს შორის სხვაობა □-ს ტოლია გვაქვს ლოგიკური “0”,



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



თუ ისინი ემთხვევა ერთმანეთს, მაშინ დეტექტირდება ლოგიკური “1”. ხშირია შემთხვევები, როცა DPSK მოდულატორი გამოყენებულია RZ და CSRZ იმპულსების მაფორმირებელთან ერთად.

ოპტიკურ სისტემებში საკმაოდ გავრცელდა ორმაგი ბინარული (ე.წ. დუობინარული) გადაცემა (DBT – Duobinary Transmission) – სიგნალის გადაცემა სამდონიანი კოდირების სქემის გამოყენებით (კვაზისამობითი სიგნალის ნაირსახეობა) ცნობილი 60-იანი წლებიდან ლენდერის კოდის სახელწოდებით [3,5]. მაშინ ზოგიერთი ამტკიცებდა, რომ ამ კოდის გამოყენება ორჯერ ამცირებს გადასაცემი სიგნალის სახაზო სპექტრს ორობით კოდთან შედარებით, მაგრამ შემდგომმა გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ რეალურად მას შეუძლია მხოლოდ ერთნახევარჯერ შეამციროს სიხშირული ზოლი. ოპტიკურ სისტემაში გამოყენებულია ერთერთი სახეობა – ორმაგი ფაზამოდულირებული გადაცემა (PSBT-Phase Shaped Binary Transmission). მასში გამოყენებულია კოდირების სქემა დონეებით “0”, “-1”, “+1”, ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ფაზის \square -ს ტოლი დაძვრით. აღნიშნული ფორმატი სამჯერ უფრო მდგრადია ქრომატული დისპერსიის მიმართ, ვიდრე NRZ ან თუნდაც დუობინარული კოდი. ექსპერიმენტებით დადასტურებულია, რომ PSBT კოდური ფორმატის გამოყენებისას მცირდება არხის შიგა არაწრფივი ეფექტები 40 გბტ/წმ სიჩქარით გადაცემისას. უფრო დაწვრილებით [4].

ASK ფორმატების გამოყენება არ იძლევა გადაცემის ხაზების გატარების უნარის შემდგომი გაზრდის შესაძლებლობას, რადგან ელექტრული სიგნალის მოდულაციის სიხშირე შეზღუდულია 40გბტ/წმ სიდიდით. ამას გარდა მაღალსიჩქარიანი ბინარული მოდულაცია ხასიათდება დაბალი სპექტრული ეფექტურობითა და ნაკლები მდგრადობით დისპერსიის მიმართ. სიგნალების მრავალდონიანი კოდირებით შეიძლება აღნიშნული პრობლემების ნაწილობრივი გადაჭრა, მაგ., ფორმატით QPSK (Quaternary Phase Shift Keying). მაგრამ ოთხდონიანი სქემების განხორციელება რთულია, რადგან დონეების გაზრდა აუარესებს გარჩევის უნარს მიმდებში. სპექტრული ეფექტურობის გაზრდის უკეთეს მეთოდად ითვლება მრავალდონიანი ამპლიტუდურ-ფაზური მოდულაცია, როდესაც ხდება ინფორმაციის როგორც ამპლიტუდური, ასევე ფაზური კოდირება. ამპლიტუდურ-ფაზური მოდულაცია ცნობილია კვადრატული მოდულაციის სახელით, ASK-QPSK. მაგ. 8 სიმბოლოიანი ASK-QPSK ფორმატის დროს ხდება ბინარული ამპლიტუდური ASK-სა და 4 სიმბოლოიანი ფაზური QPSK ფორმატების შერწყმა [6]. 8 სიმბოლოდან თითოეული სიმბოლო შეიცავს სამ ბიტ ინფორმაციას და ბიტის გადაცემის სიჩქარე 3-ჯერ მაღალია კოდირებული სიმბოლოს გადაცემის სიჩქარესთან შედარებით. სიგნალს აქვს ორი დონე ამპლიტუდის (E1, E2) და 4 დონე ფაზის (0, $\square/2$, \square , $3\square/2$.)

სტატიაში [4] შედარებულია 40 გბტ/წმ სისტემების ძირითადი პარამეტრები, რომლებშიც გამოყენებულია მოდულაციის გაუმჯობესებული ფორმატები პირდაპირი დეტექტირებით. მაგ. (PSBT, NRZ ADSK, RZ DPSK, NRZ DQPSK, RZ DQPSK). დადგენილია, რომ RZ ფორმატების შემთხვევაში OSNR – ის მოთხოვნილი მნიშვნელობა დაახლოებით 2 დბ-ით ნაკლებია, ვიდრე ანალოგიური NRZ ფორმატისათვის. ძირითადი უპირატესობა დიფერენციალური ფაზური ფორმატებისა (DPSK) არის მოგება OSNR-ის მნიშვნელობის თვალსაზრისით მოდულაციის ამპლიტუდურ ფორმატებთან შედარებით. ყველაზე მდგრადი არაწრფივი დამახინჯებების მიმართ აღმოჩნდა მოდულაციის ფორმატები NRZ ADPSK და RZ DPSK. მათი გამოყენებისას შესაძლებელია ინფორმაციის ყველაზე გრძელ მანძილზე გადაცემა.

თანამედროვე კოჰერენტულ სისტემებში ძირითად პრობლემად გვევლინება არაწ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



რფივობით გამოწვეული ხელშეშლები, რომელთა გავლენაც სხვადასხვანაირად ვლინდება, იმისდა მიხედვით თუ როგორ არის ორგანიზებული ეს სისტემები. ახლიდან შექმნილ სისტემებში, სადაც არ ხდება დისპერსიის კომპენსაცია, არაწრფივი ეფექტების ზემოქმედება ვლინდება არაწრფივი ხმაურის დაგროვების სახით, ხოლო სისტემებში, სადაც 100 გბტ/წმ არხები იქმნებიან 10 გბტ/წმ არხების გარემოცვაში დისპერსიის კომპენსაციით არაწრფივი ეფექტები ვლინდება გადასაცემი ოპტიკური სიგნალების ფორმის დამახინჯებით. მიუხედავად აღნიშნულისა, სისტემების აგების ორივე ვარიანტი გამოიყენება სიტუაციის მიხედვით. ეს საკითხები საკმაოდ დეტალურადაა განხილული [7]-ში. კოჰერენტულ სისტემებში ძირითადად გამოიყენებულია მოდულაციის ფორმატები DP nQAM (Dual Polarization, Quadrature Amplitude Modulation), სადაც თითოეულ ორთოგონალურ პოლარიზაციაში გამოიყენება კვადრატული ამპლიტუდური მოდულაცია სიგნალის n შესაძლო მნიშვნელობით. მათ შორის ყველაზე დიდი ენერგეტიკული ეფექტურობით გამოირჩევა ფორმატი DP QPSK (DP 4QAM) [3,8].

ლიტერატურა:

1. Peter J. Winzer. Modulation and multiplexing in optical communication systems. // IEEE LEOS NEWSLETTER.2009. pp. 4-10.
2. Величко, М.А., Наний О.Е., Сусьян А.А.. Новые форматы модуляции в оптических системах связи //LIGHTWAVE Russian Edition. 2005.№ 4. с. 21-30.
3. Хоштария К.А. К вопросу выбора структуры линейного кода в цифровых ТВ системах //Тр. ГПИ.Тбилиси, 1974, №8(172), с 40-44.
4. О.Е. Наний, В.Н. Трещиков. Анализ форматов модуляции для систем DWDM со скоростью 40 Гбит/с. //Вестник связи. 2012. № 1. с. 35-38.
5. М.А.Величко, А.А. Сусьян. Двойной фазомодулированный бинарный формат// LIGHTWAVE Russian Edition, 2004, № 4,с. 26-29.
6. Hayase S. et al. Proposal of 8 – State per Symbol (Binary ASK and QPSK) 30-Gbit/s Optical Modulation / Demodulation Scheme // ECOC_IOOC Proceedings, 2003.vol.4. pp. 1008-1009.
7. Леонов А. Наний О., Трещиков В. Нелинейные искажения и нелинейный шум в когерентных системах связи//Первая мила. 2014. с. 50-55.

MODULATION FORMATS FOR DIFFERENT GENERATIONS OF WD SYSTEMS.

Khoshtaria K., Modebadze I.,
 Georgian Technical University.
 Summary

The paper dwells on the possibility of increasing the efficiency of DWDM system using different types of modulation formats. They are compared with each other and achieve ways of increasing the spectral efficiency and to reduce the sensitivity to different types of distortion with the enhanced modulation formats.

საქართველოში ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების (ისტ) განვითარების მზადყოფნის ინდიკატორების შეფასება

ციხისტაში თ., სვანიძე რ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში წარმოდგენილია საქართველოში ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების (ICT - ისტ) მზადყოფნის ინდიკატორების შეფასების საკითხები. დადგენილია Iმთ-ის განვითარების ინდიკატორების, I I-ის ინდიკატორების მნიშვნელობები და შედარებულია Iმთ -ს მონაცემებთან. გამოტანილია დასკვნა, რომ სხვაობა შეფასებებს შორის განპირობებულია ერთის მხრივ სხვადასხვა წყაროდან აღებული მონაცემებით, ხოლო მეორეს მხრივ რიგ ქვეყნებში დადგენილი მოსახლეობის განსხვავებული ასაკობრივი კრიტერიუმებით.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



საქართველოში ისტ-ის განვითარების მზადყოფნის ინდექსის შეფასებას, ინდექსის ამდლების ფაქტორების გამოკვეთას უადრსად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ამ მიმართულებით ქვეყნის განვითარების, საინფორმაციო ტექნოლოგიების დანერგვის და მთლიანად ქვეყანაში ეკონომიკის განვითარებისათვის.

ნაშრომში /1/, წარმოდგენილი იყო ისტ-ის მზადყოფნის ინდექსის გაანგარიშების საფუძვლები და პრინციპები. წინამდებარე ნაშრომში მითითებული გაანგარიშებების საფუძვლზე შეფასებულია საქართველოში ICT-ის (Information and communications technology, ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები - ისტ) განვითარების ინდექსის, IDI-ის (ICT Development Index, ICT-ის განვითარების ინდექსი), მისი ინდიკატორებისა და სუბინდექსების მნიშვნელობები, რომლებიც შემდგომ შედარებულია ITU-ს (International Telecommunication Union, ელექტროკავშირის საერთაშორისო ორგანიზაცია) მიერ გაანგარიშებულ მონაცემებთან.

ITU-ის 2014 წლის ანგარიშში /2, გვ. 42- 45, 53, 112-124, 132, 134, 137, 138, 142, 244-246/ საქართველოსთვის წარმოდგენილი მონაცემები შედარებულია ავტორების მიერ მიღებულ მონაცემებთან (იხ. ცხრილი 2). ინდიკატორების გაანგარიშების-თვის მონაცემები აღებულია: საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის (საქსტატი) /5/ და საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისიის (სკეკ) /6/ ვებ-გვერდებ იდან, ანგარიშებიდან და დოკუმენტალური სახით.

ქვემოთ მოყვანილია ICT-ის განვითარების ინდექსის ინდიკატორების მნიშვნელობების გაანგარიშების პრინციპი ITU-ის მიხედვით და შესაბამისი გაანგარიშება საქართველოს შემთხვევაში.

ფიქსირებული სატელეფონო კავშირი 100 მოსახლეზე - სკეკ-ის მონაცემებით 2013 წლისთვის ფიქსირებული სატელეფონო კავშირის მქონე აბონენტების რაოდენობა შეადგენს 1 171 250, ხოლო, საქსტატის მონაცემების მიხედვით პოტენციური აბონენტების რაოდენობა შეადგენს 4 190 200 კაცს (5 წლისა და მეტი ასაკის მქონე მოსახლეობა), შესაბამისად,

მომხმარებლების რაოდენობა / პოტენციური მოსახლეობის რაოდენობაზე * 100

$$1\ 171\ 250 / 4\ 190\ 200 * 100 = 27.95 \%$$

ინდექსის ეტალონური მნიშვნელობის გათვალისწინებით, რომელიც 60-ის ტოლია /1, ცხრ.1/, ინდექსის მნიშვნელობა იქნება

$$27.95 / 60 * 100 = 0,47$$

ამრიგად, I1 = 0,47

მობილური სატელეფონო კავშირი 100 მოსახლეზე - სკეკ-ის მონაცემებით 2013 წლისთვის მობილური სატელეფონო კავშირის აბონენტების რაოდენობა შეადგენს სულ 4 993 119, ხოლო, საქსტატის მონაცემების მიხედვით სულ აბონენტების რაოდენობა შეადგენს 4 190 200 კაცს (5 წლისა და მეტი ასაკის მქონე მოსახლეობა), შესაბამისად

მომხმარებლების რაოდენობა / მოსახლეობის რაოდენობაზე * 100

$$4\ 993\ 119 / 4\ 190\ 200 * 100 = 119.16 \%$$

ინდექსის ეტალონური მნიშვნელობის გათვალისწინებით, რომელიც 120-ის ტოლია /1, ცხრ.1/, ინდექსის მნიშვნელობა იქნება

$$119.16 / 120 * 100 = 0,99$$

ამრიგად, I2 = 0,99

საერთაშორისო ინტერნეტ-ტრაფიკი (სიჩქარე) (ბიტ/წმ) ინტერნეტის 1 მომხმარებელზე. სკეკ-ის მონაცემებით შეადგენს 82 094-ს. ინდექსის ეტალონური მნიშვნელობის გათვალისწინებით, რომელიც 787 260 -ის ტოლია /1, ცხრ.1/, რამდენადაც აღნიშნული მაჩვენებელი მკვეთრად განსხვავებულია სხვადასხვა ქვეყნებში, მიღებულია ეტალონურ



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მნიშვნელობათა ლოგარითმული მნიშვნელობების შედარება:

$$\text{Log}(82\ 094) / \text{Log}(787\ 260) * 100 = 0,83$$

ამრიგად, I3 = 0,89

კომპიუტერების მქონე ოჯახების წილი - საქსტატის მონაცემების მიხედვით შეადგენს 39.58 %/.

$$\text{ოჯახების რაოდენობა} / \text{კომპიუტერების მქონე ოჯახების წილი} * 100$$

$$1\ 120\ 950 / 39.6 * 100 = 39.58$$

ინდექსის ეტალონური მნიშვნელობის გათვალისწინებით, რომელიც 100-ის ტოლი /1, ცხრ.1/, ინდექსის მნიშვნელობა იქნება:

$$39.58 / 100 * 100 = 0,4$$

ამრიგად, I4 = 0,4

ინტერნეტთან წვდომის მქონე ოჯახების წილი - სკეკ-ის მიხედვით 2013 წლისთვის ინტერნეტთან წვდომის მქონე ფიზიკური პირების (ოჯახების) რაოდენობა შეადგენს 411 211, ხოლო, საქსტატის მონაცემების მიხედვით საშუალოდ ოთხსულიანი ოჯახების რაოდენობა შეადგენს 1 120 950 ოჯახს, შესაბამისად:

$$\text{ინტერნეტთან წვდომის მქონე ოჯახების წილი ფ/პ რაოდენობა} / \text{ოჯახების რაოდენობა} * 100$$

$$4\ 993\ 119 / 1\ 120\ 950 * 100 = 36.68\%$$

ინდექსის ეტალონური მნიშვნელობის გათვალისწინებით, რომელიც 100-ის ტოლია /1, ცხრ.1/, ინდექსის მნიშვნელობა იქნება:

$$36.68 / 100 * 100 = 0,37$$

ამრიგად, I5 = 0,37

ინტერნეტის მომხმარებელი პირების წილი - საქსტატის მონაცემების მიხედვით შეადგენს 43.14 %-ს. ინდექსის ეტალონური მნიშვნელობის გათვალისწინებით, რომელიც 100-ის ტოლია /1, ცხრ.1/, ინდექსის მნიშვნელობა იქნება:

$$43,14 / 100 * 100 = 0,43$$

ამრიგად, I6 = 0,43

ფიქსირებული (სადენიანი)-ფართოზოლოვანი აბონენტი 100 მოსახლეზე - საქართველოს სკეკ-ის მონაცემებით ფიქსირებული (სადენიანი)-ფართოზოლოვანი აბონენტების რაოდენობა შეადგენს 465 668 და საქსტატის მონაცემების მიხედვით სულ პოტენციური აბონენტების რაოდენობა შეადგენს 5 წლისა და მეტი ასაკის მქონე მოსახლეობას 4 190 200 კაცი, შესაბამისად:

$$\text{აბონენტების რაოდენობა} / \text{მოსახლეობის რაოდენობა} * 100$$

$$465\ 668 / 4\ 190\ 200 * 100 = 11.11\ \%$$

ინდექსის ეტალონური მნიშვნელობის გათვალისწინებით, რომელიც 60-ის ტოლია /1, ცხრ.1/, ინდექსის მნიშვნელობა იქნება:

$$11,11 / 60 * 100 = 0,185$$

ამრიგად, I7 = 0,185

უკაბელო ფართოზოლოვანი კავშირი 100 მოსახლეზე - სკეკ-ის მონაცემებით უკაბელო ფართოზოლოვანი აბონენტების რაოდენობა შეადგენს 760 292 და საქსტატის მონაცემების მიხედვით სულ პოტენციური აბონენტების რაოდენობა შეადგენს 5 წლისა და მეტი ასაკის მქონე მოსახლეობას 4 190 200 კაცი, შესაბამისად

$$\text{აბონენტების რაოდენობა} / \text{მოსახლეობის რაოდენობა} * 100$$

$$760\ 292 / 4\ 190\ 200 * 100 = 18,14$$

ინდექსის ეტალონური მნიშვნელობის გათვალისწინებით, რომელიც 100-ის ტოლია (პირველი სტატია ცხრილი 1), ინდექსის მნიშვნელობა იქნება:



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



$$18,14 / 100 * 100 = 18,14$$

ამრიგად, $I8 = 18,14$

ზრდასრულთა (15 წლის და მეტი ასაკის) განათლების კოეფიციენტი (ხვედრითი წილი %). საქსტატის მიხედვით შეადგენს - 86.8 %, ეტალონური მნიშვნელობის გათვალისწინებით ეს ინდექსი არის - 0,87.

საშუალო სკოლებში რეგისტრირებული, მეორადი, ჩარჩენილი მოსწავლეების (ხვედრითი წილი %). საქსტატის მიერ მოწოდებული მონაცემებით არის 0,3%.

უმაღლეს სასწავლებლებში რეგისტრირებული, მესამეული, ზრდასრულთა განათლების კოეფიციენტი. საქსტატის მიერ მოწოდებული მონაცემებით შეადგენს 99,1%, ეტალონურ მნიშვნელობის გათვალისწინებით ეს ინდექსი არის - 0,99.

ცხრილი 1-ში მოცემულია IDI-ის ინდიკატორების ავტორების მიერ მიღებული და ITU-ს მიერ გამოქვეყნებული /2/ მნიშვნელობები, ასევე, მათ შორის სხვაობა.

ცხრილი 1

ICT-ის წვდომა		ავტორების მიერ მიღებული	ITU	სხვაობა
1	ფიქსირებული სატელეფონო კავშირი 100 მოსახლეზე	0.47	0.4	-0.01
2	მობილური სატელეფონო კავშირი 100 მოსახლეზე	0.99	0.97	0.02
3	საერთაშორისო ინტერნეტ-ტრაფიკი (სინქარე) (ბიტ/წმ) ინტერნეტის 1 მომხმარებელზე	0.83	0.817	0.02
4	კომპიუტერების მქონე ოჯახების წილი	0.40	0.40	0.00
5	ინტერნეტთან წვდომის მქონე ოჯახების წილი	0.37	0.33	0.04
ICT-ის გამოყენება				
6	ინტერნეტის მომხმარებელი პირების წილი	0.43	0.41	0.02
7	ფიქსირებული (სადენიანი)-ფართოზოლოვანი აბონენტი 100 მოსახლეზე	0.185	0.187	0.00
8	უკაბელო ფართოზოლოვანი კავშირი 100 მოსახლეზე	0.18	0.181	0.00
ICT-ის შესაძლებლობები				
9	ზრდასრულთა (15 წლის და მეტი ასაკის) განათლების კოეფიციენტი (ხვედრითი წილი%)	0.87	0.90	-0.03
10	საშუალო სკოლებში რეგისტრირებული, დარჩენილი მოსწავლეების (ხვედრითი წილი%)	0.30	0.32	-0.02
11	უმაღლეს სასწავლებლებში რეგისტრირებული, მესამეული (ხვედრითი წილი %)	0.99	1.00	-0.01

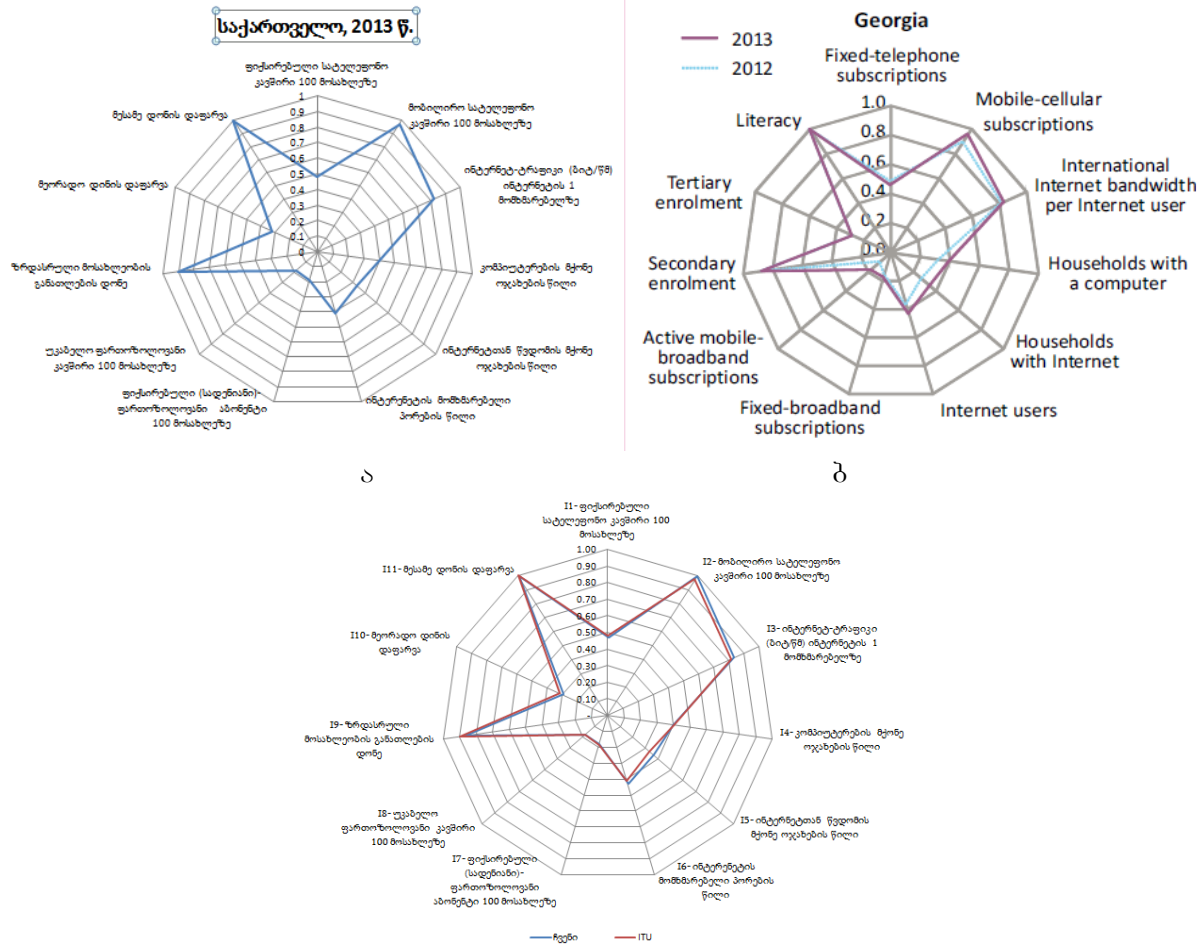
ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია IDI-ის ინდიკატორების მნიშვნელობები დიაგრამის სახით. მოცემულია ა) ავტორების მიერ მიღებული მონაცემები; ბ) ITU-ს მონაცემები, გ) მონაცემების შედა-



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



რეზა.



ნახ. 1 IDI-ის ინდიკატორების მნიშვნელობები დიაგრამის სახით ა) ავტორების მიერ მიღებული; ბ) ITU-ს მონაცემები, გ) მონაცემების შედარება

ინდიკატორების მნიშვნელობების განსაზღვრის შემდეგ იანგარიშება სუბინდექსები. რამდენადაც თითოეულ სუბინდექსში ინდიკატორები შედის თანაბარი წილით მათი მნიშვნელობებია (ნახ. 3):

13. ICT-თან წვდომის სუბ-ინდექსი - 6,11;

$$I1/100*20+I2/100*20+I3/100*20+I4/100*20+I5/100*20$$

$$IDI_SUB1 = 0.93 + 1.99 + 1.67 + 0.79 + 0.79 = 6.11$$
- II. ICT-ის გამოყენების სუბ-ინდექსი - 2,65;

$$I6/100*33.33+I7/100*33.33+I8/100*33.33$$

$$IDI_SUB2 = 1.44 + 0.62 + 0.6 = 2.65$$
- III. ICT-ის შესაძლებლობების სუბ-ინდექსი - 7,2;

$$I9/100*33.33+I10/100*33.33+I11/100*33.33$$

$$IDI_SUB3 = 2.90 + 1 + 3.3 = 7.203$$

ცხრილ 2-ში მოცემული სხვაობებიდან გამომდინარე განსხვავებები დაფიქსირდა სუბ-ინდექსების ავტორების მიერ დაანგარიშებულ და ITU-ის 2014 წლის ანგარიშში /2/ მოცემულ მნიშვნელობებს შორის (იხ. ცხრილი 3):

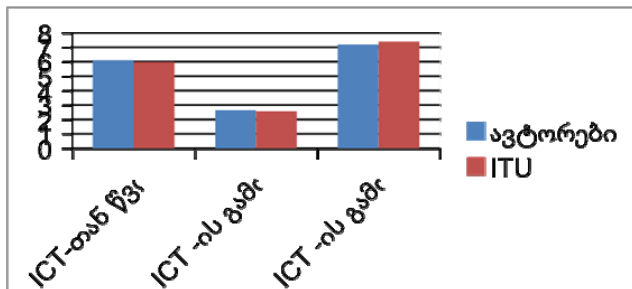


III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ცხრილი 2

ICT-ის განვითარების ინდექსის სუბ-ინდექსების მნიშვნელობები ავტორების მიერ მიღებული და ITU-ს მონაცემებით				
ICT-ის განვითარების ინდექსის სუბ-ინდექსები		ავტორები	ITU	სხვაობა
1	ICT-თან წვდომის სუბ-ინდექსი	6.11	5.99	0.12
2	ICT-ის გამოყენების სუბ-ინდექსი	2.65	2.58	0.07
3	ICT-ის გამოყენების სუბ-ინდექსი	7.203	7.40	-0.203



ნახ. 2. ICT-ის განვითარების ინდექსის სუბ-ინდექსები ავტორების მიერ გამოთვლილი და ITU-ს მონაცემებით.

სუბინდექსების წონების გათვალისწინებით (/1/ პირველი სტატია ცხრილი 1) იანგარიშება ICT-ის განვითარების ინდექსი,

$$\begin{aligned}
 & \text{IDI_SUB1} * 40 / 100 + \text{IDI_SUB2} * 40 / 100 + \text{IDI_SUB3} * 20 / 100 \\
 & 6.11 * 40 / 100 + 2.65 * 40 / 100 + 7.203 * 20 / 100 = 2.444 + 1.06 + 1.441 = 4.95
 \end{aligned}$$

ამრიგად, ICT-ის განვითარების ინდექსის ITU-ს და ავტორების მიერ გაანგარიშებული ინდიკატორების მნიშვნელობებს შორის მცირე სხვაობების მიუხედავად, მათ მაინც მნიშვნელოვანი გაგლენის მოხდენა შეუძლიათ IDI ინდექსის საბოლოო შედეგზე, რაც მთლიანობაში განსაზღვრავს ქვეყნის რეიტინგს ICT-ის განვითარების სფეროში;

განვითარების ინდექსის გაანგარიშებისთვის ITU მონაცემებს მოიპოვებს სხვადასხვა წყაროებიდან, მათ შორის გაეროს ვებ-გვერდიდან, როდესაც რომელიმე მონაცემს ვერ მიიღებს უშუალოდ ქვეყნიდან, იგი თავისი მეთოდოლოგიით ახდენს გაანგარიშებას. ერთის მხრივ ზემოთ მითითებული სხვაობები შეიძლება გამოწვეული იყოს არასრულფასოვნად მიწოდებული ინფორმაციით, ხოლო მეორეს მხრივ იმით, რომ სკოლამდელი ასაკის ბავშვები რიგ ქვეყანაში სხვადასხვა ასაკობრივი კრიტერიუმის მხედვით არის დიფერენცირებული. შესაბამისად, თუ ის ინდიკატორები, რომლებიც დამოკიდებულია ამ მაჩვენებელზე და ასეთი მონაცემები არ იქნა საქართველოს შესაბამისი უწყებებიდან მიწოდებული, მაშინ, ცხადია შედეგიც განსხვავებული იქნება.

2013 წელს რეიტინგში /2, გვ 42/ საქართველოს 4,86 ქულით უკავია 78-ე ადგილი, ხოლო ავტორების მონაცემებზე დაყრდნობით გაანგარიშებული ინდექსის მნიშვნელობა შეადგენს 4,95-ს, ანუ 0,09-ით მეტია და ამით ის გაუთანაბრდებოდა (ან გაუსწრებდა კიდევ, მუასიათასედის სიზუსტით) კოლუმბიას რომელსაც 4,95 ქულა აქვს /2, გვ 42/ და იკავებს 77 ადგილს. თუ ამ რეიტინგს გადავხედავთ, ვნახავთ, რომ ინდექსში მცირეოდენ სხვაობასაც კი შეუძლია შეცვალოს ქვეყნის პოზიცია. ამიტომ საჭიროა სისტემეტიური თვალყურის დევნება ICT-ის განვითარების ინდექსის ინდიკატორებისა და მათი მდგენე-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ლი მახვენებლების ცვლილების დინამიკაზე და დაკორექტირებული მახვენებლები დროულად მიწოდოს ITU-თვის, რათა მათ მოახდინონ შესაბამისი შესწორებები რაიტინგში. ამასთან ერთად, ცხადია, საჭიროა სახელმწიფოს მხრიდან შემუშავებულ იქნას ქვეყანაში ICT-ის განვითარების სპეციალური პროგრამა და შესაბამისი ღონისძიებები.

ლიტერატურა.

1. ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების განვითარების მზადყოფნის ინდექსის გაანგარიშების პრინციპები, თ. ციხისტავი, რ. სვანიძე. ენერგეტიკა: რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები, ქუთაისუ, მესამე საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია 2015 წლის 23-25 ოქტომბერი.
2. Measuring the Information Society Report 2014 - ITU, https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/mis/2014/MIS2014_without_Annex_4.pdf.
3. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის ვებ-გვერდი <http://www.geostat.ge>.
4. საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისიის საიტი ვებ-გვერდი <http://gncc.ge>.
5. საქართველოს სტატისტიკის წელიწადეული: 2013 / საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური. – თბილისი, 2013. – 274 გვ. Statistical Yearbook of Georgia: 2013 / National Statistics Office of Georgia. – თბილისი, 2013. – 274პ. http://www.geostat.ge/cms/site_images/_files/yearbook/Yearbook_Geo_2013.pdf.
6. 2013 წლის ანგარიში, საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისია.

ESTIMATE OF INFORMATION-COMMUNICATION TECHNOLOGIES READINESS INDEX TO DEVELOPMENT IN GEORGIA.

Tsikhistavi T., Svanidze R.,
 Georgian Technical University.

Summary

The paper dwells on the evaluation issues of preparedness index of Information-Communication Technologies in Georgia according to the data of 2013. The comparison was made between calculated values by the authors and ITU towards ICT Development Index, IDI indicators. It's established that the difference between the results obtained on the one hand due to the data from different sources and on the other hand with the different age criteria of population set in some countries. The different tactics may play a certain role in determining the rating of the countries.

ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების განვითარების მზადყოფნის ინდექსის გაანგარიშების პრინციპები

ციხისტავი თ., სვანიძე რ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში წარმოდგენილია ICT-ის (ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები - ისტ) განვითარების ინდექსის გაანგარიშების პრინციპები. ვინაიდან წინამდებარე ნაშრომი, ამ თემასთან დაკავშირებით, საქართველოში წარმოადგენს პირველ პრეცედენტს, ამიტომ მასში დეტალურად არის განხილული ICT-ის ინდიკატორების, IDI-ის (ICT-ის განვითარების ინდექსი) და მისი სუბ-ინდექსების გაანგარიშების მეთოდოლოგია და მათი განვითარების მოკლე ისტორია 2005 წლიდან, ITU-ის (ელექტროკავშირის საერთაშორისო ორგანიზაცია) მიხედვით.

ICT (Information and communications technology, ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები - ისტ) და მათი გამოყენება სულ უფრო მეტად ხდება ეროვნული განვითარების სტრატეგიის განუყოფელი ნაწილი. ICT წარმოადგენს ქვეყნის მთლიანი შიდა პროდუქტის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მდგენელს. ეკონომიკის ზრდა და განვითარება, მის პოტენციურ ღონეზე დაბლა დარჩება, თუ ის არ გამოიყენებს ახალი, ინოვაციური ტექ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნოლოგიებისა და ტექნიკის უპირატესობებს. ბოლო პერიოდში, აცნობიერებენ რა ICT-ის გავლენასა და მნიშვნელოვან როლს ქვეყნის ეკონომიკაში მთავრობები უფრო მეტად ცდილობენ ამ სფეროსთან ადაპტირებას და ხელს უწყობენ მის განვითარებას.

მოთხოვნა ICT სტატისტიკის მიმართ სულ უფრო სწრაფად იზრდება, იმის კვალობაზე რომ ქვეყნები მიისწრაფიან ამ მიმართულებით შეიმუშაონ მონიტორინგის სისტემა და მოახდინონ ნაციონალური პოლიტიკისა და სტრატეგიის შეფასება, რათა გამოიყენონ მსოფლიოში მიმდინარე ინფორმაციული ტენოლოგიების განვითარების მიზანსწრაფული პროგრესი.

ICT-ის ინდიკატორები და სტატისტიკური მონაცემები უმნიშვნელოვანესია ICT-ის განვითარების, მტკიცებულებებზე დაფუძნებული და შედეგზე ორიენტირებული, პოლიტიკის შემუშავებისათვის. განსაკუთრებით საყურადღებოა ICT-ის გამოყენებისა და გავლენის ხეწლმისაწვდომობის განსაზღვრა, როგორც ICT-ის სექტორში ისე მასთან დაკავშირებულ სფეროებში.

ICT-ის სტატისტიკა უნდა იყოს საიმედო, შედარებისთვის თავსებადი და დროული. მათზე დაყრდნობით შესაძლებელია:

- განდგინოს ICT-ის მზადყოფნის დონე (determine the level of ICT readiness) საკუთარ ქვეყანაში; მაგალითად იმ ადამიანების რაოდენობისა და ტიპის აღრიცხვით, ვისაც აქვს ინტერნეტთან წვდომა, და რა დანიშნულებით იყენებენ ისინი მას;
- ჩასმოყალიბდეს მიზნობრივი პოლიტიკა (formulate policy objectives) რაოდენობრივ და ხარისხობრივ ინდიკატორების მონიტორინგზე დაყრდნობით;
- შედარდეს ICT-ის წვდომა, გამოყენება და გავლენა (compare ICT access, use, and impact) მოსახლეობის სხვადასხვა სოციალურ სეგმენტებსა და ეკონომიკური სექტორების შორის ICT-ის პოლიტიკური მოქმედებისთვის ყველაზე შესაფერისი მიზნების დასადგენად (იდენტიფიცირებისათვის);
- შეასდეს ICT-ის მობილიზების გავლენა ICT-ის მზადყოფნაზე (assess the impact of ICT policies on ICT readiness), ასევე სოციალურ და ეკონომიკურ განვითარებაზე;
- დადგინდეს ICT-ის სფეროში გატარებული პოლიტიკის ნიშნული (benchmark the results of their ICT policies) სხვა ქვეყნების მიმართ, მოხდეს ამ შედარებების შეფასება და დასკვნა გამოტანა.

2003 წლის ჟენევის მსოფლიო საინფორმაციო საზოგადოების სამიტზე (World Summit on the Information Society - WSIS) ხაზი გაესვა შედარებითი ანალიზისა და საინფორმაციო საზოგადოების განვითარების პროგრესის შეფასებისას შესადარებელი სტატისტიკური მონაცემების გამოყენების მნიშვნელობას. მოგვიანებით მსოფლიოს ქვეყნებში ამ სფეროში მიმდინარე პროცესების კოორდინირებისათვის შეიქმნა პარტნიორობა ICT-ის განვითარებისა და შეფასებისათვის (The Partnership on Measuring ICT for Development) /1/.

საინფორმაციო საზოგადოების ჟენევის მსოფლიო სამიტის (WSIS) პერიოდში, პარტნიორობის წევრებმა მუშაობა დაიწყეს სტატისტიკის და პოლიტიკურ ორგანიზაციებთან, რათა შეემუშაებინათ 1წთ-ის განვითარებისათვის მაჩვენებლების ე.წ. “ძირითადი სია”. ჩატარდა რიგი შეხვედრები ICT-ის შეფასების და ინდიკატორების საკითხებზე, რაც წარმოადგენდა პოლიტიკოსთა ინტერესებს. ICT-ის ინდიკატორების “ძირითადი სია” საბოლოო სახით მიიღეს ჟენევის ინფორმაციული საზოგადოების შეფასების (WSIS-ის) ამ თემატურ შეხვედრაზე.

2005 წლის ძირითადი სია მოიცავს ICT-ის 41 ძირითად ინდიკატორს, რომელიც დაჯგუფებულია შემდეგ მიმართულებებად: საინფორმაციო ტექნოლოგიების ინფრას-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ტრუქტურა და ხელმისაწვდომობა; ICT შინამეურნეობებისა და კერძო პირების მიერ ხელმისაწვდომობა და გამოყენება; ICT-ის გამოყენება ბიზნესში; ICT მრეწველობის დარგებში და ICT-ის საქონელით ვაჭრობა.

WSIS-ის მსოფლიო საინფორმაციო საზოგადოების სამიტზე (2005 წლის თებერვალი) გამოქვეყნდა "ძირითადი სია", როგორც ICT-ის ინდიკატორების ძირითადი სია (Core ICT Indicators (Partnership, 2005)) /1/. ჭეშინძის მეორე ეტაპზე, რომელიც ჩატარდა 2005 წლის ნოემბერში, ტუნისში, ინფორმაციული საზოგადოების შეფასების პარალელური შეხვედრის (Parallel Event) დროს, ოფიციალურად ძალაში შევიდა "ძირითადი სია", რომელიც საფუძვლად დაედო და მიხეულია საბაზისოდ ICT-ის შეფასებაზე პარტნიორობის მუშაობისთვის, თუმცა მისი დახვეწა კვლავ მიმდინარეობს.

2010 წლისთვის განახლებული სია შეიცავს ICT-ის 46 ძირითად და 2 დამატებით მახვენებელს /1 /, რომელიც დაჯგუფებულია 6 ჯგუფად:

- I. ICT-ის - ინფრასტრუქტურა და მასთან წვდომა, განსაზღვრულია 10 მახვენებლით;
- II. ICT-თან წვდომა და მისი გამოყენება ოჯახებისა და კერძო პირების მიერ, განსაზღვრულია 12 ძირითადი და 1 დამატებითი მახვენებლით;
- III. ICT-ის გამოყენება საწარმოების მიერ, განსაზღვრულია 12 მახვენებლით;
- IV. ICT-ის შემქმნელი სექტორი, განსაზღვრულია 2 მახვენებლით;
- V. ICT-ის საქონელით საერთაშორისო ვაჭრობა, განსაზღვრულია 2 მახვენებლით;
- VI. ICT-ის განათლებაში, განსაზღვრულია 9 ძირითადი და 1 დამატებითი მახვენებლით;

ICT-ის განვითარების დონის გამოთვლის მახასიათებლების ცვლილება თავის მხრივ პირდაპირ კავშირშია IDI-ის (ICT Development Index, ICT-ის განვითარების ინდექსი) გაანგარიშებასთან, რაც მიუთითებს, რომ აღნიშნული მახვენებლები არ წარმოადგენენ IDI-ის ინდექსის გამოთვლის მუდმივ და უცვლელ მდგენელებს, ისინი იცვლებიან ICT ტექნოლოგიების დახვეწა-განვითარებასთან და მათი მოხმარების სფეროების გაფართოებასთან ერთად. ამასთან, აღსანიშნავია ისიც, რომ მახასიათებლები შემუშავებული უნდა იქნეს და დადგინდეს მაღალგანვითარებული ქვეყნების მიერ გამოყენებული ICT ტექნოლოგიებისა და მის მიერ მოცული სფეროებისა და დარგების მიხედვით შექმნილ ბაზაზე. თუმცა, გასათვალისწინებელია ის დარგები და სფეროებიც რომელიც შეიძლება წარმატებულად იქნას დანერგილი განვითარებად ქვეყნებში, რადგან შესაძლებელია მათი როლი ამ ქვეყნებისათვის მნიშვნელოვანი აღმოჩნდეს.

IDI განისაზღვრება 11 ინდიკატორის მიხედვით და ის ემსახურება სახვადსხვა ქვეყნებსა თუ რეგიონებში ICT-ში მიმდინარე პროცესების შედარებასა და კონტროლს. იგი დადგინდა ITU-ის (International Telecommunication Union, ელექტროკავშირის საერთაშორისო ორგანიზაცია) სრულყოფილი კონფერენციაზე 2006 წელს (რეზოლუცია 131) /2, გვ.194 /. მსოფლიოს ქვეყნების IDI -ის რეიტინგები პირველად გამოქვეყნდა 2009 წელს და მას შემდეგ ქვეყნდება ყოველწლიურად ITU Measuring the Information Society Report-ის სახით (ITU-ის საინფორმაციო საზოგადოების გაზომვის ანგარიში). IDI წარმოადგენს მსოფლიო მაშტაბით ICT-ის პროგრესის შეფასების ყველაზე ფართოდ აღიარებულ მახვენებელს.

IDI ინდექსის განსაზღვრისათვის მთავარი ამოცანებია:

- ITC-ს განვითარების დროს, დონისა და ევოლუციის განსაზღვრა, ქვეყნებში და სხვა ქვეყნებთან მიმართებაში;
- პროგრესი ITC-ის განვითარებაში, როგორც განვითარებულ, ისე განვითარებად ქვეყნებში.



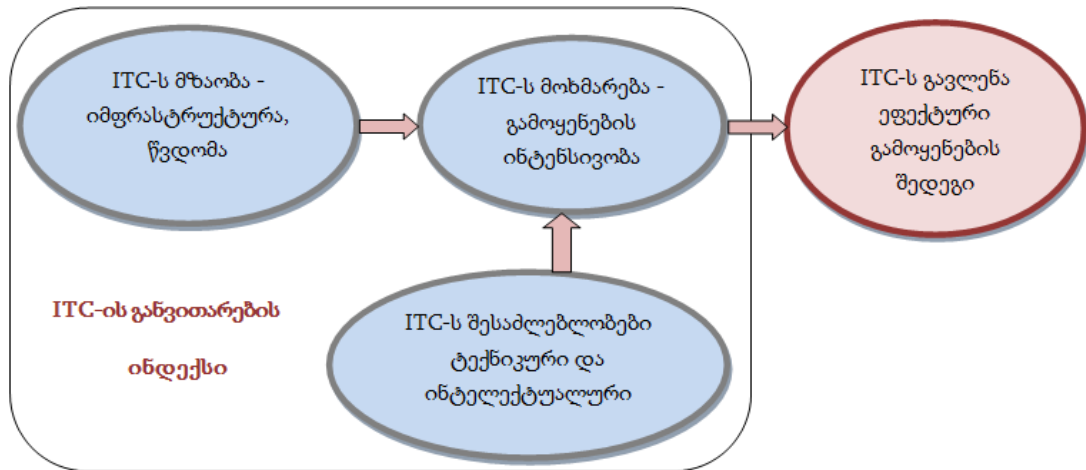
III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნებში. ინდექსი უნდა იყოს გლობალური და ასახავდეს, ICT-ის განვითარების მხრივ სხვადასხვა საფეხურზე მდგარ ქვეყნებში მიმდინარე ცვლილებებს;

- ციფრობრივი დაყოფა, ანუ ICT-ის განვითარების განსხვავებული დონის მქონე ქვეყნების დიფერენცირება;
- ICT-ის განვითარების პოტენციალის, ან ხარისხის მიხედვით, რომელ ქვეყნებს შეუძლიათ თავიანთ შესაძლებლობებზე დაყრდნობით ICT-ის გამოყენება თავიანთი ეკონომიკის ზრდისა და განვითარებისათვის.

ნახ. 1-ზე მოცემულია ქვეყნების ინფორმაციულ საზოგადოებად ტრანსფორმაციის სამეტაპიანი მოდელი, საიდანაც გამოკვეთილად ჩანს, რომ ICT-ის ეფექტური გამოყენება მჭიდროდ არის დამოკიდებული იმაზე, თუ რამდენად დახვეწილია ტექნოლოგიები და რამდენად შეესაბამება მომხმარებელთა ინტელექტი ან მომზადების დონე ამ ტექნოლოგიების გამოყენების შესაძლებლობას, რა ინტენსივობით ხდება მათი გამოყენება და რამდენადაა იგი ხელმისაწვდომი საზოგადოებისთვის (მომხმარებლისთვის).



ნახ.1 ქვეყნების ინფორმაციულ საზოგადოებად ტრანსფორმაციის სამეტაპიანი მოდელი

ITU-ის ანგარიშებში /3-8/, ICT განვითარების ინდექსის (IDI) რიცხოვრივი მნიშვნელობის დადგენისათვის გამოყენებულ 11 ინდიკატორს აქვს განსაზღვრული ეტალონური მნიშვნელობები (რაც წლიდან წლამდე შეიძლება შეიცვალოს). ცხრილ 1-ში მოცემულია ITU-ის 2014 წლის ანგარიშის მნიშვნელობები /8/. აღნიშნული ინდიკატორები თავის თავში მოიცავენ ზემოთ ხსენებულ 46 მახასიათებელს. თავის მხრივ 11 ინდიკატორი (იხ. ცხრილი 1, 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;

ცხრილი 1

ICT-ის განვითარების ინდექსი: ინდიკატორები, ეტალონური მნიშვნელობები და წონები					
ICT-ის წვდომა		ეტალონური მნიშვნელობა	%	წონა	ICT-ის განვითარების ინდექსი



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



1	ფიქსირებული სატელეფონო კავშირი 100 მოსახლეზე	60	20	40	
2	მობილური სატელეფონო კავშირი 100 მოსახლეზე	120	20		
3	საერთაშორისო ინტერნეტ-ტრაფიკი (სინქარე) (ბიტ/წმ) ინტერნეტის 1 მომხმარებელზე	787 260*	20		
4	კომპიუტერების მქონე ოჯახების წილი	100	20		
5	ინტერნეტთან წვდომის 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		
ICT-ის შესაძლებლობები				20	
9	ზრდასრულთა (15 წლის და მეტი ასაკის) განათლების კოეფიციენტი (ხვედრითი წილი %)	100	33		
10	საშუალო სკოლებში რეგისტრირებული, დარჩენილი მოსწავლეების (ხვედრითი წილი %)	100	33		
11	უმაღლეს სასწავლებლებში რეგისტრირებული, მესამეული (ხვედრითი წილი %)	100	33		

თითოეულ ჯგუფში შემავალი ინდიკატორების მიხედვით ხდება შესაბამისად სამი სუბუნდექსის 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 (იხ. ცხრილი 1, სვეტი - III), ასევე მათ აქვთ თანაბარი წილით სუბ-ინდექსში (იხ. ცხრილი 1, სვეტები - IV).

თითოეულ სუბ-ინდექსს გააჩნია წონა (იხ. ცხრილი 1, სვეტები - V) ICT-ის განვითარების საბოლოო ინდექსის IDI-ის მნიშვნელობაში (იხ. ცხრილი 1, სვეტები - VI), რომელიც განისაზღვრება ათბალიანი სისტემით.

ITU ამ ინდიკატორების გაანგარიშებისთვის საჭირო მონაცემებს იღებს სხვადასხვა წყაროდან, ესენია: ITU-ის მსოფლიო სატელეკომუნიკაციო ICT-ინდიკატორების (WTI - World Telecommunication/ICT Indicators (WTI)) შემოკლებული კითხვარი, ITU-ის საყოფაცხოვრებო შემოკლებული კითხვარი და იუნესკოს სტატისტიკის ინსტიტუტი (UNESCO Institute for Statistics (UIS)).

აღნიშნული კითხვარები შესავსებად ეგზავნება თითოეული ქვეყანის შესაბამის ორ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



განიზაცების, საქართველოში საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნულ კომისიას. კითხვარების არ ან/და არასრულფასოვნად შევსების შემთხვევაში ITU თავად პოულობს მონაცემების მოძიების ალტერნატიულ წყაროს (ქვეყანაში მოქმედი სხვა სამსახურები და გაერო) და იღებს საჭირო მონაცემებს.

ამრიგად, ნაშრომში წარმოდგენილი ICT-ის ინდიკატორების, IDI-ის (ICT-ის განვითარების ინდექსის) და მისი სუბ-ინდექსების გაანგარიშების მეთოდოლოგია, რომელიც თავისთავად ეყრდნობა ITU მიერ შემუშავებულ კონცეფციას, საფუძვლად უნდა დაედოს ქვეყანაში ისტ-ის განვითარების მზადყოფნის ინდექსის შეფასებას, რაც ერთის მხრივ განაპირობებს სხვა ქვეყნების მიმართ ასეთივე ინდექსის სწორ შედარებას, ხოლო მეორეს მხრივ ორიენტირს მოგვცემს ამ მიმართულებით სწორი პოლიტიკის განსაზღვრაში.

ლიტერატურა.

- 1.Core ICT Indicators 2010, Partnership on Measuring ICT for Development http://www.uis.unesco.org/Communication/Documents/Core ICT Indicators_2010.pdf.
- 2.Final Acts of the Plenipotentiary Conference (Antalya, 2006) - ITU, International Telecommunication Union.
- 3.Measuring the Information Society Report 2009 - ITU, https://www.itu.int/ITU-D/ict/publications/idi/material/2009/MIS2009_w5.pdf.
- 4.Measuring the Information Society Report 2010 - ITU, https://www.itu.int/ITU-D/ict/publications/idi/material/2010/MIS_2010_without_annex_4-e.pdf.
- 5.Measuring the Information Society Report 2011 - ITU, <http://www.itu.int/net/pressoffice/backgrounders/general/pdf/5.pdf>.
- 6.Measuring the Information Society Report 2012 - ITU, http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/mis2012/MIS2012_without_Annex_4.pdf.
- 7.Measuring the Information Society Report 2013 - ITU, https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/mis2013/MIS2013_without_Annex_4.pdf.
- 8.Measuring the Information Society Report 2014 - ITU, https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/mis2014/MIS2014_without_Annex_4.pdf.

PRINCIPLES OF CALCULATION OF INFORMATION-COMMUNICATION TECHNOLOGIES

readiness index to development.

Tsikhistavi T., Svanidze R.,

Georgian Technical University.

Summary

The paper describes principles of calculation for ICT (Information and communications Technology) development index. Here is a detailed review of a brief history and methodology of calculation of ICT indicators, IDI (ICT Development Index) and its sub-indexes according to ITU (International Telecommunication Union). Because a number of countries have different approaches for calculating these indexes, the methodology represented by ITU would become evaluation principle of ICT Development Preparedness Index for all countries that finally leads to a validity of comparison similar indexes between the countries and determines the proper policy towards this direction.

სატელეკომუნიკაციო ქსელების განვითარების შემდგომი ეტაპები.

მომავლის FN ქსელი

ჯღამაძე მ.*, ხუნწარია ჯ.**

სატელეკომუნიკაციო კომპანია “ახალი ქსელები”*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი**

წარმოდგენილია სატელეკომუნიკაციო ქსელების განვითარების შემდგომი ეტაპები და სამომავლო ტენდენციები. ნახვენებია მომავლის FN ქსელის გამოსაკვლევი დონეები და მათი სტრუქტურული განაწილება.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ბოლო წლების ტენდენციებიდან გამომდინარე ხდება სატელეკომუნიკაციო ქსელების გლობალიზაცია, რაც უკვე ასახულია შემდგომი ეტაპის ქსელების სტრუქტურაში.

ობიექტური ქსელების განვითარებამ შეასაძლებელი გახდა სხვადასხვა კლასისა და ტიპის მომხმარებელმა მიიღოს მაღალი სიჩქარით წვდომა საინფორმაციო ტექნოლოგიებთან, რამაც, თავის მხრივ, შესაძლებელი გახდა მომავლის FN ქსელის, ეგრეთ წოდებული ჭკვიანი SG (Smart Grids) ქსელების, მონაცემთა BD (Big Data) ქსელებისა და ჭკვიანი ყველგან შეღწევადი SUN (Smart Ubiquitous Networks) ქსელების განვითარება და მათი ახალ ეტაპზე აყვანა. ასეთ ქსელებს ეძახიან ჰიბრიდულ ქსელებს, რომლებშიც გაერთიანებულია რამდენიმე ახალი და წინა თაობის ქსელები (მაგალითად, ინტელექტუალური ქსელი, ახალი გენერაციის NGN ქსელი, TDN, Private Network, 2G, 3G, 4G, CDMA, GPRS, FN, SG, BD, SUN და ა.შ. ასეთი ქსელები უკვე ნაკლებად დამოკიდებულები არიან ფიზიკურ დონეზე და შეერთების სახეობებზე. მათი ურთიერთქმედება ხდება უფრო მაღალ მე-3 და მე-4 დონეებზე. ზოგიერთი ქსელის ურთიერთქმედება შესაძლებელია მოხდეს აგრეთვე ყველაზე მაღალ მე-7 დონეზე, რაც მეტყველებს ახალი ქსელების განვითარების მაღალ დონეზე.

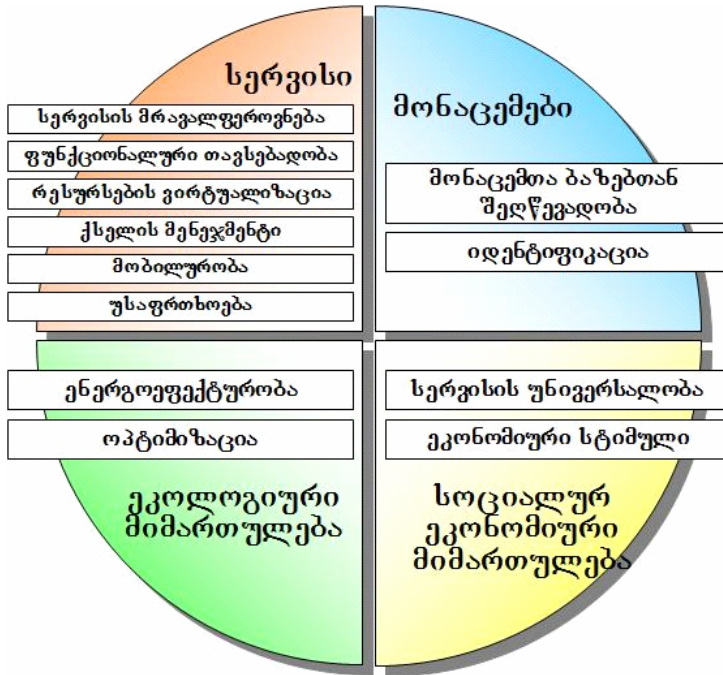
მიმდინარე ეტაპზე ყველაზე აქტუალურია მომავლის FN ქსელის სტრუქტურა. იგი გულისხმობს მრავალშრიანი როგორც ფიზიკური ასევე ვირტუალური NV (Network Virtualization) ქსელების შექმნას. ასეთი ქსელების მართვისათვის დამატებით შექმნილია საიდენტიფიკაციო სტრუქტურული დონე IF (Identification Framework), D-aN (Data-aware networking) ქსელის სტრუქტურული ორგანიზების მონაცემთა შეტყობინების ქსელი და ასევე სხვადასხვა დამატებითი დონეები (მაგალითად, ID configuration, Identifiers, Autonomic network management და სხვა).

FN ქსელის განვითარებისათვის საჭიროა მისი სტრუქტურული დონეების გამოკვლევა. გამოსაკვლევი სტრუქტურა იყოფა ოთხ ძირითად მიმართულებად (Data awareness – მონაცემთა მიმართულება, Social and economic awareness – სოციალური და ეკონომიური მიმართულება, Environmental awareness – ეკოლოგიური მიმართულება, Service awareness – სერვისის მიმართულება), რომლებიც, თავის მხრივ, იყოფიან და ქმნიან კიდევ დამატებით 12 გამოსაკვლევ სტრუქტურულ ერთეულს, რომელთა შორისაა: ფუნქციონალური თავსებადობა, სერვისის მრავალფეროვნება, მობილურობა, რესურსების ვირტუალიზაცია, ქსელის მენეჯმენტი, უსაფრთხოება, ენერგოეფექტურობა, ოპტიმიზაცია, სერვისის უნივერსალობა, იდენტიფიკაცია, მონაცემთა ბაზებთან შეღწევადობა და სხვა (სურ. 1).

2012 წელს, ITU-T SG13 კონფერენციაზე ჟენევაში, მიღებული იქნა გადაწყვეტილება დაწესებულიყო აღნიშნული ქსელისათვის სტანდარტებისა და რეკომენდაციების შემუშავება. ამჟამად უკვე მიღებულია რამდენიმე სტანდარტი და რეკომენდაცია.

მომავლის FN ქსელს შემდგომში გამოიყენებს ისეთი ზედნაშენი ქსელები, როგორცაა SG, BD, SUN და სხვა. აღნიშნული ქსელების ერთობლიობით შესაძლებელი იქნება როგორც სატელეკომუნიკაციო, ასევე მართვისა და კონტროლის სხვადასხვა სისტემების მომსახურებების გაერთიანება, კერძოდ კი ისეთი მომსახურებებისა, როგორცაა „ჭკვიანი სახლი“ (ნებისმიერი ადგილიდან სახლში ტემპერატურის, სხვადასხვა საყოფაცხოვრებო აპარატურისა და განათების მართვა და კონტროლი).

ჭკვიანი ქსელების განვითარების ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებას წარმოადგენს SG (Smart Grids), მონაცემთა BD ქსელების და ჭკვიანი ყველგან შეღწევადი SUN ქსელების განვითარება. SUN ქსელი წარმოადგენს ეგრეთ წოდებულ ხიდს უკვე არსებულ





III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



4. <https://itu.int/wsis13/SG13>. უკანასკნელად გადამოწმებულია 2015 წლის 28 სექტემბერს.
5. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/wholesale-market/electricity-network-codes>. უკანასკნელად გადამოწმებულია 2015 წლის 28 სექტემბერს.

FURTHER DEVELOPMENT STAGES OF TELECOMMUNICATION NETWORKS.

FN FUTURE NETWORK.

JGAMADZE M.S.*, KHUNTSARIA J.M.**

“New Net” Telecommunication Company*

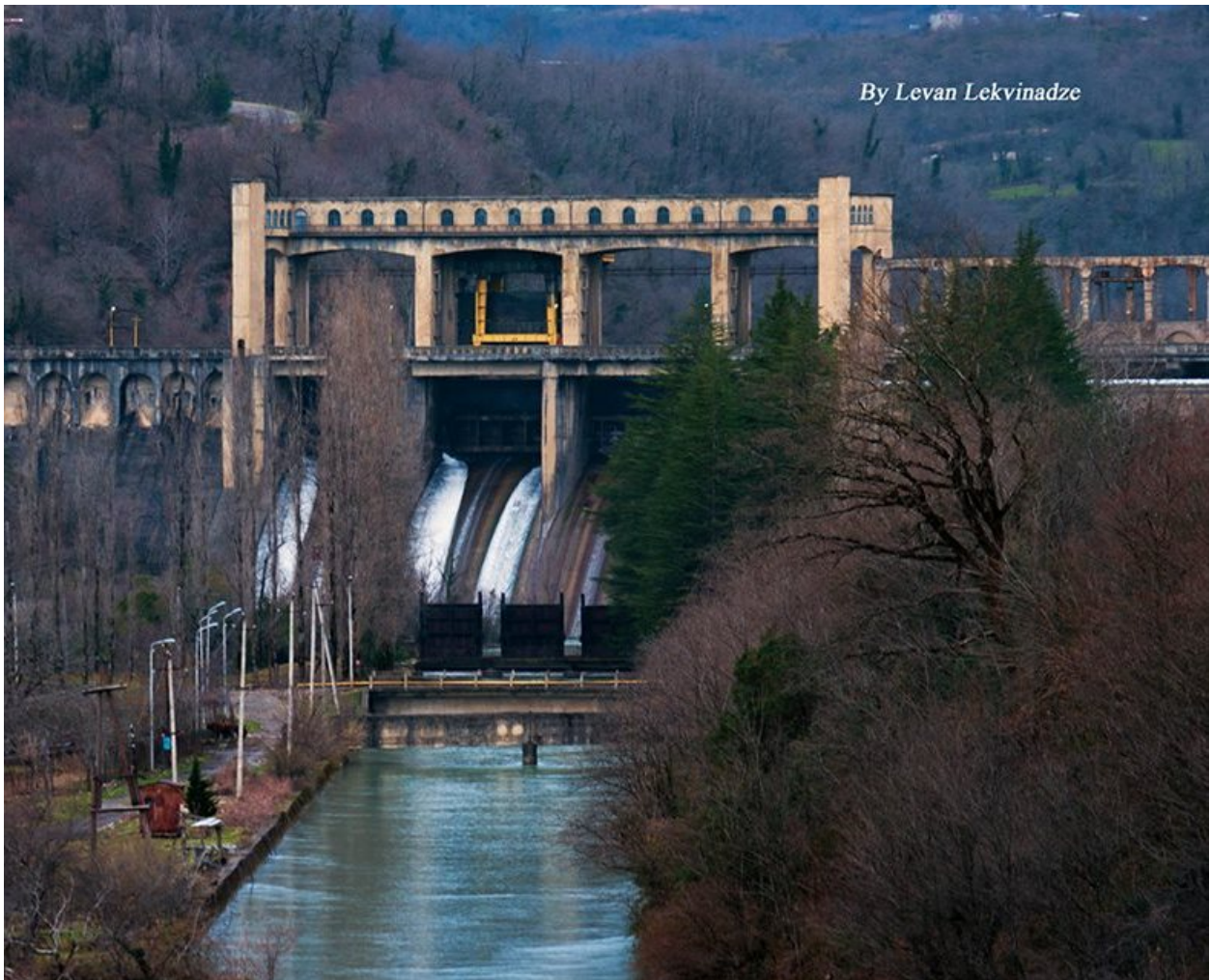
Georgian Technical University**

Summary

Work provides further development stages of telecommunication network and future tendencies. FN (Future Network) research levels and their structural distributions are indicated.



4 ენერგეტიკის ეკონომიკა და მენეჯმენტი. ენერგეტიკის რეგულირება ENERGY ECONOMICS AND MANAGEMENT. ENERGY REGULATION





III სავაჭრო-სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE





III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



საქართველოს ენერგო უსაფრთხოების განსაზღვრა
და მისი მიღწევის გზები

ახვლედიანი ნ., სამსონია ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ენერგო უსაფრთხოება ჩვეულებრივ განისაზღვრება როგორც „სანდო მიწოდება გონივრულ ფასად.“ ენერგო უსაფრთხოება არის ქვეყნის მთლიანად ენერგო სისტემის მთავარი ელემენტი. ისეთი ქვეყნისთვის, როგორც არის საქართველო, რომელიც წარმოადგენს ტრანზიტულ ქვეყანას და ძალიან მნიშვნელოვანია არსებობდეს ზუსტად განსაზღვრული ენერგო უსაფრთხოების სტრატეგია, რათა მან დაძლიოს ენერგეტიკასთან დაკავშირებული პოლიტიკური და ეკონომიკური პრობლემები.

ენერგო უსაფრთხოების კონცეფციაზე მსჯელობის დაწყებამდე, უნდა განისაზღვროს ტერმინი „ენერგო უსაფრთხოება.“ საერთაშორისო სააგენტო ენერგეტიკის საკითხებში განსაზღვრავს ენერგო უსაფრთხოებას როგორც ენერგო რესურსების უწყვეტ წვდომას მისაღებ ფასებში. ენერგო უსაფრთხოებას აქვს მრავალი ასპექტი: გრძელვადიანი ენერგო უსაფრთხოება ძირითადად უკავშირდება დროულ ინვესტიციებს ენერგო მარაგების მიზნით, ეკონომიკის განვითარებასთან და გარემო მოთხოვნებთან პარალელურად. მეორეს მხრივ, მოკლევადიანი ენერგო უსაფრთხოება ყურადღებას ამახვილებს ენერგო სისტემის შესაძლებლობაზე მოახდინოს მყისიერი რეაგირება უეცარ ცვლილებებზე ენერჯის მიწოდებასთან დაკავშირებული მოთხოვნების დაბალანსების პროცესში.“ ენერგეტიკის საკითხებში საერთაშორისო სააგენტო განმარტავს სხვაობას გრძელვადიან და მოკლევადიან ენერგო უსაფრთხოებას შორის. უპირველეს ყოვლისა, უნდა აღინიშნოს ის, რომ კონცეფცია „ენერგო უსაფრთხოება“ არის კრებისითი ტერმინი, რადგანაც ის მოიცავს ენერჯის წარმოებისა და ეკონომიკურ ზრდას და პოლიტიკურ ასპექტებს, აგრეთვე არსებობს რამდენიმე ტრადიციული ელემენტი, როგორც არის ენერჯის მიწოდების წყარო, გეოპოლიტიკური მდგომარეობა და საბაზრო სტრუქტურა.

კვლავაც, დებატები ენერგო უსაფრთხოების შესახებ კვლავაც მიმდინარე პროცესად რჩება და წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე საკამათო თემას მთელს მსოფლიოში. ენერგო უსაფრთხოების ერთი ასპექტი არის ქვეყნის შესაძლებლობა თავისუფლად გადავიდეს ენერჯის ერთი წყაროდან მეორეზე. ამის მიზეზი კი არის გარემო პირობები, რადგანაც ენერგო რეზერვი ძალიან სწრაფად იწურება. არსებობს საჭიროება იმისა, რომ ჩამოყალიბდეს ენერგო უსაფრთხოების სტრატეგია, რათა უზრუნველყოფილ იქნას ენერჯის წვდომა და საზოგადოების ეკონომიკური კუთხით განვითარება. ენერგო უსაფრთხოების უმარტივესი განმარტება არის „ენერგო რესურსების უწყვეტი წვდომა მისაღებ ფასად“. ეს კი ნიშნავს იმას, რომ ენერგია უნდა იყოს ფიზიკურად ხელმისაწვდომი და ამავდროულად მისი ფასიც გონივრული. ყველა საზოგადოება არის დამოკიდებული ენერჯიაზე, დაწყებული საშინაო მეურნეობებით დასრულებული სამრეწველო დარგებით, მაშასადამე საზოგადოების ეფექტური ფუნქციონირება დიდად არის დამოკიდებული ენერჯის წვდომის შესაძლებლობაზე. მაგრამ, ენერგო უსაფრთხოების მრავალმხრივობა ართულებს ენერგო უსაფრთხოების უზრუნველყოფს, ისე, რომ ყველასთვის მისაღები იყოს.

ენერგო უსაფრთხოების შეფასებისას ყველაზე მნიშვნელოვანი ასპექტია იმის განსაზღვრა, თუ როგორ უნდა შეფასდეს ენერგო უსაფრთხოება. ენერგო უსაფრთხოების შეფასება 21-ე საუკუნეში შეიძლება განხორციელდეს იმ მდგომარეობისა და პრობლემების ანალიზით, რის წინაშეც დგას ახლა მთელი მსოფლიო. ენერგო უსაფრთხოების კონცეფციის შეფასების სამი მთავარი ფაქტორია გამოკვეთილი: ბალანსირებადი მდგრა-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



დი განვითარება, კონკურენტუნარიანობა და მიწოდების უსაფრთხოება. უნდა აღინიშნოს, რომ ევროპის გაერთიანებათა კომისიამ შექმნა მწვანე წიგნი „ევროპის სტრატეგია მდგრადი, კონკურენტუნარიანი და უსაფრთხო ენერჯისათვის“, სადაც აღწერილია ის მდგომარეობა, რაც დღესდღეობით არსებობს ევროპაში და პრიორიტეტები, რაც საჭიროებს ქმედებას რათა გაგუმკლავდეთ ევროპაში არსებულ პრობლემებს. უპირველეს ყოვლისა, პრობლემები არის შემდეგი:

- უპირველეს ყოვლისა, პრობლემა მდგომარეობს ინვესტიციების სასწრაფო მოზიდვაში, რადგან ქვეყანას სჭირდება მზარდი ენერჯო მოთხოვნის დაკმაყოფილება და მოძველებული ინფრასტრუქტურის განახლება.

- შემდეგი პრობლემა რის წინაშეც დგას ევროპა და საქართველო ასევე არის დამოკიდებულება ენერჯო იმპორტზე. არსებობს მოთხოვნა ქვეყნის საკუთარი რესურსების განვითარებასა და კონკურენციის პირობების შექმნაზე შიდა ენერჯო ბაზარზე. სხვა შემთხვევაში, ეს შეამცირებს უსაფრთხოებას რეგიონებში.

- ერთ-ერთი უდიდესი პრობლემათაგანია მწირი ენერჯო რეზერვი, რაზედაც ყურადღება გამახვილებულია მხოლოდ რამდენიმე ქვეყანაში. დღესდღეობით, უხეშად რომ ვთქვათ ევროკავშირის გაზის იმპორტის ნახევარი მოდის მხოლოდ სამი ქვეყნიდან: რუსეთი, ნორვეგია და ალჟირი. მსგავსი სიტუაციაა საქართველოშიც, სადაც გაზისა და ნავთობის იმპორტი მოდის მხოლოდ ორი ქვეყნიდან, აზერბაიჯანიდან და რუსეთიდან.

- რადგანაც მოსახლეობა იზრდება წლიდან წლამდე, ლოგიკური იქნება ვთქვათ, რომ ენერჯო მოთხოვნა ასევე გაიზრდება. 2030 წლისათვის, ენერჯო მოთხოვნა ჩ 2 გამოყოფასთან ერთად მოსალოდნელია გაიზარდოს 60%. უფრო მეტიც, ნავთობის გლობალური მოხმარება გაიზარდა 1994 წლიდან 20% და მოსალოდნელია რომ ზრდის მაჩვენებელი გაიზარდოს კიდევ 1,6% ყოველ წელს.

- ენერჯიაზე ფასის ხელმისაწვდომობა არის სერიოზული საფრთხის ქვეშ, რადგანაც ნავთობისა და გაზის ფასები იზრდება. ეს კი თავის მხრივ გავლენას ახდენს უშუალოდ მომხმარებლებზე. სიტუაცია, რაც თავის იწინს უკვე დღესდღეობით არის მზარდი მოთხოვნა საწვავ-სათბობზე, მაღალი დამოკიდებულება იმპორტზე და მზარდი ფასი ნავთობსა და გაზზე, რაც არ არის პატარა პრობლემა.

- სხვა პრობლემაც არსებობს, იმაზე მეტად რთული ვიდრე ჩამოთვლილია, ეს არის კლიმატური ცვლილება. თანახმად სახელმწიფოთაშორისი კომისიისა კლიმატური ცვლილების საკითხებში აღინიშნება დათბობა, ეს კი გამოწვეულია სასათბურე აირის გამოყოფით, რამაც კლიმატი დაათბო 0,6 გრადუსით.

- მოთხოვნა განვითარებულ, კონკურენტუნარიან შიდა ენერჯო ბაზარზე არის გადამწყვეტი ევროპისათვის. რაც შეეხება ენერჯის მაღალ ფასებს და მიწოდების უსაფრთხოებას, შეიძლება მოგვარდეს ეფექტურ სამართლებრივ ჩარჩოებში მოქცევით და შესაბამისი რეგულაციებით, რაც ბოლომდე უნდა იყოს გამოყენებული პრაქტიკაში.

„ეს არის 21-ე საუკუნის ახალი ენერჯო ლანდშაფტი. ეს არის ის, სადაც მსოფლიოს ეკონომიკური რეგიონები დამოკიდებულია ერთმანეთზე ენერჯო უსაფრთხოებისა და მდგრადი ეკონომიკური პირობების და ეფექტური ქმედების უზრუნველყოფისათვის კლიმატური ცვლილების მიმართ.“

ბოლოს, რომ შევაჯამოთ ყოველივე ზემოხსენებული უნდა ითქვას, რომ ძირითადი საკითხები, რაც უნდა იქნას მოგვარებული ენერჯო უსაფრთხოების პირობებში საქართველოს შემთხვევაში არის:

- ენერჯო რესურსებისა და ენერჯო მიწოდების წყაროთა დივერსიფიკაცია
- სატრანსპორტო ენერჯო რესურსების ინფრასტრუქტურის განვითარება აღმოსავლეთ-დასავლეთსა და ჩრდილო-სამხრეთში ქვეყნის სატრანზიტო პოტენციალის გაზ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



რდის მიზნით;

- ენერგო ეფექტურობის უზრუნველყოფა;
- გარემო პირობების უსაფრთხოების დაცვა;
- უცხოური ინვესტიციების მოზიდვა ენერგო სექტორში ქვეყნის ენერგო ინფრასტრუქტურის განვითარებისათვის;
- ელექტროენერგიით სასაზღვრო ვაჭრობის გაფართოება მეზობელ ქვეყნებთან
- საერთაშორისო ორგანიზაციებთან თანამშრომლობის გაფართოება იმ მიზნით, რომ დაჩქარდეს საქართველოს ევროპასა და ევრო-ატლანტიკურ ორგანიზაციაში ინტეგრაცია.

საიდუმლოს არ წარმოადგენს ის ფაქტი, რომ საქართველო დაუცველია უცხო ქვეყნის ენერგო მიწოდებლების მხრიდან პოლიტიკურ მანიპულაციებში და იმ პროცესში, სადაც ორი აუცილებელი რამ უნდა შესრულდეს ამ დაუცველობის შემცირების მიზნით: მიწოდების დივერსიფიკაცია და ეფექტური შიდა რეგულირების სისტემა. მთავრობას, რომელიც მოვიდა სათავეში 2003 წლის ვარდების რევოლუციის შემდეგ, უნდა ჩამოეყალიბებინა სტრატეგია იმ სისტემის შექმნისა, რომელიც დამოუკიდებელი იქნებოდა. დამოუკიდებელი სტრატეგიის მიზანი იყო შიდა ენერგო პოტენციალის გაზრდა, სარეზერვო მარაგების განვითარება და არსებული გადაცემის ინფრასტრუქტურის გაუმჯობესება. მაგრამ, ენერგო დამოუკიდებლობა არ უნდა იქნას გაგებული როგორც იზოლირება საერთაშორისო ენერგო სისტემისგან. ეჭვგარეშეა ის, რომ არცერთი ქვეყანა არ შეიძლება იყოს იზოლირებული და ბოლომდე თვითდაკმაყოფილებადი ენერჯის მიწოდების უზრუნველყოფის საქმეში. დივერსიფიკაციის მნიშვნელოვანი საშუალებები და მიწოდების უსაფრთხოება შეიძლება უზრუნველყოფილ იქნას განგრძობითი რეგიონალური კომუნიკაციებით ენერგო იმპორტის, ექსპორტისა და სატრანზიტო მდგრადობიდან გამომდინარე. გასულ წლებში საქართველოს მთავრობის მიზანი ენერგო სექტორში იყო გადაცემის ინფრასტრუქტურისა და ზოგადად, ენერგო სისტემის გაუმჯობესება. ამ მიზნის მისაღწევად წინა მთავრობას დაგეგმილი ჰქონდა გაზის მიწისქვეშ შენახვის პირობების შექმნა, საქართველოს ჰიდროენერგო პოტენციალის გაუმჯობესება არსებული ჰიდროენერგო სადგურების რეაბილიტაციისა და ახლების აშენების გზით. ნავთობისა და გაზის საბადოების შიდა განვითარება ასევე წარმოადგენდა მის ერთ-ერთ მიზანს, რაც არის ყველაზე ბოლო პრიორიტეტი საქართველოსათვის გამომდინარე მისი საკუთარი მცირე ნავთობისა და გაზის რეზერვებისა.

საქართველო არის შავი ზღვის რეგიონის ნაწილი რომელიც მდებარეობს ენერგო მომხმარებელსა და ენერგო მიწოდებელ ქვეყნებს შორის. ის განსაკუთრებულ როლს ასრულებს ენერგო უსაფრთხოების გარანტირების საქმეში ევრაზიის კონტინენტზე. საქართველოს აქვს დიდი პოტენციალი გახდეს ძირითადი სამარშრუტო გზა გაზისა და ნავთობისათვის კასპიის ზღვიდან, შუა აღმოსავლეთიდან და ასევე ცენტრალური აზიიდან ევროპის მიმართულებით. სამხრეთ კავკასიას, უფრო კონკრეტულად კი საქართველოს, აქვს პოტენციალი გახდეს მთავარი ქვეყანა ენერგო სატრანზიტო მარშრუტის დივერსიფიკაციის პირობებში ენერგო მომხმარებელსა და ენერგო მიწოდებელ ქვეყნებს შორის. უფრო მეტიც, ევროკავშირი გახდა უკვე შავი ზღვის ნაწილი და საქართველოს აქტიური თანამშრომლობა და ჩართვა ახალი მილსადენების პროექტებში გაზისა და ნავთობის მიწოდების მიზნით კასპიის ზღვიდან ევროპის მიმართულებით, გეოავაზობს შესაძლებლობას იმისა, რომ კიდევ უფრო მეტად მჭიდრო ურთიერთობები ჩამოყალიბდეს და ამან მიგვიყვანოს მდგრად ინტეგრაციამდე ევროპისაკენ.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ლიტერატურა

1. ბრიტიშ პეტროლიუმი. *Shah Deniz 2 and Opening of the Southern Corridor*. Baku: BP Exploration.
2. ევროპის კომისია. (2006). მოძიებული 17 ივლისს, 2015: GREEN PAPER A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy , 2006) http://europa.eu/documents/comm/green_papers/pdf/com2006_105_en.pdf
3. ევროპის კომისია. (2013). *EU Commission welcomes decision on gas pipeline: Door opener for direct link to Caspian Sea*. Brussels.
4. ჰალილი, ს. ს. (2007). *Energy Security-The External Legal Relations of the European Union with major Oil- and Gas-Supplying Countries*. Portland: Hart Publishing.
5. საერთაშორისო ენერჯეტიკის სააგენტო. (2014). *International Energy Agency*. მოძიებული 17 ივლისს, 2015: <http://www.iea.org/topics/energysecurity/>
6. QANUN. (2012). *EU Commission welcomes decision on gas pipeline: Door opener for direct link to Caspian Sea*. Istanbul.
7. სეზო, ლ., & სივოს-კეცსკემენტი, კ. (2009). *Energy security and the Caucasus region*. Budapest: Miklós Zrínyi National Defence University.
8. საერთაშორისო გამჭვირვალობა საქართველო. მოძიებული 17 ივლისს, 2015: [www.transparency.ge: http://transparency.ge/sites/default/files/GEORGIA'S%20POWER%20SECTOR%20-%20ENG.pdf](http://transparency.ge/sites/default/files/GEORGIA'S%20POWER%20SECTOR%20-%20ENG.pdf)

GEORGIA'S ENERGY SECURITY AND WAYS FOR ITS ACHIEVING.

Akhvlediani N., Samsonia N.,
 Georgian Technical University.
 Summary

Energy Security is usually defined as “reliable supplies at reasonable price”. Energy security is the milestone of the whole energy system of the country. The problem is that, achieving energy security is a hard task for the government. For such country as Georgia, which is a transit country, it is highly important to have a precisely defined energy security strategy, in order to overcome the political and economic problems related to energy. Moreover, Georgia has a strategic goal to integrate into the European Union. Therefore, Georgia has to fulfill the obligations taken during the past years. Based on literature review, case studies and interviews carried out with the government officials, the problems were set, solutions found and the conclusions drawn. In conclusion, it turned out that some areas should be more prioritized, the Directives/Regulations of the European Union should be implemented in the Georgian legislation and practically applied in order to secure the energy sector in the future. However, overcoming the problems which nowadays exist in the Georgian energy sector and integrating in the European internal energy market, means being close to the integration into the European Union.

ენერჯეტიკის ეკონომიკური პრობლემები საქართველოში

ჩომახიძე ღ*, ცხაპია ძ, ბიბილაშვილი ლ*****

* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

** აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

*** გორის სახელმწიფო სასწავლო უნივერსიტეტი

მოსხენებაში გაანალიზებულია საქართველოს ენერჯეტიკული კომპლექსის (ელექტროენერჯეტიკა, ნახშირის მოპოვება, ნავთობის მრეწველობა) განვითარების ტექნიკურ-ეკონომიკური მახვევებების დონე და დინამიკა ბოლო წლებში. აღნიშნულია, რომ, მიუხედავად საანალიზო წლებში მომხდარი დადებითი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ძვრებისა, დარგში აღინიშნება მნიშვნელოვანი პრობლემები. მათ შორის ყურადღება გამახვილებულია ენერჯეტიკული ბალანსის დეფიციტზე, არგილობრივი ენერჯეტიკული რესურსების ათვისების დაბალ დონეზე. ელექტრიფიკაციის მაჩვენებლების ჩამორჩენაზე, ენერჯეტიკული სიმძლავრეების გამოყენების გაუმჯობესების აუცილებლობაზე, პროდუქციის ენერგოტეგადობის შემცირების საჭიროებაზე და ა.შ. ჩამოყალიბებულია წინადადებები მდგომარეობის გაუმჯობესებისათვის.

ცნობილია ენერჯეტიკის უზარმაზარი როლი მსოფლიო ცივილიზაციის განვითარებაში. იგი უდიდეს გავლენას ახდენს ეკონომიკისინფრასტრუქტურის ფორმირებასა და



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



შაზოგადოებრივი წარმოების ეფექტიანობაზე. მეურნეობაში ენერგეტიკის მნიშვნელოვანი როლი განისაზღვრება იმ გარემოებით, რომ ნებისმიერი საწარმოო პროცესი მრეწველობის ყველა დარგში, სოფლის მეურნეობაში, ტრანსპორტზე, მოსახლეობის მომსახურების ყველა სფეროში და ა.შ. დაკავშირებულია ენერჯის სულ უფრო და უფრო მზარდ გამოყენებასთან, ხოლო საზოგადოებრივი შრომის ნაყოფიერების ზრდის ძირითადი მატერიალური საფუძველია შრომის ელექტრო- და ენერგოაღჭურვილობა. ენერგეტიკის განვითარების დონე დიდ გავლენას ახდენს ქვეყნის საწარმოო ძალების განვითარების დინამიკასა და განლაგებაზე, ქმნის აუცილებელ წინამუხდევებს ცხოვრების დონის ამაღლებასა და შრომის პირობების გასაუმჯობესებლად.

ენერგეტიკის განვითარების ტემპები და მასშტაბები განმსაზღვრელ გავლენას ახდენს ნებისმიერი ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების საბოლოო შედეგებზე, თითოეული მოქალაქის ცხოვრების დონეზე. საკმარისია ითქვას, რომ აშშ, რომელიც მსოფლიოს ერთ-ერთი ყველაზე უფრო განვითარებული ქვეყანაა, მოსახლეობის 1 სულზე აწარმოებს 5,72 ტპს და 42,3 ათასი დოლარის ღირებულების მშპ-ს (2011 წ.); მაშინ, როცა მსოფლიოში საშუალოდ ეს მაჩვენებლები შეადგენს შესაბამისად 1,9 და 7,54-ს; აზიაში – 0,6 და 1,46-ს; აფრიკაში – 1,05 და 1,21-ს და ა.შ.

საქართველოში ენერგეტიკა წრმოდგენილია ელექტროენერგეტიკისა და სათბობი მრეწველობის თითქმის ყველა ძირითადი დარგით. გვაქვს ჰიდროელექტროსადგურები, თბოელექტროსადგურები, ელექტროგადაცემის, გამანაწილებელი და თბოქსელები, ნავთობის მრეწველობა, ნახშირისა და თერმული წყლების მოპოვება. მიმდინარეობს სამუშაოები ქარისა და მზის ენერჯის გამოსაყენებლად.

ენერგეტიკა საქართველოს მრეწველობის ერთ-ერთი წამყვანი დარგია. 2013 წლის მონაცემებით, ენერგეტიკაში თავმოყრილია მთელი მრეწველობის ძირითადი ფონდების 52,9%, დასაქმებულია 17% და იწარმოება პროდუქციის 14,8%. მასზე მოდის ქვეყნის მთლიანი შიდა პროდუქტის (მშპ) 4,00%.

უკანასკნელ წლებში საქართველოს ენერგეტიკაში მნიშვნელოვანი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ძვრები მოხდა. ბოლო ხუთი წლის მანძილზე (2009-2013 წწ.) ენერგეტიკულ კომპლექსში პროდუქციის წარმოება გაიზარდა 52,5 %-ით. წარმოების ძირითადი ნაწილი (70%) მოდის ელექტროენერგეტიკაზე; შემდეგ მოდის გაზის მრეწველობა (12%), ნავთობის მრეწველობა (7%) და ნახშირის მრეწველობა (5%). 2005-2012 წლებში ელექტროენერგეტიკის პროდუქცია გაიზარდა 68,6%-ით. გაზის მრეწველობა 3,6-ჯერ, ნავთობმოპოვება – 80,8%-ით და ნახშირის მოპოვება 85-ჯერ. მაშინ, როცა მთლიანად ენერგეტიკულ კომპლექსში ზრდა 91% უდრიდა.

ნატურალურ მაჩვენებლებში 2009-2013 წლებში შედარებით სწრაფი ზრდა ჰქონდა ნახშირის მოპოვებას (3,2-ჯერ), შედარებით ნაკლები ელექტროენერგეტიკას (19,1%-ით), რაც შეეხება ნავთობის მოპოვებას, იგი შემცირდა კიდევ 11,3%-ით (ცხრილი 1).

ცხრილი 1.

საქართველოს ენერგეტიკის განვითარების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები.

მაჩვენებლები	2009	2011	2012	2013	2013 წ. 5-ით 2009 წ-თან
პროდუქციის წარმოება, მლნ.ლარი	706,3	765,6	1022,3	1077,5	152,5
დასაქმებულთა რაოდენობა, ადამიანი	23221	19293	22033	19123	82,3
ძირითადი ფონდების ღირებულება, მლნ.ლარი	1646,0	1729,1	2352,2	3052,1	185,4
შრომის ნაყოფიერება, ათასი ლარი	30,4	39,7	46,4	56,3	185,2
ფონდუკუება, თეთრი	0,43	0,44	0,44	0,35	81,4



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



პროდუქციის წარმოება ნატურალურ გამოსახულებაში:					
ელექტროენერგია, მლნ. კვტ·სთ.	8278,1	9912,2	9471,9	9860,6	119,1
მათ შორის:					
ჰესში	7314,6	7788,7	7122,1	8163,5	111,6
თესში	963,5	2123,5	2349,8	1697,1	176,1
ნავთობი, ათ.ტონა	54,0	49,9	49,0	47,9	88,7
ნახშირი, ათ.ტონა	110,0	352,0	395,0	350,0	318,2
ელექტროენერგიის წარმოება მოსახლეობის 1 სულზე, კვტ·სთ	1887,6	2203,8	2112,5	2193,9	116,2
ადგილობრივი წარმოების ენერგიაშემცველებით დაკმაყოფილების დონე, %	45,5	39,6	36,7	37,1	-8,4

საქართველო თავის მოთხოვნილებას ელექტროენერგიაზე ძირითადად იკმაყოფილებს და ენერგიის გარკვეული ნაწილი ექსპორტზეც გააქვს. ხოლო მთლიანი ენერგეტიკული ბალანსი, წლების მანძილზე ღრმად დეფიციტურია. ქვეყანას გარედან შემოაქვს საჭირო ენერგეტიკული რესურსების ძირითადი ნაწილი (დაახლოებით 2/3). ეს არის ბუნებრივი გაზისა და ნავთობპროდუქტების უდიდესი ნაწილი. ნელა უმჯობესდება ელექტრიფიკაციის მნახვენებლები, შრომის ნაყოფიერების და ფონუკუგების დონეები. ენერგეტიკული მნახვენებლების გაუარესება განსაკუთრებით რელიეფურად ჩანს სხვა ქვეყნებთან შედარებით (ცხრილი 2).

საქართველოში მოსახლეობის 1 სულ იწარმოება (2011 წ.) ენერგიაშემცველები მსოფლიოს საშუალო მაჩვენებელთან შედარებით 7,6-ჯერ და აშშ-თან შედარებით 23-ჯერ ნაკლები. ხოლო მოიხმარება შესაბამისად 2,4-ჯერ და 8,9-ჯერ ნაკლები. ამიტომ გასაკვირი არ არის, რომ საქართველოში თითოეულ მოსახლეზე იწარმოება მშპ- ცხოვრების დონის მთავარი მაჩვენებელი, 21,6-ჯერ ნაკლები, ვიდრე აშშ-ში და 3,8-ჯერ ნაკლები, ვიდრე საშუალოდ მსოფლიოში. ანალოგიური მდგომარეობაა ელექტროენერგიის წარმოება-მოხმარების მხრივაც.

ცხრილი 2.

საქართველოს ენერგეტიკის ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარება საერთაშორისო პარამეტრებთან (2011 წ.)

№	მაჩვენებლები	საქართველო	მსოფლიო საშუალოდ	აშშ
1	წარმოება მოსახლეობის 1 სულზე: - ენერგიაშემცველები სულ, ტპს - ელექტროენერგია, კვტ·სთ - მშპ, ათასი ლარი	0,249 2204 1,962	1,897 2933 7,543	5,721 13227 42,387
2	მოხმარება მოსახლეობის 1 სულზე: - ენერგიაშემცველები სულ, ტპს - ელექტროენერგია, კვტ·სთ	0,79 2058	1,88 2933	7,02 12947
3	მშპ-ის ენერგოტევადობა, კვტ·პს	0,4	0,25	0,17
4	მშპ-ის ელექტროტევადობა, კვტ·სთ	0,97	0,39	0,31
5	წარმოება-მოხმარების თანაფარდობა, % - ენერგიაშემცველები, სულ - ელექტროენერგია	39,6 107,1	100,6 100,0	81,5 102,2

საქართველო ენერგეტიკული რესურსებით მდიდარი არ არის, მაგრამ მის ტერიტორიაზე მეტ-ნაკლები ზომით ამ რესურსების თითქმის ყველა სახე მოიპოვება. ქვეყანა



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



განსაკუთრებით მდიდარია ჰიდროენერგორესურსებით; მაღალია არატრადიციული ენერგეტიკული წყაროების პოტენციალი. თუმცა მათი ათვისების დონე ჯერ-ჯერობით კვლავ დაბალია. 2014 წელს საქართველოს ჰესებმა გამოიმუშავეს 8281 მლნ. კვტ•სთ ელექტროენერგია, ანუ მისი ტექნიკური შესაძლებლობის მხოლოდ 12,1 %. ჭიანურდება ენერჯის არატრადიციული წყაროების ათვისება.

მიუხედავად იმისა, რომ საქართველოში ენერჯიაშემცველების წარმოების მასშტაბები დაბალ დონეზეა, შეიძლება ითქვას, მფლანგველურია მისი გამოყენება. ჩვენს ქვეყანაში მშპ-ის ღირებულების ერთეულზე (დოლარზე) იხარჯება 2,4-ჯერ მეტი ენერჯია, ვიდრე აშშ-ში და 1,6-ჯერ მეტი, ვიდრე საშუალოდ მსოფლიოში. მშპ-ის ელექტროტევადობა კი შესაბამისად 3,1-ჯერ და 2,5-ჯერ მაღალია.

მუდმივ ყურადღებას და გაუმჯობესებას საჭიროებს არსებული ენერგეტიკული სიმძლავრეების გამოყენება. ეს, პირველ რიგში, ეხება მოქმედ ელექტროსადგურებში საპროექტო მაჩვენებლების ათვისებას, გადამცემ და გამანაწილებელ ქსელებში ენერჯის დანაკარგების შემცირებას, ენერგოდაზოგვას და ა.შ. აუცილებელია გარემოს დაცვის მოთხოვნათა გათვალისწინებით ფართოდ გამოვიყენოთ ქვეყანაში არსებული სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების მთელი კომპლექსი. უნდა ჩამოყალიბდეს საქართველოსათვის შესაფერისი ენერგეტიკული კომპლექსის ოპტიმალური სტრუქტურა. მასში თავისი კითხვითი ადგილი უნდა დაიჭიროს როგორც ჰიდრო, ისე თბო სიმძლავრეებმა. საჭიროა საიმედო და ხელსაყრელი საგარეო ენერგეტიკული კავშირების დამყარება მსოფლიოს მოწინავე და, პირველ რიგში, მეზობელ სახელმწიფოებთან. შეუნელებელი ყურადღება უნდა მიექცეს დარგის მენეჯმენტის სრულყოფას და ეკონომიკური რეფორმების განხორციელებას, ევროპულ გამოცდილებასთან ჩვენი საკანონმდებლო ბაზის ჰარმონიზაციას, დამატებითი ინვესტიციების მოზიდვას, თანამედროვე მიღწევების დანერგვას ენერჯის როგორც წარმოების, ისე მოხმარების სფეროში.

ქვეყნის წინაშე ენერგეტიკის მაღალი სოციალურ-ეკონომიკური პასუხისმგებლობიდან გამომდინარე, სასიცოცხლოდ აუცილებელია ზემოთ აღნიშნულ პრობლემათა დროული გადაჭრა; უწინარეს ყოვლისა, უნდა მოხერხდეს დარგის ინტენსიური და უწყვეტი დაფინანსება, რათა მან შეინარჩუნოს ფუნქციონირების უნარი და, ამავდროულად, მიაღწიოს პროგრესს მაკროეკონომიკური გარემოს მოთხოვნათა შესაბამისად.

ლიტერატურა.

1. ჩომახიძე დ. საქართველოს ენერგეტიკა: ეკონომიკა, რეგულირება, ტერმინოლოგია, სტატისტიკა. თბილისი, “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, 2014.- 187 გვ.
2. 2013. Key World Energy Statistics. International Energy Agency (IEA). – p.80
3. “საქსტატის” სტატისტიკური კრებულები, 2005-2014 წლები.

ECONOMIC PROBLEMS IN THE ENERGY SECTOR OF GEORGIA

Chomakhidze D., Tskhakaia K., Bibilashvili L.

Summary

The paper dwells on the analysis of the level of technical-economic indicators of the development of Georgian energy complex (power industry, coal production, oil industry), as well as its dynamic in recent years. It has been emphasized that despite positive quantitative and qualitative shifts during the analyzed years, there are some significant problems in the sector. Among them, the emphasis is placed on the energy balance deficit, low level of local energy resources utilization, underrun of electrification parameters, the necessity of improving generating capacities utilization, needs for reducing energy consumption in the production and so on. There are formulated the improving proposals as well.



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ენერგომომარაგების იმპლიმენტაციის ამაღლება, როგორც
ენერგოუსაფრთხოების უზრუნველყოფის ნაწილი

უფლისაშვილი ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველოს ენერგოუსაფრთხოების განმტკიცების მიზნით შესამუშავებელია ახალი სტრატეგია და ნორმატიული ბაზა, რომელიც ამაღლებს ენერგოეფექტურობისა და განახლებადი ენერჯის მიმართულებით საერთაშორისო ხელშეკრულებების მოთხოვნებს. სტატიაში გაანალიზებულია ენერგეტიკაში არსებული საფრთხეები და მოცემულია რეკომენდაციები მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად.

საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოების (ეუ) მთავარი ასპექტები

საქართველოს პარლამენტის 2015 წლის 24 ივნისის დადგენილებით მიღებულია საქართველოს ენერგეტიკის დარგში სახელმწიფო პოლიტიკის ძირითადი მიმართულებები, სადაც დასაწიყისშივე ნათქვამია, რომ `საქართველოს ენერგეტიკული პოლიტიკის მიზანია ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოების გაუმჯობესება, რაც უზრუნველყოფს ეროვნული ინტერესების განხორციელებას საკმარისი რაოდენობის, მაღალი ხარისხის, სხვადასხვა სახის ენერჯის უწყვეტად და მისაღებ ფასად მიწოდებით.

საქართველოს ეუ განსაზღვრავს სხვადასხვა ფაქტორების ფართო ჩამონათვალი, რომელიც წარმოდგენილია ქვეყნის ენერგეტიკული რესურსებით და საწარმოო ბაზით, ეკონომიკის განვითარების დონით და სამეურნეო კავშირებით. ამათგან, როგორც გაზრდილი ხიფათების მატარებლები, უმნიშვნელოვანესად ისახება:

- ა) ქვეყნის ენერგეტიკული სისტემების ფუნქციონალური თვისებები;
 - ბ) ენერგეტიკული ინტერესების დაცულობა შიდა და გარე საფრთხეებისაგან.
- თუ პირველი მიმართულების უზრუნველყოფა ხორციელდება ტექნიკური რეკლამენტებით და წესებით, მეორე რეკლამენტება სახელმწიფოს მხრიდან სათანადო ქმედებებით. ეუ ხიფათებს მიეკუთნებიან ხანმოკლე ან გრძელვადიანი მოვლენები, რომლებსაც შეუძლიათ მოახდინონ ენერგოკმპლექსის დესტაბილიზაცია, შეზღუდონ ან მოშალონ ენერგომომარაგება, გამოიწვიონ ავარიები ან სხვა ნეგატიური შედეგები ენერგეტიკაში, ეკონომიკაში და საზოგადოებაში.

პირობითად საფრთხეები დაყოფილია ჯგუფებად:

- შიდა ეკონომიკური;
- სოციალურ-პოლიტიკური;
- გარე ეკონომიკური და გარე პოლიტიკური;
- ტექნოგენური და ბუნებრივი საფრთხეები;
- სამართლებლივ-მართვითი საფრთხეები.

ყველა ამ ჯგუფებს პირდაპირი კავშირი აქვთ საქართველოს ენერგეტიკასთან.

ეკონომიკური საფრთხეები

1. საინვესტიციო რესურსების მწვავე დეფიციტი, საპროექტო, სამშენებლო-სამონტაჟო და სარეკონსტრუქციო სამუშაოების არასაკმარისი ფინანსირება. შედეგი:
 - ა) მოწყობილობების ფიზიკური და მო-რალური ცვეთა, მისი მწყობრიდან გა-მოსვლა ან შემდგომი ექსპლუატაციის გაგრძელების გაზრდილი რისკი;
 - ბ) ახალი სიმძლავრეების შეყვანის ჩამორჩენა, მოთხოვნის წინსწრებითი ზრდა, რეზერვების შემცირება;
 - გ) დანადგარების ავარიულობის ზრდა, მომხმარებლისათვის ენერჯის მიუწოდებლობა (მათ



შორის განსაკუთრებით საპასუხისმგებლობზე)

- დ) საავარიო-აღდგენითი და სარემონტო სამუშაოების მზარდი მოცულობები;
- ე) გარე მომწოდებლებისაგან მიღებული ენერგორესურსების გაზრდილი მოხმარება;
- ვ) ავარიებით გამოწვეული, არაოპტიმა-ლური გადაწყვეტილებების რიცხვის ზრდა.

2. სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების არაეკონომიური გამოყენება. შედეგი:

ენერგეტიკული რესურსების და მათ შესაძენად ფინანსური სახსრების გადახარჯვა.

3. არაეფექტური სატარიფო პოლიტიკის, შრომის დაბალი ნაყოფიერების და ბუნებრივი რესურსის არაეფექტური გამოყენების გამო, სათბობ-ენერგეტიკულ რესურსებზე ფასების დისპროპორცია. შედეგი:

წარმოებაში და საბაზრო ურთიერთობებში დაბალი კონკურენცია. ენერგორესურსების არასრულად მიღება, სათბობის სხვა სახეებზე გადასვლის აუცილებლობა, საწარმოო ეფექტის შემცირება, პროდუქციაზე ფასების ზრდა, ინფლაცია.

4. სამეურნეო კავშირების სისუსტე. შედეგი:

რესურსების მოწოდების არასაკმარისობა, დაბალი ხარისხი და ვადების დარღვევა

5. მოწოდებულ ენერგორესურსებზე დავალიანების ზრდა. შედეგი:

ფინანსური ჯაჭვური დესტაბილიზაცია: ხელფასების გაუცემლობა, საგადასახადო გადახადების და საბიუჯეტო დავალიანების ზრდა, მომატებული სოციალური დაძაბულობა

ტექნოგენური საფრთხეები.

1. მოწყობილობის დაბალი ტექნიკური დონე, მისი ცვეთის მაღალი ხარისხი, ექსპლუატაციის, სამშენებლო-სამონტაჟო და სარემონტო სამუშაოების უკმარისობა შედეგი:

ა) ავარიების და ტექნოლოგიური დარღვევების რაოდენობის და მოცულობების ზრდა, სარემონტო მომატებ. დანახარჯები;

ბ) მიუწოდებელი ენერგორესურსების, ავარი-ებით და ტექნოლოგიური დარღვევებით გამოწვეული ეკონომიკური უარყოფითი შედეგების რაოდენობის და მოცულობის ზრდა;

გ) გარემოს გაზრდილი დაბინძურება;

დ) ადამიანების სიცოცხლისათვის მომატებული საფრთხეები.

2. სამრეწველო ძალების არარაციონალური განთავსება, მომატებული რისკის მქონე წარმოებების ერთ ადგილას კონცენტრირება. შედეგი:

ა) არაენერგეტიკული ავარიების შედეგებით გამოწვეული ზარალის მომატება;

ბ) კასკადური ავარიების რიცხვის ზრდა;

გ) ავარიებით გამოწვეული, არაოპტიმა-ლური გადაწყვეტილებების რიცხვის ზრდა.

3. სისტემათაშორისო ან მაგისტრალური ხაზების დაზიანება. შედეგი:

ა) მომხმარებლებისათვის (მათ შორის პასუხისმგებლებისათვის) ელექტროენერჯის სრულად მიწოდების შეფერხება;

ბ) მომხმარებლების ხშირი გამორთვები

4. რუსეთიდან ან აზერბაიჯანიდან მაგისტრალური გაზსადენების დაზიანება (დაბალი ტემპერატურების პერიოდში). შედეგი:

ა) თბოელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის წარმოების შემცირება და მომხმარებლის მარაონსებული გამორთვა;

ბ) დაბალი ხარისხის სათბობის გამოყენების საჭიროება.

5. მაგისტრალური შიდა გაზსადენების დაზიანება. შედეგი:

ა) ელექტროენერჯის მოხმარების ზრდა;

ბ) მოსახლეობის შეშით გათბობაზე გადასვლა



6. სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის ტექნიკური უსაფრთხოების დაქვეითება. შედეგი: რესურსამოწურული ენერგეტიკული მოწოდებლობა-დანადგარების ზეგვისებურად გა-მოს-ვლა მწყობრიდან (ძირითადათ ელექტრო-საქსელო სექტორი).

7. ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაქვეითება. შედეგი:

გამონაბოლქვების და დაბინძურების ზრდა.

8. სტიქიური მოვლენები: წყალდი-დობები, ზვავები, ქარიშხალი. შედეგი:

ა) დანადგარების ავარიულობის ზრდა;

ბ) მიუწოდებლობის მოცულობის ზრდა

სამართლებრივ-მართვითი საფრთხეები

1. ენერგეტიკული პოლიტიკის და კანონმდებლობ. არაეფექტურობა. შედეგი:

ეკონომიკური საფრთხეების პ.1-ის შესაბამისად.

2. ენერგოდაზოგვის დაბალი დონე. შედეგი:

ენერგორესურსების და სახსრების გადახარჯვა

3. ბუნებრივი მონოპოლიების დაბალი სამართლებრივი რეგულირება. შედეგი:

ენერგეტიკული ბაზრის მონოპოლიზირება, ბიზნესის კრიმინალიზაცია

4. ხელისუფლების ენერგეტიკის მართვაში ზედმეტად ჩარევა. შედეგი:

ენერგომომარაგებელი კომპანიის დაკინებული მენეჯმენტი

სოციალურ-პოლიტიკური საფრთხეები.

1. სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის საწარმოებში შრომითი კონფლიქტები. შედეგი: ენერჯის მიწოდების შეზღუდვები.

2. საზოგადოებრივი მოძრაობების ანტიენერგეტიკული ქმედებები. შედეგი:

ენერგეტიკის განვითარების პროექტების განხორციელების დაბლოკვა.

3. რეგიონალური პოლიტიკური კონფლიქტები, სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის ობიექტებზე თანხვედრი დივერსიულ-ტერორისტული აქტებით. შედეგი:

დანადგარების დაზიანებები, ენერჯის მიწოდების შეზღუდვები.

4. რეგიონალური ხელისუფლების ორგანოების არასამართლებრივი ქმედებები, ენერგეტიკული ბაზრის თავისუფლების შეზღუდვები. შედეგი:

ა) არსებული ინვესტიციების გაყინვა, ახლების შემოტანის შეჩერება;

ბ) ტარიფების ზრდა;

გ) ენერგეტიკის განვითარების შეჩერება.

2013 - 14 წწ მაჩვენებლებით მსოფლიო კონკურენტუნარიანობის ინდექსის განსაზღვრის დროს, საქართველო ელექტროენერჯის მიწოდების ხარისხით იმყოფებოდა 52-ე ადგილზე (5.3 ქულა). ეს, შედარებით მოკრძალებული მაჩვენებელი განისაზღვრა ელექტროენერჯის ორი ძირითადი პარამეტრის: ძაბვის და სიხშირის (სულ 14 სიდიდე) მიხედვით.

გასული წლის შეფასებით დაფიქსირდა ამ ინდექსის გაუარესება: ელექტროენერჯის მიწოდების ხარისხის შეფასება 52-ე ადგილიდან 57-ზე გადაინაცვლა, რაც მომხმარებლის ხშირი, უკონტროლო გამორთვებითაა გამოწვეული და მეტყველებს მომსახურების შესუსტებაზე მაგისტრალური ხაზების, გამანაწილებელი ქსელის და ელექტრო-ენერჯის წარმოების წყაროების გაუმართობაზე და არამდგრადობაზე.

სადღეისოდ არსებული მდგომარეობის გამოსწორების მიზნით, შემუშავდა და უახლოესი 3-4 წლის განმავლობაში განხორციელდება რამოდენიმე `შემარბილებელი` პროექტი, რომლის განხორციელებას ხუთი - ექვსი წელი დასჭირდება. მანამდე, ავარიული სიტუაციების თავიდან ასაცილებლად, სასწრაფოდ გასატარებელია ორგანიზაციული და ტექნიკური ღონისძიე-



ბები, მათ შორის:

დამოუკიდებელი აუდიტის საშუალებით შესასწავლია არსებული ტექნიკური მდგომარეობა დარგის ყველა სეგმენტში (წარმოება, გადაცემა-განაწილება, დისტრიბუცია), გასაახლებელია და მოსაყვანია წესრიგში სათანადო შიდასასისტემო ავტომატიკა;

დასახეწია საკანონმდებლო ბაზა. აღმოსავლეთ პარტნიორობის პარაფირებული დოკუმენტის პრეამბულაში მინიშნებულია, რომ ჩვენთვის პრიორიტეტი უნდა იყოს ენერგოდაზოგვა და ენერგოეფექტიანობა. იმ ფაქტის გათვალისწინებით, რომ მთლიანად, ქვეყნის ენერგეტიკულ სექტორში შემავალი საწარმოები თავისი მოწყობილობა-დანადგარებით და ნაგებობებით მნიშვნელოვან წილად ამორტიზირებულია, ამ მოთხოვნების რეალიზაციისათვის, კანონების რადიკალური ცვლილებების გარდა, აუცილებელია ენერგეტიკული სისტემის ყოველმომცველი ტექნიკური მონიტორინგის მოდელის ჩამოყალიბება, რეალური მდგომარეობის და უსაფრთხოების მექანიზმების ინსპექტირების ჩათვლით.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. საქართველოს პარლამენტის 2015 წლის 24 ივნისის დადგენილება ენერგეტიკული პოლიტიკის დამტკიცების შესახებ.
2. გერმანიის ეკონომიკური გუნდი „საქართველო“. კვლევითი ნაშრომების სერია. გეორგ ზანმანი საქართველოს ენერგო უსაფრთხოება
3. **Методика диагностики экономической и энергетической безопасности государства.** Российская академия наук. Уральское отделение. Институт экономики. Москва-Екатеринбург, 2003 г.

Increasing energy supply reliability as part of energy security

Uplisashvili N.,

Georgian Technical University

Summary

To enhance the energy security of Georgia needs to develop a new energy strategy and regulatory framework that does not meet international standards of energy efficiency and renewable energy. The article analyzes the dangers in the energy sector of Georgia and offered Guiding improve energy security.

ენერგეტიკული რისკები, მათი ათვისების პერსპექტივა და პრობლემები

ზიზივაძე ო., ზიზივაძე ლ., გვითაძე ნ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

განხილულია ელექტრული ენერჯის წარმოების არსებული, ტრადიციული და ასევე პერსპექტიული ხერხები და მათი ათვისების პრობლემები. ნაჩვენებია, რომ ადამიანი იძულებულია ეძებოს ელექტრული ენერჯის მიღების ახალი ინოვაციური გზები. ეს მოსაზრება განსაკუთრებით თვალსაჩინოა იმ ფონზე, რომ მსოფლიოში ორგანიზებული საწვავის მარაგი შეზღუდულია, ხოლო მათი წვით მიღებული ენერჯია კი, ძვირი. სტატიაში მოყვანილი მოსაზრებები, რომლებიც კონკრეტულ ავტორებს ეყრდნობა, ხშირ შემთხვევაში სადისკუსიოა, რასაც თვით ეს ავტორებიც არ უარყოფენ, მაგრამ ძირითადი დასკვნები მაინც ერთია – ენერჯის თანამედროვე წყაროები სასრულო და ამოწურვადია, რაც არ იძლევა იმის გარანტიას, რომ ორიენტაცია აღებული იქნეს მხოლოდ მათ გამოყენებაზე. სპეციალისტები თანხმდებიან იმაზეც, რომ ამ წყაროების ფართომასშტაბიანი გამოყენება მნიშვნელოვნად აბინძურებს გარემოს. სტატიაში ასევე ნაჩვენებია, რომ მსოფლიო სათბობ-ენერგეტიკულ ბალანსში თანდათან უფრო მნიშვნელოვან ადგილს დაიკავებენ არადაამატებული ენერჯიები და უპირველეს ყოვლისა ქარის, მზისა და გეოთერმული ენერჯიები.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების შესაბამისად იზრდება ცივილიზაციის დონე ყველა ქვეყანაში და მასთან ერთად მოთხოვნილებაც სუფთა ანუ ელექტრულ ენერჯიაზე. ეს კი თავისთავად საწინდარი ხდება ადამიანის კომფორტული ცხოვრების.

აღნიშნულიდან გამომდინარე ადამიანი იძულებულია ეძებოს ელექტრული ენერჯიის მიღების ახალი გზები, ვინაიდან ტრადიციული მეთოდები დღეისათვის აშკარად არასაკმარისია. ასეთი მოსაზრება უპირველეს ყოვლისა განპირობებულია იმით, რომ მსოფლიოში ორგანული საწვავის მარაგი შეზღუდულია, ხოლო მათი წვით მიღებული ენერჯია კი, ძვირი, ვინაიდან ყველაზე სრულყოფილ თეცებშიც კი მ. ქ. კ. 40%-ს არ აღემატება. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ წვის შედეგად მიღებული სითბოს უდიდესი ნაწილი იკარგება და „თბური დაბინძურების“ გამო დამღუპველ გავლენას ახდენს გარემოზე. ის, რომ თეცებს გარკვეული ნაკლოვანებები გააჩნიათ, ჯერ კიდევ არ ნიშნავს, რომ ისინი აღარ უნდა აშენდნენ. პირიქით, უახლოეს მომავალში ისინი შეუცვლელელები იქნებიან და ამიტომ საჭიროა მათი ტექნოლოგიური სქემებისა და თერმოდინამიკური ციკლის კიდევ უფრო დახვეწა.

ძალიან დიდ იმედებს ამყარებს კაცობრიობა ატომურ სადგურებზე, რაც პირველ ყოვლისა იმაში გამოიხატება, რომ ძალე მათი წილი ელ. სადგურების საერთო სიმძლავრეში ნახევარს, ანუ 50%-ს მიაღწევს, მაგრამ უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ყველაზე თანამედროვე ატომურ სადგურებშიც კი, სრულიად ვერ ხერხდება იმ ძირითადი პრინციპული ნაკლოვანებისგან განთავისუფლება, რაც დამახასიათებელია თბოსადგურებისათვის.

ძალიან ბევრ ქვეყანაში, მათ შორის საქართველოშიც, ფართოდ გამოიყენებენ ჰესებს, რომლებიც მდინარის, ანუ განახლებად ენერჯიაზე მუშაობენ. ეს მიმართულება ძალზედ თანამედროვე და მიმზიდველია დღესაც, ვინაიდან ჰესები „სუფთა“ სადგურების კატეგორიას განეკუთვნებიან, რაც ასე აქტუალურია ატმოსფეროს გლობალური დაბინძურების პირობებში.

ამრიგად, ცივილიზაციის განითარებასა და ტექნიკურ პროგრესთან ერთად მოხდება ენერჯიების გარდაქმნის ტრადიციული, კლასიკური მეთოდების კიდევ უფრო სრულყოფა და დახვეწა. მაგრამ, სამწუხაროდ, არც ჰიდროენერგეტიკა და არც თანამედროვე ბირთვული ენერგეტიკა არ განეკუთვნებიან ენერჯიის იმ მსხვილმასშტაბიან წყაროებს, რომელთაც ძალუბთ ათასწლობით უზრუნველყონ ადამიანების მოთხოვნა ენერჯიაზე ორგანული საწვავის სანაცვლოდ.

ასეთი პესიმისტური დასკვნის საფუძველს იძლევა ის ფაქტი, რომ თანამედროვე ატომური სადგურები, რომლებიც მუშაობენ თბურ ნეიტრონებზე, საწვავად იყენებენ ბუნებრივ ურანს, რომელიც საკმაოდ გავრცელებულია ლითოსფეროში. თვლიან, რომ მიწის ქერქის კონტინენტალურ ნაწილში საშუალოდ 1 ტონა გრუნტი შეიცავს 1 გრამ ურანს, ანუ მისი მასის 10^{-4} %-ს. თუკი შევძლებდით 500 მეტრამდე სიღრმიდან ამოგვეღო ურანის მთელი მარაგი, მივიღებდით საკმაოდ შთამბეჭდავ ციფრს – დაახლოებით 200 მილიარდ ტონას, რაც კაცობრიობას ენერჯიის მისაღებად ეყოფოდა რამოდენიმე ათასი წელი. მაგრამ ეკონომიური თვალსაზრისით დღეისათვის გამართლებულია მხოლოდ გრუნტის საკმაოდ მცირე ნაწილის გადამუშავება, ისეთის, სადაც ურანის შემცველობა აჭარბებს 0,1 %-ს ანუ საბადოსი, სადაც ურანის კონცენტრაცია 1000-ჯერ აღემატება ლითოსფეროში ურანის კონცენტრაციას.

სიტუაციიდან გამოსვლის ერთ-ერთ ვარიანტად შეიძლება განხილულ იქნეს ატომური სადგურები, რომელთა რეაქტორებიც მუშაობენ სწრაფ ნეიტრონებზე. ასეთ რეაქტორებზე ბუნებრივი ურანის გამოყენების ეფექტურობამ შეიძლება მიაღწიოს 30-45 %-ს. ამის გარდა ამ რეაქტორებზე გარკვეული უპირატესობების გამო ელექტროენერჯიის ღირებულება პრაქტიკულად არ არის დამოკიდებული გამოყენებული ურანის ღირებულება-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ზე, რაც საშუალებას იძლევა ურანის მისაღებად გამოყენებული იქნეს ღარიბი საბადოები, სადაც ურანის შემცველობა 0,1 %-ზე მაღალია.

უახლოეს მომავალში განვითარებას დაიწყებს თერმობირთვული ენერგეტიკა. თერმობირთვულ რეაქტორს, ეკოლოგიური თვალსაზრისით გარკვეული უპირატესობა გააჩნია ბირთვულ რეაქტორთან შედარებით, რაც უპირველეს ყოვლისა იმაში გამოიხატება, რომ ბირთვული უსაფრთხოება აქ გაცილებით დიდია. არ არსებობს ნამსხვრევული აქტივობა, მოკლე დროში ხდება ბირთვული საწვავის წარმოქმნა. მიუხედავად ამისა თბური დაბინძურება მაინც რჩება.

ჩვენს მიერ ზემოთ მოყვანილი მოსაზრებები, რომელებიც კონკრეტულ ავტორებს ეყრდნობა, ხშირ შემთხვევაში სადისკუსიოა, რასაც თვით ეს ავტორებიც არ უარყოფენ, მაგრამ ძირითადი დასკვნები მაინც ერთია – *ენერჯის თანამედროვე წყაროები სასრულო და ამოწურვადია, რაც არ იძლევა იმის გარანტიას, რომ ორიენტაცია აღებული იქნეს მხოლოდ მათ გამოყენებაზე. სპეციალისტები თანხმდებიან იმაზეც, რომ ამ წყაროების ფართომასშტაბიანი გამოყენება მნიშვნელოვნად აბინძურებს გარემოს.*

როგორც აღვნიშნეთ, ენერჯის ტრადიციული წყაროების სასრულობა შეიძლება დაძლეული იქნას თერმობირთვული რეაქციის გამოყენებით, მაგრამ, თერმობირთვული ენერჯია, ისევე როგორც ორგანული საწვავის ენერჯია, განეკუთვნება ენერჯიათა იმ კატეგორიებს, რომელებიც დამატებით ენერჯიას წარმოქმნიან პლანეტაზე მზის ენერჯის ზემოთ, რამაც საბოლოო ჯამში შეიძლება გამოიწვიოს გარემოს დაუშვებელი გადახურება შესაბამისი გლობალური კატასტროფული შედეგებით.

ასეთ პირობებში გასაგები ხდება ადამიანების მისწრაფება გადავიდნენ ისეთი ენერჯიების მიღებაზე, რომელებიც არ იწვევენ დედამიწის დამატებით გადახურებას, არამედ ახდენენ ენერჯიათა მხოლოდ გადანაწილებას.

ენერჯიათა ასეთ სახეობებს განეკუთვნებიან ჰიდრო, ქარის, მზის, თერმული, ოკეანის მოქცევის, ტალის და ნაწილობრივ გეოთერმული ენერჯიები. მიუხედავად იმისა, რომ ჩამოთვლილი ენერჯიები არ იწვევენ დედამიწის დამატებით გადახურებას, მათი გამოყენების არეალი მაინც მკაცრად შეზღუდულია ეკოლოგიური პირობებით. ასე მაგალითად, თუკი ენერჯის წარმოების ზღვრად ავიღებთ მზის ენერჯის 0,1 %-ს ანუ 10^{14} ვტ-ს და ჩავთვლით, რომ გარდაქმნის მ. ქ. კ. 25%-ია, მაშინ მოხდება პლანეტის ზედაპირის 0,8%-ს დაჩრდილვა. თუკი ენერჯის წარმოების ზღვარს 1%-მდე გავზრდით, მაშინ დაჩრდილვის ფართი შესაბამისად 8%-მდე გაიზრდება. ეს კი პლანეტის ენერჯიათა ისეთ გადანაწილებას გამოიწვევს, რომელიც საკმარისი იქნება არსებული კლიმატური ზონების შესაცვლელად, ფოტოსინთეზის მოცულობის შესამცირებლად და საერთოდ, უარყოფითად იმოქმედებს მთელ ბიოსფეროზე.

ზემოთხსენებული სხვა ენერჯიების (ქარის, ოკეანის) ხვედრითი წილიც 0,1 %-ზე ანუ 10^{14} ვტ-ზე მეტი არ უნდა იყოს თითოეული ენერჯის სახეობისათვის. ამასთან ერთად აუცილებელი პირობა უნდა იყოს პლანეტაზე ამ ენერჯიების თანაბარი გადანაწილება, ვინაიდან უთანაბრობა კლიმატური პირობების დამატებით დარღვევებს წარმოშობს.

ექსპერტები ხშირად აღნიშნავენ, რომ საკვები პროდუქტების შეზღუდულობის გამო პლანეტის მოსახლეობა არ შეიძლება უსასრულოდ გაიზარდოს და ასახელებენ კიდევ მოსახლეობის ზღვრულ ციფრს 12-18 მილიარდი ადამიანი, მაგრამ საოცარი ის არის, რომ მოსახლეობის ამ ზღვრულ ციფრს უფრო მკაცრად სწორედ ჩვენს მიერ ზემოთხსენებული და გაანალიზებული ენერჯის წარმოების ზღვარი განსაზღვრავს და არა კვების რესურსები.

სინამდვილეში განვითარებულ ქვეყნებში არსებული ენერგომოსმარების ნიშნულს



– 12 კვტ ერთ სულ მოსახლეზე, ადრე თუ გვიან ყველა ქვეყანა მიაღწევს, რაც საბოლოო ჯამში განსაზღვრავს კიდევ პლანეტაზე მოსახლეობის ზღვრულ რაოდენობას, დაახლოებით 10 მილიარდი ადამიანი. სხვათაშორის ეს ციფრი სრულ თანხმობაშია გარო-ს ექსპერტების დემოგრაფიულ პროგნოზთან.

ჩვენს მიერ მოყვანილი მსჯელობა სრულიადაც არ ნიშნავს იმას, რომ ცივილიზაციის განვითარების კვალობაზე ადამიანები ვერ მონახავენ სიტუაციიდან გამოსავალს. კერძოდ, ასეთი გამოსავლის ერთ-ერთი ვარიანტი შეიძლება იყოს დედამიწიდან გამოყენებელი დამატებელი ენერჯის გატყორცვის პრაქტიკული ხერხების მოძებნა ან კიდევ ელ. ენერჯის წარმოების ახალი ტექნოლოგიების შემუშავება.

გარდა აღნიშნულისა, დასამზვიდებლად ისიც უნდა ითქვას, რომ თბური გლობალური დაბინძურების თეორიას ბევრი მეცნიერი არ იზიარებს და დაბეჯითებით ამტკიცებს, რომ ასეთი რამ არ მოხდება.

დღესდღეობით უდავოდ უნდა მივიჩნიოთ მხოლოდ ის ფაქტი, რომ *ეკოლოგიური თვალსაზრისით დამატებელი ენერჯები ნაკლებად მისაღებია, ვიდრე ნებისმიერი სხვა სახის ენერჯია. აქედან გამომდინარე, მსოფლიო სათბობ-ენერჯეტიკულ ბალანსში თანდათან უფრო მნიშვნელოვანი ადგილი უნდა დაიკავონ არადამატებელმა ენერჯებმა და უპირველეს ყოვლისა ქარის, მზისა და გეოთერმულმა ენერჯებმა*, მითუმეტეს, თუკი გავითვალისწინებთ იმასაც, რომ მათი მარაგები მრავალჯერ აღემატება კაცობრიობის ყველა პერსპექტიულ მოთხოვნებს.

მსოფლიო ლიტერატურაში სხვადასხვაგვარი შეფასებები არსებობს მსოფლიო ენერჯორესურსების მარაგების შესახებ, მაგრამ ნებისმიერ მათგანში უცვლელია ერთი დასკვნა – განახლებადი ენერჯების მარაგი მნიშვნელოვნად აჭარბებს არაგანახლებადი ენერჯების მარაგს.

ზემოთაღნიშნულთან ერთად არ შეიძლება არ აღინიშნოს განახლებადი ენერჯების ზოგიერთი ნაკლოვანების შესახებ. მათგან ყველაზე მნიშვნელოვანია ის, რომ მათი კონცენტრაცია ერთეულ ფართზე ძალზედ დაბალია, რაც საბოლოო ჯამში ზრდის ერთეულ დადგმულ სიმძლავრეზე გაწეულ ხარჯებს. გარდა აღნიშნულისა (გეოთერმულის გარდა) ეს წყაროები დროში არამედევნი არიან და ხშირ შემთხვევაში დამოკიდებული არიან ამინდზე.

მიუხედავად აღნიშნული სერიოზული ნაკლოვანებებისა, ბევრ ქვეყანაში ამ წყაროების გამოყენებამ მოიპოვა გარკვეული გავრცელება და სავარაუდოდ ამ პროცესის მასშტაბები სულ უფრო გაიზრდება.

უკანასკნელ პერიოდში განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს თბური ენერჯის ელექტრულ ენერჯიად გარდაქმნის პირდაპირი მეთოდები. დღეისათვის ცნობილია სამი ასეთი მეთოდი: მაგნიტოდინამიური, თერმოელექტრული და თერმოემისიული. ამ მეთოდების გამოყენება შესაძლებელი გახდა მეცნიერებისა და ტექნიკის დარგში ბოლოდროინდელი მიღწევების გამო, მაგრამ მათი პრაქტიკული გამოყენების არეალი გარკვეული სირთულეების გამო დღეისათვის ძალზედ შეზღუდულია.

ლიტერატურა:

1. Современные проблемы энергетики/Под ред. Д.Г.Жимерина. М.:Энергоатомиздат, 1984.
2. Аугуста Голдин. Океаны энергии будущего: Пер. с англ. М.: Знание, 1983.
3. Денисенко Г.И. Возобновляемые источники энергии. Киев: Вища школа, 1983.
4. Дэвис Д. Энергия: Пер. с англ./ Под ред. Д.Б.Вольфберга. М.: Энергоатомиздат, 1985.
5. Мак-Кормик М. Преобразование энергии волн: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1981.
6. Преобразование солнечной энергии/Под ред. Н.Н. Семенова, А.Ч.Шилова. М.: Наука, 1985.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ENERGY RESOURCES, PROSPECTS AND PROBLEMS OF THEIR DEVELOPMENT

Zivzivadze O., Zivzivadze L., Gvetadze N.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on the existing, traditional and perspective methods for electric power generation, as well as the problems of their development. There is shown that man is forced to find new innovative ways for electric power generation. This opinion is especially prominent against the background of fact that the organic fuel world reserves are limited, but the energy generated by its burning is expensive. The considerations described in a given paper, which are based on the opinions of some authors, are often of polemical character that is not denied by these authors themselves. However, there is only one main conclusion – the modern energy sources are finite and exhaustible that cannot be a way to ascertain that the orientation must be directed only towards their consumption. The experts are also agreed that large-scale utilization of these sources causes considerable environmental pollutions. The paper also describes that the greater prominence in the world fuel and energy balance will be gradually given first of all to wind, solar and geothermal energies.

ელექტროენერგეტიკული სექტორის ბუნებრივი მონოპოლიების მონოპოლიების დანახარჯების აუდიტი მარეგულირებელი მიზნებისათვის

გვაზავა ლ.

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ქვეყანაში არსებული სოციალური თუ ეკონომიკური ვითარების გათვალისწინებით, ელექტროენერგეტიკული სექტორის ბუნებრივი მონოპოლიების, ელექტროენერჯის გამანაწილებელი საწარმოების სატარიფო რეგულირება, საზოგადოების მაღალი ინტერესის გამო განსაკუთრებით აქტუალურია და მარეგულირებელი ორგანოს მიერ დადგენილი ტარიფები მუდმივი განსჯის და დავის საგანი ხდება, როგორც გამანაწილებელი საწარმოს, ასევე მოსახლეობის დიდი ნაწილისთვის. სწორედ მარეგულირებელი ორგანოს მიერ განსაზღვრული გონივრული, რაციონალური და მიზანშეწონილი საოპერაციო და კაპიტალური დანახარჯების მოცულობაზეა მეტწილად დამოკიდებული ელექტროენერჯის განაწილების ლიცენზიატისთვის დასადგენი ტარიფის ოდენობა. აღნიშნულიდან გამომდინარე, წინამდებარე ნაშრომი წარმოადგენს იმ აუდიტულ და საჭირო ქმედებების ერთობლიობას, რომელიც საჭიროა მარეგულირებელი აუდიტის განსახორციელებლად კონკრეტულად გაწერილი პრინციპების განსაზღვრისათვის.

“ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ” საქართველოს კანონის ერთ-ერთ ძირითად მიზანს წარმოადგენს კონკურენციის განვითარების საფუძველზე, არსებული არაკონკურენტული ბაზრის რეგულირების მექანიზმების გამოყენებით საქართველოს ელექტროენერგეტიკული ბაზრისა და ტარიფების სისტემის ჩამოყალიბების უზრუნველყოფა და აღნიშნულის გათვალისწინებით ელექტროენერჯის განაწილების და მოხმარების განსახორციელებლად გაწეული, ეკონომიკურად მიზანშეწონილი ხარჯების ზუსტი ასახვა ტარიფების სისტემაში, ხოლო ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ამოცანას - საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ სექტორში სატარიფო რეგულირების სამართლებრივი ბაზის შექმნა, რომელიც დაიცავს მომხმარებელს მონოპოლიური ტარიფებისაგან და ამავე დროს ხელს შეუწყობს ენერგეტიკული დარგის გრძელვადიან ფინანსურ მდგრადობას და განვითარებას.

აღნიშნულ პროცესში მნიშვნელოვანია ელექტროენერჯის განაწილების ლიცენზიატი საწარმოს მიერ გაწეული იმ რაციონალური და გონივრული ხარჯების განსაზღვრა, რომელიც ერთი მხრივ, დაიცავს მომხმარებლებს მონოპოლიური ფასებისაგან, ხოლო მეორე მხრივ, საწარმოს მისცემს შესაძლებლობას უზრუნველყოს განხორციელებული ინვესტიციების უკუგება გონივრულ ვადებში, დაფაროს საკუთარი მიმდინარე და კა-



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



პიტაღორის ხარჯები, რომლების მოიცავს ეკონომიკურად გამართლებულ ფასად შექმნილ საქონელსა და მომსახურებას, საექსპლუატაციო დანახარჯებს, შრომის ანაზღაურებას, საბრუნავი კაპიტალის სახით, ინვესტიციისთვის აღებული სესხის საპროცენტო გადასხადს და სხვა.

შესაბამისად, აქტუალური ხდება ერთიანი სტანდარტის სახელმძღვანელოს შემუშავება და მარეგულირებელი მიზნებისათვის ელექტროენერგეტიკული სექტორის ბუნებრივი მონოპოლიების დანახარჯების აუდიტების პრინციპების განსაზღვრა, რათა ზოგადი მნიშვნელობის ჩანაწერი - ტარიფში ასახასი “რაციონალური და გონივრული ხარჯები” მოქცეული იქნეს კონკრეტული განმარტებების ქვეშ და ლიცენზიატი საწარმო თავშივე ინფორმირებული იყოს ნებადართული, მიზანშეწონილი ან/და არამიზანშეწონილი ხარჯების თაობაზე.

სატარიფო რეგულირების პროცესში მარეგულირებელი ორგანო ცხადია ეყრდნობა ლიცენზიატი საწარმოს მიერ წარმოდგენილ, დამოუკიდებელი აუდიტორის მიერ სამერთაშორისო სტანდარტების დაცვით შედგენილ წლიური შედეგების ამსახველ ფინანსურ ანგარიშს, თუმცა ამ კონტექსტში დამოუკიდებელი აუდიტორის მიერ დადასტურებულია საწარმოს მიერ გაწეული ხარჯები და არა მათი მიზანშეწონილობა მარეგულირებელი მიზნებიდან გამომდინარე.

არსებული საკანონმდებლო ნორმით, საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისია ვალდებულია 2016 წლის ბოლომდე უზრუნველყოს ეტაპობრივად დაამტკიცოს ერთიანი საბუღალტრო-სააღრიცხვო სისტემა ენერგეტიკული სექტორის ყველა ლიცენზიატისთვის, რომელიც წარმოადგენს მარეგულირებელი აუდიტის განხორციელების საწყის ეტაპზე საწარმოს დანახარჯების განცალკევებულად აღრიცხვის საჭიროებას. უფრო ზუსტად კი ერთიანი საბუღალტრო-სააღრიცხვო სისტემა მოიცავს:

XIII. ანგარიშთა გეგმას;

XIV. ანგარიშთა გეგმის გამოყენებისა და აღრიცხვის წარმოების ინსტრუქციებს;

14. რეგულირების მიზნებისათვის წარმოსადგენი პერიოდული ანგარიშგების ფორმასა და შინაარსს;

- ანგარიშგების პერიოდულობას;
- პირის მიერ ერთზე მეტი სალიცენზიო საქმიანობის ან/და სალიცენზიო საქმიანობასთან ერთად ერთად სხვა სამეწარმეო საქმიანობის განხორციელების შემთხვევაში შემოსავლების, ხარჯების, აქტივების, ვალდებულებების, საფინანსო შედეგების და საკუთარი კაპიტალის საბუღალტრო აღრიცხვის განცალკევებულად წარმოების წესებს (ვინაიდან თუ პირი ეწევა ერთზე მეტ სალიცენზიო საქმიანობას და სხვა სამეწარმეო საქმიანობას იგი ვალდებულია ზემოთ აღნიშნული აღრიცხვა აწარმოოს განცალკევებულად).

სხვადასხვა ქვეყნებში მოქმედი საკანონმდებლო ნორმების შესაბამისად, მარეგულირებელი აუდიტის განხორციელების განსხვავებული მეთოდოლოგიები შეიძლება არსებობდეს, თუცა ამოსავალი წერტილი და მისაღწევი შედეგი ნებისმიერი მარეგულირებელი ორგანოსთვის ერთია, რომლის ფარგლებშიც დიდი როლი აქვს შესაბამის ქვეყანაში არსებულ კონკურენტულ გარემოს და ლიცენზიტი საწარმოს მიერ განხორციელებული ნებისმიერი საქონლის, მომსახურების და სამშენებლო-სარეკონსტრუქციო სამუშაოების შესყიდვაზე გაწეულ დანახარჯებს, რომელიც თავის მხრივ გულისხმობს კონკურენციის პირობებში მინიმალური დანახარჯით საჭირო საქონლისა და თუ მომსახურების მიღებას.

ევროკავშირთან ღრმა და ყოვლისმომცველი თავისუფალი სავაჭრო სივრცის შე-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სახებ შეთანხმება (DCFTA) ასოცირების შესახებ შეთანხმების უმნიშვნელოვანის ნაწილია IV კარი (ვაჭრობა და ვაჭრობასთან დაკავშირებული საკითხები), რომლის მე-8 თავი ეთმობა საჯარო შესყიდვებს. მათ შორის კომუნალური მომსახურების მიმწოდებელი კომპანიების, მათ შორის ელექტროენერჯის გამანაწილებელი საწარმოების მიერ სამუშაოს, საქონლის მიწოდების და მომსახურების საჯარო ხელშეკრულებებს.

აღნიშნული თავი ითვალისწინებს ეროვნულ, რეგიონალ და ადგილობრივ დონეზე როგორც ტრადიციული სექტორის, ასევე კომუნალური მომსახურების სექტორის საჯარო ხელშეკრულებებისა და კონცესიებისათვის ეროვნული რეჟიმის პრინციპის საფუძველზე, საჯარო შესყიდვების ბაზრების ორმხრივ ხელმისაწვდომობას. ასევე ითვალისწინებს საქართველოში საჯარო შესყიდვების კანონმდებლობის ეტაპობრივ დაახლოებას ევროკავშირის საჯარო შესყიდვების მმართველ პრინციპებზე, ტერმინებისა და განმარტებებზე დაყრდნობით, რომლებიც მოცემულია ევროპის პარლამენტისა და საბჭოს 2004 წლის 31 მარტის №2004/18/EC დირექტივაში სამუშაოს, საქონლის მიწოდებისა და მომსახურების საჯარო ხელშეკრულების დასადებად გამარჯვებულის გამოვლენის პროცედურების კოორდინაციის შესახებ და ევროპის პარლამენტისა და საბჭოს 2004 წლის 31 მარტის №2004/17/EC დირექტივაში ენერჯეტიკის სექტორში მოქმედი ორგანიზაციების მიერ შესყიდვების პროცედურების კოორდინაციის შესახებ.

აღნიშნულის ფარგლებში თითოეულმა მხარემ უნდა დააფუძნოს ან შეინარჩუნოს საჯარო შესყიდვების სისტემის სათანადო ფუნქციონირებისა და განხორციელებისთვის აუცილებელი შესაბამისი ინსტიტუციური ჩარჩო, მექანიზმები და საქართველომ კონკრეტულად უნდა განსაზღვროს:

- ცენტრალური ადმინისტრაციული ორგანო, რომლის ამოცანა იქნება თანმიმდევრული პოლიტიკის უზრუნველყოფა და მისი განხორციელება საჯარო შესყიდვებთან დაკავშირებულ ყველა სფეროში. აღნიშნულმა ორგანომ ხელი უნდა შეუწყოს და კოორდინირება გაუწიოს ევროკავშირის კონონმდებლობასთან ეტაპობრივი დაახლოების პროცესს;
- მიუკერძოებელი და დამოუკიდებელი ორგანო, რომლის ამოცანა იქნება შემსყიდველი სახელმწიფო ორგანოების ან შემსყიდველი ორგანიზაციების მიერ ხელშეკრულების დასადებად გამარჯვებულის გამოვლენისას მიღებული გადაწყვეტილებების გადასინჯვა. ამ კონტექსტში “დამოუკიდებელი” გულისხმობს იმას, რომ ეს ორგანო უნდა იყოს საჯარო დაწესებულება, რომელიც განცალკევებულია ყველა შემსყიდველი ორგანიზაციისაგან და ეკონომიკური ოპერატორებისაგან (პოტენციური მიმწოდებლებისაგან).

აღნიშნულ პროცესში თითოეული მხარე უზრუნველყოფს ადგილობრივი კანონმდებლობის დარღვევასთან დაკავშირებული ეკონომიკური ოპერატორების საჩივრების განმხილველი ორგანოს მიერ მიღებული გადაწყვეტილების ეფექტიან აღსრულებას.

მოცემულ პერიოდში საქართველოში მოქმედი საკანონმდებლო რეგულაციების შესაბამისად (“სახელმწიფო შესყიდვების შესახებ” საქართველოს კანონი), შესყიდვის მონეტარული ზღვრების გათვალისწინებით, ერთიანი ელექტრონული სისტემით განხორციელებაზე დადგენილი წესები და პროცედურები ვრცელდება ენერჯეტიკულ სექტორში მოქმედ (გადაცემისა და დისპეტჩერიზაციის საქმიანობის ლიცენზიატები), მხოლოდ იმ საწარმოს სახსრებით განსახორციელებელი საქონლის, მომსახურებისა თუ სამშენებლო სამუშაოების შესყიდვაზე, რომლის აქციათა ან წილის 50%-ზე მეტს ფლობს სახელმწიფო გარდა იმ შემთხვევებისა, როცა ასეთი საწარმო თავისი საქმიანობის სპეციფიკასთან დაკავშირებული შესყიდვისას ხელმძღვანელობს საქართველოს მთავრობის მიერ



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



დადგენილი სპეციალური წესით (ასეთის დადგენის შემთხვევაში). მოქმედი რეგულაციები კი უზრუნველყოფს:

- ფულადი სახსრების რაციონალურ ხარჯვას;
- საქონლის წარმოების, მომსახურების გაწევისა და სამშენებლო სამუშაოების შესრულების სფეროში ჯანსაღი კონკურენციის განვითარებას (შესაბამისად კონკურენტული ფასით წარმოებული საქონლისა თუ მომსახურების რეალიზაციას);
- შესყიდვების მონაწილეთა მიმართ სამართლიანი და არადისკრიმინაციული მიდგომის უზრუნველყოფას;
- საჯაროობას;
- ერთიანი ელექტრონული სისტემის შექმნით საზოგადოების ნდობის ჩამოყალიბებას (და საზოგადოების ცნობიერების ამაღლებას)

იმ შემთხვევაში თუ ზემოთ აღნიშნული პრინციპების გათვალისწინებით, მოხდება ელექტროენერჯის განაწილების ლიცენზიატის მიერ მომხმარებლებისათვის სრულყოფილი და მაღალი ხარისხით მისაწოდებელი კომუნალური მომსახურებისთვის აუცილებელი/საჭირო შესყიდვების განხორციელება აღნიშნული უზრუნველყოფს შემდგომში მარეგულირებელი აუდიტისთვის (დოკუმენტური შემოწმების) ჯანსაღი წინაპირობის შექმნას, რათა შემდგომ ეტაპზე განისაზღვროს შინაარსობრივად, კონკურენტუნარიან ფასებში შესყიდული საქონლისა თუ მომსახურების საჭიროება და მიზანშეწონილობა მარეგულირებელი მიზნებიდან გამომდინარე.

ამასთან, საჯაროობისა და გამჭვირვალების კუთხით, ლიცენზიატი საწარმოს მიერ ფაქტობრივად გაწეული დანახარჯების დოკუმენტური შემოწმების/აუდიტისთვის საჭირო პირველადი დოკუმენტაცია (ხელშეკრულებები, მიღება-ჩაბარების აქტები, საგადასახადო ანგარიშ-ფაქტურების, სასაქონლო ზედნაღებები, ჩეკები და სხვა) განთავსებულია სახელმწიფო შესყიდვების ოფიციალურ ვებ-გვერდზე (www.procurement.gov.ge) და ხელმისაწვდომია ნებისმიერი დაინტერესებული პირისთვის.

აქვე აღსანიშნავია საქართველოს ენერჯეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელ ეროვნულ კომისიასა და მიჩიგანის კომუნალური მომსახურების მარეგულირებელ კომისიას შორის მე-13 საპარტნიორო შეხვედრის ფარგლებში მარეგულირებელ აუდიტთან დაკავშირებით მიჩიგანის და ოჰაიოს შტატების მარეგულირებელი ორგანოების მიერ გაზიარებული გამოცდილება, რომლებიც ასევე ცალსახად ადასტურებენ მარეგულირებელი მიზნებისათვის ლიცენზიატი საწარმოების აუდიტის განხორციელების საჭიროებას. ასევე, შესყიდვის პროცესში მონაწილე ყველა პირის მიმართ სამართლიანი და არადისკრიმინაციული მიდგომების, საწარმოს შესყიდვებთან დაკავშირებული ინფორმაციის გამჭვირვალების უზრუნველყოფისა და მიმდინარე პროცესების მიმართ საზოგადოებრივი ნდობის მოპოვების მიზნით “შესყიდვების უნიფიცირებული ელექტრონული სისტემის” შექმნის მიზანშეწონილობას.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით, ელექტროენერჯის განაწილების ლიცენზიატებისთვის სამართლიანი ტარიფების დადგენის მიზნით, მიზანშეწონილი და გონივრული დანახარჯების განსაზღვრისათვის საჭიროა სისტემური მიდგომა საწარმოს დანახარჯების შესწავლისა და ანალიზის მიმართ, რომელიც საბოლოო ჯამში გამოიხატება, როგორც მარეგულირებელი მიზნებისათვის განხორციელებული აუდიტის პროცესი და მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

1. საწარმოსათვის საჭირო შესყიდვების ერთიანი ელექტრონული სისტემის საშუალებით განხორციელება, რომელიც უზრუნველყოფს ფინანსური სახსრების რაციონალურ ხარჯვას, კონკურენტუნარიან ფასებში შესყიდვის საჯაროდ და გამჭვირვალედ



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



განხორციელებას;

2. ერთიანი საბუღალტრო-საადრიცხვო სისტემის დანერგვა, რომელიც უზრუნველყოფს საწარმოს შემოსავლების, ხარჯების, აქტივების, ვალდებულებების, საფინანსო შედეგების და საკუთარი კაპიტალის საბუღალტრო აღრიცხვის განცალკევებულად აღრიცხვას, პირის მიერ ერთზე მეტი სალიცენზიო საქმიანობის ან/და სალიცენზიო საქმიანობასთან ერთად ერთად სხვა სამეწარმეო საქმიანობის განხორციელების პირობებში;
3. მარეგულირებელი მიზნებისთვის ელექტროენერგეტიკული სექტორის ბუნებრივი მონოპოლიების დანახარჯების აუდიტი, რომლის ფარგლებშიც განხორციელდება ზემოთ ჩამოთვლილი რაციონალურობის პრინციპის დაცვით, კონკურენტულ გარემოში საჯაროდ განხორციელებული შესყიდვების გზით გაწეული დანახარჯების აუდიტი.

ზემოთ ჩამოთვლილი თითოეული ეტაპი მიღწევადია შემდეგი პრინციპების დაცვითა და მიზანმიმართული აქტივობების განხორციელების გზით, რომლის ფარგლებშიც უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს:

1. საჯარო შესყიდვების შესახებ ერთიანი წესებისა და რეგულაციების შემუშავების გზით, პროცედურული ნაწილის დეტალური გაწერა;
2. დაინტერესებულ მხარეთა ინფორმირებულობა საჯარო შესყიდვების პროცედურების შესახებ საკანონმდებლო და ადმინისტრაციული აქტების გამოქვეყნება/ხელმისაწვდომობა;
3. შესყიდვის გამოცხადების შესახებ ინფორმაციის ეფექტიანი გავრცელება;
4. ხელშეკრულების დასადებად გამარჯვებულის გამოვლენა გამჭვირვალედ და მიუკერძოებელი პროცედურების გამოყენებით, რაც ხელს შეუშლის კორუფციული გარიგებების არსებობას;
5. შემსყიდველი ორგანიზაციის მიერ შესასყიდი საქონლის ან მომსახურების მახასიათებლების აღწერისას შესყიდვის ობიექტის ფუნქციების ზოგადი აღწერის გამოყენება საერთაშორისო, ევროპული ან ეროვნული სტანდარტების შესაბამისად;
6. შემსყიდველმა ორგანიზაციის მიერ არ უნდა იქნეს დაწესებული ისეთი პირობა, რომლის შედეგი იქნება მეორე მხარის (პოტენციური მიმწოდებლების) პირდაპირი ან არაპირდაპირი დისკრიმინაცია;
7. ინტერესის გამოსახატად და სატენდერო წინადადების წარსადგენად დაწესებული უნდა იქნეს გონივრული ვადა;
8. ყველა მონაწილეს უნდა ქონდეს საშუალება წინასწარ გაეცნოს მოქმედ წესებს, შერჩევის კრიტერიუმებს, რომლებიც თანაბრად იქნება გამოყენებული ყველა მონაწილის მიმართ;
9. შემსყიდველი ორგანიზაციების მხრიდან შესყიდვის პროცედურის ფარგლებში შესაძლებელი უნდა იყოს გარკვეული მოლაპარაკებების წარმოება, იმ შემთხვევაში თუ ასეთი ქმედებით არ იზღუდება კონკურენცია;
10. შემსყიდველის მხრიდან გამოყენებული უნდა იქნეს შეფასების სისტემა, რომლის საშუალებითაც გამარჯვებულის გამოვლენა უნდა მოხდეს ასევე არადისკრიმინაციულ საფუძველზე;
11. გამჭვირვალე პროცედურების გზით ხელშეკრულების დასადებად უნდა მოხდეს იმ პრეტენდენტის გამოვლენა, რომელმაც წარმოადგინა ეკონომიკურად ყველაზე მომგებიანი წინადადება ან ყველაზე დაბალი ფასი შერჩევის კრიტერიუმებისა და პროცედურების გათვალისწინებით;
12. ერთიანი საბუღალტრო-საადრიცხვო სისტემის ფარგლებში ელექტროენერგეტიკის სფეროში მოქმედი ლიცენზიატი კომპანიებისთვის სამართლებრივი ბაზის შექმნა და



შესაბამისი წესების მიღება;

13. ანგარიშთა გეგმისა და სახელმძღვანელო ინსტრუქციების დამტკიცება, რომელშიც აღწერილი იქნება ბუღალტრული აღრიცხვის ანგარიშთა გეგმასი მოცემული ანგარიშების განმარტებები და მათი გამოყენების წესები;
14. ძირითადი საშუალებების ბუღალტრული აღრიცხვის პოლიტიკის დამტკიცება შესაბამისი წესებითა და პროცედურებით, რომლის მიზანი იქნება მოხდეს ძირითადი საშუალებების კლასიფიცირება საქმიანობის, ფუნქციური დანისწულების, ტიპის, ტექნოლოგიური პარამეტრების მიხედვით;
15. შემოსავლების, დანახარჯების და ხარჯების ბუღალტრული აღრიცხვის სახელმძღვანელო პრინციპების განსაზღვრა, რომელიც მოიცავს შემოსავლების, დანახარჯების აღწერილობას და მათი აღრიცხვის პრინციპებს;
16. ანგარიშების ფორმების სახელმძღვანელო პრინციპების დადგენა, რომელიც განსაზღვრავს საწარმოების მიერ კვარტალური და წლიური ანგარიშების შედგენის სტანდარტებსა და პრინციპებს (შემდგომში მარეგულირებელი აუდიტის განხორციელებისთვის).
17. მარეგულირებელი აუდიტის განხორციელების სახელმძღვანელო წესებისა და დებულებების შემუშავება, რომელშიც გაწერილი უნდა იქნეს აუდიტის დაწყების/დასრულების ვადები, აუდიტის დაგეგმვის და სხვა მიმდინარე პროცესებთან დაკავშირებული რეგულაციები.
18. განისაზღვროს პირველადი დოკუმენტაციის ნუსხა, რომელიც გამოყენებული იქნება აუდიტის პროცესში;
19. საბოლოო აუდიტის ანგარიშის სტრუქტურის განსაზღვრა, რომელშიც წარმოდგენილი იქნება აუდიტის პროცესში გამოვლენილი, ყველა გარემოება, მოპოვებული მტკიცებულებები, შენიშვნები, დაზუსტება-განმარტებები და სხვა.

ლიტერატურა:

1. საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტრო, www.economy.ge
2. საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე, www.matsne.gov.ge
3. Danelia N., and Hovhannisyan G., Uniform System of Accounting//Instructions to the Chart of Accounts for Georgian Power Market Companies, Tbilisi, October 2014.

Regulatory cost audit of the electricity sector natural monopolies

Gvazava L.,

Tbilisi State University

Summary

Considering country's social-economic situation, the tariff regulation of the electricity sector natural monopolies, the electricity distribution companies, is particularly actual topic due to the increased interest from the society and the tariffs are often subject to the constant discussion both for the company and the large part of the consumers. The tariff amount for the electricity distribution licensees depends on the prudent, rational and reasonable capital and operational expenditures defined by the regulatory commission. The following paper provides the set of all the necessary actions in order to define the particular pinciples required for the execution of the regulatory audit.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



კონკურენტული ბუნებრივი გაზის გაზარი როგორც ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოების გაუმჯობესების საშუალება

პირველი ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველოს ენერგეტიკული მოთხოვნის დაკმაყოფილებისთვის ბუნებრივი გაზის მზარდი როლის ფონზე განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ხდება ქვეყნის უწყვეტი გაზომარაგება და მიწოდების უსაფრთხოების გაუმჯობესება. აღსანიშნავია, რომ დღესდღეობით ნაკლები ყურადღება ეთმობა ბუნებრივი გაზის კონკურენტული გაზარის განვითარების გააზრებას როგორც მიწოდების უსაფრთხოების გაუმჯობესების ერთ-ერთი ქმედით მექანიზმს. საქართველოს ბუნებრივი გაზის სექტორის თავისებურებიდან და საერთაშორისო გამოცდილებიდან გამომდინარე მიზანშეწონილია სექტორში კონკურენციის განვითარება განხილულ იქნეს, როგორც მიწოდების უსაფრთხოების გაუმჯობესების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საშუალება. სწორედ აღნიშნულის განხორციელების მცდელობას წარმოადგენს წინამდებარე ნაშრომი.

ბუნებრივი გაზს პირველი ადგილი უკავია საქართველოს ენერგეტიკულ ბალანსში [1]. პირველადი ენერგორესურსების მიწოდებაში ბუნებრივმა გაზის ჭილმა 2013 წელს 37% შეადგინა. ამავდროულად, უკანასკნელ წლებში სახეზეა ბუნებრივი გაზის მოხმარების ყოველწლიური ზრდა. 2014 წელს წინა წელთან შედარებით ბუნებრივი გაზის მოხმარება გაიზარდა 14%-ით და 2.18 მლრდ. მ³ შეადგინა [2]. გაზრდილი მოთხოვნა ძირითადად ავტოგაზგასამართი სადგურების მოხმარების ზრდით იყო განპირობებული, რომლებმაც მოიხმარეს დაახლოებით 80 მლნ. მ³-ით მეტი გაზი წინა წელთან შედარებით. გასულ წელთან შედარებით 2014 წელს 70 მლნ. მ³-ით გაიზარდა თბოელექტროსადგურების მოხმარებაც. ქვეყანის მასშტაბით აქტიურად მიმდინარე გაზიფიკაციის სამუშაოების ფონზე ასევე იზრდება საყოფაცხოვრებო სექტორის მიერ ბუნებრივი გაზის მოხმარებაც.

შესაბამისად ქვეყნის ენერგეტიკული მოთხოვნილების დაკმაყოფილებისთვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება უწყვეტ გაზომარაგებას და მიწოდების საიმედოობას. საქართველოს შემთხვევაში, განსაკუთრებით სასიცოცხლოა ენერგეტიკის სექტორისათვის ბუნებრივი გაზის საიმედო მიწოდება ზამთრის პერიოდში, რადგან ბუნებრივი გაზი მომუშავე თბოელექტროსადგურებს მნიშვნელოვანი როლი აკისრიათ უწყვეტ ელექტრომომარაგებაში.

სხვადასხვა ქვეყნები განსხვავებულ მეთოდებს მიმართავენ ბუნებრივი გაზის მიწოდების საიმედოობის გაზრდისთვის და რამდენადაც ემპირიული დაკვირვება აჩვენებს, არ არსებობს ერთიანი უნიფიცირებული მიდგომა. მეტიც, არ არსებობს ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოების ერთიანი განმარტება. ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოება წარმოადგენს ენერგოუსაფრთხოების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ელემენტს.

ქვეყნები განსხვავდებიან ენერგეტიკული უსაფრთხოების დონით, შესაბამისად ეროვნული ენერგეტიკული უსაფრთხოების აღქმა და გაანალიზება განსხვავებულად ხდება. ამიტომაცაა, რომ ლიტერატურაში არსებობს ენერგეტიკული უსაფრთხოების განსხვავებული განმარტებები. ენერგეტიკული უსაფრთხოების განმარტების განსხვავებულობის შესამცირებლად, მიზანშეწონილია ენერგეტიკული უსაფრთხოების რაოდენობრივად შეფასება სხვადასხვა ქვეყნების უსაფრთხოების დონის შედარების მიზნით. თუმცა ეს უკანასკნელი დიდი გამოწვევაა მკვლევარებისთვის, ვინაიდან ის დამოკიდებულია არა მარტო ბუნებრივი, ტექნოლოგიური და ეკონომიკური ასპექტების კომპლექსურ შეფასებაზე, არამედ ასევე სხვადასხვა ჯგუფების სხვადასხვა დამოკიდებულებაზე და შეხედულებაზე.

საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტო ენერგოუსაფრთხოებას განმარტავს,



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



როგორც მისაღებ ფასად ენერგო რესურსების უწყვეტ ხელმისაწვდომობას. ენერგოუსაფრთხოებას მრავალი ასპექტი გააჩნია: გრელვადიან პერიოდში ენერგოუსაფრთხოება ნიშნავს დროული ინვესტიციების განხორციელებას რათა მოხდეს ენერჯის მიწოდება ეკონომიკური განვითარებისა და გარემოსდაცვითი მოთხოვნების პარალელურად. მეორეს მხრივ, მოკლევადიან პერიოდში ენერგოუსაფრთხოება ყურადღებას ამახვილებს ენერგეტიკული სისტემის შესაძლებლობაზე მყისიერად მოახდინოს რეაგირება მიწოდება-მოთხოვნის დისბალანსის შემთხვევაში [3].

ძირითადი ასპექტები რომლებიც ენერგოუსაფრთხოების განმარტებაშია მოცემული არის მიწოდების უწყვეტობა, საიმედოობა, ეკონომიკურად მისაღები ფასი და გარემოს მდგრადობა. ენერგეტიკული უსაფრთხოების კონცეფციის გააზრება ენერგეტიკული რესურსის - ბუნებრივი გაზის დონეზე წარმოადგენს აღნიშნული კრიტერიუმების დაკმაყოფილებას ბუნებრივი გაზის მიწოდების პროცესის დროს. თუმცა რესურსის ფიზიკო-ქიმიური თვისებებიდან გამომდინარე ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოება ხასიათდება თავისებურებებით.

ქვეყნის ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოების მდგომარეობა განისაზღვრება იმ ხარისხით, რომლითაც ქვეყნას შეუძლია გაუმკლავდეს გაზის მიწოდების შეწყვეტას სხვადასხვა ღონისძიებების საშუალებით. საქართველოს შემთხვევაში, ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოების გაუმჯობესების მექანიზმებიდან შეიძლება გამოიყოს შემდეგი ღონისძიებები:

- 1) გაზსაცავის მშენებლობა და ოპერირება;
- 2) ალტერნატიული მოწოდების წყაროების მოძიება;
- 3) ადგილობრივი რესურსების კვლევა-ძიება;
- 4) გაზსადენების სისტემის გაძლიერება და რევერსული ნაკადებისთვის ინფრასტრუქტურის შექმნა;
- 5) ენერგოეფექტურობა და ენერგოდაზოგვა;
- 6) ალტერნატიულ ენერჯის წყაროებზე გადართვის ინფრასტრუქტურის არსებობა;

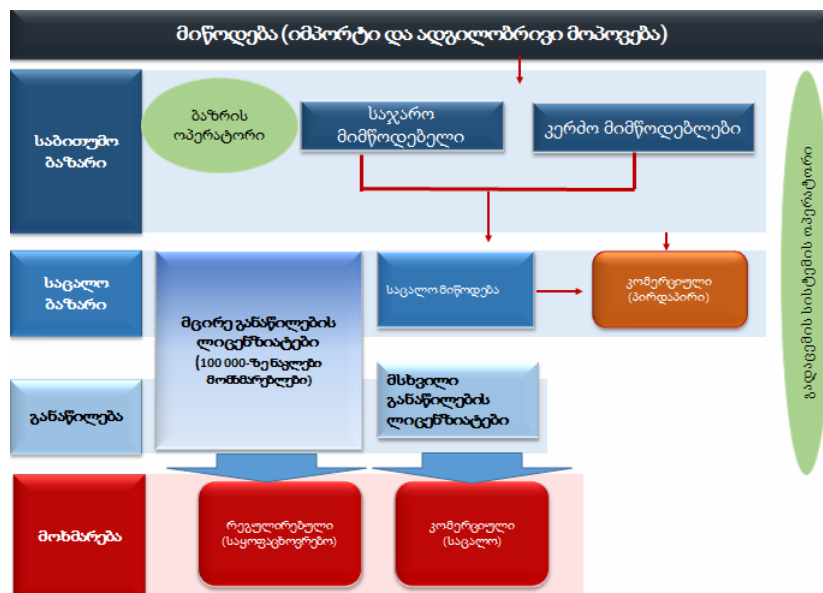
თუმცა, ზემოაღნიშნული განმარტების მიხედვით ენერგოუსაფრთხოების (შესაბამისად გაზის მიწოდების უსაფრთხოების) ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ასპექტია ეკონომიკურად მისაღებ ფასად ენერგომომსახურების მიღება. შესაბამისად, აღნიშნულ ღონისძიებებთან ერთად აუცილებელია კონკურენტული ბუნებრივი გაზის ბაზრის განვითარება, რადგანაც კონკურენცია საუკეთესო საშუალებაა ხელმისაწვდომი ფასების ფორმირებისთვის. ამიტომაც, ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოების გაუმჯობესება უნდა გულისხმობდეს კონკურენტული ფასწარმოქმნის გზით ყველა ტიპის მომხმარებელთათვის (საყოფაცხოვრებო, კომერციული) ხელმისაწვდომი ენერგორესურსის მიწოდებას.

წინამდებარე ნაშრომის მომდევნო ნაწილში გაანალიზებულია არსებული ბაზრის ნაკლოვანებები, წარმოდგენილია კონკურენტული ბუნებრივი გაზის მოდელი და კონკურენციის ხელშეწყობის მიზნით განსახორციელებელი ღონისძიებები.

კონკურენტული ბუნებრივი გაზის ბაზრის განვითარების ხედვა

მიუხედავად იმისა, რომ ბუნებრივი გაზის ბაზარზე არსებული საბაზრო ურთიერთობების საკანონმდებლო ჩარჩო არ ზღუდავს კონკურენციას, საბაზრო სპეციფიკიდან, კერძოდ, მიწოდების წყაროების შეზღუდულობიდან გამომდინარე, ბაზარზე პრაქტიკულად კონკურენცია შეზღუდულია.

აღსანიშნავია, რომ დერეგულირებული ბაზარი უფრო მეტად მოითხოვს საკანონმდებლო ნორმატიული ბაზის დახვეწასა და მკაცრად გაწერილი თამაშის წესების არსებობას, რათა დაცული იქნეს კონკურენტული პირობები ბუნებრივი გაზის ბაზარზე, მესამე მხარის დაშვება ქსელზე არადისკრინაციულ პირობებში და აღკვეთილ იქნეს მო-



ნახ. 1: გაზის ბაზრის განვითარების ხედვა: სამომავლო გაზის ბაზრის სტრუქტურა.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



რი დაინტერესებული კომერციული მომხარებლისათვის საჯაროდ გამოცხადებული აუქციონით, ხოლო მიმწოდებლების მიერ უზრუნველყოფილ უნდა იქნეს ბუნებრივი გაზის ფასებისა და პირობების საჯაროდ შეთავაზება.

ბუნებრივი გაზის სექტორის როგორც ტექნიკურ, ისე კომერციულ სფეროში საჭიროა შესაბამისი ინსტიტუტების განვითარება - კერძოდ, აუცილებელია გადაცემის სისტემის ოპერატორისა და ბაზრის ოპერატორების ჩამოყალიბება, გაზის მიმწოდებელთა და მოვაჭრეთა მიერ მომხმარებელთა მოთხოვნების დაკმაყოფილების ხელშესაწყობად. გაზის გადაცემის სისტემის ოპერატორი იმუშავებს გაზის გადამცემი სისტემის ოპერატორთა ევროპული კავშირის (ENTSO-G) სტანდარტების შესაბამისად, ხოლო ბაზრის ოპერატორი შეიმუშავებს საბაზრო ურთიერთობის სტანდარტებსა და უზრუნველყოფს საბითუმო ვაჭრობის მონაცემთა საჯაროობას, რომელიც შესაბამისობაში იქნება მოყვანილი ევროკავშირის მესამე ენერგეტიკულ პაკეტთან.

დასახული მიზნის მისაღწევად, საქართველოს მთავრობამ უნდა შეიმუშაოს და განახორციელოს ბუნებრივი გაზის სექტორების გარდამავალი გეგმა. ქსელის მესაკუთრეებმა უნდა უზრუნველყონ, რეგულირებადი და კონკურენტუნარიანი ენერგომიმწოდებლის თანაბარი ხელმისაწვდომობა უფლებამოსილი მომხმარებლისათვის. ბუნებრივი გაზის ბაზარი ეტაპობრივად გაიხსნება და შესაძლებლობას მისცემს მომხმარებლებს შეარჩიონ კონკურენტუნარიანი მიმწოდებლები. საქართველოს მთავრობამ უნდა შექმნას გარდამავალი ორგანიზაცია 'საჯარო მოვაჭრის' სახელწოდებით, რომელიც განახორციელებს და გააკონტროლებს საქართველოს მთავრობის სახელით დადებულ და ხელმოწერილ გრძელვადიან გაზის მოწოდების ხელშეკრულებებს, მიწოდების უსაფრთხოების მიზნებიდან გამომდინარე.

ყოველივე ზემოთქმულის მისაღწევად, უნდა გადაიდგას შემდეგი ძირითადი ნაბიჯები:

- ✓ საქართველოს პირველადმა და მეორადმა კანონმდებლობამ უნდა ასახოს გაზის სექტორში განსახორციელებელი რეფორმები ევროკავშირის ენერგეტიკული სექტორის ნორმატიულ აქტებთან მის შესაბამისობაში მოსაყვანად. შესაბამისობაში მოყვანა განხორციელდება ევროკავშირისა და საქართველოს შორის ასოცირების ხელშეკრულებისა და ენერგეტიკულ გაერთიანებაში გაწევრიანების ხელშეკრულების თანახმად და მან ასევე უნდა მოიცვას რეგიონალური ბაზრების თავისებურებები;
- ✓ ხელი უნდა შეეწყოს კონკურენციის განვითარებას ბუნებრივი გაზის სექტორში. კერძოდ, შემუშავებულ უნდა იქნეს საკანონმდებლო ნორმატიული ბაზა კონკურენციის საწინააღმდეგო ქმედების შემთხვევაში სანქცირების მიზნით;
- ✓ უნდა შეიმუშავდეს ახალი ენერგოინფრასტრუქტურის მშენებლობისა და განხორციელების გეგმები;

ბუნებრივი გაზის სექტორში მისაღწევია შემდეგი ძირითადი ამოცანები:

- ✓ პირველ რიგში აუცილებელია უზრუნველყოფილ იქნეს გამჭვირველობა ბუნებრივი გაზის ბაზარზე;
- ✓ ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირებისა და განაწილების სისტემამ უნდა უზრუნველყოს მომხმარებელთა გაზომვარაგება საიმედოობისა და მომსახურების კონკრეტული სტანდარტების მქონე ბუნებრივი გაზით;
- ✓ შესწავლილი და შემუშავებული უნდა იქნას სამართლებრივი და მარეგულირებელი ბაზა, რომელიც უზრუნველყოფს არატრადიციული ბუნებრივი გაზის ადგილობრივ ბაზარზე შესვლას;
- ✓ უნდა განმტკიცდეს და გაძლიერდეს მარეგულირებელი მექანიზმების დამოუკიდებლობა.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



- ✓ საქართველოს ნავთობისა და გაზის კორპორაცია და საქართველოს გაზის ტრანსპორტირების კომპანია იმოქმედებენ ევროკავშირის ღირებულებების შესაბამისად განმსოლოების საკითხებში;
- ✓ განმსოლოება ტრანსპორტირებისა და განაწილების სექტორში განხორციელდება ბუნებრივი გაზის მთლიან სექტორში;
- ✓ ბუნებრივი გაზის შენახვა ახლად აშენებულ გაზსაცავში განხორციელდება ევროკავშირის მოთხოვნების შესაბამისად. ასევე შემუშავდება გაზსაცავის რეგულირების წესები სემეკის მიერ;
- ✓ ბუნებრივი გაზის ბაზრის გახსნა გადამცემი ქსელის მესამე მხარის მიერ არადისკრიმინაციულ საფუძველზე დაშვების გარანტირების გზით, და მომხმარებელთა დიდი რაოდენობის მიმწოდებელთან, მათ შორის უცხო ქვეყნების მიმწოდებლებთან, პირდაპირი კონტრაქტის დადების შესაძლებლობის უზრუნველყოფით. დასახული მიზნებისა და ამოცანების მიღწევისათვის ბუნებრივი გაზის სექტორში გატარდება შემდეგი ძირითადი აქტივობები:
- ✓ ბუნებრივი გაზის ქსელის წესების შემუშავება და დანერგვა;
- ✓ ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელი ქსელის წესების შემუშავება და დანერგვა;
- ✓ ტრანსპორტირების სისტემისა და გამანაწილებელი ქსელის ათწლიანი განვითარების გეგმების შემუშავება და დამტკიცება;
- ✓ ბუნებრივი გაზის მომსახურების ხარისხის გაუმჯობესების ინდიკატორების შემუშავება, შესაბამისი წესების დანერგვა და მონიტორინგი;
- ✓ ბოლო ინსტანციის მიმწოდებლის ინსტიტუტის ჩამოყალიბება და შესაბამისი მარეგულირებელი წესების შემუშავება და დანერგვა;
- ✓ წამახალისებელი სატარაფო რეგულირების დანერგვა და ქსელური კომპანიების სტიმულირება დანაკარგების შემცირების სამიზნე მაჩვენებლების დაწესების გზით;
- ✓ სამოქალაქო საზოგადოების ჩართულობის გაზრდა გადაწყვეტილების მიღების პროცესში და საჯაროობის გაზრდა;
- ✓ ბაზრის გახსნა და გაზის სექტორის კომერციალიზაცია
- ✓ ადამიანური და ინსტიტუციური რესურსების განვითარება;
- ✓ გაზის ბაზრის ოპერატორის როგორც სემეკის რეგულირების სფეროს ქვეშ მოქცეული ინსტიტუტის ჩამოყალიბება;

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური, www.geostat.ge
2. სემეკის წლიური ანგარიში, 2014, www.gnerc.org
3. საერთაშორისო ენერჯეტიკული სააგენტო www.iea.org
4. გონიჭაშვილი თ., ჯავახიშვილი თ., საქართველოს მაგისტრალური ნავთობ - და გაზსადენები, თბილისი: მერიდიანი, 2012. – 664 გვ.
5. Silve F., and Noël P., Cost Curves for Gas Supply Security: The Case of Bulgaria//Cambridge Working Paper in Economics 1056, Septmeber 2010,

Competitive natural gas market for improving security of natural gas supply **Pirveli I., Georgian Technical University**

Improving security of natural gas supply (SoS) is becoming increasingly important in Georgia as the role of this energy resource is progressively growing to meet the country's energy demand. It should be noted that at present less attention is paid to the development of a competitive natural gas market as an efficient mechanism to improve security of natural gas supply. Taking into considerations specificities of the Georgian natural gas sector and international experience in this area, the competition in the sector should be considered as one of the important means of improving security of supply. The present work reviews SoS concepts, describes competition as an important tool to improve SoS and introduces EU regulations complaint Georgian natural gas market model.



ტელეკომუნიკაციის საშუალებები – ახალი ეკონომიკის ძირითადი მამოძრავებელი ძალა

ლიბრაჟე ნ. ხახუტაშვილი ე.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში საუბარია ტელეკომუნიკაციის საშუალებების მნიშვნელობის შესახებ, როგორც ეკონომიკის ძირითადი მამოძრავებელი ძალა, განხილულია ოთხი სპეციფიკური ფაქტორი ამ მამოძრავებელი ძალებისა. ესენია: 1. ციფრული ტექნოლოგიების გავრცელება და შეერთების შესაძლებლობა; 2. შუამავალთა ჩამოშორება და ახალი ტიპის შუამავლობა; 3. კასტომიზაცია და კასტომერიზაცია; 4. დარგობრივი კონვერგენცია.

დღევანდელი ეკონომიკა ძველი და ახალი ეკონომიკის პიბრიდია. თანამედროვე საბაზრო სივრცე შედგება ტრადიციული მომხმარებლისაგან, კიბერმომხმარებელის და პიბრიდული მომხმარებლისაგან.

მომხმარებელთა უმეტესობა პიბრიდულია, სარგებლობენ დამატებით ინტერნეტს, ციფრულ ტექნოლოგიას, რომელიც წარმოადგენს დარგობრივ კონვერგენციას.

აღნიშნულია ფაქტორების დანერგვა გააუმჯობესებს სახელმწიფოს ფინანსურ მდგომარეობას, გადაიყვანს სახელმწიფოს ეკონომიკას ახალ რელსებზე და აამაღლებს მომხმარებელთა მომსახურების ხარისხს.

მსოფლიო ეკონომიკის რეფორმირებაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს მრავალი ძალა, რომელთა შორისაც არის ტექნოლოგია, გლობალიზაცია და ბაზრის განსახელმწიფოებრიობა. ჩვენს ნაშრომში განვიხილავთ ოთხ სპეციფიკურ ფაქტორს, რომლებიც არიან ახალი ეკონომიკის მამოძრავებელი ძალები:

1. ციფრული ტექნოლოგიების გავრცელება და შეერთების შესაძლებლობა;
2. შუამავალთა ჩამოშორება და ახალი ტიპის შუამავლობა;
3. კასტომიზაცია და კასტომერიზაცია;
4. დარგობრივი კონვერგენცია.

თანამედროვე ბიზნესი მთელს მსოფლიოში იწარმოება ძირითადად ქსელების საშუალებით, რომლებიც აკავშირებენ ადამიანებს ერთი კომპანიის შიგნით, ერთმანეთთან და სათაო კომპიუტერთან და უწოდებენ ინტერნეტს; ქსელები რომლებიც აკავშირებენ კომპანიას მომწოდებელთან და დისტრიბუტორთან არის ექსტრანეტი. ინტერნეტი აკავშირებს მომხმარებელს მსოფლიო „ინფორმაციის საცავთან“. როდესაც ვაწარმოებთ ინტერნეტის საშუალებით საქონლის შესყიდვას, კომპანიები ურთიერთქმედებენ მომწოდებლებთან და კლიენტებთან.

უსადენო კომუნიკაციების საშუალების გამოყენების შემდეგ საგრძნობლად ფართოვდება გლობალური შეერთების შესაძლებლობა. მომხმარებლები და ფირმები ევროპაში და იაპონიაში უკვე ძალიან ღრმად არიან ჩართული მობილურ ვაჭრობაში.

ახალი ტიპის შუამავლობა და არსებული შუამავლების ჩამოშორება განპირობებულია ინტერნეტ ფირმების (dot coms) უჩვეულო წარმატებებით (როგორცაა AO L, Amazon, e Bay, Yahoo და სხვ.). ამ ფირმებმა შიში ჩაუსახეს საკმაოდ საპატივცემულო მწარმოებლებსა და საცალო მოვაჭრეებს. მაგალითად, Compag, რომელიც ვაჭრობდა საცალოდ თავისი კომპიუტერებით ხელები ჰქონდათ შეკრული, მაშინ როცა ფირმა Dell Computer-ს რომელიც ვაჭრობდა ასეთი კომპიუტერებით პირდაპირ უშუალოდ მომხმარებელთან სწრაფად ვითარდებოდა ონლაინ გაყიდვებისათვის ინტერნეტის წყალობით. ონლაინ კონკურენტების გამოჩენით **მრავალი ტიპიური შუამავლები** – განსაკუთრებით წიგნებისა და მუსიკალური მაღაზიები, სამოგზაურო ტურისტული ბიუროები, საბროკერო ფირმები – განიცდიან მძიმე წნეხს. მრავალი საშუამავლო ფირმა გამოვიდნენ თამაშიდან. მრავალმა ტრადიციულმა ცნობილმა ფორმებმა პირველად არ მოახდინეს რეაქცია ახალი ტიპის შუამავლებზე, მაგრამ შემდგომ მათაც შექმნეს თავიანთი საკუთარი სავაჭრო ინ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ტერნეტ-არხები და შეუხამეს ქსელურ და ქსელის გარეშე ოპერატორებს, რათა შეენარჩუნებინათ საცალო გამყიდველების, ბროკერების და აგენტების ლოიალობა.

მესამე უმნიშვნელოვანესი მამოძრავებელი ძალა ახალი ეკონომიკის, როგორც უკვე იყო აღნიშნული ზემოთ არის **კასტომიზაცია და კასტომერიზაცია,** რაც ნიშნავს რომ კომპანიას შესწევს ძალა უზრუნველყოს თითოეული კლიენტი ადაპტირებული სპეციალურად მისთვის პროდუქტით, მომსახურებით, ფასებით და მიწოდების არხებით. ქსელში მომხმარებლები ხდებიან მწარმოებელ-მომხმარებლებად, რომლებსაც შეუძლიათ დამოუკიდებლად პროდუქტის შემუშავება, ხოლო კომპანიებმა მიიღეს შესაძლებლობა თითოეულ კლიენტთან უშუალო ურთიერთქმედებისა პერსონალიზირებული შეტყობინების, პროდუქტის და მომსახურების საშუალებით. **ფუნქციონალური კასტომიზაციისა და მარკეტინგის კასტომიზაციის შეთავსებამ მიიღო კასტომერიზაციის დასახელება.**

კასტომიზაციის გამოყენება რთული პროდუქტების მიმართ, ისეთი როგორცაა ავტომობილი ძალიან პრობლემატურია და ამავე დროს ზრდის ფასს და აღემატება კლიენტის გადახდის სურვილს, კიდევ ერთი პოტენციური პრობლემა არის იმაში, რომ კლიენტმა არ იცის კონკურენტულად რა უნდა, ვიდრე არ ნახავენ საქონელს რეალურად. სხვა მხრივ **კასტომიზაცია** ძალიან მიესადაგება ზოგიერთ პროდუქტსა და საქონელს. მაგალითად, მინი-კომპიუტერებს, კოსმეტიკურ საცხებებს და ლოსიონებს და აგრეთვე ძალიან კარგი პოლიგონია კვლევებისათვის.

მესამე ძირითადი მამოძრავებელი ძალა ახალი ეკონომიკის ასევე არის დარგობრივი კონვერგენცია, ვინაიდან დარგობრივი საზღვრები იშლება. მაგალითად, ფარმაცევტული კომპანიები, რომლებიც ადრე მიეკუთვნებოდნენ ქიმიურ მრეწველობას.

დღეისათვის ატარებენ **ბიოგენეტიკურ** კვლევებს, რომლებიც საშუალებას იძლევა არა მხოლოდ წამლების ახალი ფორმულების შექმნისა, არამედ კოსმეტიკური საშუალებებისა (კოსმონევიკა); აგრეთვე საკვები პროდუქტებისა (ნუტრიტეკტიკა), ფოტოფირების მწარმოებლობა ისეთი როგორცაა Kodak, ასევე მიეკუთვნებოდა ქიმიურ მრეწველობას, ხოლო დღეისათვის, გამოსახულების დასამუშავებლად ციფრული ტექნოლოგიების ათვისებისას მოძრაობენ ელექტრონიკის დარგისაკენ. ყველა ამ კომპანიებმა იციან და აღიარებენ, რომ ერთმანეთთან ორი და მეტი დარგის გადაკვეთა საშუალებას იძლევა მრავალი და ფართო ახალი შესაძლებლობებისა ტექნოლოგიებში და ეკონომიკაში. ცვლილებები ავლენენ თეორიული წარმოდგენის ახალ ნაკრებს და პრაქტიკულ მეთოდებს, რომლებიც გამოიყენება კომერციული ფირმების მიერ. „ძველი და ახალი ეკონომიკის“ შედარება მოცემულია ცხრილში (ცხ. 1).

დღევანდელი ეკონომიკა და კომპანიათა უმრავლესობა ძველი და ახალი ეკონომიკის ჰიბრიდებია. კომპანიები, რომლებიც უნდა განვითარდეს, საჭიროებენ არამარტო ძველი უნარ-ჩვევების და ცოდნის შენარჩუნებას, რომლებმაც გაუძლეს მრავალ და ხანგრძლივ პერიოდს წარსულში, არამედ ახალი ცოდნისა და უნარების ათვისებას. ანალოგიურად თანამედროვე საბაზრო სივრცე შედგება ტრადიციული მომხმარებლისაგან (რომლებიც არ აწარმოებენ სავაჭრო ურთიერთობებს ქსელის საშუალებით), კიბერმომხმარებლებისა (მომხმარებლები, რომლებიც უმეტესად სავაჭრო ურთიერთობებს აწარმოებს ინტერნეტის საშუალებით) და ჰიბრიდული მომხმარებლისაგან (მომხმარებლები იყენებენ ორივე მეთოდს).

დღეისათვის საქართველოში მომხმარებელთა უმეტესობა მიეკუთვნება **ჰიბრიდულს:** ისინი დადიან სასურსათო მაღაზიებში და ზოგჯერ განსაკუთრებულ შემთხვევებში აკეთებენ შეკვეთებს Peapod ინტერნეტის საშუალებით; ყიდულობენ წიგნებს წიგნების მაღაზიებში და იშვიათად უკვეთავენ იმავე კომპანიაში საიტის საშუალებით. ამიტომ აუცილებელია ყველა კომპანიამ გამოიყენოს ორივე სახის მომსახურება, იმისათვის რომ და-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



აკმაყოფილოს მომხმარებლის მოთხოვნილებები, რითაც საგრძნობლად გააუმჯობესებენ თავიანთ ეკონომიკურ და ფინანსურ მდგომარეობას. ამის მისაღწევად საჭიროა თანამედროვე მეთოდების გამოყენება.

ცხრილი 1. ძველი და ახალი ეკონომიკის ურთიერთშედარება

ძველი ეკონომიკა	ახალი ეკონომიკა
1. მოწყობილია საწარმოო ერთეულების საშუალებით.	1. მოწყობილია მომხმარებელთა სეგმენტების მიხედვით.
2. ფოკუსირდება კლიენტის მომგებიან ტრანსაქციებზე.	2. ფოკუსირდება მუდმივ ფასეულობებზე.
3. აფასებს უპირატესად ფინანსურ შედეგებს.	3. აგრეთვე აფასებს მარკეტინგის შედეგებს.
4. ფოკუსირდება აქციონერებზე.	4. ფოკუსირდება დაინტერესებულ პირებზე.
5. მარკეტინგით დაკავებულია მარკეტინგის სპეციალისტები.	5. მარკეტინგით დაკავებულია ყველა.
6. სავაჭრო ნიშნები აიგება სარეკლამო საშუალებებით.	6. სავაჭრო ნიშნის შექმნაში მთავარია პროფესიონალიზმი.
7. ძირითადი ყურადღება – კლიენტების მოზიდვაა.	7. ძირითადი ყურადღება – კლიენტების შენარჩუნებაა.
8. არ არსებობს შეფასება კლიენტების კმაყოფილებების და მათი შენარჩუნების თაობაზე.	8. იზომება კლიენტის დაკმაყოფილება.
9. შესრულებული ვალდებულებები, ზედმეტად გადაჭარბებული ურთიერთობები.	9. ვალდებულებების შესრულების გადაჭარბება და გონიერი ურთიერთობები.

ესეა კი განვიხილოთ სამი თანამედროვე მარკეტინგული მეთოდი, რომლებიც უნდა აითვისონ კომპანიებმა და მათ სპეციალისტებმა მარკეტინგის კუთხით. ესენია:

e -ბიზნესი, web -გვერდები (საიტების და კლიენტთან ურთიერთქმედების მართვა).

– როგორ იცვლება მარკეტინგის პრაქტიკა: e -ბიზნესი, ელექტრონული ბიზნესის ქვეშ იგულისხმება ელექტრონული საშუალებების და პლატფორმების გამოყენება ბიზნეს კომპანიების წასამართავად. ინტერნეტი კომპანიებს ეხმარება სწრაფი საქმიანობის განხორციელებაში, ნაკლები დანახარჯებით საქმიანობის გაფართოებასა დროში და სივრცეში, საშუალებას აძლევს **კასტომიზირებას და პერსონალიზებას** მოახდინოს მომხმარებელთა მოთხოვნები. ორგანიზაციები ხსნიან web –გვერდებს ინფორმაციის გავრცელების საქონლის და მომსახურების სწრაფად გავრცელების მიზნით, ასევე გამოიყენებენ ინტერნეტს შიდა კომუნიკაციების გასამარტივებლად და იყენებენ ექსტრანეტს მონაცემთა გაცვლის, შეკვეთების და დისრიბუტორებსა და მომწოდებლებთან ანგარიშსწორებისათვის. E -ვაჭრობა – არის საქმიანობის შედარებით ვიწრო მიმართულება, ვიდრე e –ბიზნესი. ეს ტერმინი ნიშნავს რომ კომპანიის ისტორიის შესახებ ინფორმაციის, პოლიტიკის, პროდუქტისა და ვაკანსიების გარდა web –გვერდი (საიტი) საშუალებას იძლევა ტრანსაქციების გამოყენებისა ან საქონლის და მომსახურების, ან ონლაინ გაყიდვებისა, თავის მხრივ e – ვაჭრობამ ბიძგი მისცა e – შექმნებს და e – მარკეტინგს. E –შესყიდვებისას კომპანიები იყენებენ ინტერნეტს პროდუქტების, ინფორმაციითა და მომსახურების ეფექტურ შესაძენად ონლაინ მიმწოდებლებისაგან. E – მარკეტინგი – ეს არის კომპანიის ძალისხმევა თავისი საქონლის და მომსახურების შესახებ, ინტერნეტით ინფორმირებასა, კომუნიკაციასა და გავრცელებაზე.

აღნიშნულის ფართო დანერგვა საქართველოში გააუმჯობესებს არა მარტო კომპა-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნიათა ფინანსურ მდგომარეობას, არამედ სრულიად ახალ რელსებზე გადაიყვანს სახელმწიფოს ეკონომიკას და აამაღლებს მომხმარებელთა მომსახურების ხარისხს.

ამრიგად, ტელეკომუნიკაციის საშუალებები წარმოადგენენ ახალი ეკონომიკის ძირითად მამოძრავებელ ძალას.

TELECOMMUNICATION MEANS IS THE MAIN DRIVING FORCE OF NEW ECONOMIC

N. Ghibradze, E.E Khakhutashvili

Technical University of Georgia

Summary

The paper dwells on telecommunications means – the main driving force of new economic. These are four special factors of the driving forces: 1) Spread of digital technologies and connection capability; 2) To move away mediators and to create new type of mediation; 3) Customization and customerization; 4) Sectoral convergension.

Present economy is hybrid of old and new economics. The modern market space consists with traditional customers, cyber customers and hybrid customers.

Most of the customers belong to hybrid. They visit food markets, or sometimes in special cases make orders from the Internet. Exactly specific factors are the spread of digital technologies, which are sectoral convergension.

The usage of the mentioned factors and their wide introduction will improve not only financial condition of the companies but also will move the state economy on new rails and increase the customers' service level.

სრულყოფილი საკანონმდებლო ბაზა – ელექტროენერგეტიკის განვითარების საფუძველი

ზიზზივაძე ა.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში გაანალიზებულია საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში მოქმედი კანონები, პირველ რიგში „ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ“, აგრეთვე კანონმდებარე აქტები. გამოთქმულია წინადადებები მათი სრულყოფისათვის. ამ თვალსაზრისით მთავარი ყურადღება გამახვილებულია ჩვენი კანონმდებლობის ევროპის ენერგეტიკულ კანონმდებლობასთან დაახლოება-პარმონიზაციაზე. გამოთქმულია მოსაზრება „განახლებადი ენერჯის წყაროების შესახებ“ და „ენერგოეფექტიანობისა და ენერგოდაზოგვის შესახებ“ ახალი კანონების მიღება-ამოქმედების აუცილებლობის თაობაზე.

ქვეყნის ენერგოუზრუნველყოფის თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს სრულყოფილი საკანონმდებლო და ნორმატიული ბაზის არსებობას. დამოუკიდებლობის წლებში ამ მიმართულებით მნიშვნელოვანი წინსვლა აღინიშნება. მიღებულია აუცილებელი კანონები და კანონქვემდებარე აქტები.

საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში მოქმედი კანონები ეყრდნობა საქართველოს კონსტიტუციას, ქვეყნის კანონებს და კანონქვემდებარე ნორმატიულ აქტებს, აგრეთვე საერთაშორისო შეთანხმებებს და ხელშეკრულებებს. სახელმწიფოებრივი დამოუკიდებლობის პირობებში დარგის პირველი ძირითადი ნორმატიული დოკუმენტი იყო საქართველოს კანონი „ელექტროენერგეტიკის შესახებ“, რომელიც ქვეყნის პარლამენტმა 1997 წლის 27 ივლისს მიიღო. მას შემდეგ კანონში რამდენჯერმე შევიდა ცვლილებები და დამატებები; შეიცვალა მისი სახელწოდებაც და ამჟამად იწოდება როგორც საქართველოს კანონი „ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ“.

კანონი აწესრიგებს ინდივიდუალური მეწარმეების, ფიზიკური და იურიდიული პირების საქმიანობასა და ურთიერთობებს ელექტროენერგეტიკული სისტემის მართვის, ელექტროენერჯით (სიმძლავრით) საბითუმო ვაჭრობის, ელექტროენერჯის წარმოების, გადაცემის, დისპეტჩერიზაციის, განაწილების, იმპორტისა და მოხმარების, აგრეთვე ბუ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნებრივი გაზის მიწოდების, იმპორტის, ექსპორტის, ტრანსპორტირების, განაწილების და მოხმარების სფეროებში და უზრუნველყოფს საქართველოს ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის დარგების ფუნქციონირებასა და განვითარებას საბაზრო ეკონომიკის პრინციპების შესაბამისად. ძალაშია 1999 წლის 21 წლის მაისიდან. 2007 წლიდან კანონი აგრეთვე არეგულირებს წყალმომარაგების სექტორსაც.

„ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ“ საქართველოს კანონი წარმოადგენს ამ სფეროს მარეგულირებელ ჩარჩო სამართლებრივ ნორმას და ემსახურება ქვეყანაში ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის დარგების ნორმალური ფუნქციონირებისა და შემდგომი განვითარებისათვის შესაბამისი პირობების შექმნას. კერძოდ, მისი მიზანია ელექტროენერჯისა და ბუნებრივი გაზის ბაზრებისა და ტარიფების სისტემის ჩამოყალიბება, მომხმარებელთა სტაბილური მომარაგებისათვის სამართლებრივი საფუძვლების შექმნა და დარგის რეაბილიტაციისა და განვითარებისათვის ინვესტიციების მოზიდვის, ასევე განახლებადი და ადგილობრივი რესურსების უპირატესი გამოყენების ხელშეწყობა.

ამ კანონის მიღებით განისაზღვრა ურთიერთობა ელექტროენერგეტიკის სტრუქტურულ ერთეულებს შორის, შეიქმნა სამართლებრივი საფუძვლები დარგში საბაზრო ურთიერთობების დანერგვისათვის, ინვესტიციების მოზიდვისათვის, ელექტროენერჯის კონკურენტული ბაზრის ჩამოყალიბებისათვის და სხვა.

ამ კანონმა დასაბამი მისცა ფიზიკური და იურიდიული პირების საქმიანობის მოწესრიგებას ელექტროენერჯის წარმოების, გადაცემის, დისპეტჩერიზაციის, განაწილებისა და მოხმარების სფეროებში, საქართველოს ელექტროენერგეტიკის განვითარების უზრუნველყოფას საბაზრო ეკონომიკის პრინციპების შესაბამისად.

განვიხილო პერიოდში, როგორც უკვე ითქვა, ამ კანონში დარგის განვითარებისათვის რამდენჯერმე შევიდა მნიშვნელოვანი ცვლილებები და დამატებები, რომლებმაც დიდად შეუწყო ხელი ელექტროენერგეტიკის უკეთ მართვასა და რეგულირებას, მისი სტრატეგიული საფუძვლების ჩამოყალიბებას. მათ შორის აღსანიშნავია:

- ეკონომიკის და მოსახლეობის ენერგორესურსებით მომარაგების უზრუნველყოფა, რისკის ფაქტორებისა და ენერგოუზრუნველყოფაში კრიზისული სიტუაციების წარმოქმნის ალბათობის მინიმუმამდე შემცირება;
- საწარმოო და საყოფაცხოვრებო სექტორში ელექტროენერჯის მოხმარების ხვედრითი ხარჯის შემცირება და ენერგორესურსების რაციონალური მოხმარება, ენერგო-დამზოგავი ტექნოლოგიებისა და მოწყობილობების გამოყენება, ელექტროენერჯის წარმოების, გადაცემის და განაწილების ხარჯების შემცირება;
- ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების უზრუნველყოფის მიზნებიდან გამომდინარე, ელექტროენერგეტიკის საწარმოთა ფინანსური მდგომარეობის გაუმჯობესება და ენერგეტიკული პოტენციალის ეფექტიანი გამოყენება;
- გარემოზე ენერგეტიკის ტექნოლოგიური გავლენის მინიმუმაციისათვის ელექტროენერჯის წარმოების სტრუქტურის სრულყოფა.

კანონმა გაცილებით უკეთესი შესაძლებლობები შექმნა დარგში არსებული პრობლემების გამოვლენისა და გადაჭრისათვის, საწარმოთა თვითდაფინანსებისათვის. კარგი პირობები შეიქმნა ამ სფეროში კონკურენციის განვითარებისათვის; განისაზღვრა ლიცენზიატა და მომხმარებელთა უფლებები და ვალდებულებები, ელექტროენერჯის აღრიცხვის, მიწოდების შეწყვეტის და აღდგენის წესები და პროცედურები, ბუნებრივი მონოპოლიის პირობებში მყოფ ლიცენზიატთა ურთიერთობათა სავალდებულო ქცევის წესები. სტიმული მიეცა დარგში კერძო ინვესტიციების განხორციელებას, დაწესდა გამოკ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ვეთილი და სამართლიანი „თამაშის წესები“ სექტორში შემავალი ყველა სუბიექტისათვის; ერთმანეთისაგან გაიმიჯნა სახელმწიფო, სამეურნეო და მარეგულირებელი ფუნქციები; შეიქმნა ჩვენი ქვეყნის საერთაშორისო ორგანიზაციებში ინტეგრირების ხელსაყრელი პირობები და ა.შ.

როგორც ვხედავთ, „ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ“ საქართველოს კანონმა დიდი როლი შეასრულა დარგის წარმატებული განვითარებისათვის. მაგრამ, ცხადია, დროთა განმავლობაში იცვლება დარგის პრიორიტეტები, მისი მდგომარეობა, საერთაშორისო ურთიერთობები და ა.შ. ყოველივე ეს კი აუცილებლად მოითხოვს დარგის საკანონმდებლო და ნორმატიული ბაზის, მისი სამართლებრივი ბაზის სრულყოფას თანამედროვე მოთხოვნათა შესაბამისად. ამ საკითხის აქტუალობას კიდევ უფრო ზრდის ის გარემოება, რომ საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში ამჟამად მიმდინარე რეფორმების ფონზე მწვავედ დგას ჩვენი საკანონმდებლო ბაზის ჰარმონიზაციის ვალდებულებები ევროპულ გამოცდილებასთან.

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სექტორის განვითარების ერთ-ერთ პრიორიტეტად რჩება ევროკავშირის ენერგეტიკულ თანამეგობრობაში გაწევრიანება და ბაზრის არსებული სტრუქტურისა და საკანონმდებლო ბაზის ევროპის ენერგეტიკულ კანონმდებლობასთან დაახლოება-ჰარმონიზაცია. შესაბამისად, 2014 წელს გაფორმებული „ერთი მხრივ, საქართველოსა და მეორე მხრივ, ევროკავშირისა და ევროპის ატომური ენერჯის გაერთიანებას და მათ წევრ სახელმწიფოებს შორის ასოცირების შესახებ შეთანხმების“ ფარგლებში საქართველომ აიღო ვალდებულება, შეუსაბამოს ქვეყნის ენერგეტიკული სექტორის ნორმატიული აქტები ევროკავშირისა და ენერგეტიკული გაერთიანების რეგულაციების და დირექტივების მოთხოვნებს.

ელექტროენერგეტიკული სექტორისათვის ასოცირების შეთანხმების ფარგლებში ერთ-ერთი უმნიშვნელოვნესია ევროპარლამენტისა და ევროსაბჭოს დირექტივა ელექტროენერჯის შიდა ბაზრისათვის საერთო წესების შესახებ, რომელიც მიზნად ისახავს ელექტროენერჯის წარმოების, განაწილების და მიწოდების შესახებ საერთო წესების შემოღებას. მასში ასევე მოცემულია დებულებები მომხმარებელთა უფლებების, ქსელზე მესამე მხარის დაშვებისა და კონკურენციის შესახებ და რეგულირებადი და კონკურენტული სფეროების ერთმანეთისაგან გამიჯვნის მოთხოვნა.

საქმიანობის გამიჯვნის თემატიკა აქტუალური გახდა იქიდან გამომდინარე, რომ ქსელის დამოუკიდებლობა და ქსელზე მესამე მხარის მიუკერძოებელი დაშვება გადამწყვეტია ელექტროენერგეტიკულ ბიზნესში ჩართული სუბიექტებისათვის. .

აქედან გამომდინარე, ჩვენი კანონმდებლობის შემდგომი სრულყოფის საქმეში ერთ-ერთი მთავარი მიმართულება უნდა იყოს ევროპის ენერგეტიკულ კანონმდებლობასთან დაახლოება-ჰარმონიზაცია. გარდა ამისა, დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს დარგის საშინაო პრობლემის გადაჭრას, აგრეთვე მთლიან ენერგეტიკულ სექტორში ამჟამად მოქმედი საკანონმდებლო და ნორმატიული ბაზის სრულყოფას, მათ შორისაა კანონები: „ნავთობისა და გაზის შესახებ“, „ლიცენზირებისა და ნებართვების შესახებ“, „ეროვნული მარეგულირებელი ორგანოების შესახებ“, „საქართველოს ენერგეტიკულ სექტორში სახელმწიფო პოლიტიკის ძირითადი მიმართულებები“, ნორმატიული დოკუმენტები: „ელექტროენერჯის (სიმძლავრის) ბაზრის წესები“, „ბუნებრივი გაზის ბაზრის წესები“, „უსაფრთხოების ტექნიკის წესები ელექტროდანიადგარების ექსპლუატაციისას“, „თავისუფალი ვაჭრობისა და კონკურენციის შესახებ“, „ელექტროენერჯის (სიმძლავრის) ბალანსის დამტკიცების შესახებ“ და სხვ. მისაღები და ასამოქმედებელია კანონები, პირველ რიგში „განახლებადი ენერჯის წყაროების შესახებ“, „ენერგოეფექტიანობისა და ენერგოდა-



ზოგის შესახებ“.

სრულყოფილი საკანონმდებლო და ნორმატიული ბაზა უზრუნველყოფს ელექტროენერგეტიკის ჯეროვან განვითარებას, ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების საჭირო ტემპებსა და მასშტაბებს.

ლიტერატურა

1. საქართველოს კანონი „ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ“. საქართველოს პარლამენტი, 1999წ.
2. შესავალი ენერგომენეჯმენტში. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, გრიგოლ რობაქიძის უნივერსიტეტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი, 2011წ.
3. სემეკის წლიური ანგარიში, 2014.

THE IMPROVED LEGAL FRAMEWORK – A BASIS FOR POWER INDUSTRY DEVELOPMENT

Zivzivadze A.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on Georgia’s energy legislation in force, first of all the Law on Power Industry and Environmental Protection, as well as legislative acts. There are made suggestions on their improvement. From this point of view, the emphasis is placed on approximation and harmonization of our legislation with European energy legislation. There is expressed the opinion on renewable energy sources, as well as on energy efficiency and energy conservation, and on the necessity of adoption and enactment of new laws in this field.

ჰიდროენერგეტიკის განვითარების ტენდენციები მსოფლიოში

ნამსწვარიძე მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თანამედროვე პირობებში ენერგეტიკა ნებისმიერი ქვეყნის ეკონომიკის მამოძრავებელი ძალაა. ენერგეტიკული ინფრასტრუქტურის განვითარება და ენერგეტიკული რესურსების ათვისება კი, ყველა ქვეყნის და მათ შორის საქართველოს ერთ-ერთი ძირითადი მიმართულებაა.

მსოფლიოში ენერგეტიკულ რესურსებს შორის წამყვანი ადგილი ჰიდროენერგორესურსებს უჭირავს, მაგრამ მათი ათვისების დონე ჯერ კიდევ დაბალია, თუმცა არიან ლიდერი ქვეყნებიც: ჩინეთი, ბრაზილია, კანადა, ამერიკა და აშ. სადაც ელექტროენერგიას ძირითადად გამოიმუშავენ ჰესები. ნაშრომში განხილულია ამ ქვეყნებში ჰიდროენერგეტიკის პოტენციური და ენერგეტიკული სექტორის თანამედროვე მდგომარეობა.

ჰიდროენერგეტიკა წარმოადგენს, განახლებადი ენერგო რესურსების ყველაზე განვითარებულ სფეროს. ელექტროენერგეტიკის განვითარება გასული საუკუნის 80 - იან წლებში სწორედ ჰიდროენერგეტიკით დაიწყო. ჰიდროაგრეგატების სიმძლავრე ყოველწრიურად 5% -ით იზრდებოდა, ხოლო 15-20 წელიწადში ეს სიმძლავრეები გაორმაგდა.

1980 წლისათვის მსოფლიო ჰიდროელექტროსადგურების ჯამურმა დადგმულმა სიმძლავრემ 500 000 მგვტ შეადგინა. ყველაზე მძლავრი ჰიდროელექტროსადგურები აშენებულია ჩინეთში, სამხრეთ ამერიკაში, აფრიკაში, ინდოეთში რუსეთში და აშ.

ჰიდროენერგეტიკული რესურსებით ისეთ მდიდარ ქვეყნებში როგორცაა: შვეიცარია, შვედეთი, ნორვეგია, კანადა, საფრანგეთი და სხვა ამ რესურსების ათვისების დონე ბევრად მაღალია ვიდრე საქართველოში. ამ ქვეყნებში ჰესებში გამოიმუშავებული ელექტროენერგიის ოდენობამ, ჯერ კიდევ 60-იან წლებში(ამ რესურსების ათვისების საწყის ეტაპზე) ქვეყნის მთლიანი გამოიმუშავების უდიდესი ნაწილი შეადგინა. შემდეგ კი მოხდა ენერგის



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სხვა სახეობების განვითარებაც კერძოდ თბო და ატომურის. თუმცა ახლაც ნორვეგიაში ელექტროენერგიას თითქმის მთლიანად გამოიმუშავენ ჰესები.

აღნიშნული ჰიდროენერგეტიკულ მიმოხილვასთან დაკავშირებით შეიძლება მივიღოთ წარმოდგენა მაშინდელი მსოფლიოს ზოგიერთ ქვეყანაში გარკვეულ ეტაპზე ელექტროენერჯის გამოიმუშავების სტრუქტურის შესახებ (1989 წლის მონაცემები (ცხრილი 1)).

ცხრილი 1. მსოფლიოს ზოგიერთ ქვეყანაში ელექტროენერჯის წარმოების სტრუქტურა მათ შორის პროცენტულად

ქვეყნის დასახელება	მათ შორის %-ში				
	სულ მლრდ კვტ.სთ	ჰესი	თესი	აესი	სხვა
აშშ	3832,6	8,4	70,7	18,7	2,2
ჩინეთი	1166,2	17,8	81,0	1,2	-
იაპონია	1046,3	9,8	56,0	31,8	2,4
რუსეთი	827,1	19,3	68,2	12,5	-
კანადა	561,8	59,1	27,0	12,7	1,1
გერმანია	556,4	3,8	64,7	29,0	2,4
საფრანგეთი	510,9	12,9	10,5	75,9	0,6
შვედეთი	158,3	47,0	4,4	46,5	2,1
ნორვეგია	117,0	99,4	0,3	-	0,3
თურქეთი	111,0	38,0	61,7	-	0,2
აზერბაიჯანი	18,0	11,1	88,9	-	-
საქართველო	8,1	79,0	21,0	-	-
სომხეთი	6,2	24,2	50,0	25,8	-

დედამიწაზე ჰიდრორესურსები განსაზღვრულია, როგორც 32,9 ტრლნ.კვტ.სთ რომლის 25% შეიძლება გამოყენებული იქნას, როგორც ტექნიკურ ეკონომიკურად დასაბუთებულ. მსოფლიოში 2010 წლისათვის ჰესებში გამოიმუშავდა 3427 მილარდი კვტ ელექტრული ენერჯია, რამაც შეადგინა მსოფლიო გამოიმუშავების 16%.

პროგნოზის თანახმად, 2050 წლისათვის ჰიდროელექტროსადგურების გამოიმუშავებამ უნდა შეადგინოს 5-5,5 ტრლნ.კვტს.

დედამიწის მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში ფუნქციონირებს მძლავრი ჰესები, მაგალითად ჩინეთში სიმძლავრით 22,5 გვტ. წლიური გამოიმუშავებით 2010 წლისათვის 721 მლრდ კვტ სთ, რაც შეადგენს ჩინეთში ელ. ენერჯიის გამოიმუშავების 17%. ასევე ბრაზილია პარაგვაის საზღვარზე - 14 გვტ სიმძლავრის, ვენესუელაში 10,2 მგვტ, ბრაზილიაში 8,37. აშშ-ში 6,809 გვტ. კრასნოიარსკის-6 გვტ რუსეთში.

გიგანტური ჰესების გარდა ინტენსიურად მიმდინარეობს საშუალო და მცირე ჰესების მშენებლობაც. დადგენილია, რომ მცირე მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი შეადგენს 150-200 მგვტ.-ს. მცირე ჰესების სიმძლავრე მსოფლოში 2005-2008 წლებში გაიზარდა 28% -ით და შეადგინა 85 გვტ. საქართველოში ჰიდრორესურსები უზრუნველყოფენ მოხმარებულ ელ. ენერჯიის დაახლოებით 80% რუსეთში 20,5%.

მსოფლიოში ელ ენერჯიის მოხმარება მაღალია ჩინეთში და აშშ-ში, ისინი მსოფლიო მოხმარების 26% -ს და 21% -ს ხოლო საქართველოში აღნიშნული მაჩვენებელი 2024,97 კვტ.სთ-ს შეადგენს.

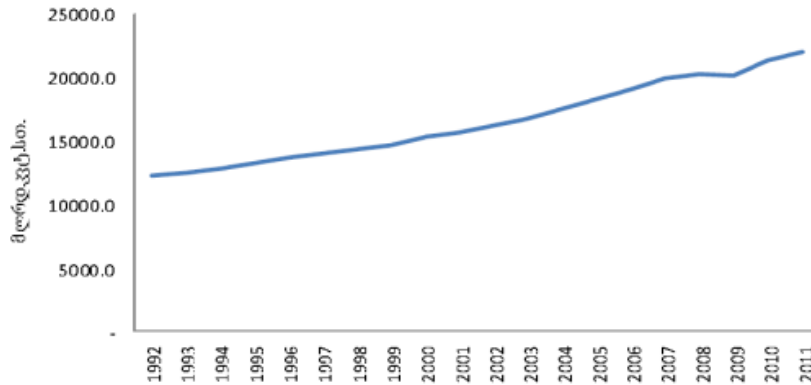
მსოფლიოში 1992-2012 წლებში ფიქსირდება ელექტროენერჯიის წარმოების მუდმივი ზრდა, საშუალო წლიური 3,2%-ის ოდენობით. ელექტროენერჯიის მთლიანი წარმოება მსოფ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

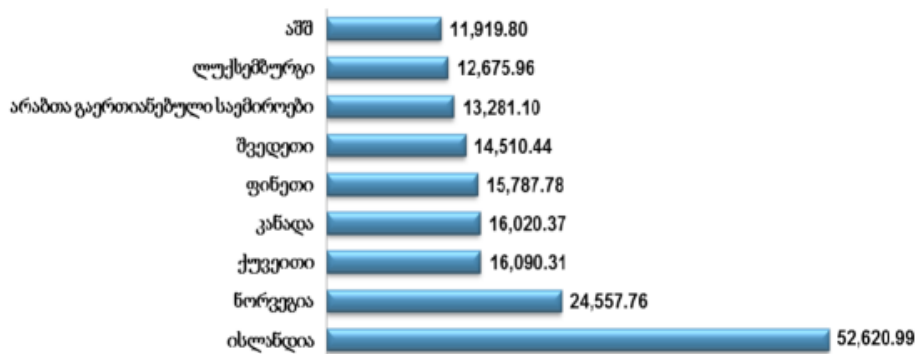


ლიოში 2011 წელს 1992 წელთან შედარებით 80.1%-ით გაიზარდა 12,223.1 მლრდ. კვტ. სთ-დან 22,018. მლრდ. კვტ. სთ-მდე (გრაფიკი 1).



გრაფიკი 1. მსოფლიოში ელექტროენერჯის წარმოების ტენდენცია, 1992-2011 წწ.

მსოფლიოში ელექტროენერჯის ყველაზე დიდი მწარმოებელი და მომხმარებელი ქვეყნები არიან ჩინეთი, აშშ, იაპონია, რუსეთი, ინდოეთი, კანადა, გერმანია, საფრანგეთი, ბრაზილია და სამხრეთ კორეა. 2012 წლის 1 იანვრის მდგომარეობით, ამ ქვეყნებში გამოიმუშაებული და მოხმარებული ელექტროენერჯია შემდეგნაირად გადანაწილდა: (გრაფიკი 2).



გრაფიკი 2. მსოფლიოში ელექტროენერჯის მოხმარება ერთ სულ მოსახლეზე, 2012 წლის 1 იანვრის მდგომარეობით.

2011 წლის მონაცემებით, რეგიონში ელექტროენერჯის ყველაზე დიდი ექსპორტი განხორციელდა რუსეთმა 17,700 მლნ. კვტ. სთ-ის ოდენობით (ცხრილი 2).

ცხრილი 2. ელექტროენერჯის ბალანსი შავი ზღვის აუზის ქვეყნებში. 2011 წ.

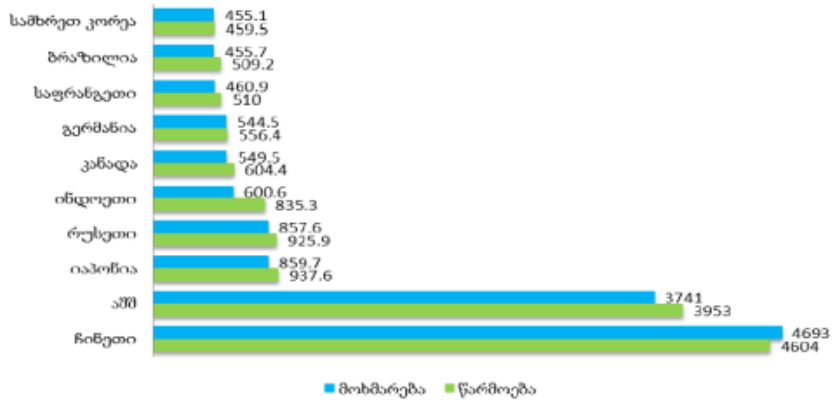
ქვეყნები	წარმოება (მლრდ კვტ. სთ)	მომხმარება (მლრდ კვტ. სთ)	ექსპორტი (მლნ. კვტ. სთ)	იმპორტი (მლნ. კვტ. სთ)
რუსეთი	92590	857.6	17.700	14,630
თურქეთი	185.2	161	1.550	737
უკრაინა	172.9	134.6	4.000	6.730
რუმინეთი	60.98	51.46	3,850	767
ბულგარეთი	34.31	28.3	7,735	5.073
აზერბაიჯანი	22.55	18.8	812	596
საქართველო	10.1	9.26	931	471
სომხეთი	7.43	5.8	1,36	17
მოლდოვა	3.41	4.46	0	2,958



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



განახლებადი წყაროებიდან მიღებულ ელექტროენერგია მსოფლიო წარმოების 23%-ს (45588,52 მლრდ კვ.სტს) შეადგენს. აქედან 77% (3516,00მლრდ.კვტ.სთ) ჰიდროელექტროსადგურებზე მოდის და დანარჩენი 23% (1072.52 მლრდ.კვტ სთ) ნაწილდება ქარის გეოთერმულ, ბიომასის, მიქცევისა და მზის ენერჯიაზე. მსოფლიოში ელექტროენერჯიის ყველაზე დიდი მწარმოებელი და მომხმარებელი ქვეყნები 2011 წლის მდგომარეობით არიან შემდეგი ქვეყნები (გრაფიკი3).



გრაფიკი3. მსოფლიოში ელექტროენერჯიის ყველაზე დიდი მწარმოებელი და მომხმარებელი ქვეყნები. 2011 წელს(მლრდ.კვტ.სთ)

მსოფლიო წარმოებაში ჰიდროენერჯეტიკის წილი 17%-ია, ხოლო სხვა განახლებადი ენერჯიის - 5%.

მსოფლიოს 10 უდიდესი ჰიდროელექტროენერჯიის მწარმოებელი ქვეყნების სიაში 2004 წლიდან ჩინეთი ლიდერობს, რომელიც 2010 წლის მონაცემებით. ჰიდროელექტროენერჯიის მსოფლიო წარმოების 20,5%-ს გამოიმუშავებს (ცხრილი 3).

ცხრილი3. ჰიდროელექტროენერჯიის მწარმოებელი 10 უდიდესი ქვეყანა

ჰიდროელექტროენერჯიის 10 უდიდესი მწარმოებელი ქვეყანა	მლრდ.კვტ.სთ	მსოფლიო წარმოების %
ჩინეთი	722	20,5
ბრაზილია	403	11,5
კანადა	352	10,0
ამერიკა	286	8,1
რუსეთი	168	4,8
ნორვეგია	118	3,4
ინდოეთი	114	3,3
იაპონია	91	2,6
ვენესუელა	77	2,2
საფრანგეთი	67	1,9
დანარჩენი მსოფლიო	1,118	31,7
სულ მსოფლიო	3,516	100,0

ზემოთ მოყვანილი მონაცემები გვჩვენებს, რომ ჰიდროენერჯეტიკა ყველა ქვეყნის პრიორიტეტია.

ამ ფონზე საქართველო, რომელიც მდიდარია ჰიდროენერჯორესურსებით, ელექტროენერჯეტიკული სექტორის გენერაციის სიმძლავრეების 80% ჰიდროენერჯეტიკაზე მოდის. დიდი და საშუალო სიდიდის მდინარეთა თეორიული ჰიდროენერჯორესურსები დაახლოებით 15



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მლრდ კვტსთ-იამ მათ შორის ტექნიკური 68, ხოლო ეკონომიური განვითარების თანამედროვე ეტაპზე გამოყენებისათვის ეკონომიკურად მიზანშეწონილია მლრდ კვტსთ-იამ მიუხედავად ამისა, საქართველოს ჰესებმა 2014 წელს გამოიმუშავეს 8221 მლნ. კვტ.სთ ელექტროენერგია, ანუ ტექნიკური შესაძლებლობის მხოლოდ 12,1%. მდგომარეობის გამოსწორების მიზნით უახლოეს მომავალში საქართველოში დაგეგმილია მნიშვნელოვანი პროექტები, რომელთა განხორციელების შემდეგ, ქვეყნის გენერაციის სიმძლავრეები მნიშვნელოვნად მოიმატებს(ცხრილი 4).

ცხრილი 4. საქართველოს ენერგოსისტემის ენერჯის საპროგნოზო ბალანსი (მლრდ. კვტ. სთ.)

წელი	გენერაცია	ჰესები	თბოსადგურები	მოსმარება	ექსპორტი
2014	10.37	8.34	2.04	10.62	-0.25
2015	11.57	9.48	2.09	11.15	0.42
2016	12.79	10.34	3.00	11.71	1.08
2017	13.99	10.99	2.30	12.29	1.70
2018	14.03	11.72	2.65	12.91	1.12
2019	16.39	13.73	3.64	13.55	2.84
2020	19.94	16.30	2.18	14.23	5.71
2021	24.52	22.34	1.37	14.94	9.58
2022	26.78	25.42	1.85	15.69	11.09
2023	27.26	25.42	2.38	16.48	10.78
2024	27.80	25.42	2.97	17.30	10.50
2025	28.42	25.42	3.64	18.16	10.26

შედეგად, იგი არა მხოლოდ დააკმაყოფილებს ქვეყნის მოხმარების და მისი ზრდის მაჩვენებელს, არამედ ამ სიმძლავრის ნაჭარბი გავა ექსპორტზეც.

ლიტერატურა

1. თ.გველეხიანი, დ.ჩომახიძე. „საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოება“. თბილისი:უნივერსალი, 2011.-468 გვ.
2. დ.ჩომახიძე. „საქართველოს ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენების ეკონომიკურ-ეკოლოგიური პრობლემები“. თბილისი: თერგი, 2004.-272გვ.
3. საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისია(სემეკი), 2014 წლის წლიური ანგარიში.
4. საქართველოს ენერგეტიკის სამინისტრო. www.menr.gov.ge
5. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური. www.geostat.ge
6. ენერგეტიკის საერთაშორისო სააგენტოს სტატისტიკური კრებულების „key word energy statistics“ 2011-2014.
7. „საქართველოს გადამცემი ქსელის განვითარების ათწლიანი გეგმა 2015-2025.“ საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა.2015 წელი

HYDROPOWER DEVELOPMENT TRENDS IN THE WORLD

Nemstsveridze M.,
 Georgian Technical University
 Summary

In modern conditions the energy sector is the driving force of any country's economics. The development of Energy infrastructure and energy resource utilization is one of the major areas of all countries including Georgia. The world's energy resources are among the leading position in the development of the hydropower resources, but their development level is still low. Though there are the leader countries such as: China, Brazil, Canada, USA and etc., which generate electricity mainly from hydroelectric power plants. The paper deals with the hydropower potential of these countries and the current state of the energy sector.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სახელმწიფო პოლიტიკის როლი განახლებაში
ენერგეტიკის განვითარებაში

ბიბილაშვილი ლ.

გორის სახელმწიფო სასწავლო უნივერსიტეტი

სახელმწიფო მიზნობრივი პოლიტიკის როლს განახლებაში ენერჯეტიკის განვითარებისა და დანერგვის საქმეში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს. რომ არა ენერჯეტიკის საერთაშორისო სააგენტოს წვერი ქვეყნების მიზანდასახული სახელმწიფო პოლიტიკა, განახლებაში ენერჯეტიკის წყაროების განვითარება შეუძლებელი იქნებოდა, რადგან ეს ენერჯეტიკა ძვირი ჯდება და ნახშირ-წყალბადებს სათანადო კონკურენციას ვერ უწევს.

ეკონომიკაში განახლებაში ენერჯორესურსების გამოყენების საჭიროება ობიექტური აუცილებლობითაა განპირობებული. ახლა მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანა სათბობ-ენერჯეტიკული რესურსების დეფიციტს განიცდის. თუ კაცობრიობა მომავალშიც შეეცდება ამ ენერჯორდეფიციტის შევსებას მხოლოდ არსებული ტრადიციული ენერჯორესურსების წარმოების გაზრდით, ეს არათუ მიუღწეველი იქნება, არამედ მკვეთრად გაამწვავებს ეკოლოგიურ ვითარებას. ამას განაპირობებს ის გარემოება, რომ სათბობ-ენერჯეტიკული კომპლექსის დარგები ეკონომიკის სხვა დარგებთან შედარებით ყველაზე უფრო მეტად ატუჟყიანებს გარემოს. ბუნება ბინძურდება ენერჯორესურსების არამარტო მოპოვების, წარმოების და მოხმარების დროს, არამედ ასევე ირღვევა გარემოს სითბური წონასწორობა.

საქართველოს განახლებაში ენერჯეტიკის წყაროების დიდი პოტენციალი აქვს. მი-ახლოებითი დათვლებით, ქარის, მზის, გეოთერმულ და ბიო მასის ენერჯეტიკული პოტენციალი წლიურად 15-17 მლდ კვ/სთ-ს შეადგენს. ამათგან ქარის ენერჯეტიკული პოტენციალი 3-4 მლდ კვ/სთ-ია, მზის-3-5 მლრდ. კვ/სთ, ხოლო გეოთერმული ენერჯეტიკის - 2 მლდ კვ/სთ.

ამჟამად საქართველო წლიურად დაახლოებით 10 მილიარდ კვ/სთ ელექტროენერჯიას, 2 მილიარდ კუბურ მეტრ ბუნებრივ გაზს და 1100 ათას ტონა ნავთობპროდუქტს მოიხმარს. მოხმარებული რესურსების 71% მეზობელი ქვეყნებიდან არის იმპორტირებული. ამ მხრივ გამონაკლისს წარმოადგენს ელექტროენერჯია, რომლის ძირითადი წილი (71%) დიდ, საშუალო და მცირე ჰიდროელექტროსადგურებზე მოდის. დანარჩენი 29% იმპორტირებულ ბუნებრივ გაზზე იწარმოება.

დღევანდელი მოხმარება ბევრად ჩამორჩება როგორც საბჭოთა პერიოდის, ისე განვითარებულ ქვეყნებში ერთ სულ მოსახლეზე მოხმარების მაჩვენებელს (ეს მაჩვენებელი წლიურად 5000-7000 კვ/სთ-ს შეადგენს) თუმცა, სავარაუდოა, რომ ეკონომიკის განვითარებასთან და მოსახლეობის მსყიდველობითუნარიანობის ზრდასთან ერთად მომავალში ენერჯორესურსებზე მოთხოვნა გაიზრდება. შესაბამისად, საქართველოს ხელი-სუფლებამ უნდა დაიწყოს ზრუნვა იმაზე, თუ როგორ დაკმაყოფილდება გაზრდილი მოთხოვნა - მეზობელი ქვეყნებიდან რესურსების იმპორტის გაზრდით, თუ საქართველოსთვის სპეციფიური განახლებაში რესურსების მაქსიმალური გამოყენებით და ენერჯორე-ფექტურობის ამაღლებით.

ბუნებრივია, სასურველია, რომ საქართველომ, როგორც ენერჯორესურსების სუფთა იმპორტიორმა ქვეყანამ, ევროკავშირის განვითარებული იმპორტიორი ქვეყნების მსგავსად, ენერჯორეფექტიანობის გაზრდისა და ადგილობრივი განახლებაში წყაროების მაქსიმალური ათვისების გზა აირჩიოს, მით უმეტეს, რომ ევროპული და საერთაშორისო მასშტაბის ენერჯეტიკულ და გარემოსდაცვით ორგანიზაციებში გაწევრიანებით და ევროკავშირისაკენ ოფიციალურად გაცხადებული მისწრაფებით მას ეს ვალდებულება უკვე აღებული აქვს.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ევროკავშირის სამეზობლო პოლიტიკა ამ პროცესში მონაწილე ქვეყნებს პირდაპირ ავალდებულებს, თავიანთი ენერგოპოლიტიკის და ენერგეტიკის სფეროს მარეგულირებელი საკანონმდებლო აქტების ევროკავშირის ქვეყნების შესაბამის საკანონმდებლო აქტებთან და ენერგოპოლიტიკის ძირითად დებულებებთან ჰარმონიზაცია მოახდინონ. ევროკავშირის ენერგეტიკული უსაფრთხოების პოლიტიკა ოთხ ძირითად მიმართულებას მოიცავს. ესენია (1) იმპორტირებულ რესურსებზე დამოკიდებულების შემცირება, (2) ენერგოეფექტიანობის ამაღლება, (3) ადგილობრივი განახლებადი წყაროების მაქსიმალური გამოყენება და (4) ატმოსფეროში სათბური გაზების (რომლებსაც ძირითადად ნახშირწყალბადების გამოყენება წარმოშობს)1 გასროლის შემცირება. განახლებადი წყაროების გამოყენება ხელს უწყობს იმპორტირებულ რესურსებზე დამოკიდებულების შემცირებას.

ევროკომისიის გადაწყვეტილებით, ევროკავშირის ქვეყნების ენერგეტიკულ ბალანსში განახლებადი ენერჯის წყაროების (ქარი, მზეხიომასა, გეოთერმული) წილი 2010 წლისათვის 10%-ს, 2015 წლისათვის 15%-ს 2020 წლისათვის 20 %-ს უნდა შეადგენდეს. ამის მიღწევა ადვილი არ არის, რადგან განახლებადი ენერჯის წყაროებისა და გეოთერმული ენერჯის თვითღირებულება აღემატება ნახშირწყალბადების თვითღირებულებას და შესაბამისად, მას კონკურენციას ჯერ ვერ უწევს, თუმცა საერთაშორისო ენერგეტიკულ ბაზარზე ფასების კონიუქტურის ცვალებადობა უკვე ქმნის ხელსაყრელ პირობებს განახლებადი ენერჯის წყაროების განვითარებისათვის.

1973 წლის პირველი ნავთობის კრიზისის შემდეგ განვითარებული ქვეყნები ნავთობის იმპორტის შემცირების და განახლებადი წყაროების განვითარების აუცილებლობის წინაშე აღმოჩნდნენ. 90-იან წლებში იმპორტზე დამოკიდებულების შემცირების აუცილებლობას დაემატა საზოგადოებრივი ნახშირწყალბადების ამოწურვადობის შესაძლებლობის გაცნობიერება, საერთაშორისო ენერგეტიკულ ბაზარზე არსებული ფასების ცვალებადობა და გარემოზე მავნე ზემოქმედების მქონე ემისიების შემცირების აუცილებლობა.

განახლებადი ენერჯიების განვითარების წახალისების მიზნით ენერგეტიკის საერთაშორისო სააგენტოს წევრი ქვეყნები 1975 წლიდან დაწყებული სხვადასხვა მიდგომებს მიმართავენ. ამ მიდგომებს შორის იყო გარანტირებული ფასები⁴, სავალდებულო კვოტები⁵, ინვესტიციების წახალისება, ხელსაყრელი საგადასახადო რეჟიმი და სხვ. ამასთან ერთად, თითოეული ქვეყანა თავად ირჩევდა, თუ როგორ განეგოთარებინა განახლებადი ენერჯის ესა თუ ის წყარო.

ჰიდროენერგეტიკული რესურსებით მდიდარ საქართველოში შესაძლებელია აშენდეს 1200-ზე მეტი მცირე ჰიდროელექტროსადგური, 3700მგვტ. ჯამური სიმძლავრით, რომელთა საშუალოწლიური გამომუშავება 16 მლრდ. კვტ.სთ-ია.

საქართველოში არსებობს თერმული წყლების მოპოვების გაზრდის პერსპექტივა, რასაც ადასტურებს ქვეყანაში თერმული წყლების არსებული მარაგი. თერმული წყლები ძირითადად, შეიძლება გამოვიყენოთ სასოფლო-სამეურნეო და სამრეწველო საწარმოთა თბომომარაგებაში, აგრეთვე ნაწილობრივ ქალაქებისა და დასახლებული პუნქტების კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო საჭიროებისათვის. საქართველოს პირობებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება მზის ენერჯის გამოყენების გაფართოებას. ანალიზი გვიჩვენებს, რომ უახლოესი პერსპექტივისათვის საქართველოში მზის ენერჯის გამოყენებით შესაძლებელი იქნება წლიურად დაიზოგოს დაახლოებით 40-50 ათასი ტონა პირობითი სათბობი. ამისათვის აუცილებელია ამ მხრივ სამეცნიერო-კვლევითი და სამეურნეო-ორგანიზაციული სამუშაოების გაძლიერება და რაც მთავარია, კერძო კაპიტალის მოზიდვა.

საქართველოში კარგი პერსპექტივებია ქარის ენერჯის გამოყენებისათვის. როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა, ენერგეტიკული დანადგარების გამოყენება შედარებით ყველაზე უკეთეს ეკონომიკურ მაჩვენებლებს იძლევა იმ რაიონში, სადაც ქარის საშუა-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ლო წლიური სიჩქარე წამში 5 მ-ია (ქუთაისი, ყაზბეგი, მამისონი, მთა-საბუეთი და სხვ.) ბიოლოგიური გადამუშავების შედეგად მნიშვნელოვანი ენერგეტიკული გამოყენება შეიძლება მივცეთ მრეწველობის, სოფლის მეურნეობის, კომუნალური და საყოფაცხოვრებო სექტორის ნარჩენებს. ასეთი გადამუშავებით მიღებული ბიოგაზი განსაკუთრებით ეფექტური შეიძლება გამოდგეს სასოფლო-სამეურნეო რაიონებისათვის. არის მაგალითები, როცა მეცხოველეობის მოწინავე ფერმებში, თავიანთი ენერგეტიკული მოთხოვნილების მნიშვნელოვან ნაწილს სწორედ ნაკელის გადამუშავებით იკმაყოფილებენ.

თუ საქართველო რეალურად მიისწრაფვის ევროკავშირისკენ, იმპორტირებულ ენერგორესურსებზე დამოკიდებულების შემცირების და გარემოზე მაგნე ზემოქმედების შემცირების მიზნით, მან უნდა:

- გაატაროს მკაცრი ენერგოდაზოგვითი და ენერგოეფექტიანობის პოლიტიკა;
- მაქსიმალურად ხელი შეუწყოს ქვეყნისთვის სპეციფიური განახლებადი წყაროების მაქსიმალურად გამოყენებას;

ამისთვის საქართველომ უნდა გაითვალისწინოს ევროკავშირის ქვეყნების გამოცდილება და შექმნას განახლებადი ენერგეტიკის წყაროების განვითარების ხელშეწყობისათვის საჭირო საკანონმდებლო ბაზა და სამოქმედო გეგმა, რომელიც დეტალებში ასახავს საქართველოსათვის სპეციფიური განახლებადი ენერჯის წყაროების ბაზარზე დაშვების გზებს და საშუალებებს.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ჩომახიძე დ. საქართველოს ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენების ეკონომიკურ-ეკოლოგიური პრობლემები თბილისი თერგი 2002 272გვ.
2. კაპანაძე შ. მიკრო და მცირე ჰესები პრაქტიკულ მაგალითებში თბ.2000წ.
3. დადიანი მ. ცაბაძე ნ. საქართველოს მდინარეების მცირე ჰიდროენერგეტიკული ტექნიკური პოტენციალის კატასტრი თბ.2006
4. ერისთავი ე. ჩომახიძე დ. ცინცაძე პ. ენერგეტიკის რეგულირების საფუძვლები თბილისი 2001 395გვ.
5. ბიბილაშვილი ლ. განახლებადი ენერგეტიკის განვითარების პერსპექტივები საქართველოში// ეროვნული ეკონომიკის მდგრადი განვითარების აქტუალური პრობლემები. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის მასალების კრებული თბილისი 2015წ. 367-369გვ.

THE ROLE OF STATE POLICY IN THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY.

Bibilashvili L.,

Gori State Educational University.

Summary

The paper dwells on the prospects for the use of local renewable energy resources. The share of renewable energy in the total electricity production of 92%.

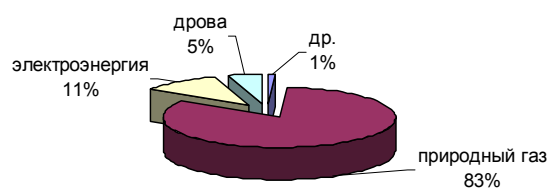
ОБ ИТОГАХ ОПРОСА ОБЩЕСТВЕННОГО МНЕНИЯ ПО ВОПРОСАМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ, ПРОВЕДЕННОГО В Г.КУТАИСИ

Пурцеладзе И.*, Ионанидзе А., Дзадзамия Д.***

*Государственный университет им.А.Церетели, **НПО «Студенты за энергоэффективность»

Представлены итоги опроса населения по вопросам потребления энергоресурсов и использования энергосберегающих средств в условиях домохозяйств на примере г.Кутаиси. Для опроса использован метод стихийного отбора. Опрос показал низкий уровень использования энергоэффективных подходов, что, в первую очередь, обусловлено недостаточным информированием населения и недоступностью дорогого оборудования.

Вид топлива, используемого для обогрева помещения



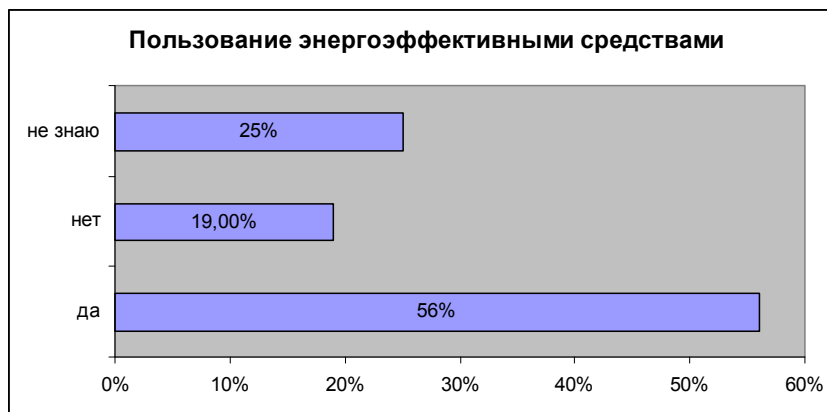


Во время отопительного сезона расходы на электроэнергию составляют менее 10% семейного бюджета для 51,3% опрошенных, менее 20% - для 34% опрошенных, менее 30% - для 8,3% опрошенных, 40% и более – для 1,7% опрошенных.

Тогда, как в остальное время, аналогичные расходы составляют следующие значения: менее 10% семейного бюджета расходуется на оплату электроэнергии для 85,7% опрошенных, менее 20% - для 9,3% опрошенных, менее 30%- для 3,7% опрошенных.

Опрос показал, что население активно использует природный газ, что является положительным фактором. Расходы, связанные с использованием природного газа, во время отопительного периода следующие: менее 10% семейного бюджета – для 39,4% опрошенных, менее 20% - для 43,1%. В остальное время расходы на природный газ для 90,9% опрошенных составляют менее 10% семейного бюджета.

56% опрошенных пользуются ли энергоэффективными средствами.



Основная часть опрошенных считает, что необходимо экономить энергию. Однако, причины неоднозначны. Часть опрошенных считает, что, в первую очередь, это необходимо для сокращения расходов на энергопотребление. Для другой части поводом для экономии энергии является ограниченное количество природных ресурсов. “Очень важно сокращение потребления энергоресурсов, как для сокращения оплаты так и для избавления от тяжелых последствий глобального потепления и климатических изменений”.

Участники опроса также считают, что у них нет достаточной информации о том, как сократить потребление энергоресурсов, ввиду чего не могут повысить эффективность собственного энергопотребления. “Очень важно, хотя не можем предпринять каких-либо мер. Во первых, у нас нет информации об эффективных методах сокращения потребления энергоресурсов. Также недоступна техника, которая потребляет меньше энергии или работает на солнечной энергии”.

Большинство опрошенных не в курсе эффективного использования энергоресурсов, хотя имеет желание получить больше информации, как с целью улучшения бюджета семьи, так и охраны окружающей среды, что подчеркивает необходимость доступности информации о энергоэффективности для широких слоев населения, что способствует достижению эффективных, с точки зрения затрат, энергосбережений.

Литература.

1. Регуляторные аспекты политик энергоэффективности. 2011. Учебник, разработанный по программе INOGATE. Проект «Наращивание потенциала для устойчивого регулирования энергетики в Восточной Европе и Центральной Азии» под руководством Региональной ассоциации органов регулирования энергетики (ERRA).



III სავაჭრო-სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



**ABOUT THE RESULTS OF PUBLIC OPINION POLL ON ENERGY-EFFICIENT CONSUMPTION
OF ENERGY RESOURCES CONDUCTED IN KUTAISI CITY .**

Purtseladze I., Ionanidze A., Dzadzamia D.,

Akaki Tsreteli State University, NGO “Students for Energy Efficiency”

Summary

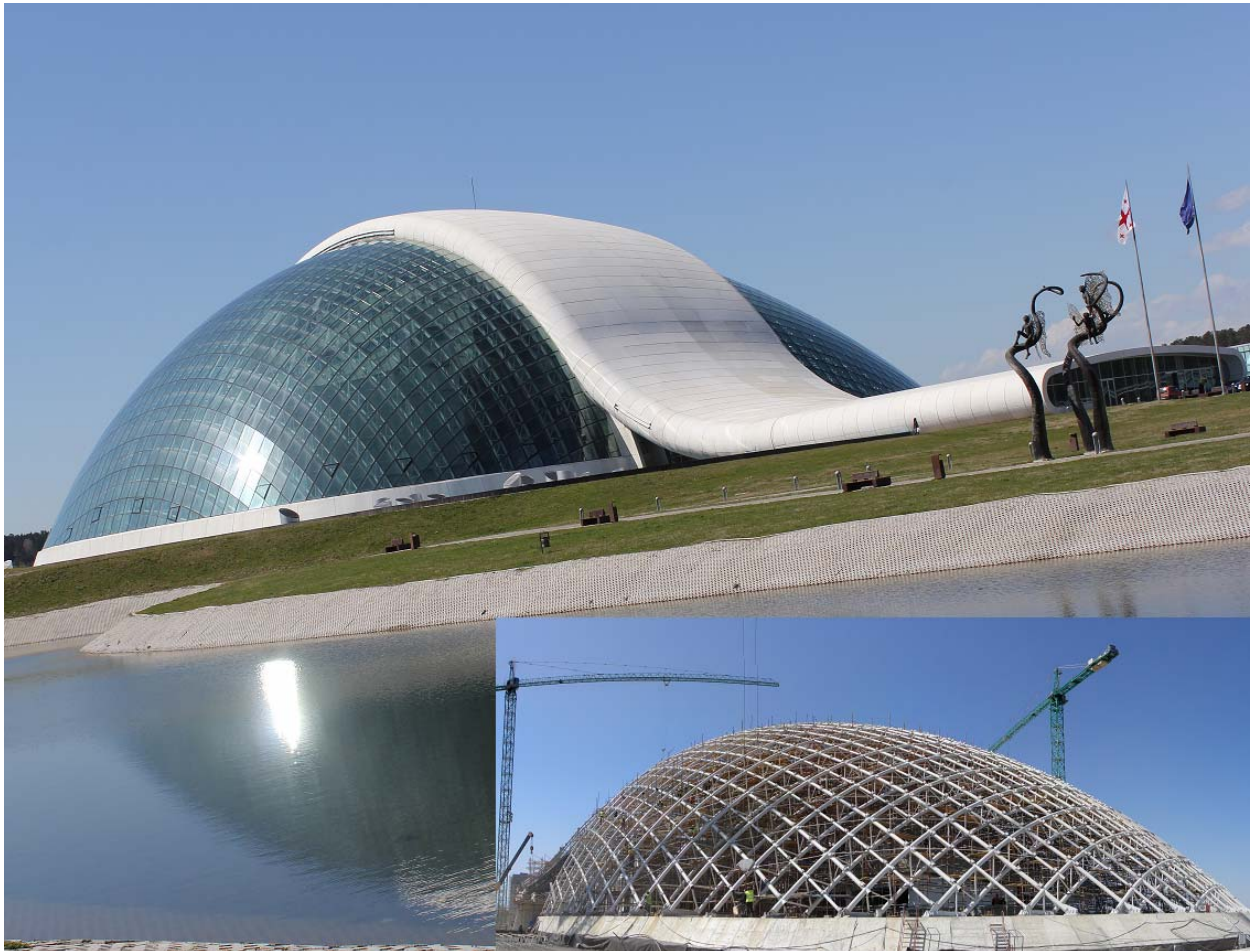
The paper dwells on the results of public opinion poll on energy-efficient consumption of energy resources and using energy-saving facilities under conditions of households by the example of Kutaisi City. For this poll there has been used the method of spontaneous selection. Poll has shown a low level of using the energy-efficient approaches, that is conditioned in the first place by insufficient provision of information to the public and inaccessibility of the expensive equipment.



5

ენერჯისა და რესურსების დამზოგავი
ტექნოლოგიები ენერჯეტიკაში,
მრეწველობაში, მშენებლობასა და
ტრანსპორტში

ENERGY AND RESOURCES SAVING
TECHNOLOGIES IN POWER ENGINEERING,
INDUSTRY, CONSTRUCTION ENGINEERING
AND TRANSPORT





III სავაჭრო-სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE





III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



**საავტომობილო გზების მშენებლობის და ექსპლუატაციის ენერგო ტევა-
ლობა და მისი შემცირების გზები**

ბარათაშვილი ა.

აკ.წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

*ასფალტბეტონის საფარით მოწყობილი, საავტომობილო გზების მშენებლობა და ექსპლუატაცია მნიშვნელოვანი ენერგო ტევადი პროცესია, სტატიაში წარმოდგენილია ასფალტბეტონის საფარის მოწყობისა, მასალის წარმოებიდან მის დაგეგმვამდე და ექსპლუატაციისას სავარაუდო ენერგო და-
ნახარჯები, და მათი ანალიზის საფუძველზე წარმოდგენილია მათი შემცირების გზები*

საქართველოს ეკონომიკის ზრდა და მისი როგორც სტაბილურად მდგრადად განვითარებადი ქვეყნის პერსპექტივები დამოკიდებულია მისი, როგორც სატრანზიტო ქვეყნის პოტენციის ეფექტურ გამოყენებაზე. ბოლო ათწლეულებში საქართველოს როგორც ტრანზიტული ქვეყნის მიმართ ინტერესები მნიშვნელოვნად გაიზარდა ეს კი შესაბამისად ზრდის ამ როლის ეფექტურად შესრულებისათვის საჭირო ინფრასტრუქტურის მიმართ მოთხოვნებს.

სატრანზიტო გადაზიდვების მეტი წილი ავტოტრანსპორტზე მოდის და ბუნებრივია საავტომობილო გზები სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის მნიშვნელოვან სახეობას წარმოადგენს. გადაზიდვების მოცულობების ზრდა და გადაზიდვების უსაფრთხოების სტანდარტები, ითხოვს გზების მაღალ ტექნიკურ ეკონომიკურ პარამეტრებს და ხშირად გზების უსაფრთხო მონაკვეთების მშენებლობა ქვეყნის განვითარების პრიორიტეტულ მნიშვნელობას იძენს. განსაზღვრულია ქვეყნის საერთაშორისო და შიგა სახელმწიფოებრივი დანიშნულების გზების ნუსხა.

-საერთაშორისო დანიშნულების საავტომობილო გზა-1455კმ.

-შიგა სახელმწიფოებრივი დანიშნულების გზა-5446კმ.

-ადგილობრივი მნიშვნელობის გზა -15425კმ.

ოთხ ზოლიანი საავტომობილო გზის მონაკვეთი 125კმ.

საავტომობილო გზების მშენებლობისას, რემონტზე და სარეკონსტრუქციო სამუშაოების წარმოებისას მნიშვნელოვანია მაქსიმალური სიზუსტით იქნას განსაზღვრული სხვადა სხვა მიმართულებით ენერგო დანახარჯების მნიშვნელობები, რათა სწორად იქნას შეფასებული ამა თუ იმ ობიექტის მოსალოდნელი ენერგო ტევადობა მშენებლობისა და ექსპლუატაციის სტადიაზე ენერგო ეფექტურობის მნიშვნელოვნად გაზრდის მიზნით. ობიექტის ენერგო ეფექტურობის მაჩვენებლის შეფასება უნდა წარმოებდეს პროექტირების ეტაპზე, სხვა ტექნიკურ ეკონომიკური მაჩვენებლებისა და გარემოს დაცვის ღონისძიებების გათვალისწინებით. ყველაზე ეფექტური რესურს და შესაბამისად ენერგო დამზოგი ტექნიკური გადაწყვეტის გამოვლენის მიზნით, აუცილებელია მშენებლობისას მოსალოდნელი მატერიალური, ენერგეტიკული და ფინანსური რესურსების შედარებითი ობიექტული ანალიზი. ობიექტის ტექნიკური პარამეტრების შედარებითი ანალიზისას ფასების ცვალებადობით გამოწვეული უზუსტობების თავიდან აცილების მიზნით ყველაზე ეფექტური ენერგო დანახარჯების მაჩვენებლების დათვლა და ტექნიკური გადაწყვეტის ვარიანტების შესაბამისად მათი შედარებითი ანალიზი. ამ დროს ენერგო დანახარჯების შეფასება წარმოებს ვატ/სთ-ში ან პირობით საწვავის ხარჯით ტონებში. ასე მაგალითად ასფალტბეტონის საფარის მოწყობისას პროცესის ენერგო დანახარჯების შეფასებისას ცხადი ხდება რომ დანახარჯები არის მშენებლობის ცალკეული ეტაპზე გაწეული ენერგო დანახარჯების ჯამი. ასფალტბეტონის საფარის მოწყობამდე წარმოებს ასფალტბეტონის ნარევის წარმოებისათვის საჭირო ინერტული და ბლანტო ორგანული მასალების წარმოება და ტრანსპორტირება, ამ მასალების ნარევის წარმოებისათვის მომზადება, მა-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



საღის წარმოების და მზა მასალის მოხმარების ადგილამდე ტრანსპორტირების პროცესი. ასფალტბეტონის ნარევის ადგილზე მოწყობა და მისი ტეკნა. ენერგო დანახარჯების მშენებლობის პროცესში ცალკეული ეტაპების მიხედვით ანალიზისას ცხადი ხდება რომ დანახარჯების 25-45% მოდის მასალების მომზადებისა და მათ ტრანსპორტირებაზე. მაგალითისათვის ადგილობრივი დანიშნულების 1 კმ სიგრძის და 7 მ. სიგანის 10 სმ სისქის ორზოლიანი საფარის მოწყობისთვის საჭიროა 1650 ტ-მდე ასფალტბეტონის ნარევი. მათ შორის 850 ტ, ღორდი, 580 ტ, სილა, და 90 ტ. მინარაღური ფხვნილი. შესაბამისი მოწყობილობებისა და მანქანების ტექნიკური მანვენებლების შესაბამისი ინფორმაციის არშეებობის შემთხვევაში დიდი სიზუსტითაა შესაძლებელი ენერგო დანახარჯების შეფასება. არსებული მეთოდით არსებობს ლიტრებში პირობით საწვავის რაოდენობის მიხედვით 1 ტონა ასფალტბეტონის წარმოებისას დანახარჯები შემდეგნაირად გამოიყურება; პორტლანდცემენტი-7,63, ბიტუმი-0,62, ღორდი-0,062, სილა-0,016, მინერალური ფხვნილი-0,6. ანგარიშების მიხედვით 1 კმ სიგრძისა და 7 მეტრ სიგანის საავტომობილო გზის ასფალტბეტონის საფარით მოწყობისას იხარჯება 125 გ.ჯოულ ენერგია, იმავე პარამეტრების გზის საფარისთვის მასალების წარმოებაზე და ტრანსპორტირებაზე კი 680 გ.ჯოულ ენერგია. 15⁰c გარე ტემპერატურის პირობებში ნარევის მომზადებისათვის საჭირო ტემპერატურამდე გათბობისათვის საჭიროა 2,5 გ.ჯოულ ენერგია. ღორდის ტექნოლოგიის მიხედვით საჭირო 160⁰c ტემპერატურამდე გახიურებაზე იხარჯება 150 გ.ჯოულ ენერგია. 25-50 ტ/სთ მოცულობის ასფალტბეტონის ნარევის მწარმოებლობის მქონე საშრობი დოლის მუშაობისას ენერგიის ხარჯი შეადგენს 250-300 კვ/სთ. ელ.ძრავის დადგმული სიმძლავრე 60-11 კვტ-ია. ზოგადად მინერალური მასალებს საშრობ დოლში გათბობაზე და შრობაზე ენერგიის ხარჯი მასალის საერთო მასის 0,8-1,2%-ს შეადგენს. ასფალტბეტონის საფარის მომზადებაზე ენერგო დანახარჯები იყოფიან დანიშნულების მიხედვით: ბიტუმის შენახვაზე და მომზადებაზე 0,007 გ.ჯოულ/ტ-ზე. ქარხნის შიგნით მინერალური ინერტული მასალის ტრანსპორტირებაზე 0,005 გ.ჯოულ/ტ-ზე. საშრობი დოლის მუშაობაზე 0,005 გ.ჯოულ/ტ-ზე. შემრევი დოლის მუშაობაზე 0,021 გ.ჯოულ/ტ-ზე. 1600 ტონა ასფალტბეტონის ნარევის მომზადებაზე საშუალოდ იხარჯება 57-60 გ.ჯოულ ენერგია. ასფალტბეტონის საფარის ადგილამდე 20-25 კმ მანძილზე საშუალოდ ტრანსპორტირებაზე შეადგენს 0,07-0,1 გ.ჯოულ/ტ-ზე. 1 კვ.მ ფართობზე ნარევის დაგებაზე იხარჯება 0,125-0,170 გ.ჯოულ ენერგია. ანალიზი აჩვენებს რომ ნარევის მომზადება გადტანაზე იხარჯება საერთო დანახარჯების 25-30%, მზა მასალის ობიექტამდე ტრანსპორტირებაზე საერთო დანახარჯების 10-15%. ასფალტბეტონის ნარევის მომზადებაზე იხარჯება მოხმარებული ენერგიის 40-45%, უშუალოდ დატეკანის პროცესზე კი 5% ენერგია მოდის. არსებული მონაცემების ანალიზი იძლევა ასფალტბეტონის საფარის მოწყობისას, ენერგიის დაზოგვის გზების გამოძებნის საშუალებას. საერთო პროცესიდან ის ენერგო დანახარჯების შემცირების მნიშვნელოვანი მიმართულებები უნდა განვიხილოთ იმ სტადიებზე სადაც ენერგიის ხარჯვის მეტი წილი მოდის, აქ მნიშვნელოვანია ასფალტბეტონის ნარევის მომზადების პროცესი, ახალი თანამედროვე მოწყობილობები იძლევიან ნარევის მომზადებისას ენერგიის მნიშვნელოვნად შემცირების შესაძლებლობებს, ადგილობრივი ახლო მდებარე კარიერებზე მასალის დაძიება და მათი გამოყენება ენერგო დანახარჯების შემცირების საუკეთესო საშუალებაა. მაგრამ ენერგო დანახარჯების შემცირების ყველაზე ეფექტური საშუალება, საფარის დაგებისას ინოვაციური ტექნოლოგიების და თანამედროვე ახალი ტექნიკური საშუალებების მაქსიმალური გამოყენებაა, რათა მნიშვნელოვნად გაიზარდოს საფარის მოწყობის ხარისხი, მისი ხანგრძლივობის გაზრდის მიზნით. ამისათვის პროექტირების სტადიაზევე სწორად უნდა იქნას



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



განსახდრული გზის მზიდი ფენები, ადგილობრივი სპეციფიკის, კლიმატური პირობების, გრუნტის წყლების მდგომარეობის, მაქსიმალურად გათვალისწინებით. ასფალტბეტონის გზის რეკონსტრუქციის ან კაპიტალური რემონტისას, საფარის მოწყობის ენერგო დანახარჯების შემცირების მიზნით, გზიდან აღებული ასფალტბეტონის მასალის მეორადი გამოყენების შესაძლებლობები მაქსიმალურად უნდა იქნას გათვალისწინებული. საყურადღებოა ენერგო დანახარჯების შემცირების კიდე ერთი მნიშვნელოვანი მიმართულების გათვალისწინება, ენერგო დანახარჯების ხვედრითი წილი მოდის ასფალტბეტონის საფარის ადგილამდე ტრანსპორტირებაზე, აქ არსებობს მობილური ასფალტბეტონის ქარხნების ან თანამედროვე ახალი ტიპის დიდ ტევადობის სატრანსპორტო საშუალებების გამოყენების შესაძლებლობები, ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია როცა გზების მშენებლობა წარმოებს მთიანი რელიეფის პირობებში სადაც ტრანსპორტირებაზე მნიშვნელოვნად იზრდება ენერგო დანახარჯების მაჩვენებლები. აღნიშნული მიმართულებებით ენერჯის დაზოგვის მიზნით სწორი გადაწყვეტილების მიღება იძლევა ენერგო დანახარჯების 15-25%-ით შემცირების საშუალებას. ამით კი მნიშვნელოვნად იზოგება რესურსები, მცირდება გარემოზე ნეგატიური ზემოქმედების საფრთხეები, და მნიშვნელოვნად მცირდება ფინანსური დანახარჯები ხარისხის შენარჩუნების და რიგ შემთხვევაში გაზრდის პირობებშიც.

ლიტერატურა

1. Аринушкина Наталья Сергеевна. Усовершенствование технологии устройство асфальтобетонных покрытий [Всестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета](#). Строительное и дорожное машиностроение ст. 30-2005, ст 45.-67
 2. Зубков А.Ф. Технология устройства дорожных покрытий с учетом температурных режимов асфальтобетонных смесей. Тамбов, 2006. ст 27-32

ROADS CONSTRUCTION OF ENERGY COST-REDUCTION OPPORTUNITIES

M. Baratashvili

Akaki Tsereteli State University

Summary

Asphalt roads requires a large amount of energy. Large energy is needed, both in the production, transportation and the construction stage. A large share of energy consumption, material production and asphalt Satsire training. It is important to asphalt paving process. Separate analysis of the process makes icrpossible to reduce energy costs. At this time it is important to maintain the quality and increase their environmental impact.

წნევის ძვეუ მომუშავე გზის რეზერვუარის ფიზიკური ავთქების ენერგია

ანანიაშვილი მ.

ვისოლ პეტროლიუმ ჯორჯია

ნაშრომში წარმოდგენილია დაწნეხილი ბუნებრივი გზის რეზერვუარის ფიზიკური ავთქების ენერჯის თეორიული სიდიდის გამოსათვლელი რამდენიმე მეთოდი. წარმოდგენილია ამ მეთოდების შედარებითი მონაცემები. ზოგადად, განხილულია ფიზიკური ავთქების დარტყმითი ტალღის დესტრუქციული ზემოქმედება ადამიანსა და გარემოზე. მოცემულია წნევის ქვეშ მომუშავე ჭურჭლის ფიზიკური ავთქების ფეთქებადი ნივთიერების ექვივალენტური მასების დასაანგარიშებელი ფორმულა და მაგალითი.

ზოგიერთი შეფასებით, საქართველოში დაწნეხილ ბუნებრივ გაზზე გადაწყობილი ავტომობილების რიცხვი 250 ათასს აჭარბებს [1].

თბილისში, რამოდენიმე გაზსავსებ საკომპრესორო სადგურზე ავტომობილებზე



სანგრძლივი დაკვირვების შედეგებმა ცხადჰყო, რომ გაზზე მომუშავე დაახლოებით ყოველ 10 ათას ავტომობილზე მოდის ერთი ავტომობილი, რომლის გაზბალონიანი მოწყობილობა აღჭურვილია ავარიულად დამცლელი სარქველით (PRD - Pressure Relief Device). ავარიულად დამცლელი სარქველები საავტომობილო გაზ-ბალონიანი სისტემის უსაფრთხოების უმნიშვნელოვანეს ნაწილს წარმოადგენს [2].

წნევის ქვეშ მომუშავე ჭურჭლის სწორ გამოყენებაზე კონტროლის არარსებობა მკვეთრად ზრდის ასეთი ბალონების გასკდომის საფრთხეს.

წნევის ქვეშ მომუშავე ბალონის გასკდომა წარმოადგენს ფიზიკურ აფეთქებას. გასკდომის შედეგად გათავისუფლებული გაზის გაფართოება მყისიერად მიმდინარეობს და ეს მოძრაობა დარტყმით ტალღას წარმოქმნის. დარტყმითი ტალღა წარმოადგენს ჰაერის მოძრავე უბანს, რომელშიც ნახტომისებურად იცვლება ჰაერის სიმკვრივე, წნევა და მოძრაობის სიჩქარე. დარტყმითი ტალღის ფრონტზე ჭარბი წნევის სიდიდე განსაზღვრავს ტალღის სიმძლავრეს. გაგრძელებისას დარტყმითი ტალღა დესტრუქციულ ზემოქმედებას ახდენს ადამიანის ორგანიზმსა და შენობა-ნაგებობებზე. აფეთქების სიმძლავრე იზომება ქიმიური ფეთქებადი ნივთიერების ექვივალენტური მასის გამოყენებით. ასეთ ფეთქებად ნივთიერებას, როგორც წესი, წარმოადგენს ტროტილი, რომლის აფეთქების ენერგია 4.184 მეგჯ/კგ-ია [3]. ჭურჭლიდან გათავისუფლებული დაწნეხილი გაზი გაფართოებისას ასრულებს სამუშაოს, რომლის გამოთვლის რამდენიმე მეთოდი არსებობს. სიმბოლოებით P_1 და P_2 აღნიშნულია, შესაბამისად, ჭურჭელში საწყისი და საბოლოო წნევა (მეგპა); V აღნიშნავს ავზში გაზის მოცულობას, მ³; V_{II} არის 1 კილომლ-ი გაზის მოცულობა ნორმალურ პირობებში, 0.022414 მ³; k არის ადიაბატური კონსტანტა, რომელიც უდრის 1.27-ს ბუნებრივი გაზისთვის¹; R - აირის მუდმივია, 8.314 ჯ/(მოლი \cdot კ); T_1 გარემოს ტემპერატურაა გრადუსებში კელვინის სკალით; E' - გასკდომისას გათავისუფლებული ენერგია, მეგჯ.

ა. ადიაბატური გაფართოების მეთოდი:

$$E = \frac{P_1 V}{k-1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]$$

ბ. იზოთერმული გაფართოების მეთოდი [4]:

$$E = RT_1 \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right) = P_1 V \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

გ. ბროუდის მეთოდი (H.L. Brode, 1959), [4]:

$$E = \frac{(P_1 - P_2)V}{k-1}$$

დ. ქროულის ანალიზის შედეგად მიღებული თერმოდინამიკური განტოლება (D.A. Crowl, 1992), [5]:

$$E = P_1 V \left[\ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right) - \left(1 - \frac{P_2}{P_1} \right) \right]$$

1.5 ფრიუს მეთოდი (R. W. Prugh, 1991), [6]:

$$E = \frac{V}{V_0} \frac{P_1 T_1}{P_0 T_2} RT_2 \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

მოცემულ განტოლებაში მეგპა-ის ერთეულში შედეგის მისაღებად გამოიყენება

¹ ინფორმაციის წყაროდ აღებულია ტექნიკურ მონაცემთა ინტერნეტ ბაზა Engineering ToolBox, http://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-gases-d_159.html



0.000008314 მეგჯ/(მოლი·K), რომელიც წარმოადგენს $8.314 \frac{ჯ}{(მოლი \cdot K)} \cdot 10^{-6}$ სიდიდეს. P_1 აღნიშნავს გარემოს წნევას ნორმალურ პირობებში, მეგპა. P_2 დაწნეხილი გაზის ტემპერატურაა.

1.6 ქინის მეთოდი (G.F. Kinney) [7]:

$$E = nRT \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

სადაც, n აღნიშნავს გაზის მოლეკულების რიცხვს. ამ განტოლებაშიც, ისევე, როგორც წინა შემთხვევაში მეგპა-ის ერთეულში შედეგის მისაღებად გამოიყენება სიდიდე 0.000008314 მეგჯ/(მოლი·K).

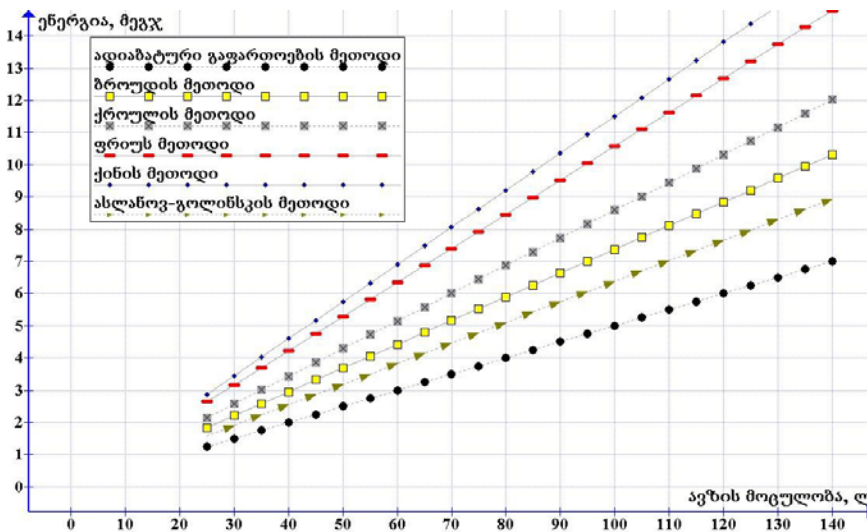
1.7 ასლანოვი - გოლინსკის მეთოდი (Aslanov, S.K.,- Golinsky, O.S) [7]:

$$E = \frac{P_1 V_1^{k_1} - P_2 V_2^{k_1}}{k_1} + \frac{P_2 V_2^{k_2} - P_1 V_1^{k_2}}{k_2}$$

განტოლებაში V_1 აღნიშნავს გაზის საბოლოო მოცულობას. k_1 არის გაზის ადიაბატური მუდმივა საწყის პირობებში.

პრაქტიკაში დაწნეხილი გაზის პოტენციური ენერჯიის მხოლოდ 60% იხარჯება დარტყმითი ტალღის წარმოქმნაზე. დანარჩენი 40% ავზის გარსის ნამსხვრევების კინეტიკურ ენერჯიად გარდაიქმნება [8].

ზემოთ მოცემული განტოლებების გამოყენებით მიღებული შედეგი გამოსახულია გრაფაზე 2.0, საიდანაც ჩანს, რომ ქინის მეთოდის გამოყენებით ყველაზე მაღალი შედეგები მიიღება. ასლანოვი-გოლინსკის განტოლებით გაანგარიშებებში გამოყენებულია მეთანის ადიაბატური კონსტანტა 1.31 ნორმალურ პირობებში და 1.96 გარემოს ტემპერატურასა და 20მეგპა წნევის პირობებში².



ჭურჭლის აფეთქების საერთო ენერჯია, ძირითადად, გარდაიქმნება ნამსხვრევების კინეტიკურ და დარტყმითი ტალღის ენერჯიებად. მაგალითად, რუსეთის ფედერაციაში 1988 წელს მოხდა 5.25მ რადიუსის მქონე სფეროსებრი გაზგოდდერის (აირების შესანა-

² ინფორმაციის წყაროდ აღებულია მეთანის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების ონლაინ კალკულატორი peace software. http://www.peacesoftware.de/einigewerte/methan_e.html



ხი რეზერვუარი) აფეთქება. გაზგოლდერი დამზადებული იყო ფოლადისგან და მისი კედლის სისქე შეადგენდა 16მმ-ს. გაზგოლდერი გათვლილი იყო 0.8მეგაპა სამუშაო წნევაზე დაწნეხილი ჰაერის შენახვისთვის, მაგრამ კომპრესორის ტექნიკური გაუმართაობის გამო წნევა გაიზარდა 2.3მეგაპა-მდე. გაზგოლდერზე არ იყო დამონტაჟებული ავარიულად დამცველი სარქველი. აფეთქების შედეგად დაიმსხვა 1000-1500 მეტრის მანძილზე მდებარე შენობების ფანჯრები სრულად, 2500 მეტრის მანძილზე კი ფანჯრების 10%. 300 მეტრის მანძილზე დანგრეულია ნაკლებად მტკიცე სამშენებლო კონსტრუქციები და გამოვარდილია საკარე ბუდეები. 225 მეტრის მანძილზე გაზგოლდერის კედლის ნამსხვრევებით დანგრეულია რკინა ბეტონის კოლონები. 230 მეტრის მანძილზე გატყორცნილი იყო დაახლოებით 20კგ მასის გაზგოლდერის ნამსხვრევი [8]. შეიძლება გამოვთვალოთ აფეთქების სიმძლავრე ტროტილის ექვივალენტით. ავზის სფეროსებური ფორმის რადიუსის გათვალისწინებით, მოცულობა ტოლია:

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \pi (1.7)^3 = 604.3 \text{ მ}^3$$

1.3 განტოლებაში გაზგოლდერში საწყისი (2.3მეგაპა) და საბოლოო (0.101მეგაპა) წნევის და ჰაერის ადიაბატური კონსტატის (1.40) ჩასმით მიიღება:

$$E = \frac{(2.3 - 0.101) \cdot 604.3}{1.4 - 1} = 3722 \text{ მეგჯ}$$

მიღებული მნიშვნელობის 1კგ ტროტილის აფეთქების ენერჯიასთან შეფარდებით მიიღება მოცემული აფეთქების ტროტილის ექვივალენტი:

$$E_q = \frac{E}{E_{TNT}} = \frac{3722}{4.74} = 794 \text{ კგ ტროტილი.}$$

ცილინდრული ფორმის ჭურჭლის გასკდომისას, უმრავლეს შემთხვევაში, ნამსხვრევების დიდი ნაწილი ბალონის გრძივი განლაგების მიმართულებით იფანტება [9].

დაწნეხილი გაზის რეზერვუარის გასკდომისას წარმოქმნილი დარტყმითი ტალღის ფრონტში ჭარბი წნევის მნიშვნელობა შეიძლება გამოითვალოს მ.ა. სადოვსკის განტოლებით [10]:

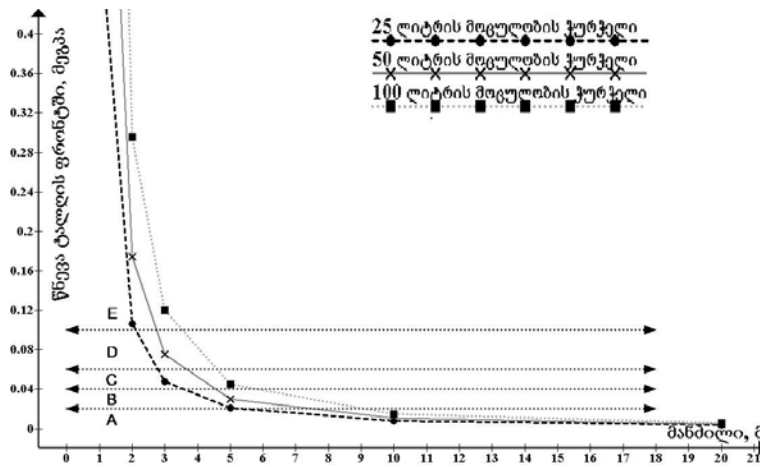
$$P = 0.015 \sqrt{\frac{1.6 E_q}{R}} = 0.39 \sqrt{\frac{1.6 E_q}{R}} + \frac{0.6 E_q}{R^2}$$

1.9 სადაც, P - აღნიშნავს ჭარბ წნევას ტალღის ფრონტში, მეგაპა. E_q არის აფეთქების ტროტილის ექვივალენტი, კგ. R - მანძილი აფეთქების ეპიცენტრიდან, მ. კოეფიციენტი 0.6 წარმოადგენს საერთო გათავისუფლებული ენერჯიის იმ ნაწილს, რომელიც იხარჯება დარტყმითი ტალღის წარმოქმნაზე. წნევის ქვეშ მომუშავე ჭურჭლის აფეთქების დაანგარიშების პირდაპირი ტროტილის ექვივალენტის მეთოდი აფეთქების ცენტრიდან ახლო მანძილის არეში მართებულ შედეგებს არ იძლევა, რადგან ფეთქებადი ნივთიერებებისგან განსხვავებით, რეზერვუარი დარტყმითი ტალღის წერტილოვან წყაროს არ წარმოადგენს. ტალღის ფრონტში ჭარბი წნევის ზუსტი დააგარიშებისთვის, გამოიყენება უფრო რთული, მრავალეტაპიანი გამოთვლები [11].

გრაფაზე (2.1) მოცემულია 25, 50 და 100 ლიტრის მოცულობის ავზის გასკდომისას დარტყმითი ტალღის ფრონტში ჭარბი წნევა, რომელიც დაანგარიშებულია 1.9 ფორმულის გამოყენებით. უბნები A,B,C,D,E აღნიშნავს სხვადასხვა ფიზიკური მასალის მედეგობასა და ადამიანის ორგანიზმის მგრძობელობას მოცემული ტალღის წნევის ზემოქმედების მიმართ [12]. დაბალი ჭარბი წნევის პირობებში შენობების დანგრეული მასალით (მაგ., ფანჯრის მინის ნატყეხები) დაზიანების რადიუსმა შეიძლება გადააჭარბოს დარ-



ტყემათი ტალღით დაზიანების რადიუსს.



15. უბანი A მოიცავს 0 - 0.02მეგაპა წნევის დიაპაზონს. მოცემული წნევის ზემოქმედება ადამიანისთვის არ არის საშიში. ფანჯრის მინა იმსხვრევა, შესაძლოა, მოხდეს ადამიანის მფრინავი მინის ნატეხებით დაზიანება.
16. უბანი B მოიცავს 0.02 - 0.04მეგაპა წნევის დიაპაზონს. მნიშვნელოვნად ზიანდება შენობები. ადამიანი მძიმე დაზიანებას იღებს. ზოგიერთ შემთხვევაში შესაძლოა ლეტალური შედეგიც მოჰყვეს. შეიმჩნევა ყურებში ხმაურის ეფექტი. ადამიანთა 1%-ში ფიქსირდება დაფის აპკის გასკდომა. საინჟინრო კომუნიკაციები სრულად ინგრევა.
17. უბანი C მოიცავს 0.04 - 0.06მეგაპა წნევის დიაპაზონს. შენობების უმეტესობა ინგრევა. ინგრევა, აგრეთვე გაზსადენებიც. ადამიანი ძალიან მძიმე ტრავმებს იღებს.
18. უბანი D მოიცავს 0.06 - 0.1მეგაპა წნევის დიაპაზონს. ადამიანისთვის ლეტალური შედეგის გამოვლენა ხშირია. ძლიერად ზიანდება რკინაბეტონის შენობა-ნაგებობები.
19. უბანი E მოიცავს > 0.1მეგაპა წნევის დიაპაზონს. ადამიანისთვის ლეტალური შედეგი 99%-ს შეადგენს.

გრაფაზე ჩანს, აგრეთვე, რომ 25 ლიტრის მოცულობის ჭურჭლის გასკდომისას დარტყმით ტალღას 2 მ რადიუსში სასიკვდილო ზიანის მიყენება შეუძლია ადამიანის ორგანიზმისთვის, მაშინ, როცა 5 მ მანძილზე ტალღის ზემოქმედება უსაფრთხოა. ეს ფაქტი, თავის მხრივ, წნევის ქვეშ მომუშავე ობიექტების მომსახურე პერსონალის სწავლების აუცილებლობაზე მიუთითებს.

კიდევ უფრო დიდ საშიშროებას წარმოადგენს გათავისუფლებული საწვავი გაზების ჰაერთან წარმოქმნილი ფეთქებადი ნარევეები, რადგან ამ დროს წნევის ქვეშ მომუშავე რეზერვუარის გასკდომასთან ერთად შეიძლება თითქმის ერთდროულად მოხდეს ჰაერ-საწვავის ქიმიური აფეთქებაც. ასეთ შემთხვევაში ნგრევის მასშტაბების პროგნოზირება შესაძლებელი ხდება წნევის ქვეშ მომუშავე ჭურჭლის ფიზიკური ენერჯისა და გათავისუფლებული გაზის ქიმიური აფეთქების ენერჯის შეჯამებით [8].

ამრიგად, წნევის ქვეშ მომუშავე ჭურჭელთან დაკავშირებული ავარიის რისკის პროგნოზირება გვაძლევს საშუალებას, მეტად უსაფრთხო გავხადოთ ამ ჭურჭლის ექსპლუატაცია, როგორც მომსახურე ტექნიკური პერსონალისთვის, ისე გარემოსთვის.

ლიტერატურა:

1. ანანიაშვილი, გ. საავტომობილო ბუნებრივი გაზის ბალონები: განვითარების ისტორია, კლასიფიკაცია და სამომავლო პერსპექტივები// ენერჯია. თბილისი, 2014. 4 (72), გვ. 37-40.



2. ანანიაშვილი, გ., საავტომობილო ბუნებრივი გაზი: საქართველო და მსოფლიო// ენერჯია. თბილისი, 2014. 4 (72). გვ. 31-36.
3. Annamalai, K., Puri, I.K., Jog, M.A. Advanced Thermodynamics Engineering, Second Edition. CRC Press. Boca Raton, Florida, 2011. pp. 1142.
4. Crowl, D. A., Understanding Explosions, American Institute of Chemical Engineers, New York, 2003. pp. 220.
5. Crowl, D. A., Calculating the Energy of Explosion Using Thermodynamic Availability// Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Amsterdam, 1992. pp. 109-118.
6. Bubbico, R., Mazzarotta, B. Analysis and Comparison of Calculation Methods for Physical Explosions of Compressed Gases// The Italian Association of Chemical Engineering. AIDIC Conference Series, Rome, 2013. pp. 81-90.
7. Paulsen SS. Pressure Systems Stored-Energy Threshold Risk Analysis. Pacific Northwest National Laboratory. Richland, WA. 2009. pp. 38.
8. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. Химия. Москва, 1991. - 432 с.
9. Baker, W. E., Kulesz, J. J., Ricker, R. E., Parr, V. B., Oldham, G. A., Workbook for Predicting Pressure Wave and Fragment Effects of Exploding Propellant Tanks and Gas Storage Vessels. NASA. Southwest Research Inst.; San Antonio, TX. 1975. pp. 561.
10. Лопанов А.Н., Хомченко Ю.В., Пожаровзрывозащита: методические указания к выполнению лабораторных работ. Белгород, 2012. - 44 с.
11. American Institute of Chemical Engineers., Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis. John Wiley & Sons. NY, 2000. pp.748.
12. Гамера, Ю.В., Овчаров, С.В., Модель образования и распространения первичной воздушной ударной волны при аварии оборудования, находящегося под высоким давлением// Безопасность труда в промышленности. Москва, 2012. 74-78 с.

ENERGY RELEASED FROM THE PHYSICAL EXPLOSION OF GAS TANKS OPERATING UNDER PRESSURE.

Ananiashvili G.,
 Wissol Petroleum Georgia.
 Summary

The article discusses risks associated with incorrect exploitation of storage tanks for compressed natural gas for vehicles that are being used nowadays in Georgia and many other countries in the world. The theoretical energy released when such tanks are accidentally damaged is evaluated. Several methods for calculating the above noted energy are provided.

წნევისმაგვარი ნამზადების დასამუშავებელი ავტომობილის ენერგოეფექტიანობა

სახანაპრიძე ნ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში წარმოდგენილი მასალა ეხება წნევისმაგვარი ნამზადების დასამუშავებელი ავტომობილის წარმადობის გაზრდით ენერგოდანახარჯებზე მიღებულ ეფექტს

წარმოებაში ენერგომომარაგების პოტენციალის 2/3 ზე მეტი იმყოფება ენერგომომცულობითი დარგების მოხმარების სფეროებში, კერძოდ მძიმე, ქიმიურ, სამშენებლო, მსუბუქ და ა.შ. წარმოებებში. აღნიშნულ დარგებში ენერჯის ეკონომიის მნიშვნელოვანი რეზერვების არსებობა, რიგ სხვა მიზეზებთან ერთად, განპირობებულია ტექნოლოგიური პროცესებისა და მოწყობილობების არასრულყოფით, ასევე ახალი ენერჯო კვების სქემების, ენერჯოლაზოგვისა და უნარჩენო ტექნოლოგიების დანერგვის არასაკმარისობით.

მძიმე მრეწველობაში მექანიკური დამუშავების მუშა პროცესი, როგორც წესი ხორციელდება ტექნოლოგიური სისტემის მანქანა-სამარჯვი –იარაღი-დეტალი მეშვეობით, ამიტომ მისი ეფექტიანობის კრიტერიუმები დამოკიდებულია იარაღის, სამარჯვისა და



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მანქანის მახასიათებლებისაგან, ანუ მთლიანად ტექნოლოგიური სისტემის სრულყოფის ხარისხისაგან.

ზოგადად, მიზნობრივი მუშა პროცესის შესრულების შეფასების ძირითად კრიტერიუმებად [1] გვევლინებიან: წარმადობა, ტექნოლოგიური თვითღირებულება, დამუშავების მისაღწევი სიზუსტე და ხარისხი. აღნიშნულთან ერთად მიზნობრივი მუშა პროცესი უნდა ხასიათდებოდეს:

1. ნამზადებისა და დეტალების დამუშავებული ზედაპირების სიზუსტისა და ხარისხის მიღების საიმედოობით და სტაბილურობით;
2. დამზადების პროცესისა და სისტემის: მანქანა-სამარჯჯო-იარაღი-დეტალი უნივერსალურობითა და მოქნილობით;
3. პროცესის ავტომატიზაციის განხორციელების სიმარტივით;
4. პროცესის კონტროლის შესაძლებლობით დიდი დანახარჯების გარეშე;
5. მომსახურე პერსონალის კეთილმოწყობილი შრომის პირობებით.

ეფექტიანი იარაღის, მოწყობილობის და ღჭურვილობის შექმნა, რომელიც ზრდის დამუშავების წარმადობას და იძლევა მასალის და ენერჯის ეკონომიის საშუალებას, ასევე მიეკუთვნება მუშა პროცესის ეფექტიანობის გაზრდის საშუალებას.

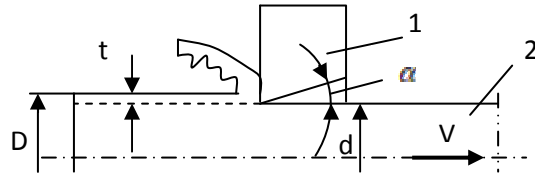
წნელისმაგვარი ნამზადების გარე ზედაპირების დასამუშავებელ ავტომატში [1,2], რომელზედაც დამუშავება ხორციელდება კონტურული იარაღებით, ჩადებულია მუშა პროცესის ეფექტიანობისათვის დამახასიათებელი ზემოთ ჩამოთვლილი ყველა პარამეტრი. აღნიშნულ ავტომატზე ხორციელდება ნამზადის გამოწვევა კონტურულ იარაღში, ცილინდრული, შლიცური, მრავალკუთხედი და სხვა სახის პროფილებით (ნახ.1).

ჭრის პროცესის კინემატიკა ავტომატზე განსხვავდება მისი პროტოტიპებისაგან (უცენტრო სახარატო ჩარხები). მასზე დამუშავებისას წნელისმაგვარი ნამზადი გადაადგილდება ღერძის გასწვრივ მჭრელ იარაღში, რომელიც უძრავ მდგომარეობაშია. დამუშავების დიამეტრალური სიზუსტე დამოკიდებულია კონტურული იარაღის პროფილის სიზუსტისაგან. დამუშავების სისუფთავე კი წარმოქმნილი ბურბუშელის სახისაგან, რომელიც თავის მხრივ დამოკიდებულია ჭრის რეჟიმების, მოსახსნელი ფენის პარამეტრებისა და დამუშავების პირობებისაგან. ბურბუშელის ყველაზე მისაღებ ფორმას, პროცესისათვის დამახასიათებელი ბურბუშელის სახეებიდან, წარმოადგენს ლენტისმაგვარი ბურბუშელა [3], რომლის დროსაც დამუშავებული ზედაპირის სისუფთავე $R_a=1.25 \pm 0.63$ მკმ-ს. დნიშნული ჭრის სქემით მუშაობისას იარაღის მიერ გავლელი მანძილი დასამუშავებელი ნამზადის სიგრძის, ხოლო მოსახსნელი ფენის სიგანე დასამუშავებელი პროფილის სიგრძის ტოლია, ამიტომ უცენტრო სახარატო ჩარხებთან შედარებით ავტომატზე სხვადასხვა მასალების დამუშავებისას ადგილი აქვს ტექნოლოგიური წარმადობის მნიშვნელოვან ზრდას [1]. ასე, მაგალითად P6M5 საიარაღო სწრაფმჭრელი ფოლადისაგან დამზადებული იარაღით $\Delta X15$ მარკის 80-100 მმ-ის დიამეტრის ფოლადის ნაგლინის დამუშავებისას წარმადობა იზრდება $2 \div 8$ ჯერ; 30-50 მმ-დე $\Delta H4375$ მხურვალ-მტკიცე შენადნობის ნამზადების დამუშავებისას – $5 \div 6$ ჯერ, ხოლო 20 მმ დიამეტრის BT 1-0 ტიტანის შენადნობის წნელისმაგვარი ნამზადების დამუშავებისას $8 \div 10$ ჯერ.

დამუშავების მაღალი წარმადობა იძლევა შედარებით დაბალი ჭრის სინქარეებით მუშაობის შესაძლებლობას, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის მჭრელი იარაღის მედეგობას და საშუალებას იძლევა ზოგიერთი მასალების დამუშავებისას (BT00, BT1-0, NT-17, $\Delta H4375$, $\Delta X15$ და სხვა) საიარაღო მასალად ლითონკერამიკული სალი შენადნობის ნაცვლად გამოყენებული იქნას შედარებით (3-ჯერ) იაფად ღირებული სწრაფმჭრელი ფოლადი P6M5. ასეთი საიარაღო მასალის გამოყენებისას ჭრის ტემპერატურა იმყოფება საიარა-



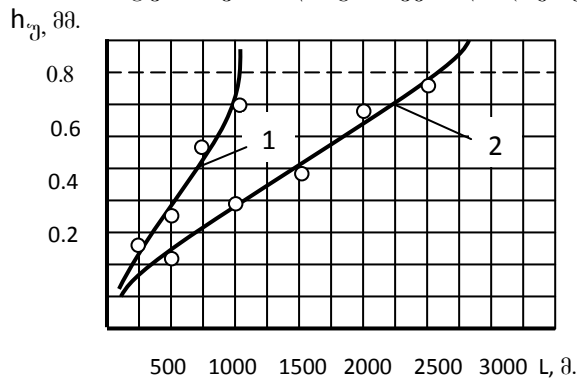
ლო მასალისათვის დასაშვებ წითელმედებობის ზღვრებში.



ნახ.1. კონტურულ იარაღში ნამზადის გამოწვევის სქემა: 1-იარაღი; 2-ნამზადი

აღნიშნულის საილუსტრაციოდ ნახ. 2-ზე წარმოდგენილია კონტურული იარაღის ცვეთის, გავლილი მანძილისაგან დამოკიდებულების გრაფიკი, როდესაც ცვეთის კრიტერიუმად მიღებულია ცვეთა უკანა ზედაპირზე $h_{\text{უ}} = 0.8$ მმ.

ზემოთხსენებულ ავტომატზე დამუშავების ერთი დიამეტრიდან სხვა დიამეტრზე გადასასვლელად საკმარისია მხოლოდ მჭრელი იარაღისა და სატაცის მუშტების შეცვლა. მნიშვნელოვნად გამარტივებულია ავტომატის მომსახურეობა [2]. იგი შემოიფარგლება ნამზადების მაღაზიაში ჩატვირთვით და გამშვებ ღილაკზე თითის დაჭერით.



ნახ.2. $L = f(h_{\text{უ}})$ დამოკიდებულების გრაფიკი 20 მმ. დიამეტრის წნელის დამუშავებისას P6M5 სწრაფმჭრელი ფოლადის კონტურული იარაღით, როცა $a = 1$ მმ., $v = 10$ მ/წთ. დასამუშავებელი მასალა: 1-3H437E, 2-BT 1-0. იარაღის გეომეტრია: $\alpha = 2^\circ$, $\gamma = 0^\circ$.

ავტომატზე დამუშავების წარმადობის ზრდა და შედარებით იაფი საიარაღო მასალის გამოყენების შესაძლებლობა საშუალებას იძლევა ერთი ავტომატით შეცვლილი იქნას წარმადობის ზრდის შესაბამისი უცენტრო სახარატო ჩარხების რაოდენობა და შემცირებული იქნას დანახარჯები ხელფასზე, მჭრელ იარაღზე, საამორტიზაციო ანარჩებებზე და ელექტროენერგიაზე.

ელექტროენერგიის წლიური დანახარჯები სპეციალურ ავტომატზე და მის კონკურენტ უცენტრო სახარატო ჩარხზე ერთი და იგივე პარამეტრების მქონე ნამზადების დამუშავებისას შესაძლებელია განისაზღვროს ფორმულით

$$E = F \times C \times N \times K \times n \quad \text{[ლარი]} \quad (1)$$

სადაც: $F = 3901$ – მოწიობილობის მუშაობის წლიური დროის ფონდია, [სთ];

$C = 0.16$ – 1 კვტ.სთ ელექტროენერგიის ღირებულება [ლარი];

N – ჩარხის ელექტროძრავის ჯამური სიმძლავრე [კვტ];

$K = 0.85$ – მოწიობილობის დატვირთვის კოეფიციენტი;

n – სპეციალური ავტომატის წლიური პროგრამის შესრულებისათვის საჭირო უცენტრო სახარატო ჩარხების



რაოდენობა, [ცალი].

უცენტრო სახარატო ჩარხზე გამოყენებული ელექტროძრავის ჯამური სიმძლავრე შეადგენს 56, ხოლო სპეციალურ ავტომატზე – 100 კილოვატს.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ერთმა ავტომატმა შესაძლებელია შეცვალოს წარმადობის ზრდის შესაბამისი უცენტრო სახარატო ჩარხების გარკვეული რაოდენობა. სხვა თანაბარი პირობების შემთხვევაში წლიური პროგრამის შესრულებისათვის უცენტრო სახარატო ჩარხებზე დახარჯული ელექტროენერგიის ჯამური სიმძლავრე ტოლია $N_1 \times n$ კვტ., ხოლო სპეციალურ ავტომატზე კი – $N_2 = 100$ კვტ., შესაბამისად, სპეციალური ავტომატის წარმადობის მაგალითად 5 ჯერ გაზრდის შემთხვევაში ელექტროენერგიაზე წლიური დანახარჯები:

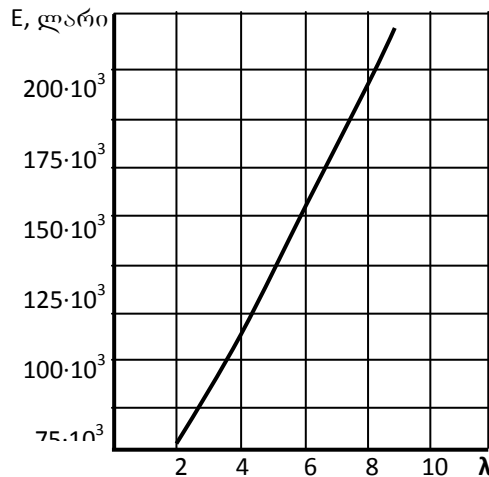
$$E_1 = F \times C \times N_1 \times K \times n = 3901 \times 0.16 \times 56 \times 0.85 \times 5 = 148550 \text{ ლარი;}$$

$$E_2 = F \times C \times N_2 \times K \times n = 3901 \times 0.16 \times 100 \times 0.85 \times 1 = 53053 \text{ ლარი;}$$

ელექტროენერგიაზე წლიური დანახოვი კი

$$E = E_1 - E_2 = 14855 - 53053 = 95497 \text{ ლარი.}$$

ნახაზზე 3 წარმოდგენილია უცენტრო სახარატო ჩარხების სპეციალური ავტომატით ჩანაცვლებისას ელექტროენერგიის წლიური დანახოვის E, წარმადობის ზრდისაგან λ დამოკიდებულების გრაფიკი.



ნახ.3. $E = f(\lambda)$ დამოკიდებულების გრაფიკი უცენტრო სახარატო ჩარხების

სპეციალური ავტომატით ჩანაცვლებისას

ძირითადი დასკვნები

1. სპეციალურ ავტომატზე კონტურული იარაღით სხვადასხვა კონსტრუქციული პარამეტრებისა და მასალების წნეღისმაგვარი ნამზადების დამუშავებისას, მოსახსნელი ფენის სიგანის გაზრდით და იარაღის მიერ გავლილი მანძილის შემცირებით, მის პროტოტიპთან შედარებით მიიღწევა ტექნოლოგიური წარმადობის $2 \div 10$ ზრდა;
2. წარმადობის ზრდა პროპორციულად უზრუნველყოფს ელექტროენერგიის წლიური დანახარჯების შემცირებას.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Т.Н. Лолодзе. Основные вопросы оптимизации технологии машиностроительного производства. Изд-во "Сабчота сакартველო". Тбилиси- 1987. 248с.



2. ნ. სახანბერიძე. წნეღისმაგვარი ნამზადების დასამუშავებელი ავტომატი. პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი “ნოვაცია” №15. ქუთაისი-2015. გვ.62-68.
3. ნ. სახანბერიძე. ბურბუშელის წარმოქმნის თავისებურებანი კონტურული იარაღებით დამუშავებისას. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ინტერნეტ კონფერენცია “ინოვაციური პროცესები და ტექნოლოგიები”. შრომათა კრებული. ქუთაისი, 2011. გვ.95-100.

ENERGY-EFFICIENCY OF AUTOMATIC MACHINE FOR MACHINING ROD-SHAPED BILLET.

Sakhanberidze N.,
Akaki Tsereteli State University.
Summary

The paper dwells on the technological process for machining rod-shaped billet with contour tools on the automatic machine, which in contrast to its prototype is characterized by high wear resistance of the cutting tool and Energy-Efficiency. It has been experimentally established, on the optimal cutting regimens, the productivity increases by 2-10 times which in contrast to its prototype, that ensures the electric power saving proportionally to productivity.

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОСЛЕСВАРОЧНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ СВАРКЕ И НАПЛАВКЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ

Кипиани П.Н., Миндадзе С.О.,* Булекбаева Г.Ж. **

*Государственный университет Акакия Церетели

**Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга
имени Ш.Есенова

В работе рассматривается послесварочная пластическая деформация как энергосберегающая технология, позволяющая устранить образовавшиеся трещины в сварном соединении стали.

Основное затруднение при решении проблемы сварки и наплавки высокопрочных сталей заключается в поиске путей предотвращения образования дефектов типа трещин.

В результате местного нагрева свариваемого металла концентрированным источником теплоты в сварном соединении, в различных участках зоны термического влияния, неизбежно появление неоднородных структур, в том числе и закалочных, что может сопровождаться существенным изменением механических свойств металла и возникновением трещин. Заметное изменение свойств может происходить и при отсутствии видимых структурных изменений участков зоны термического влияния. Негативное влияние упомянутых выше факторов на сварную конструкцию не всегда удается минимизировать с помощью досварочных, а также выполняемых в процессе сварки мероприятий, т.е. подогревом - предварительным, сопутствующим и даже послесварочным, что связано с большими затратами энергии. Поэтому во многих случаях прибегают к послесварочной обработке, которая обычно заключается в отпуске или других видах термической обработки сварных конструкций.

Недостатки сварки с подогревом общеизвестны. Они настолько ощутимы, что непрерывно ищутся способы, исключающие подогрев. Часто наиболее реальным путем решения возникшей задачи может быть применение аустенитных сварочных материалов, но в этом случае, с повышением ударной вязкости сварных соединений, заметно снижается прочность [1].

Одной из энергосберегающих технологий, позволяющих устранить трещины в сварном соединении высокопрочных сталей, является послесварочное пластическое деформирование наплавленного в процессе сварки металла [2]. Полученные в лабораторных условиях результаты экспериментов свидетельствуют об отсутствии трещин в сварных соединениях после их



Рис.1. Количество трещин и их размеры при однослойной наплавке стали.



Рис.2. Количество трещин и их размеры при двухслойной наплавке стали.



Рис.3. Исчезновение трещин при наплавке отдельных валиков.



К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ
 АРМАТУРЫ ИЗ ПЕРЕКРЕЩИВАЮЩИХСЯ КРУГЛЫХ СТЕРЖНЕЙ

С.М. Оспанова, Л.Б. Зивзивадзе, М.Ш. Шаламберидзе
 Государственный университет им. А. Церетели

В статье рассматриваются проблемы электроконтактной сварки металлической сетки, используемой в строительной железобетонной конструкции.

Предложен метод для расчета тока электроконтактной сварки металлической сетки.

В связи с расширением области применения железобетонных конструкций в народном хозяйстве и строительстве, все большее внимание уделяется изготовлению методом электроконтактной сварки на специализированных заводах по изготовлению арматуры железобетонных конструкций.

Изготовленные заводским способом металлические сетки отгружают на предприятия по изготовлению железобетонных конструкций.

Сравнительно редко встречаются исследования электроконтактной сварки металлической сетки из перекрещивающихся круглых стержней диаметром до 10 мм. Это значительно осложняет решение проблем, связанных с разработкой энергосберегающей технологии сварки металлической сетки.

В сетках металлические стержни укладываются в двух взаимперпендикулярных направлениях, и места их пересечения свариваются электроконтактной сваркой [1].

Электроконтактная сварка осуществляется переменным током промышленной частоты и с постоянным давлением на электроды в месте сварки. Соответственно, при сварке сеток со стержнями диаметром до 10 мм, основными параметрами режима сварки являются: сварочный ток $I_{св}$, усилие сжатия между электродами $F_{сж}$ и продолжительность сварки $t_{св}$.

В литературе отсутствуют также статистические материалы о более распространенных режимах технологии электроконтактной сварки металлических сеток, применяемых на предприятиях-изготовителях.

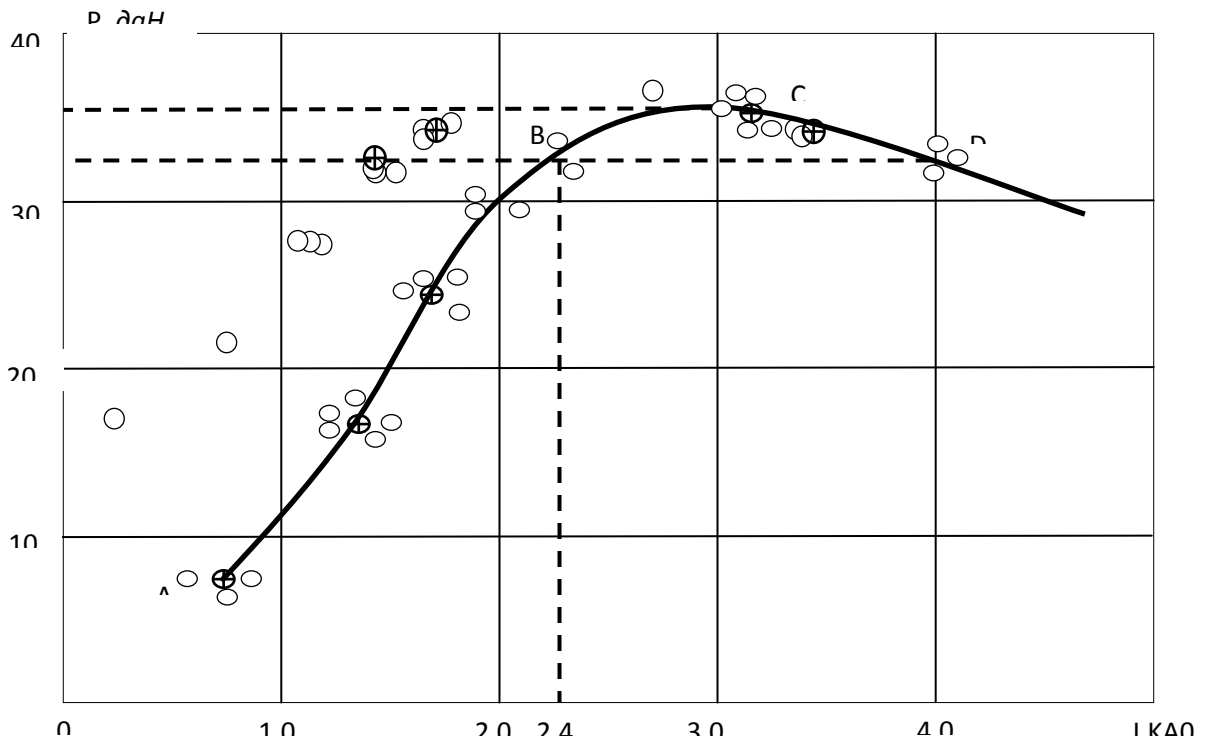


Рис. 1. Зависимость между прочностью электроконтактного сварного соединения
 металлической сетки со сварочным током



На рис. 1 приведена зависимость между прочностью электроконтактной сварки металлической сетки и сварочным током.

Образцы перекрещивающихся стержней диаметром 5+3 мм приваривали на сварочном токе, соответствующем точкам С, D эксперимента сварочный ток меняли для построения остального участка зависимости/

В строительных ненапряженных железобетонных конструкциях, где применяется сварная металлическая сетка, на сварное соединение действуют как отрывающие, так и срезающие усилия вследствие протекания физико-механических воздействий бетона. В связи с этим, критерием качества электроконтактной сварки сетки могут быть результаты механических испытаний сварных соединений на отрыв и на срез [2]. Из них наиболее целесообразную схему испытания можно выбирать исходя из ее чувствительности к изменению основных факторов процесса сварки. В качестве такого фактора при электроконтактной сварке металлической сетки, мы выбрали сварочный ток, как один из основных параметров режима сварки, существенно влияющих на прочность сварного соединения. Следовательно, чувствительность схемы испытания к изменению этого параметра должна быть основным критерием выбора показателя качества сварного соединения металлической сетки.

Для сопоставления схем испытаний были сварены при различных значениях сварочного тока 20 образцов. Сварка проводилась при оптимальных и постоянных остальных параметрах режима и усилиях. По 10 образцов из каждой партии были испытаны на прочность по двум исследуемым схемам. При этом, критерием оценки чувствительности схем испытания был принят коэффициент корреляционной связи между прочностью и сварочным током. В обоих случаях испытания обнаружена корреляционная связь между током и усилием отрыва и среза. Однако, некоторое преимущество можно отдать испытанию на срез, т.к. при этом коэффициент корреляционной связи больше и составляет 0,94.

Эта схема испытания будет более чувствительной к изменению режима сварки, что особенно важно при обработке математической модели по параметрам режима сварки для оценки качества электроконтактной сварки металлической сетки.

На рис. 2 приведен характер разрушения электроконтактных сварных соединений элементов сетки при их испытании на срез. Видно, что с увеличением сварочного тока увеличивается площадь контактирования между свариваемыми стержнями.

Однако, сварные соединения, соответствующие точкам С, D в опытах разрушаются не в зоне сварки, а по основному металлу.

Сопоставление данных из Рис. 1 и Рис. 2 показывает: 1. с увеличением сварочного тока от 2,0 кА до 4,0 кА, т.е. при удвоении сварочного тока, прочность сварного соединения от 3,3 даН до 3,6 даН, т.е. около 10%. При этом, испытываемые образцы разрушаются по основному металлу, т.е. с увеличением тока от 2,0 кА до 4,0 кА, практически не возрастает прочность сварного соединения. Поэтому не имеет смысла получать сварные соединения при режиме сварки, когда сварочный ток больше 2,0 кА. Тогда экономия электроэнергии при изготовлении электроконтактной сваркой металлической сетки для ненапряженных железобетонных конструкций составит 50%. Методика определения такого оптимального тока рассмотрена ниже [3].

Сущность определения наименьшего тока, необходимого для сварки заключается в том, что в зоне контакта допускается нагрев металла до температуры плавления, т.к. перегрев контакта больше температуры плавления материала свариваемых стержней связан с нарушением линейной связи между сварочным током и прочностью сварного соединения (Рис. 1 и Рис. 2), и сварочный ток несущественно влияет на прочность сварного соединения.

В контакте перекрещивающихся стержней необходимая максимальная температура

$$T_{\max} = \frac{1}{\beta} Q_{\max}, \quad (1)$$

где Q_{\max} - максимальная безразмерная температура,



β - температурный коэффициент, $1/^\circ\text{C}$.

Уравнение предельного стационарного состояния процесса распространения теплоты при нагреве стержней пространственно-радиальным током

$$\frac{d^2 Q_\infty}{dV^2} + \mu^2(1 + Q_\infty) = 0. \quad (2)$$

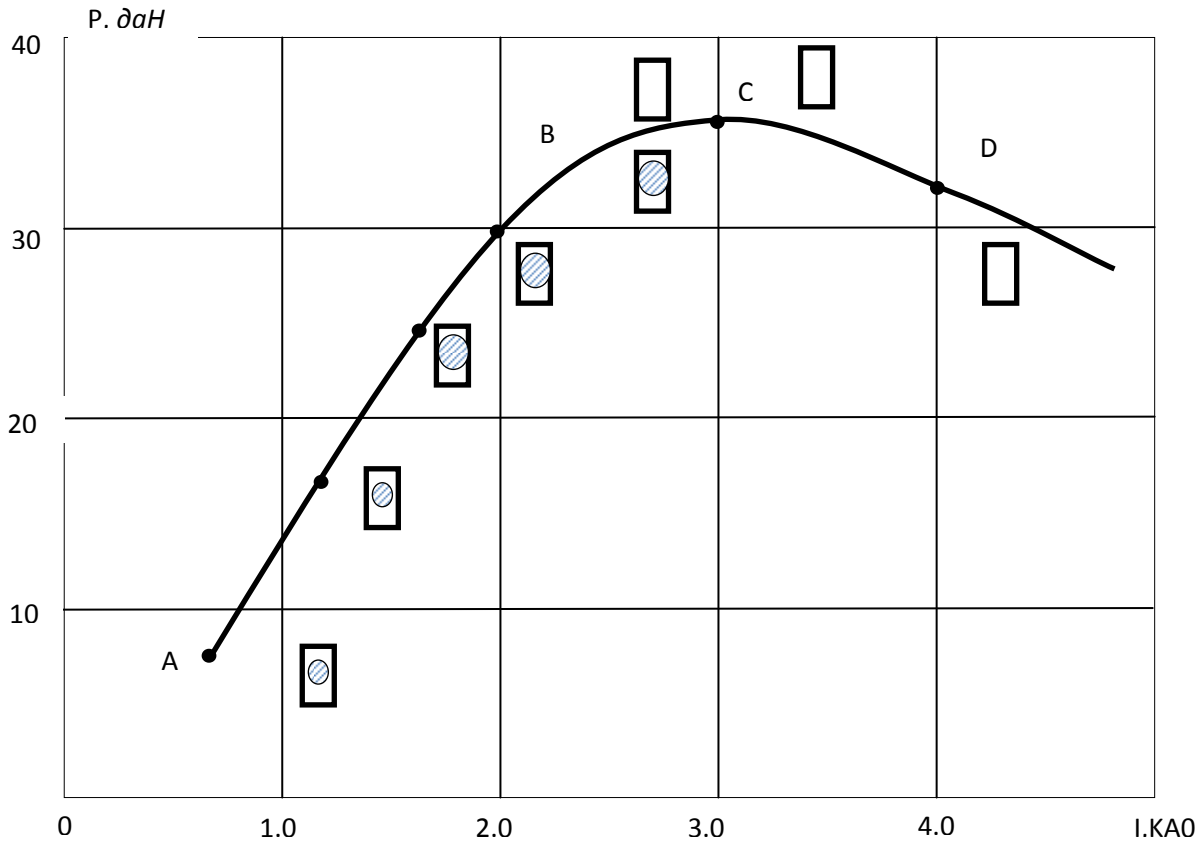


Рис. 2. Характер разрушения сварных соединений на срез

- Площадь на месте разрушения
- Разрушение по основному металлу

Решение этого уравнения при граничных условиях

$$Q_\infty(1) = Q_{\max}; [3] \frac{\partial Q_\infty}{\partial v}(1) = 0; (5) \frac{\partial Q_\infty}{\partial v}(0) = 0 \quad (3)$$

получаем

$$Q_\infty(v) = \frac{\cos[\mu(1-v)]}{\cos \mu} - 1 \quad (4)$$

Область ограниченности предельной температуры $Q_\infty(v)$ определяется условием $\cos \mu > 0$. При $\cos \mu = 0$, т.е. при $\mu = \frac{\pi}{2}(2m+1)$, где $m=0; 1; 2; 3; \dots$, температура везде, кроме $v=0$, возрастает неограниченно.



Наименьшее критическое значение $\mu = \frac{\pi}{2}$ определяет предельную нагрузку по току, вызывающую неограниченное повышение температуры.

Наблюдаемая максимальная температура в контакте $v_{Nt} = 1$ равна температуре предельного состояния

$$Q_{max} = Q_{np} \quad (5)$$

В этих условиях на основании уравнения

$$Q_{max} \frac{1 - \cos \mu}{\cos \mu}, \quad (6)$$

$$T_{max} = \frac{1}{\beta} \cdot \frac{1 - \cos \mu}{\cos \mu}, \quad (7)$$

тогда параметр μ , характеризующий интенсивность источников теплоты

$$\mu = \arccos \frac{1}{1 + \mu T_{max}}. \quad (8)$$

Зная значение μ , при котором достигается заданная температура в контакте свариваемых стержней, зная теплофизические коэффициенты для данной марки стали, из выражения (8) находим отношение

$$I_{cs}^2 / F_{np},$$

где I_{cs}^2 - наименьший ток, необходимый для нагрева в контакте до заданной температуры;

F_{np} - площадь сварной точки в тот момент, когда температура в контакте достигает предельного значения. Подставив в выражение (8) вместо μ его значение

$$\mu = \frac{I_{cs}}{2F(\mu_0 t)_{np}} \cdot \sqrt{\frac{0,24\beta\rho_0}{\lambda}},$$

получим

$$\frac{I_{cs}}{2F(\mu_0 t)_{np}} \cdot \sqrt{\frac{0,24\beta\rho_0}{\lambda}} = \arccos \frac{1}{1 + \beta T_{max}},$$

откуда

$$\frac{I_{cs}^2}{F_{np}} = \frac{2\pi\lambda(\arccos \frac{1}{1 + \beta T_{max}})^2}{0,24\beta\rho_0}, \quad (9)$$

где $F_{np} = 2\pi(\mu_0 t)_{np}^2$.

Выразив F_{np} через диаметр стержня, получим

$$\frac{I_{cs}^2}{m \frac{\pi d_1^2}{4}} = (\arccos \frac{1}{1 + \beta T_{max}})^2 \frac{2\pi\lambda}{0,24\beta\rho_0}. \quad (10)$$

Из выражения (10) имеем

$$I_{cs} = \pi d_1 \sqrt{\frac{m}{2} \cdot \frac{\lambda}{0,24\beta\rho_0} \cdot \arccos \frac{1}{1 + \beta T_{max}}}, \quad (11)$$



где m - отношение площади F_{np} к площади поперечного сечения стержня $\frac{\pi d^2}{4}$.

Коэффициент μ для данной марки стали определяется из опыта. Для малоуглеродистой стали $m_{min}=0,6$. Чем больше m , тем относительно позже наступает предельное состояние в контакте, и тем выше необходимый для сварки ток.

Ниже приведен пример определения минимального тока, необходимого для сварки стержней диаметром 3+3 мм из малоуглеродистой стали:

$$d_1 = 0,3 \text{ см}; \rho_0 = 13 \cdot 10^{-6} \text{ ом} \cdot \text{см} \cdot \beta = 5 \cdot 10^{-3} \text{ 1}^{\circ}\text{C}$$

$$T_{max} = 1500 \text{ }^{\circ}\text{C}, \lambda = 0,1 \text{ кал/см} \cdot \text{сек} \cdot \text{ }^{\circ}\text{C} \quad m_{min} = 0,6$$

$$I_{min} = \sqrt{\frac{0,6 \cdot 0,1 \cdot 10^9}{2 \cdot 0,24 \cdot 5 \cdot 13} \cdot \pi \cdot 0,3 \cdot \arccos \frac{1}{1 + 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1500}} \approx 1945 \text{ A}$$

Расчетное значение минимального тока $I_{min} \approx ZkA$ разделяет зоны линейного от нелинейного участков зависимости.

Литература

1. Оспанова С.М., Зивзivadze Л.Б., Шаламберидзе М.Ш. Особенности разработки энергосберегающей технологии изготовления металлической сетки. Georgian Engineering News, N4, 2014
2. Контроль качества сварки / Под редакцией В.Н. Волченко. М., Машиностроение, 1975, 328 с.
3. Технология и оборудование контактной сварки. / Под редакцией Б.Д. Орлова. М., Машиностроение. 1986. 325 с.

ON THE ISSUE OF DEVELOPING ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES OF WELDING OF INTERSECTING ROUND IRON ARMOR

Ospanova S., Zivzivadze L., Shalamberidze M.
 Akaki Tsereteli State University
 Summary

The paper describes the problems of electric-contact welding of metal gauze used in the building reinforced concrete frame.

There is proposed the method for calculation of electric-contact welding current for metal gauze.

**ОБОБЩЕННЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
 ДЛЯ РАСЧЕТА ЛОПАТОК ТУРБИН**

Киквидзе О.Г.* , Байсарова Г.Г.**

*Государственный университет Ак. Церетели

** Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга им. Ш.Есенова, г. Актау, Казахстан

В статье рассматриваются обобщенные геометрические характеристики плоского сечения при термомеханическом нагружении упругих стержней. Они используются для прочностного расчета лопаток турбин. Приведены формулы для вычисления обобщенных моментов инерции и статических моментов, а также формулы для определения координат приведенного центра тяжести. В этих формулах учитывается модуль упругости материала в зависимости от температуры. Дана методика для численного расчета. Приведенные формулы и методику можно использовать и для неоднородных материалов, в том числе для композиционных материалов. Даны результаты численного расчета.

Обеспечение длительной и надежной работы рабочих лопаток основная задача на стадии проектирования турбин. В период эксплуатации на напряжения и деформации рабочих лопаток



влиают вращение ротора, действие газовых нагрузок и температурное поле.

Рабочие лопатки турбин рассчитывают по стержневой модели используя гипотезу плоских сечений [1]. Расчет стержня ведется на растяжение и изгиб. Для определения напряженно-деформированного состояния необходимо ввести обобщенные геометрические характеристики поперечного сечения с учетом физических свойств материала.

В работе [2] введены обобщенные геометрические характеристики плоского сечения при термомеханическом нагружении материала в интервале температур термоупругих мартенситных превращений:

$$I_x^* = \int_A y^2 F(x, y) dA, I_y^* = \int_A x^2 F(x, y) dA, I_{xy}^* = \int_A xy F(x, y) dA \quad (1)$$

где: I_x^*, I_y^* – обобщенные моменты инерции относительно осей x, y соответственно, I_{xy}^* – обобщенный центробежный момент.

Координаты приведенного центра тяжести сечения определяются из условий [2]:

$$y_c = S_x^* / A^*, x_c = S_y^* / A^* \quad (2)$$

Здесь A^* – обобщенная площадь поперечного сечения, S_x^*, S_y^* – обобщенные статические моменты относительно осей x и y соответственно:

$$A^* = \int_A F(x, y) dA, S_x^* = \int_A y F(x, y) dA, S_y^* = \int_A x F(x, y) dA \quad (3)$$

Функция $F(x, y)$ при термомеханическом нагружении упругого материала (например конструкционная сталь) представляет собой модуль упругости, который зависит от температуры, а для композиционного материала представляет собой модуль упругости в обычных условиях. Для конструкционных материалов:

$$F(x, y) \equiv E(T) \equiv E(x, y) \quad (4)$$

С учетом выражения (4), из формул (1) получим соотношения приведенные в [1]. Когда модуль упругости постоянная величина, из (1), (2), (3) получим обычные геометрические характеристики плоского сечения в относительных величинах.

В качестве примера рассмотрим расчет обобщенных характеристик прямоугольного сечения в котором температура меняется только в дол оси симметрии y . Зависимость модуля упругости от температуры примем в виде: $E(T) = E_0 / (T_S^k - T^k)$, где E_0, T_S, k – постоянные величины, T – текущая температура, которая меняется по закону:

$$T = T_0 + (T_1 - T_0)(y / h)^n$$

Здесь T_0 и T_1 температуры в поперечном сечении при $y = 0$ и $y = h$ соответственно.

В таком случае, используя формулы (2) имеем:

$$y_c = \left[\int_0^h y / (T_S^k - T^k) dy \right] / \int_0^h dy / (T_S^k - T^k) \quad (5)$$

Очевидно, что $x_c = 0$.

Обобщенный момент инерции относительно оси x согласно формулам (1) вычисляется как:

$$I_x^* = E_0 d \int_0^h y^2 / (T_S^k - T^k) dy \quad (6)$$



Обобщенный момент инерции относительно оси x_c проходящей через приведенный центр тяжести параллельно оси x определяем по формуле [2]:

$$I_{x_c}^* = I_x^* - y_c^2 A^* \quad (7)$$

где: $A^* = E_0 d \int_0^h dy / (T_S^k - T^k)$.

Из приведенных выше формул видно, что для определения обобщенных характеристик плоского сечения необходимо вычислить интеграл дифференциального бинома, что достаточно объемно. Поэтому, указанные интегралы целесообразно вычислить численно. Для этого введем безразмерные величины:

$$\bar{y} = y / h, \bar{T} = T / T_S, \bar{A}^* = A^* T_S^k / (E_0 d h), \bar{I}_x^* = I_x^* T_S^k / (E_0 d h^3)$$

Численный расчет был проведен для следующих значений постоянных: $T_S = 46^\circ C, T_0 = 30^\circ C, T_1 = 40^\circ C, k = 1.7, n = 1/3$. В результате расчета получили значения приведенных геометрических характеристик плоского сечения: $\bar{y}_c = 0.556, \bar{I}_x^* = 1.385, \bar{I}_{x_c}^* = 0.284, \bar{A}^* = 3.561$. В качестве тестовой задачи был проведен расчет для равномерного распределения температуры по сечению. В результате расчета получили точное значение координаты приведенного центра тяжести $\bar{y}_c = 0.5$, который совпадает с геометрическим центром тяжести.

Для композиционной балки прямоугольного поперечного сечения из n количество слоев (рис.1) с модулями упругости E_1, E_2, \dots, E_n координаты приведенного центра тяжести поперечного сечения, на основе формул (2) и (3) определяются следующим образом:

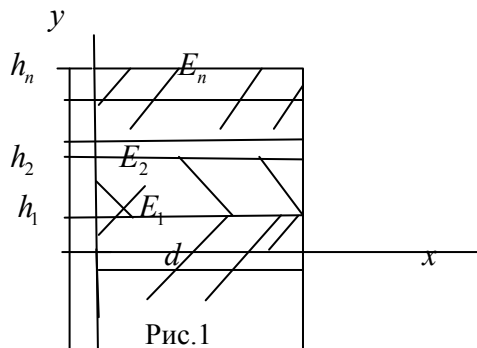


Рис.1

$$y_c = \frac{E_1 h_1 h_1 / 2 + E_2 h_2 (h_1 + h_2 / 2) + \dots + E_n h_n (h_1 + h_2 + \dots + h_{n-1} + h_n / 2)}{E_1 h_1 + E_2 h_2 + \dots + E_n h_n}$$

$$x_c = \frac{E_1 h_1 d / 2 + E_2 h_2 d / 2 + \dots + E_n h_n d / 2}{E_1 h_1 + E_2 h_2 + \dots + E_n h_n} = \frac{d}{2}$$

Используя формулы (1) обобщенные моменты инерции определяются как:

$$I_x^* = d \left[\int_0^{h_1} E_1 y^2 dy + \dots + \int_{h_{n-1}}^{h_n} E_n y^2 dy \right] = d [E_1 h_1^3 + E_2 (h_2^3 - h_1^3) + \dots + E_n (h_n^3 - h_{n-1}^3)] / 3,$$

$$I_y^* = \int_0^d E_1 x^2 h_1 dx + \dots + \int_0^d E_n x^2 h_n dx = d^3 (E_1 h_1 + E_2 h_2 + \dots + E_n h_n) / 3.$$



ლიტერატურა

1. Термопрочность деталей машин. И.А.Биргер, Б.Ф.Шорр, И.В.Демянушко и др. Под ред. И.А.Биргера и Б.Ф.Шорра. – М.:Машиностроение, 1975.- 455с.
2. Киквидзе О.Г., Киквидзе Л.Г. Изгиб стержней с памятью формы под действием температурного поля//Кутаиси. Научные труды КГТУ, №1(9).-2001. С.25-32.

THE GENERALIZED GEOMETRICAL PROPERTIES FOR CALCULATION OF SHOVELS OF TURBINES

Kikvidze O.G., Baisarova G.G ,
 Akaki Tsereteli State University, Kutaisi
 Esenov Caspian State University of Technologies and Engineering ,Aktau, Kazakhstan.

Summary

Working shovels of turbines are counted on rod model using a hypothesis of flat sections [1]. Calculation of a core is conducted on tensile and a bend. For definition of the stress-strine state it is necessary to enter the generalized geometrical characteristics of cross section taking into account physical properties of material.

The aim of the article is to consider generalized geometrical properties of flat section at thermomechanical loading of elastic beam. They are used for strength calculation of shovels of turbines. Formulas for calculation of the generalized moments of inertia and the static moment are given. Also, the formulas for the definition of coordinates of centroid are given. In these formulas the module of elasticity of material depending on temperature is considered. The technique for numerical calculation is given. The given formulas and a technique can be used and for nonuniform materials, including for composite materials. As an example we will consider calculation of the generalized characteristics of rectangular section in which temperature changes only in a coordinate y. Results of numerical calculation are yielded.

მაგისტრალურ მილსადენში ბარდამავალი პროცესის გაანგარიშება, ტუმბოს მყისი ბათიშვისას

ნამბალაძე დ., მანღარია ბ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
 საქართველოს ეროვნული ენერგეტიკის და წყალმომარაგების მარეგულირებელი კომისია

სითხის დაწნევიანი მოძრაობის აღმწერ დიფერენციალურ განტოლებებზე დაყრდნობით შექმნილია თეორიული ბაზა და მაგისტრალური მილსადენების ჰიდრაულიკური პროცესის აღწერების რიცხვითი ალგორითმი. შემუშავებულია რიცხვით-ანალიზური მეთოდი, რომლის საშუალებით შესაძლებელია მაგისტრალურ მილსადენებში დაუმყარებელი მოძრაობისას ჰიდრაულიკური წინაღობის კოეფიციენტის დადგენა პროცესის რეალიზაციების მიხედვით. მეთოდი დამყარებულია სტოქასტიკურ პროცესებზე და სპლაინ-ფუნქციების გამოყენებაზე.

მაგისტრალური მილსადენების განვითარება დღის წესრიგში აყენებს მართვისა და გადაწყვეტილებების მიღების პრინციპულად ახალი ტიპის ამოცანებს, რომელთა ამოსახსნელად აუცილებელია თანამედროვე მათემატიკური აპარატის გამოყენება. მაგისტრალური მილსადენების ხანგამძლეობის გასაზრდელად ყურადღება უნდა მიექცეს ასეთ სისტემებში მიმდინარე არასტაციონარულ ჰიდრაულიკურ პროცესებს. ეს პროცესები იწვევენ მაგისტრალური მილსადენების ელემენტების დაღლილობას, ხელს უწყობენ კოროზიულ პროცესებს და შეუძლიათ გამოიწვიონ ან დაახლოვონ სისტემის ელემენტების რღვევის პროცესი. ცხადია, რომ რაც უფრო ხანმოკლე და გლუვი იქნება გარდამავალი პროცესები, რაც უფრო სწრაფად იქნება მიღებული ოპტიმალური გადაწყვეტილება, მით მეტია მაგისტრალური მილსადენების ხანგამძლეობა. ამიტომ მეტად მნიშვნელოვან მომენტად გვესახება გარდამავალ ჰიდრაულიკურ პროცესში გარე ჩარევა და მისი ოპტიმიზაცია როგორც დროის, ასევე რხევის ამპლიტუდის მიხედვით. რამდენადაც ხან-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



გამძლეობა მაგისტრალური მილსადენების საიმედოობისა და ხარისხის ერთ ერთი განმსაზღვრელი კომპონენტია, აღნიშნული ნიშნავს ხარისხის მართვის ორგანიზაციასა და განხორციელებას მაგისტრალური მილსადენების სასიცოცხლო ციკლის სხვადასხვა ეტაპზე.

ჰიდრაულიკურ გაანგარიშებას მაგისტრალურ მილსადენებში, განურჩევლად სითხის მოძრაობის სახისა, აწარმოებენ სითხის დამყარებული მოძრაობიდან გამომდინარე, თუმცა ხშირ შემთხვევაში მილსადენებში სითხის მოძრაობა დროში ცვლადი, ანუ არადამყარებულია. ეს ნიშნავს, რომ სითხის წნევა და ხარჯი იცვლება როგორც მილსადენის გასწვრივ, ასევე დროშიც. ამ ცვლილებების, ანუ არადამყარებული მოძრაობის გამომწვევი მიზეზები შეიძლება იყოს სხვა და სხვა. კერძოდ: ხარჯის ცვლადი მოხმარება, სატუმბო აგრეგატების და მარეგულირებელი და ჩამკეტი მოწყობილობის ჩართვა და გამორთვა, სხვადასხვა მიზეზით გამოწვეული ჰიდრაულიკური დარტყმის მოვლენა, მილსადენის ავარიული გაუონვა და სხვა [1-7].

დასახული მიზნის მისაღწევად ფორმულირებული იყო შემდეგი სამეცნიერო ამოცანა - შეიქმნას მეცნიერულად დასაბუთებული, ნატურულ და ექსპერიმენტულ მონაცემებზე დაყრდნობილი მეთოდოლოგია, რომლის საშუალებით შესაძლებელია მაგისტრალურ მილსადენებში არასტაციონარული ჰიდროდინამიკური პროცესების გაანგარიშება და მართვა, გადასატუმბო სითხის რეოლოგიური მახასიათებლების და საიმედოობის გათვალისწინებით, სისტემის ეფექტურობის და ხანგრძლივობის გაზრდის მიზნით.

ნაშრომში ვიხილავთ სიგრძეზე წინააღმდეგობის კოეფიციენტის [8]-ში მოყვანილი მეთოდოლოგია.

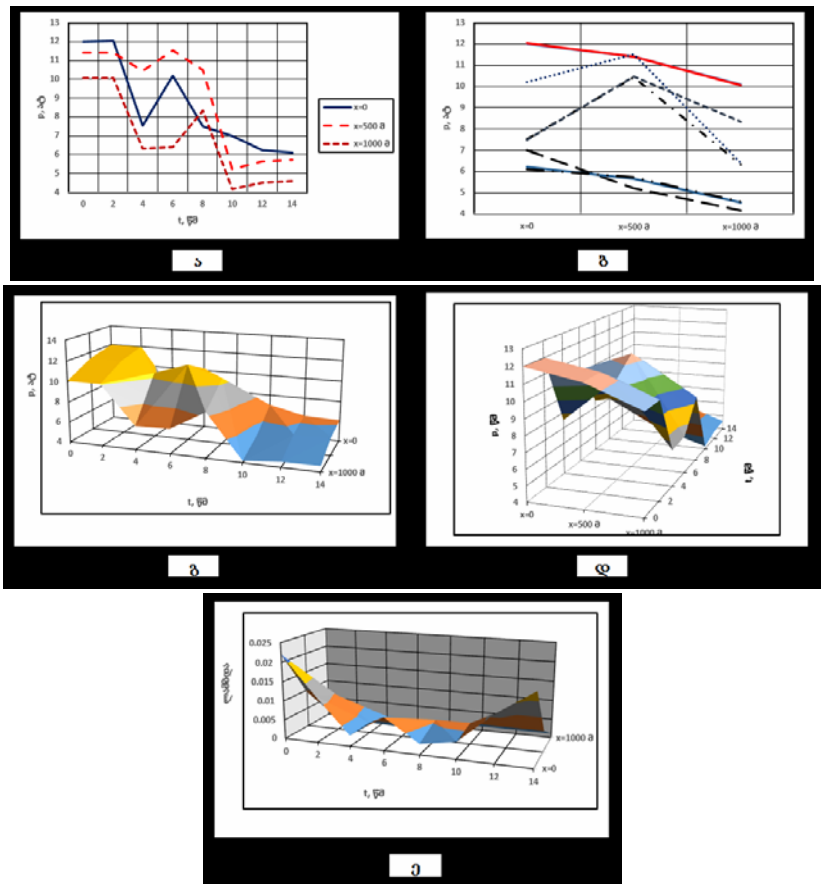
მაგალითისათვის განვიხილოთ ტუმბოს მყისი გათიშვის გარდამავალი პროცესი, ტუმბოს გათიშვამ შესაძლოა გამოიწვიოს ამძრავის ელექტროენერჯის შეწყვეტა. ჩვენს შემთხვევაში ვიხილავთ ორდიაფრაგმიანი (მემბრანული) ტუმბოს, ერთ დიუმიანი დიაფრაგმის სისქით, მოდელი Flow (GMP) 45 № S1FB1ABWAN5000. მაქსიმალური წნევა 800 54,4 ატ [9].

განვიხილოთ მაგისტრალური ნავთობსადენის უბანი, რომლის პარამეტრები შემდეგია: უბნის სიგრძე $L = 2500$ მ; ნავთობსადენის შიგა დიამეტრი $D = 0,5$ მ; ნავთობსადენის ცოცხალი კვეთის ფართობი $\xi = 0,1963$ მ²; ხარჯი $Q = 0,45$ მ³/წმ; ნომინალური საშუალო სიჩქარე $V = 8$ მ/წმ; სითხეში დარტყმის ტალღის სიჩქარე $c = 1392$ მ/წმ; საწყისი წნევა უბნის დასაწყისში $p = 12$ ატ = $12 \cdot 10^5$ პა; $k = 0,0133$ 1/წმ; სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტი $v = 52$ მმ²/წმ = $0,5$ სმ²/წმ; რეინოლდსი რიცხვი $Re = 18000$; სიგრძეზე წინააღმდეგობის კოეფიციენტი $\lambda = 0,02427$; ფაზა $\tau = 2L/c = 3,5$ წმ.

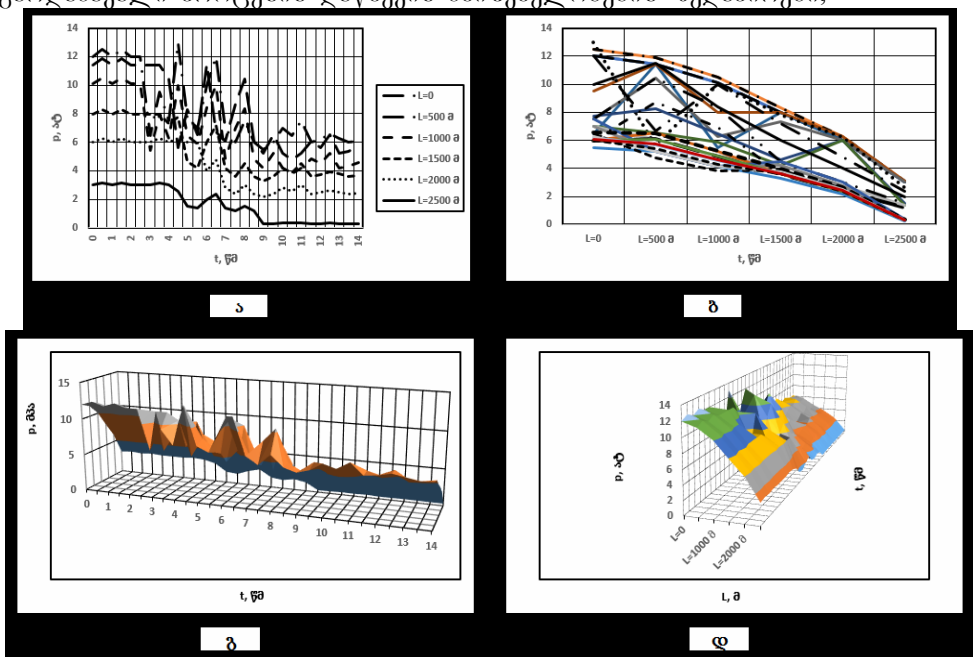
ნახ. 1(ა და ბ)-ზე ნაჩვენებია სიგრძისა და დროის მიხედვით წნევის რეალიზაციები, ხოლო იგივე ნახაზის გ და ე-ზე გვაქვს წნევის ზედაპირები მილსადენის გასწვრივ და დროის მიხედვით. ნახ. 1ე-ზე ნაჩვენებია $\hat{\lambda}$ -ს მნიშვნელობები გაანგარიშებული გარდამავალი პროცესებისათვის (პროცესის საშუალო მნიშვნელობაა $\bar{\lambda}_1 = 0,005738$).

სხვადასხვა ორიენტაციისას (გ,დ); $\hat{\lambda}$ -ს მნიშვნელობები გაანგარიშებული გარდამავალი პროცესებისათვის (ე)

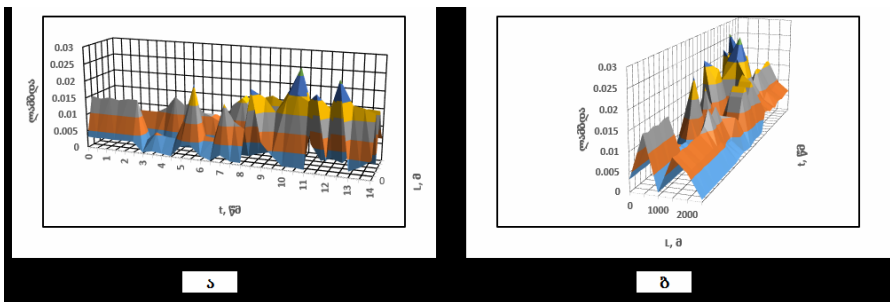
ნახ. 2 (ა და ბ)-ზე ნაჩვენებია ორდიაფრაგმიანი ტუმბოს გათიშვისას, ნავთობსადენის შესაბამისი წნევის მნიშვნელობები, (როგორც დროში, ასევე სიგრძის მიხედვით), რომლებიც მიიღება ახალი რეალიზაციები ზემოთ აღნიშნული მეთოდოლოგი-



ნახ. 1. გარდამავალი პროცესის წნევის ნაზრდის მნიშვნელობები დროის და სიგრძის შესაბამისად (ა,ბ); გარდამავალი პროცესის დაწნევის მნიშვნელობების ზედაპირები, (გ და დ)



ნახ. 2. პროცესის შესაბამისი წნევის მნიშვნელობები, ნავთობსადენის გასწვრივ და დროის განმავლობაში (ა,ბ). $p(x,t)$ ფუნქციის ზედაპირი, ორნაირ ორიენტაციისას (გ და დ)



ნახ. 3 (ა,ბ). $\lambda(L, t)$ -ს ფუნქციის ზედაპირი, ორი ორიენტაციის შემთხვევისათვის



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



Calculation of transition process in a amin pipeline during sudden outage of pump.

Namgaladze D., Mandaria G.,

Georgian Technical University.

Georgia's National Energy and Water Supply Regulatory Commission.

Summary

Theoretical base, numerical algorithm of hydraulic process descriptions of pipelines has been created on the basis of differential equations describing pressurized motion of liquid. Numerical-analytical method has been collaborated which can be applied for estimating hydraulic resistance factors during motion in pipelines according to process realization. Method is based on stochastic processes and on application of spline functions.

**გაზგამანაწილებელი ქსელის ელემენტების დროში მტყუნების
და აღდგენების ანალიზი**

ნამგალაძე დ.*, მანდარია გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

*საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი
ეროვნული კომისია

გაზგამანაწილებელი ქსელის ექსპლუატაციის მართვას განსაზღვრავს უმტყუნობა და ხანგამძლეობა, ხოლო ქსელის მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს მტყუნების საფრთხე. ნაშრომში განხილულია დინამიკური სისტემის მტყუნების და აღდგენის დროების პროცესი, კოორდინატულ ფაზურ სივრცეში. მიღებულია გაზგამანაწილებელი ქსელის ელემენტის ალბათობის განაწილების ნარევის სიმკვრივე, რის გამოც შესაძლოა პროცესის ნებისმიერი პარამეტრის დადგენა და საიმედოობის პროცესის მართვა.

გაზგამანაწილებელი ქსელის ექსპლუატაციის მართვას განსაზღვრავს უმტყუნობა და ხანგამძლეობა. უმტყუნობა არის გაზსადენის პროდუქტის საანგარიშო პარამეტრებით (წნევა, ხარჯი, თვისება და ა.შ.) უწყვეტი მოწოდების თვისება და უნარჩუნებს ჰერმეტიკულბას მოცემული დროის ინტერვალში. ხანგრძლივობა წარმოადგენს გაზგამანაწილებელი ქსელის მიერ ფუნქციის შესრულებას შესაძლო გამორთვებით რემონტების ჩატარებისას ზღვრული მდგომარეობისას. უმტყუნობის რაოდენობრივი მახასიათებლები ეფუძნებიან უმტყუნო მუშაობის განაწილების ალბათობის ფუნქციას, რაც გვიჩვენებს რომ $[0, t]$ ინტერვალში გაზსადენის მტყუნების ალბათობა არ მოხდება და მას გააჩნია ნამუშევარი X : $F(t) = P(X > t)$.

მეტად მნიშვნელოვანი მახასიათებელი წარმოადგენს მტყუნების საფრთხეს. ეს არის გაზგამანაწილებელი ქსელის ობიექტების (ხაზოვანი ნაწილი, არმატურის დეტალები და ა.შ.) დროის ერთეულში მტყუნების რაოდენობა, შეფარდებული მუშა მდგომარეობაში მყოფ ობიექტებთან. სხვაგვარად მტყუნების საფრთხე არის დროის ერთეულში მტყუნების რაოდენობის შეფარდება კვანძების რაოდენობასთან:

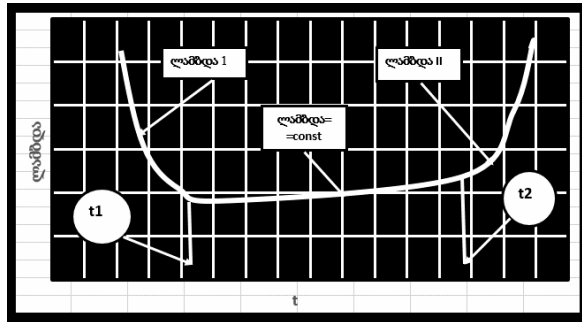
$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{\Delta t N} = \frac{n(t)}{[N - n(t)] \Delta t} = \frac{f(t)}{P(t)}, \quad (1)$$

სადაც N არის ყველა კვანძის რაოდენობა; $n(t)$ - მტყუნების რაოდენობა ინტერვალში $t - (\Delta t / 2)$ -დან $t + (\Delta t / 2)$ -მდე; Δt - დროის ინტერვალი; \bar{N} - მუშა მდგომარეობაში მყოფ



ფი კვანძების რაოდენობა Δt ინტერვალში; $\bar{N} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2}$; N_i - უმტყუნო მდგომარეობაში მყოფი კვანძები Δt ინტერვალის დასაწყისში; N_{i+1} - უმტყუნო მდგომარეობაში მყოფი კვანძები Δt ინტერვალის ბოლოში; $f(t)$ - ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია; $P(t)$ - უმტყუნო ალბათობის განაწილების ფუნქცია.

გაზგამანაწილებელი ქსელის ექსპლუატაციის კლასიკური სქემის თანახმად გვაქვს უმტყუნობის ანალიზის საშუალება [1], რომელიც შეიცავს სამ ძირითად ეტაპს: მისახმარისი პერიოდი (ამ დროს ჩნდება ქარხნული და მონტაჟით გამოწვეული დეფექტები), ნორმალური მუშაობის პერიოდი (შემთხვევითი ზემოქმედებები) და დაღლილობა (ცვეთა) (ნახ. 1).



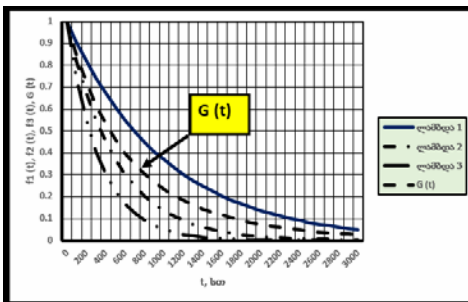
ნახ. 1. მტყუნების საფრთხეს ტიპური ფუნქცია

დროის ინტერვალში $(t-t_0)$ გვაქვს ე.წ. მისახმარისი პერიოდი ანუ ადრეული მტყუნების პერიოდი. მისახმარისი დროისათვის მიიღება შემცირების ინტენსივობის საფრთხე, რომლებიც მიიღება ადრეული მტყუნებების პერიოდში, რომელიც განპირობებულია კოსტრუქციული ან საწარმოო დეფექტებით, აგრეთვე განპირობებულია მოწყობილობის მონტაჟით.

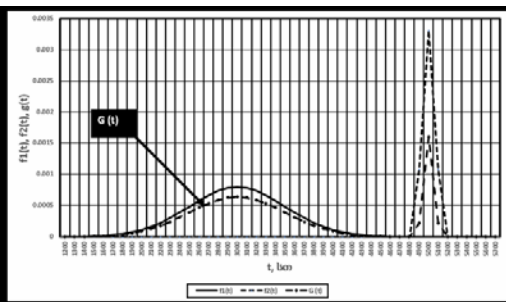
მტყუნების საფრთხეს $(t_2 - t_1)$ პერიოდს უწოდებენ ნორმალური მუშაობის პერიოდს. ეს პერიოდი იწყება მისახმარისი პერიოდის ბოლოდან, დაღლილობის დასაწყისიდან. იმის გამო, რომ გაზგამანაწილებელ ქსელს გააჩნია დიდი რაოდენობის მქონე კვანძები, ამიტომ ცალკეული მათგანი დამოუკიდებელი არიან. ამიტომ, ა. ხინჩინის და ბ. გრიგოლიონისის თეორემის გამო [1], თუ არსებობს გეგმიური რემონტები, ამიტომ მტყუნების ჯამური ნაკადი ისწრაფვის სტაციონარულსკენ: $P(t) = e^{-\lambda t}$. ასეთი გამარტივებული პროცედურა, მიიღება გაზგამანაწილებელი ქსელის მტყუნებების მონაცემების სტატისტიკური დამუშავების შედეგად მიღებული კორექტული შედეგების, რენოვაციის, სიმძლავრის და მატერიალურ-ტექნიკური საავარო სამსახურების პროგნოზირებისათვის.

დაღლილობისას, იწყება პერიოდი, როდესაც კვანძმა გამოიმუშავა რესურსი, რის გამოც მკვეთრად იზრდება მტყუნების რაოდენობა. ამგვარად, სტატისტიკური დამუშავების შედეგად, შესაძლებელია მივიღოთ საჭირო მოცულობების პროგნოზირება კორექტული შედეგების შესაბამისად.

განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც გარკვეული ელემენტი მზადდება n სხვადასხვა საწარმოებში. ცნობილია, რომ k -ურ საწარმოში დამზადებული ელემენტის უმტყუნოდ მუშაობის ალბათობას გააჩნია ექსპონენციალური კანონი, პარამეტრით λ_k , ე.ი. $p_k(t) = \lambda_k e^{-\lambda_k t}$.

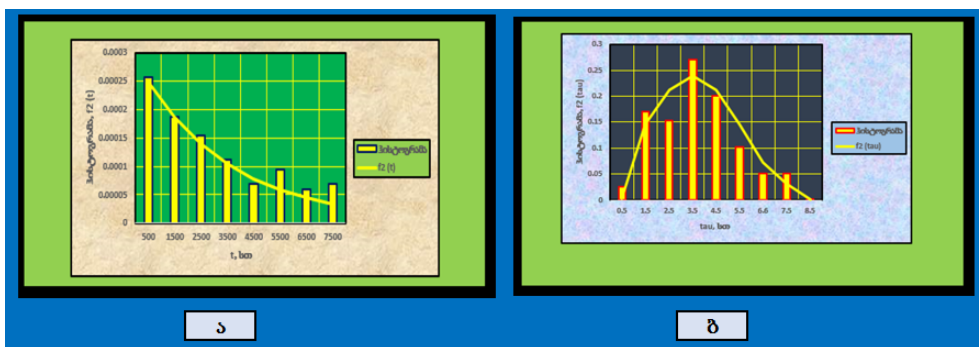
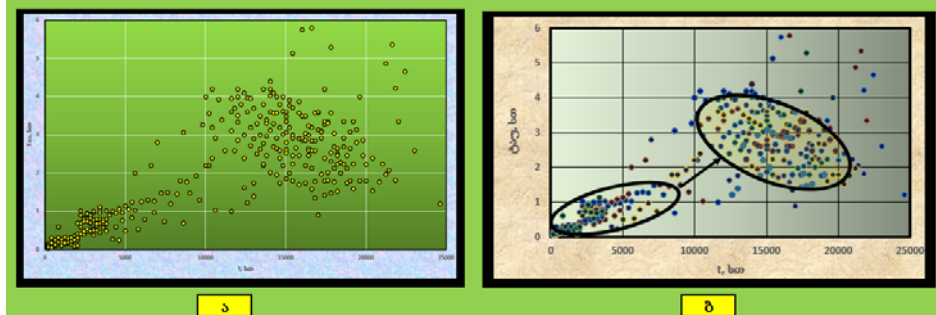


5

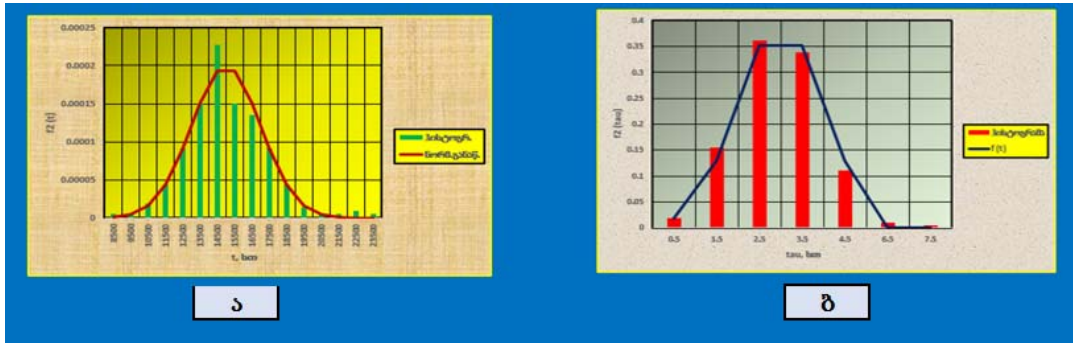


6

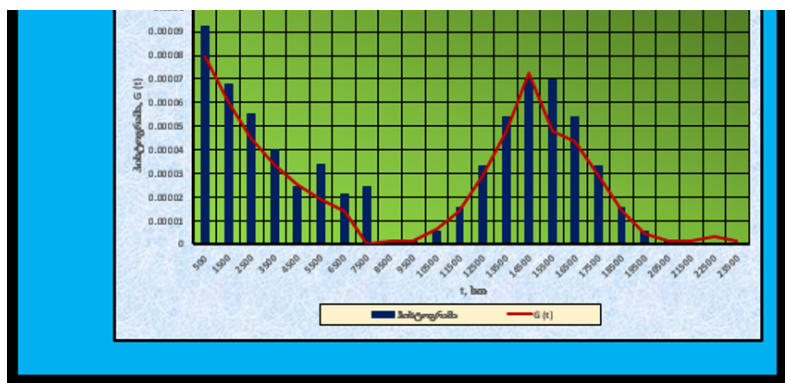
11 - 241.



ნახ. 4. ნამუშევარის (ა) და აღდგენის (ბ) ჰისტოგრამა და ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია I ჯგუფისათვის



ნახ. 5. ნამუშევარის (ა) და აღდგენის (ბ) ჰისტოგრამა და ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია II ჯგუფისათვის



ნახ. 6. ნამუშევრის დროის ჰისტოგრამა და სრული ამონაკრები ალბათობის განაწილების ნარევის სიმკვრივის ფუნქციისათვის



ვადრატულ გადასრას), მტყუნებების სრულ რაოდენობას და შესაბამის წილების რაოდენობებს. გვექნება [3-6]: $w_1 = \frac{N_1}{N} = 0,36$ და $w_2 = \frac{N_2}{N} = 0,6$ საბოლოოდ გვექნება:

$$G(t) = w_1 \lambda e^{-\lambda t} + w_2 \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} = 0,000010296 e^{-0,000286 t} + 0,222075714 e^{-\frac{(t-3,53)^2}{2,645}} \quad (7)$$

ნახ. 6-ზე ნაჩვენებია აღდგენის დროის ჰისტოგრამა და სრული ამონაკრები ალბათობის განაწილების ნარევის სიმკვრივის ფუნქციისათვის. ამგვარად, მიღებულია გაზგამანაწილებელი ქსელის ელემენტის სრული ამონაკრები ალბათობის განაწილების ნარევის სიმკვრივის ფუნქციისათვის. რადგანაც ეს ფუნქციის ცნობილია (ე.ი. ცნობილია მისი ანალიზური გამოსახულება), ამიტომ შესაძლოა პროცესის ნებისმიერი პარამეტრის დადგენა, რაც შესაძლოა საიმედოობის პროცესის მართვა.

ლიტერატურა.

1. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. М.:Радио и связь. 1983. - 414 с.
2. Барлоу Р., Прошан Ф. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность. М.:Наука. 1984. - 327 с.
3. Иванцов О.М., Харитонов В.И. Надежность магистральных трубопроводов. М.:Недра. 1998. -166 с.
4. Мудров В.И., Кушко В.Л. Методы обработки измерений. М.: Советское радио. 1996.-192 с.
5. S.Nadarajah, S., Kotz. Moments of some J-shaped distributions. //Journal of Applied Statistics. 2003. (Vol 30 93) pp. 311-317.
6. S.Nadarajah, S., Kotz. A family of J-shaped bivariate distributions. //Bull/ Int. Stat. Inst. 59. 2003. (Vol 32 97) pp. 201-217.

TIME FAILURE ANALYSIS OF THE ELEMENTS OF GAS DISTRIBUTION NETWORK.

Namgaladze D., Sanikidze G.,

Georgian Technical University, Georgia's National Energy and Water Supply Regulatory Commission.
 Georgian Technical University, Georgia's National Energy and Water Supply Regulatory Commission.

Summary

Management of the exploitation of the gas distribution network is defined by reliability and durability, while the important indicator of the network is the risk of failure. The paper discusses the failure of the dynamic system and the restoration time, in the phasing space of coordinates. The result is the density of probability distribution mixture of the gas distribution network element, based on which it is possible to define any parameter of the process and to manage the process of reliability.

ლითონის გამტარებში სითბოგადაცემის მოდელირება

ზიზიზიძე ბ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში გამოკვლეულია ელექტრული დენის გავლით გახურებული ლითონის გამტარების გასწვრივ სითბოგადაცემის მოდელირება. შემოთავაზებულია გამტარებში, რომლებიც ხურდებიან ელექტრული დენით სითბური ველების გაანგარიშების მოდელი. ანალიტიკურად მიღებულია ფორმულები ცილინდრული ფორმის გამტარისათვის სითბოცვლის ფართის და სითბოცვლის ზედაპირებს შორის საშუალო მანძილის გაანგარიშებისათვის.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ლითონის გამტარებში ელექტრული დენის გავლისას ხდება სითბოს გამოყოფა, რომელიც იწვევს მის გათბობას. ეს ფაქტი მნიშვნელოვანია ელექტრული აპარატურის წარმატებული პროექტირებისათვის, დენგამტარების ოპტიმალური გეომეტრიული ზომების განსაზღვრისათვის ან მათი გაცივების პარამეტრებისათვის (იმისათვის, რომ უზრუნველყოთ გამტარების დასაშვები ტემპერატურა). მუდმივი კვეთის გამტარის ტემპერატურის გაანგარიშება ერთგვაროვან გარემოში მრავალჯერ არის აღწერილი ლიტერატურაში [1]. იმ შემთხვევაში, თუ გამტარის კვეთი ცვალებადია, ან თუ გამტარის სხვადასხვა უბნები იმყოფება სითბოცვლის სხვადასხვა პირობებში გარემომცველ გარემოსთან, მაშინ მნიშვნელოვანი ხდება სითბოგადაცემა თვით გამტარის შიგნით. გამტარის, რომლის უბნები იმყოფება სითბოცვლის სხვადასხვა პირობებში, მაგალითია სხვადასხვა ელექტროაპარატურის შემყვანი გამტარები (როგორც წესი ასეთ ადგილებში გამტარები გარემოცულია დამატებითი იზოლაციით ან სამაგრებით), ან იზოლირებული და არაიზოლირებული უბნების საზღვრები. რეალურ პირობებში ასეთი მეზობელი უბნების თანაბარწონიანი ტემპერატურები შეიძლება განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისაგან რამდენიმე ათეული გრადუსით, რაც ბუნებრივია არ შეიძინევა ექსპერიმენტალური შემოწმებისას, თვით გამტარის შიგნით სითბოს გადანაწილების გამო. მოცემულ სამუშაოში შემოთავაზებულია გამტარის ტემპერატურის გაანგარიშების მეთოდიკა ელექტრული დენის მნიშვნელობასთან, წინააღობასთან და გარემომცველი გარემოს ტემპერატურასთან მიმართებაში.

გამტარის ტემპერატურა, რომელშიც გადის ელექტრული დენი სტაციონალურ რეჟიმში შეიძლება განსაზღვრული იქნას შემდეგი განტოლების ამოხსნისას:

$$Q_n = P. \tag{1}$$

სადაც P - გამტარში გამოყოფილი სითბოა, ხოლო Q_n - გამტარის ზედაპირიდან სითბური დანაკარგები.

$$P = R \cdot I^2 \tag{2}$$

სადაც R - გამტარის ელექტრული წინააღობაა, I - გამტარში გამავალი ელექტრული დენი.

$$R = \rho(T) \cdot l/S \tag{3}$$

სადაც $\rho(T)$ - გამტარის მასალის ხვედრითი ელექტრული წინააღობის დამოკიდებულებაა ტემპერატურაზე, l - გამტარის უბნის სიგრძეა, S - გამტარის კვეთის ფართობია.

$$Q_{1n} = (\alpha \cdot S_n \cdot (T_s - T_a)), \tag{4}$$

სადაც T_s - გამტარის ზედაპირის ტემპერატურაა (ლითონების მაღალი სითბოგამტარობის გამო დასაშვებია ჩავთვალოთ, რომ გამტარის კვეთში ტემპერატურის სხვაობა მცირეა და გამტარის ზედაპირის და შიგა ფენების ტემპერატურები ერთმანეთს), T_a - გარემომცველი ჰაერის ტემპერატურაა, α - გამტარის ზედაპირიდან გარემოში სითბოგაცემის კოეფიციენტი. S_n - გამტარის ზედაპირის ფართობია. ჩასმისა და გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ გამტარის ტემპერატურის განსაზღვრისათვის შემდეგ გამოსახულებას:

$$(5)$$

სირთულეს წარმოადგენს სითბოგაცემის კოეფიციენტის გაანგარიშება, რომელიც დამოკიდებულია ბევრ ფაქტორზე, კერძოდ გამტარის და გარემომცველი გარემოს ტემპერატურაზე, გამტარის გეომეტრიულ ზომებზე მდგომარეობაზე (ჰორიზონტალური ან ვერტიკალური) და ა.შ. [2]. სითბოგაცემის საერთო კოეფიციენტი არის სხივური (α_r) და



კონვექციური (α_k) სითბოგაცემის კოეფიციენტების ჯამი.

(6)

თავის მხრივ სხივური სითბოგაცემის კოეფიციენტი განისაზღვრება გამტარის ზედაპირის და გარემომცველი გარემოს ტემპერატურით:

(7)

სადაც ϵ_n – გამტარის ზედაპირის სიშავის ხარისხია. კონვექციური სითბოგაცემის კოეფიციენტი განისაზღვრება სითბური მსგავსების თეორიიდან:

(8)

$$Nu_a = f(Gr_a, Pr_a) \quad (9)$$

$$[Gr]_{\lambda a} = g d^3 \beta (T_s - T_a) [\lambda a]^{-2} \quad (10)$$

(10)

$$[Pr]_{\lambda a} = c_p \lambda a [\lambda a]^{-1} \quad (11)$$

(11)

სადაც Nu_a , Gr_a , Pr_a – ნიუსელტის, გრაზგოფის და პრანდტლის კრიტერიუმებია ჰაერისათვის, λ_a – ჰაერის სითბოგამტარობა, d – გამტარის დიამეტრია, g – თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, β – ჰაერის მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი, μ_a – ჰაერის სიბლანტეა, c_a – ჰაერის სითბოტევადობა.

ფუნქციის (9) სახე განსხვავებულია ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ზედაპირებისათვის [2, 3] და გარემომცველი ჰაერის მოძრაობის სხვადასხვა სინქარისათვის. ამრიგად, შეიძლება მიღებული იქნას საწყისი მონაცემები ზედაპირის ტემპერატურის გაანგარიშებისათვის გრძივი სითბოგაცემის არსებობისას – თანაბარწონიანი ტემპერატურები უბნებზე გარემომცველ გარემოსთან მუდმივი ხასიათის სითბომიმოცვლით.

გამტარის ზედაპირის ტემპერატურის გაანგარიშების ალგორითმი შემდეგია:

1. განისაზღვრება თანაბარწონიანი ტემპერატურები გამტარის ყველა უბნებზე იზოლაციის, გეომეტრიის და მათი მუშაობის პირობებთან დამოკიდებულებაში – (5)-(11) გამოსახულებები. მეზობელი უბნების გავლენა არ გაითვალისწინება.

2. შემდეგ ეტაპზე აუცილებელია განვსაზღვროთ სითბომიმოცვლის ზედაპირის ფართობი და გამტარის მეზობელ უბნებს შორის სითბური წინაღობის სისქე. ვიგულისხმობთ, რომ სითბოს გამომსხივებელი ზედაპირი არის გამტარის იმ უბნების საზღვარი, რომელიც იმყოფება გარემომცველ გარემოსთან სითბომიმოცვლის სხვადასხვა პირობებში. სიმარტივისათვის განვიხილოთ წრიული კვეთის გამტარი და ვისარგებლოთ ცილინდრული კოორდინატებით. სითბური ნაკადი გამომსხივებელი ზედაპირის ყოველი წერტილიდან თანაბრად ნაწილდება გამტარის “ცივი” უბნების ზედაპირის ყველა წერტილებში. ამგვარად, საჭიროა ვიპოვოთ საშუალო მანძილი “ცხელი” და “ცივი” უბნების გამყოფი კვეთიდან “ცივი” უბნის გარე ზედაპირამდე და საშუალო ფართი, რომელშიც ხდება სითბოგაცემა. სითბოგაცემის საშუალო ფართი შეიძლება განსაზღვრული იქნას როგორც გამტარის კვეთის ფართისა და “ცივი” უბნის გარე ზედაპირის ფართის საშუალო გეომეტრიული:

$$S_c = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{l_c \cdot d^3} \quad (12)$$

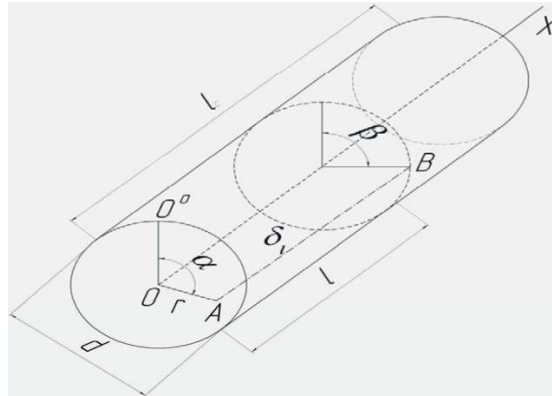
სადაც d – გამტარის დიამეტრია, l_c – გამტარის “ცივი” უბნის სიგრძეა. მანძილი “სითბოსგამომსხივებელი” კვეთის ნებისმიერი წერტილიდან “ცივი” უბნის ზედაპირის ნებისმიერ წერტილამდე გამოითვლება ფორმულით:

$$\delta_{i,j} = l^2 + d^2/4 + r^2 - d \cdot r \cdot [\cos(\beta)] [\beta - \alpha] \quad (13)$$

(13)



სადაც r - მანძილია გამომსხივებელი კვეთის ნებისმიერი წერტილიდან მის ცენტრამდე, β - წერტილის კუთხური კოორდინატია "ცივი" უბნის ზედაპირზე, α - წერტილის კუთხური კოორდინატია გამომსხივებელ ზედაპირზე, l - მანძილია "ცივი" ზედაპირის წერტილიდან გამომსხივებელ კვეთამდე. სიდიდეები, რომლებიც შედიან (12)-(13) თანაფარდობაში ნაჩვენებია ნახაზზე.



საშუალო მანძილი სითბოს გამომსხივებელ კვეთსა და ცივი უბნის ზედაპირს შორის შეიძლება გამოანგარიშებული იქნას შემდეგნაირად:

3. (12) და

$$\delta = \frac{1}{(2r^2)} \cdot d \cdot l \cdot \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \left[\frac{1}{(l^2)} + \frac{d^2}{(4+r^2-d \cdot r \cdot \cos(\alpha) \cos(\beta))} \right] d\alpha d\beta d\gamma d\delta d\epsilon d\zeta \quad (14)$$

(14) დამოკიდებულებების გაანგარიშებიდან მიღებული სიდიდეები და (4) ფორმულიდან გაანგარიშებული "ცივი" და "ცხელი" უბნების ტემპერატურები გამოიყენებიან გამტარის ამ უბნებს შორის სითბური ნაკადის განსაზღვრისათვის:

$$q = \frac{\Delta T \cdot S_c}{\delta} \quad (15)$$

სადაც q - სითბოს რაოდენობაა, რომელიც გადადის "ცხელი" უბნიდან "ცივი" უბანზე დროის ერთეულში, ΔT - უბნების თანაბარწონიანი ტემპერატურების სხვაობაა.

4. შემდეგი ნაბიჯით კორექტირდება თანაბარწონიანი სითბური დანაკარგები გამტარის უბნებისათვის:

$$Q_n = P \pm q \quad (16)$$

ნიშანი "პლიუსი" გამოიყენება "ცივი" უბნისათვის, რომელიც ღებულობს დამატებით სითბოს. "მინუსი" – შესაბამისად "ცხელი" (კარგავს სითბოს) უბნისათვის. შესაბამისად, გამოსახულება (5) შესწორების გათვალისწინებით მიიღებს სახეს:

$$T_s = T_a + \frac{(R \cdot I^2 \pm q)}{(\alpha \cdot S_n)} \quad (17)$$

5. შემდგომ ზუსტდება სითბოგაცემის კოეფიციენტები, აუცილებლობის შემთხვევაში წინაღობა (3) ფორმულით და გამტარის უბნებში გამოყოფილი სითბო და ისევ გამოითვლება ტემპერატურები.

პროცედურა მეორდება მანამ, სანამ სხვაობა ტემპერატურის წინა და შემდგომ მნიშვნელობებს შორის არ გახდება გაანგარიშების სიზუსტით მოცემულზე ნაკლები. შემოთავაზებული მეთოდი ეფექტურია, როდესაც გამტარის უბნის სიგრძის ფარდობა მის დიამეტრთან არ აღემატება 50-ს [1]. გამტარის დიდი სიგრძის შემთხვევაში დამატებით უნდა დავეყთ "ცხელი" და "ცივი" უბნები მცირე სიგრძის უბნებად და ანალოგიურად განვიხილოთ მათი ურთიერთ გავლენა. ამავე მეთოდით შესაძლებელია ავადგოთ



ტემპერატურების ველი გამტარის მთელ სიგრძეზე.

გაანგარიშების მეთოდის შემოწმებული იქნა ლითონის მავთულების მუდმივი დენით გახურების გამოკვლევისას უბნებზე, რომელთაც აქვთ სხვადასხვა თბო და ელექტროიზოლაცია და ზედაპირის სიშავის სხვადასხვა ხარისხი (შესაბამისად სითბოგაცემის სხვადასხვა კოეფიციენტი).

ექსპერიმენტისათვის ვიყენებდით სპილენძის გამტარს 1,5 მმ დიამეტრით და 300 მმ სიგრძით. ელექტრული დენის მუდმივ მნიშვნელობას (25 ა) ვინარჩუნებდით სტაბილიზატორით, ამავე დროს ვზომავდით ძაბვას გამტარის ბოლოებზე. ჰაერის ტემპერატურა შეადგენდა 18-20°C, გამტარის არაიზოლირებული უბნების ტემპერატურას ვზომავდით ლოკალურად თერმომეტრის დახმარებით.

გამტარის უბნებზე სითბოცვლის სხვადასხვა პირობების შესაქმნელად ვიყენებდით პლასტიკურ იზოლაციას და გამტარის ნაწილის შეღებვას ზედაპირის სიშავის ხარისხის ასამაღლებლად.

იზოლაციის და შეღებვის გარეშე ტემპერატურის გაზომვის შედეგად ექსპერიმენტის ჩატარების პირობებში მიღებული იქნა მნიშვნელობა 106 °C. გამტარის ნახევარი სიგრძის საღებავით შეღებვისას სიშავის მაღალი ხარისხით, ტემპერატურამ შეუღებავ უბანზე შეადგინა 96 °C. გაანგარიშების შედეგებმა აჩვენა დამაკმაყოფილებელი შესაბამისობა გაზომილ მნიშვნელობებთან.

მიღებული შედეგები აიხსნება მავთულის შიგნით სითბოს გადანაწილებით. სუფთა სპილენძის მავთულის უბნის შეღებვისას შავი საღებავით მნიშვნელოვნად იზრდება ზედაპირის სიშავის ხარისხი 0,12-დან 0,95-მდე და როგორც შედეგი, სითბოგაცემა. შეღებილი უბანი იწვევს მოქმედებას როგორც მაცივარი, რაც იწვევს ტემპერატურის ვარდნას მეზობელ უბანზე.

დასკვნა. შემოთავაზებულია გამტარებში, რომლებიც ხურდებიან ელექტრული დენით, სითბური ველების გაანგარიშების მოდელი. ანალიტიკურად მიღებულია ფორმულები ცილინდრული ფორმის გამტარისათვის სითბოცვლის ფართის და სითბოცვლის ზედაპირებს შორის საშუალო მანძილის გაანგარიშებისათვის.

ლიტერატურა

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Москва: Химия, 1971. =784 с.
2. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров. Москва: Атомиздат, 2007. – 216 с.
3. Фокин В.М., Бойков Г.П., Видин Ю.В. Основы технической теплофизики. Москва: Машиностроение, 2004. – 172 с.

HEAT TRANSMISSION MODELING IN METALLIC CONDUCTORS

Zivzivadze B.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on the heat transmission phenomenon along metallic conductor heated by electric current. There proposed a model for calculation of thermal fields in the conductors, which are heated by electric current. There have been obtained analytically formulas for calculation of the distance between the heat-exchange area and heat-exchange surface for cylindrical conductor.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
 III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



გამოსახულებათა დამუშავების თეორიის გამოყენება დოკუმენტების
 იდენტიფიკაციის ამოცანაში ატჰააღ-ის სისტემაში

პოპალიანი ნ., ლინტიბიკე ნ., ოჩოტაძე ნ., შილია რ.
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

განხილულია დოკუმენტების იდენტიფიკაცია მონოქრომული გამოსახულების წერტილოვანი ანალიზის მეთოდით. ანალიზს აქვს მაღალი სიზუსტე. ყოველი წერტილის (ერთი პიქსელის) დონეზე ამ მეთოდებით შესაძლებელია მაღალი სიზუსტით ამოიხსნას დოკუმენტების იდენტიფიკაციის ბევრად უფრო რთული ამოცანები კრიმინალისტიკის დარგში, ასტრონომიაში, დიაგნოსტიკაში და ბევრ სხვადასხვა დარგებში.

იდენტიფიკაცია (გაიგივება) წარმოადგენს ობიექტის იგივეობის დადგენის პროცესს. ტექნიკურ ამოცანებში ხშირად გვხვდება საკვლევი ობიექტის გამოსახულებების (ან მახასიათებლების) და მისი ეტალონის გამოსახულებების (ან მახასიათებლების) შედარება ერთმანეთთან მსგავსების დასადგენათ (მაგალითად, დიაგნოსტიკა, კრიმინალისტიკა და ა.შ.). საჭირო ხდება გადაწყვეტილების მიღება მათი იდენტობის შესახებ. მათემატიკურად, თუ გვაქვს ორი მატრიცა და გამოვიყენებთ მსგავსების ლოგიკურ ბლოკს “თუ-მაშინ” მივიღებთ:

ორი მატრიცის შედარება

$$M1 := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 \\ 7 & 7 & 7 & 7 & 7 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 9 & 9 & 9 & 9 & 9 \end{pmatrix} \quad M2 := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 \\ 7 & 7 & 7 & 7 & 7 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 9 & 9 & 9 & 9 & 9 \end{pmatrix}$$

$$P := \begin{cases} \text{"identic"} & \text{if } M1 = M2 \\ \text{"no identic"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

P = "identic"

ეს ნიშნავს, რომ ნებისმიერი გადაწყვეტილების მისაღები პრობლემა (მათ შორის იდენტიფიკაციის პრობლემა) უნდა იქნას დაყვანილი ასეთი სახის (ან მსგავსი) შედარების შესაძლებლობამდე და ეს ლოგიკური ბლოკი “თუ-მაშინ” ყოველთვის გააკეთებს სწორ დასკვნას, სწორი გადაწყვეტილების მიღებას. თანაც ეს კეთდება მაღალი სიზუსტით, მყისიერად და მარტივად ექვემდებარება მაღალი დონის ავტომატიზაციას.

განვიხილოდ კრიმინალისტიკის, კერძოდ კი ერთ-ერთი ამოცანა - დოკუმენტების იდენტიფიკაციის ამოცანა. რეალური დოკუმენტის, ფულის ან პირადობის მოწმობის ID-ის და ა.შ. ნაცვლად, ავიღოთ რაღაც, ნებისმიერი მონოქრომული გამოსახულება. მეორე გამოსახულება იყოს იგივე, მაგრამ მცირედ განსხვავებული (მაგალითად, ფალსიფიცირებული) პირველისაგან, რომელიც მივიჩნიოთ ეტალონად. ეტალონთან შეთავსების მეთოდით MathCad-ში მივიღებთ:



M1 := READ_IMAGE("bridge1.bmp")

M2 := READ_IMAGE("bridge2.bmp")



M1



M2

M1 =

	0	1	2	3
0	125	153	135	124
1	93	100	149	122
2	100	173	132	178
3	83	123	152	165
4	126	148	151	...

M2 =

	0	1	2	3
0	125	153	135	124
1	93	100	149	122
2	100	173	132	178
3	83	123	152	165
4	126	148	151	...

M1M1

cols(M1) = 128

rows(M1) = 128

max(M1) = 255

min(M1) = 0

P := "identic" if M1 = M2
"no identic" otherwise

P = "no identic"

cols(M2) = 128

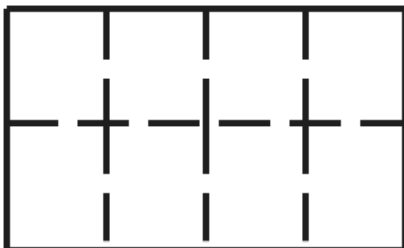
rows(M2) = 128

max(M2) = 255

min(M2) = 0

რადგან მხოლოდ კეთდება დასკვნა ლოგიკურ ბლოკში "ერთნაირია-განსხვავდება", და გაურკვეველია თუ რით განსხვავდებიან ეს მატრიცები, ამიტომ დავყოთ საწყისი გამოსახულებები ნაწილებად ანუ მატრიცებად, ერთნაირ მცირე ნაწილებად და შევადაროთ ისინი ერთმანეთს, მაგალითად, დავყოთ 8-8 ქვემატრიცებად. ლოგიკური ბლოკით "თუ-მაშინ" მოვძებნოთ განსხვავებული უბნები და გამოვაგლინოთ განსხვავებები.

m := READ_IMAGE("3.bmp")



m

ყოველი ქვემატრიცის ზომა იყოს 32x64 პიქსელი



M28

M11

განსხვავების მოძებნა

$$M11 := \text{submatrix}\left(M1, 0, \frac{\text{rows}(M1)}{2} - 1, 0, \frac{\text{cols}(M1)}{4} - 1\right)$$

$$M12 := \text{submatrix}\left(M1, 0, \frac{\text{rows}(M1)}{2} - 1, \frac{\text{cols}(M1)}{4}, \frac{2 \text{cols}(M1)}{4} - 1\right)$$

$$M13 := \text{submatrix}\left(M1, 0, \frac{\text{rows}(M1)}{2} - 1, \frac{2 \text{cols}(M1)}{4}, \frac{3 \text{cols}(M1)}{4} - 1\right)$$

$$M14 := \text{submatrix}\left(M1, 0, \frac{\text{rows}(M1)}{2} - 1, \frac{3 \text{cols}(M1)}{4}, \text{cols}(M1) - 1\right)$$

$$M15 := \text{submatrix}\left(M1, \frac{\text{rows}(M1)}{2}, \text{rows}(M1) - 1, 0, \frac{\text{cols}(M1)}{4} - 1\right)$$

$$M16 := \text{submatrix}\left(M1, \frac{\text{rows}(M1)}{2}, \text{rows}(M1) - 1, \frac{\text{cols}(M1)}{4}, \frac{2 \text{cols}(M1)}{4} - 1\right)$$

$$M17 := \text{submatrix}\left(M1, \frac{\text{rows}(M1)}{2}, \text{rows}(M1) - 1, \frac{2 \text{cols}(M1)}{4}, \frac{3 \text{cols}(M1)}{4} - 1\right)$$

$$M18 := \text{submatrix}\left(M1, \frac{\text{rows}(M1)}{2}, \text{rows}(M1) - 1, \frac{3 \text{cols}(M1)}{4}, \text{cols}(M1) - 1\right)$$

$$P1 := \begin{cases} \text{submatrix}\left(M2, 0, \frac{\text{rows}(M2)}{2} - 1, 0, \frac{\text{cols}(M2)}{4} - 1\right) & \text{if } M11 = M21 \\ \text{"no identic"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad P2 := \begin{cases} \text{"identic"} & \text{if } M12 = M22 \\ \text{"no identic"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M22 := \text{submatrix}\left(M2, 0, \frac{\text{rows}(M2)}{2} - 1, \frac{\text{cols}(M2)}{4}, \frac{2 \text{cols}(M2)}{4} - 1\right)$$

P1 = "identic"

P2 = "identic"

$$M23 := \text{submatrix}\left(M2, 0, \frac{\text{rows}(M2)}{2} - 1, \frac{2 \text{cols}(M2)}{4}, \frac{3 \text{cols}(M2)}{4} - 1\right)$$

ორკვევა რომ განსხვავება არის გამოსახულების ქვედა, ბოლო მარჯვენა ნაწილში - M28

$$P3 := \begin{cases} \text{"identic"} & \text{if } M13 = M23 \\ \text{"no identic"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad P4 := \begin{cases} \text{"identic"} & \text{if } M14 = M24 \\ \text{"no identic"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M24 := \text{submatrix}\left(M2, 0, \frac{\text{rows}(M2)}{2} - 1, \frac{3 \text{cols}(M2)}{4}, \text{cols}(M2) - 1\right)$$

$$M25 := \text{submatrix}\left(M2, \frac{\text{rows}(M2)}{2}, \text{rows}(M2) - 1, 0, \frac{\text{cols}(M2)}{4} - 1\right) \quad P3 = \text{"identic"} \quad P4 = \text{"identic"}$$

$$P5 := \begin{cases} \text{"identic"} & \text{if } M15 = M25 \\ \text{"no identic"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$P6 := \begin{cases} \text{"identic"} & \text{if } M16 = M26 \\ \text{"identic"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

P5 = "identic"

P6 = "identic"

$$P7 := \begin{cases} \text{"identic"} & \text{if } M17 = M27 \end{cases}$$

$$P8 := \begin{cases} \text{"identic"} & \text{if } M18 = M28 \\ \text{"no identic"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

	0	1	2	3
0	84	91	78	98
1	67	92	73	105
2	72	124	75	103
3	42	81	68	...

P8 = "no identic"

min(M28) = 0 5



ლიტერატურა

1. Криминалистика: Учебник/Отв.ред. Н.П.Яблоков – М.:Юрист, 2007. – 781 с.
2. В.П.Дьяконов – Энциклопедия Mathcad 2001i и Mathcad 11. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 832 ц. 3. <http://bibliotekar.ru/criminalistika-1/12.htm>
4. Four points existing on the second images come to light both in matrixes of separate colors and in a total matrix. http://www.lib.ru/PRAWO/BESTJUR/loer1.txt_with-big-pictures.html
5. Mathcad 15.0 – Help, Image Processing Extension Packe

THEORY OF THE USE OF IMAGES IN DOCUMENTS IDENTIFICATION PROBLEMS BY USING MATHCAD PACKAGES.

Kopaliani N., Ghintibidze N., Ormotsadze N., Filia R.

Akaki Tsereteli State University

Summary

By these methods the dot analysis of any monochrome image is possible. The analysis has high precision at the level of each point. Similarly, the analysis of color images is possible. For example: It is visible that by these methods perhaps high precision to solve considerably complex problems of identifications of documents in the field of criminalistics, and also to use these methods in astronomy, in diagnostics etc.

ბაზოლიზაციის ციკლის მახასიათებლები და ანალიზი

კამლაძე ა., კოჩიაძე თ., შოთაძე ზ.
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია დიზელის ძრავის აიროვან საწვავზე მუშაობის შესაძლებლობა და მიკონსტრუქციული თავისებურებები. მოცემულია ძრავის მუშაობის პრინციპი, უპირატესობა საბაზოლიზაციის შედეგებით და ციკლის რეალიზაციისათვის აუცილებელი პირობები.

მსოფლიოს საავტომობილო პარკის ყოველწლიური ზრდის ტემპები მნიშვნელოვნადაა დაკავშირებული ორი ძირითადი პრობლემის გამწვავებასთან. პირველი დაკავშირებულია ენერგეტიკულ პრობლემებთან, მეორე კი ეკოლოგიური ხასიათისაა.

XX საუკუნის დასაწყისში ყველა სახის ენერჯის მოხმარება ყოველწლიურად შეადგენდა დაახლოებით მილიარდ ტონა პირობით სატობოს, მაშინ როდესაც უკანასკნელი ათწლეულის მანძილზე იგივე მონაცემები 20 მილიარდ ტონას აღწერს. [1].

როგორც წესი, ნავთობპროდუქტების ძირითადი მომხმარებელი სხვადასხვა სახის სატრანსპორტო საშუალებებია და პროგნოზის მიხედვით, XXI საუკუნის 30-იან წლებში, მათ მიერ მოხმარებული ნავთობპროდუქტების წილი გაიზრდება 50-60%-მდე [1].

სატრანსპორტო საშუალებების რიცხვის განუწყვეტელი სწრაფი ზრდა, უახლოეს მომავალში გამოიწვევს თხევადი საწვავით მათი მომარაგების გარკვეულ პრობლემებს. თანამედროვე შეფასებით, მინერალური რესურსების მოპოვების მაღალი ტემპების შემთხვევაში, ნავთობის მარაგი საკმარისი იქნება 40-50 წლის, ხოლო ბუნებრივი აირის 150-200 წლის მანძილზე. გამომდინარე აქედან, მომავალში პრობლემის ეფექტურად გადასაჭრელად დღითიდღე მოიმატებს გაზბალონიანი ავტომობილების რიცხვი.

თხევად საწვავზე მომუშავე სატრანსპორტო ძრავების აიროვან საწვავზე გადაწყობის პროცესს კონვერტაცია ეწოდება. აღნიშნული პროცესის განხორციელება გაცილებით მარტივია ოთხტაქტიან ბენზინზე მომუშავე ძრავებზე, რადგან ძრავში ყოველგვარი კონსტრუქციული ცვლილებების გარეშე, სპეციალური აირმიმწოდებელი აპარატურის გამოყენებით მიიღება აიროვან საწვავზე კონვერტირებული იძულებითი ანთებით მომუშავე ენერგეტიკული დანადგარი.

დიზელის ძრავის აიროვან საწვავზე კონვერტაცია შესაძლებელია განხორციელდეს



ორი სხვადასხვა გზით:

პირველი: უშუალოდ ბუნებრივ შეკუმშულ აირზე კონვერტირებული დიზელი წარმოადგენს ძრავას გარე ნარევეწარმოქმნით და იძულებითი ანთებით, რომელსაც იგივე გეომეტრიული პარამეტრები აქვს, როგორც საბაზო დიზელს. ასევე უცვლელია შემშვები და გამომშვები არხები, აირგანაწილების ფაზები, გაგრილების და შეხეთვის სისტემები. მოდიფიცირებული ძრავის მისაღებად აუცილებელია მთელი რიგი დამატებითი კონსტრუქციული სამუშაოების ჩატარება. კერძოდ, მცირეოდენი მექანიკური დამუშავების შემდეგ შესაძლებელია ფრქვევანების ადგილას ანთების სანთლების ჩაყენება და წვის კამერის დამუშავებით კუმშვის ხარისხის ამაღლება.

სამუშაო ნარევის აალება ხორციელდება ელექტრული ნაპერწკლით. ძრავზე დაყენებულია მწვეტარა-გამანაწილებელი მექანიზმი, რომლის მოძრაობაში მოყვანა ხორციელდება საწვავის მაღალი წნევის ტუმბოს ამძრავი კბილანიდან. საწვავი ნარევის მომზადება ხდება შემრევეში, რომელიც წარმოადგენს დიფუზორს. ციკლის განმავლობაში მიწოდებული ჰაერის და გაზის ნარევის რეგულირებას ახდენს მარეგულირებელი ორგანო, რომელიც მოთავსებულია შემშვები კოლექტორის დასაწყისში და მოძრაობაში მოდის ვაკუმ-კორექტორის საშუალებით.

მეორე: ჩვეულებრივ დიზელებში გაზობრივი საწვავის უშუალოდ გამოყენების შესაძლებლობა შეზღუდულია, მისი თვითაალების მაღალი ტემპერატურიდან (680 - 700°C) გამომდინარე, მაშინ როცა დიზელის საწვავის თვითაალების ტემპერატურა იცვლება 320-380°C ზღვრებში. აღნიშნულის გამო მხილოდ გაზის საწვავის გამოყენებით კუმშვის პროცესის ბოლოს შეუძლებელია თვითაალების და საერთოდ წვის პროცესის განხორციელება.

ამ ტიპის ძრავებში, ჰაერის მაგიერ ცილინდრებში შევსების ტაქტის დროს მიეწოდება სპეციალურ აპარატურაში მომზადებული ჰაერისა და გაზის (მეთანის) ნარევი, რომელიც განიცდის კუმშვას. ნარევის აალება, ანუ წვის კერების წარმოქმნა ხორციელდება კუმშვის ბოლოს ცილინდრში შეფრქვეული დიზელის საწვავით (ე.წ. ამნთები დოზა), რომელიც უშუალოდ დიზელის ციკლით მუშაობისას სტაციონარულ და გემის ძრავებში საწვავის ხარჯის 10-20% - ია, ხოლო საავტომობილო ძრავებში 10 - 20 % შეადგენს. ასეთ ციკლს გაზოდიზელის ციკლს უწოდებენ.

გაზოდიზელი წარმოადგენს ორ საწვავზე მომუშავე ძრავს, რომელზედაც საბაზო დიზელისაგან განსხვავებით, განთავსებულია დამატებითი მოწყობილობა გაზის აპარატურის სახით. ამ ტიპის ძრავები ყოველგვარი კონსტრუქციული გადაკეთების გარეშე მუშაობენ დიზელის ციკლით, მაგრამ ვერ მუშაობენ მხოლოდ აიროვან საწვავზე.

როგორც ჩატარებული ექსპერიმენტალური გამოკვლევები [2] გვიჩვენებენ, გაზოდიზელში განხორციელებული მუშა პროცესი უზრუნველყოფს:

- საბაზო დიზელთან შედარებით სიმძლავრის 3-10% გაზრდას;
- ნამწვი აირების კვამლიანობის 2-3-ჯერ შემცირებას;
- დიზელის საწვავის ხარჯის 40-60%-ით შემცირებას;
- ძრავში გამოყენებული ზეთის ვარგისიანობის 2-3-ჯერ გახანგრძლივებას;
- საბაზო დიზელთან შედარებით ხმაურის შემცირების ეფექტი 3-8 დბ-ია.

გაზოდიზელის ციკლით მომუშავე ძრავებში მნიშვნელოვანი პარამეტრია დიზელის საწვავის ამნთები დოზა, რომელიც განსაზღვრავს ძრავის როგორც სიმძლავრით, ასევე ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ პარამეტრებს.

ისე როგორც დიზელებში, გაზოდიზელებშიც მახასიათებელია საწვავი ნარევის ანთების შეფერხების მოვლენა, რაც მნიშვნელოვნად მოქმედებს ძრავის ნორმალურ მუშაობაზე. ამ პროცესის თავიდან აცილების მიზნით ადიდებენ ამნთები დოზის სიდიდეს და ამავდროუ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

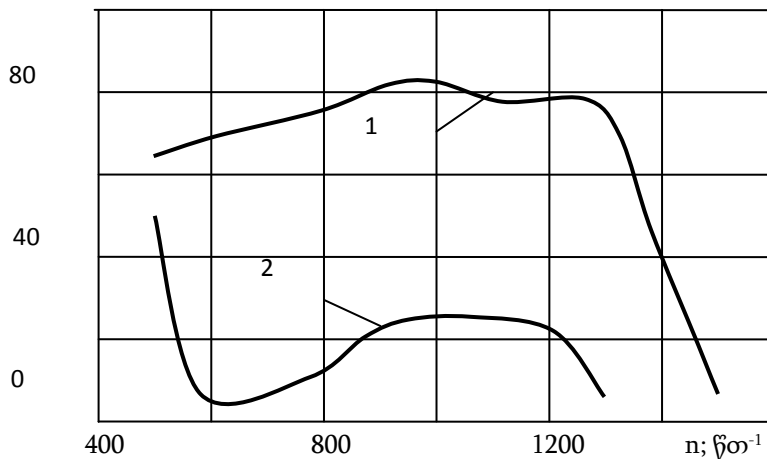


ლად ახდენენ ჰაერის დროსელირებას შესასვლელზე, რაც იწვევს ნარევიში აიროვანი საწვავის (მეთანის) კარგ კონცენტრაციას. თხევადი საწვავის ამნთები დოზის გაზრდით იზრდება ანთების კერების რიცხვი და მაღლდება წვის პროცესის მდგრადობა. თუმცა მცირე დატვირთვებზე მუშაობისას ცილინდრში მოხვედრილი აიროვანი საწვავის და ამნთები დოზის ჯამური კუთრი ხარჯი უფრო მაღალია, ვიდრე საბაზო დიზელებში.

ეკონომიურობისა და ეფექტურობის თვალსაზრისით სატრანსპორტო დიზელებისათვის მნიშვნელოვანია ისეთი ხერხის გამოყენება, რომელიც უზრუნველყოფს გაზოდიზელის ციკლიდან დიზელის ციკლზე სწრაფი და შეუფერხებელი გადასვლის შესაძლებლობას. ეს კი შესაძლებელია ამნთები დოზის სწორი რეგულირებით. ამასთან გაზოდიზელის მაღალი ეკონომიურობის მისაღწევად აუცილებელია ცილინდრში მიწოდებული ამნთები საწვავის დოზა იყოს მინიმალური.

შერეულ საწვავზე გაზოდიზელის ეფექტური და საიმედო მუშაობისათვის აუცილებელ მოხონანს წარმოადგენს ამნთები დოზის ზუსტი რაოდენობის მიწოდება და მისი თანაბარი განაწილება ცილინდრების მიხედვით. ამ მოთხოვნების დაკმაყოფილების მიზნით, გაზოდიზელზე დაყენებულია საწვავის მაღალი წნევის ტუმბო ორრეჟიმიანი რეგულიატორით. ასეთ შემთხვევაში ამნთები დოზის საწვავის მიწოდების აუცილებელი მახასიათებლების მიღება შესაძლებელია მაღალი წნევის ტუმბოს ბერკეტის განსაზღვრულ მდგომარეობაში ფიქსირებით და რეგულატორით მართვის უზრუნველყოფით. ჩვეულებრივ დიზელის რეჟიმზე მუშაობისას რეგულატორი უზრუნველყოფს საწვავის სრულ მიწოდებას. ნახ. 1-ზე მოცემულია საწვავის ტუმბოს მახასიათებლები ორრეჟიმიანი რეგულატორით მუშაობისას და გვიჩვენებს თხევადი საწვავის ციკლური მიწოდების ცვლილებას როგორც დიზელის, ასევე გაზოდიზელის რეჟიმებზე მუშაობისას.

ნახ. 1



ნახ. 1. საწვავის ტუმბოს მახასიათებლები ორრეჟიმიანი რეგულატორით.
1 - მუშაობა დიზელის რეჟიმში; 2 - მუშაობა გაზოდიზელის რეჟიმში.

აღსანიშნავია, რომ გაზოდიზელზე მრავალრეჟიმიანი რეგულატორით საწვავის ტუმბოს დაყენება სპეციალური მოწყობილობის გარეშე, ლარტყას ფიქსირებულ მდგომარეობაში ყოფნისას, ვერ უზრუნველყოფს საწვავის ამნთები დოზის აუცილებელ ციკლურ მიწოდებას და საწყისი პარამეტრების შენარჩუნებას დიზელის რეჟიმზე გადასვლისას. წინააღმდეგ შემთხვევაში შესაძლებელია ამნთები დოზის მიწოდების დარღვევა, რაც გამოიწვევს ძრავის არამდგრად მუშაობას და ნამწვი აირების კვამლიანობის ამადლებას. ამასთან მრავალრეჟიმიანი რეგულატორით აღჭურვილი დიზელის გადაწყობა (კონვერტაცია) უფრო რთულია,



ვიდრე ორრეჟიმიანის შემთხვევაში.

ყოველივე ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე, გაზოდიზელის საიმედო და ეკონომიური მუშაობა ძირითადად განპირობებულია ამნთები დოზის ეფექტური მიწოდებით და საწვავის ტუმბოს რეგულატორის სწორი რეგულირებით.

ლიტერატურა

1. Луканин В.Н., Графименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. Москва: Транспорт, 2005, - 240 с.
2. Камладзе А.Д. Анализ акустических характеристик двигателя КамАЗ при работе на газовом топливе. Автореферат дис. к.т.н. Москва. 1994. 158 с.

GAZODIZEL CYCLE CHARACTERISTICS AND ANALYSIS

Kamladze A., Kochadze T., Shotadze Z.

Akaki Tsereteli State University

Summary

Gazodizel the two-fuel engine, which is equipped with additional equipment for the base diesel fuel gas work. This type of engines in the engine cylinder is provided with two types of fuel - diesel and the extra gas. However, diesel fuel to perform the so-called Amntebis role gaseous fuel for ignition. Amntebi dose of diesel fuel consumption by 10-20% of the working cycle.

This type of diesel engines without any constructive change work cycle, but will work only gaseous fuel.

The paper deals with the diesel engine gaseous fuel conversion capability, and its advantages in comparison with the base. In addition, the dose amntebi epekuri delivery method, which is important for high-capacity gazodizel economic and environmental parameters to get.

კბილეზიანი ფარცხი ფარმერული მუშრნეობისათვის

სამადალაშვილი ა., მოღვაჰე ტ., ლომიჰე ა.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მოდების საგანეში რეგულირებადი სექციეზიანი ფარცხი აგრეგატირდება მადალი სიმძლავრის (8...10 კვტ) მოტობლოკებზე და 10...18 კვტ სიმძლავრის მცირეგაბარტიანი ტრაქტორებზე. ფარცხის მაქსიმალური მოდების სიგანეა 135 სმ, მინიმალური – 75 სმ.

ფარცხის თითოეული სექცია, შუა ნაწილით, ჭანჭიკებით ფიქსირდება წრიული ფორმის ლარტყაზე ოთხ მდგომარეობაში, რითაც უზრუნვერყოფილია ფარცხის კბილების თანაბარი დაწოლა ნიადაგზე და ფარცხის მადალი ხარისხი.

მოდების სიგანის ცვლილებისას კბილი შეიძლება გაადგილდეს სხვა მდგომარეობაში.

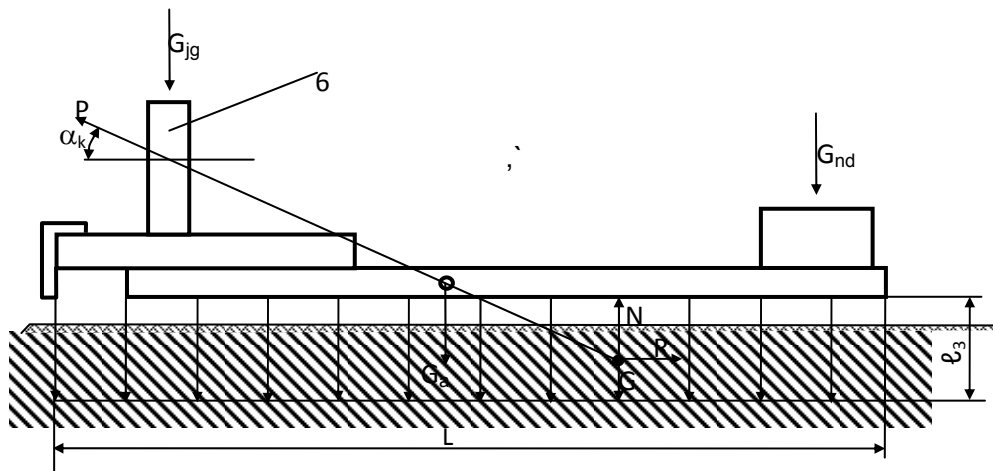
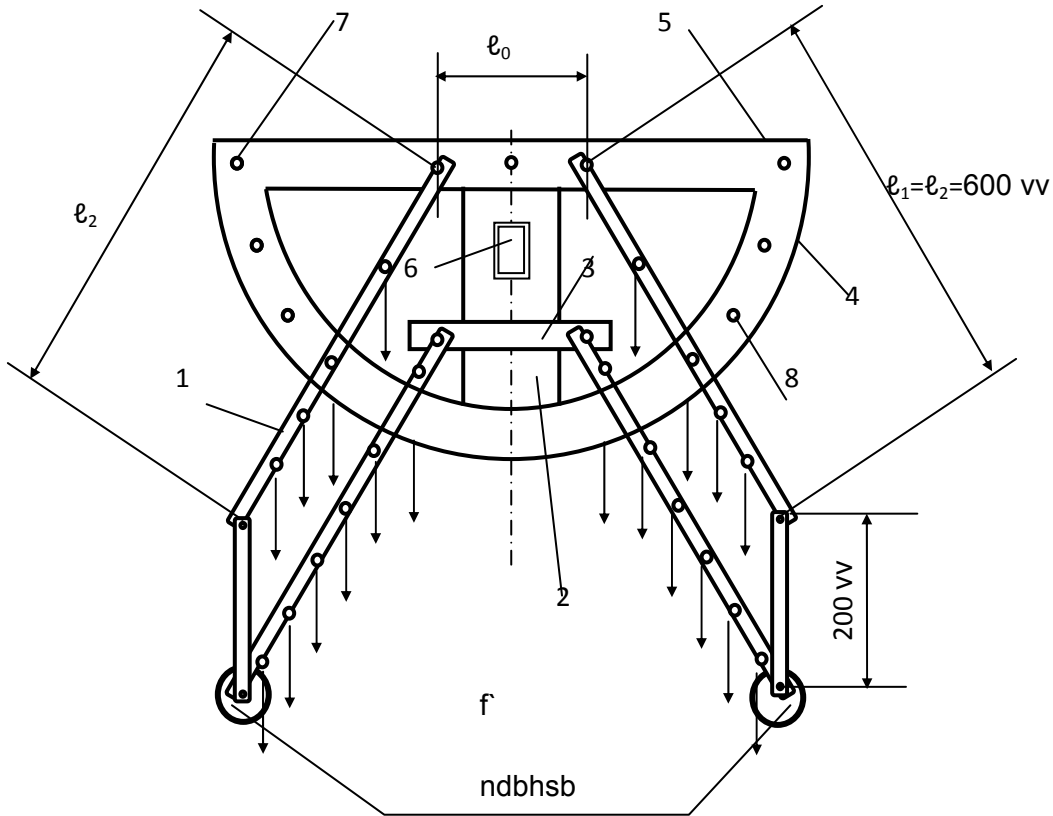
ფარცხის თეორიული საათური მწარმოებლობა ტოლია 0,8 ჰა/სთ.

კბილეზიანი ფარცხი (ნახ. 1) აგრეგატირდება როგორც მცირეგაბარტიანი ტრაქტორებზე, ასევე მადალი სიმძლავრის (8...10 კვტ) მოტობლოკებზეც. ასეთი ფორმით შეიძლება შესრულდეს მინდვრის ზედაპირის მთლიანი დამუშავება, ნიადაგის ქერქის დამსხვრევა გაზაფხულზე და წვიმების შემდეგ, თესლისა და სასუქის ჩათესვა ნიადაგში, ნახნავზე ბელტის ქიმების მოსწორება, საშემოდგომო ხორბლისა და მრავალწლიანი ბალახების ფარცხვა, სარეველა ბალახების მოსპობა, ბელტის დამსხვრევა გადამშრალ ნიადაგებში, ხვნის დროს ერთდროულად ფარცხვა და სხვა [1]. .

ნახ.2.-ზე ნაჩვენები კბილეზიანი ფარცხი ორსექციანი, პარალელოგრამული ტიპის სექციებით. შედგება ოთხი სწორხაზოვანი გრძივი ლითონის კუთხოვანისაგან 1 სიგრძით 60 სმ, ერთი მართკუთხა კვეთის ცენტრალური მზიდი ძელისაგან 2, რომელზედაც დამაგრებულია ორი საყურე 3, პარალელოგრამის ტიპის ფარცხის სექციების დასამაგრებლად, ნახევრად წრიული ფორმის ლარტყისაგან 4, რომელიც შუა ნაწილით დამაგ-



რეგულირება მზიდ ძელზე 2, ხოლო ორი თავისუფალი ბოლოთი განივზე 5, რომელიც თავის მხრივ შუა ნაწილით დამაგრებულია მზიდი ძელის 2 მეორე ბოლოზე.



ნახ. 1. მოდების სიგანეში რეგულირებადი კბილებიანი ფარცხის სქემა:

1 – ფარცხის სექციის კუთხოვანა (ძელი); 2 – მზიდი ძელი; 3 – საყრდენი; წრიული ფორმის ლარტყა; 5 – განივი ძელი; 6 – დგარი; 8 – სექციების სამაგრი ნახვრეტები; $l_1=l_2$ სექციების კუთხოვანების სიგრძეები; G_{jg} – ოპერატორის ფარცხზე დაწოლის ძალა; G_{nd} – ტვირთების სექციებზე დაწოლის ძალა.

მოდების სიგანეში რეგულირებადი კბილებიანი ფარცხის აგრეგატირება მოტობლოკებზე ხდება მზიდ ძელზე დამაგრებული დგარის 6 ჩამაგრებით გადასაბმელში, ხო-



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ლო მცირეგაბარიტიან ტრაქტორთან კი განივ ძელზე 5 არსებულ საყურეებში 7 გამობ-
 მული ჯაჭვის მიერთებით ტრაქტორის საკიდ მოწყობილობასთან.

პარალელოგრამის ტიპის ჩარჩოს მქონე ფარცხის დაფიქსირება გარკვეულ სიგანეზე
 შესაძლებელია პარალელოგრამის ტიპის თითოეული სექციის შემობრუნებით ნახევრად
 წრიული ფორმის ლარტყის მიმართ და მასში ჭანჭიკების საშუალებით ჩამაგრებით.
 ფიქსირება შესაძლებელია სამ მდგომარეობაში.

ფარცხის მაქსიმალური მოდების სიგანე ტოლია:

$$B_{\text{მაქს}} = (\ell_1 + \ell_2) \cos \alpha + \ell_0 = 2\ell \cos \alpha + \ell_0, \quad (1)$$

სადაც $\ell_1 + \ell_2 = 2\ell$ – არის თითოეულის სექციის მაქსიმალური სიგრძეების ჯამი ბოლო კბი-
 ლამდე; $\ell_0 = 15$ სმ – პარალელოგრამული სექციების მზიდ ძელებზე ჩამაგრებებს შორის
 დაშორება; α – სექციების განშლის კუთხე.

როცა ფარცხი მთლიანად გაშლილია, მაშინ მისი მაქსიმალური სიგანე ტოლია:

$$B_{\text{მაქს}} = 2 \cdot 60 \cdot \cos 0^\circ + 15 = 135 \text{ სმ}, \quad (2)$$

ხოლო მოდების მინიმალური სიგანე

$$B_{\text{მინ}} = 2 \cdot 60 \cdot \cos 60^\circ + 15 = 75 \text{ სმ} \quad (3)$$

ფარცხის წვეის წინააღმდეგობა (ნახ. 1) განისაზღვრება მისი წონის, კბილების რაო-
 დენობისა და ნიადაგის წინააღმდეგობის მიხედვით.

პრაქტიკული გაანგარიშებისათვის შექდება ვისარგებლოთ ფორმულით [2]:

$$P = n \cdot k, \quad (4)$$

სადაც $n=21$ – არის ფარცხის კბილების რაოდენობა; k – ერთი კბილის წინააღმდეგობა და
 მსუბუქი ნიადაგებისათვის იგი აიღება $k=1...1,5$ კგ/სმ², საშუალო ნიადაგებისათვის
 $k=2...2,5$ კგ/სმ², მძიმე ნიადაგებისათვის $k=4...5$ კგ/სმ² ზღვრებში. ე.ი. მსუბუქი ნიადაგ-
 ბისათვის

$$P = 21 \cdot 1,5 = 31,5 \text{ კგ}$$

საშუალო ნიადაგებისათვის

$$P = 21 \cdot 2,5 = 52,5 \text{ კგ}$$

მძიმე ნიადაგებისათვის

$$P = 21 \cdot 5 = 105 \text{ კგ}$$

ფარცხის წონა შეიძლება განესაზღვროთ გამოსახულებით :

$$G_a > P \sin \alpha, \quad (5)$$

სადაც $\alpha=10...15^\circ$ – არის მოტობლოკის წვეის ძალის მიმართულებასა და პორიზონტალურ
 სიბრტყეს შორის კუთხე, ე. ი.

$$b G_a > 105 \cdot \sin 15^\circ > 26ru \text{ ზ} \quad (6)$$

ფარცხის ერთი კბილის ნიადაგზე დაწოლის ძალა ტოლია [63]:

$$q = G_a / n = 26,8 / 21 = 1,2ru \text{ ზ} \quad (7)$$

ე.ი. დაგეგმარებული ფარცხის ერთი კბილის დაწოლა ნიადაგზე ტოლია 1,2კგ,
 რაც იმყოფება დასაშვებ ზღვრებში, რადგან საშუალო სიმძიმის ფარცხებისათვის
 იგი აიღება 1,2...1,5კგ ზღვრებში.

ფარცხის თეორიული საათური მწარმოებლობა

$$W_{\text{თ.ბ.}} = 0,9 \text{ ჰ/სთ.}$$

2 კნ წვეის კლასის მცირეგაბარიტიან თვლიან ტრაქტორებზე აგრეგატორების შემ-
 თხვევაშიც კი ფარცხის წვეის წინააღმდეგობა ($P=105$ კგ) გაცილებით ნაკლებია
 ტრაქტორის ნომინალური წვეის წინააღმდეგობაზე ($P_{\text{ნომ}} = 200$ კგ) და, შესაბამისად,



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ფარცხისათვის ძრავის სიმძლავრეც ნაკლები, რაც იძლევა იმის საშუალებას, რომ ძრავის დანარჩენი საჭირო სიმძლავრე გამოყენებულ იქნას ფარცხის მოდების სიგანი-სა და სატრაქტოქტორი აგრეგატის სამუშაო სიჩქარეების გასაზრდელად, რაც უფრო ეკონომიურს ხდის მას ფერმერებისთვის.

პუბლიკაცია განხორციელდა სამეცნიერო პროექტის AR/40/9-250/14 ბიუჯეტიდან.

ლიტერატურა

1. Карпенко А.Н и др. Сельскохозяйственные машины, _ М.: Колос, 1976
2. Листопад Г.Е. и др. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины, - М.: Колос, 1976

A SPIKE-TOOTH HARROW FOR FARMING ENTERPRISES

A. Samadalashvili, T. Modebadze, A. Lomidze
Akaki Tsereteli State University

The high-capacity (8...10 kW) sectional harrow regulated in coverage, is aggregated with a high-capacity (8...10 kW) motor cultivators. The maximum coverage of harrow is 135 cm, and minimum – 75 cm.

Each section of harrow, with its middle part, is fixated by bolts on an annular lath in four positions that ensures equal pressure of harrow teeth on a soil, as well as high quality of harrowing.

When changing coverage, the tooth may move into another position. Theoretical hourly productivity of harrow is 0,8 ha/h.

РАБОЧИЕ ОРГАНЫ ПОЛОСОВОЙ ПАХОТНОЙ МАШИНЫ

A. Самадалашвили, Т. Модебадзе, А. Ломидзе
Госуниверситет им. А. Церетели

В работе разработаны рабочие органы сварных конструкций для полосовых пахотных машин. В условиях эксплуатации, с учетом сил, действующих на сварные швы подобраны материалы составляющих элементов конструкций рабочих органов, и установлены оптимальные условия сварки. Расчеты показывают, что фактические силы, действующие на рабочие органы значительно ниже расчетных сил.

Разработанная сварная конструкция надежна, и возможен ее серийный выпуск.

В отличие от известных лемехов, предусмотрена возможность регулирования угла наклона к почве, что приводит к снижению силы сопротивления почвы и мощности двигателя.

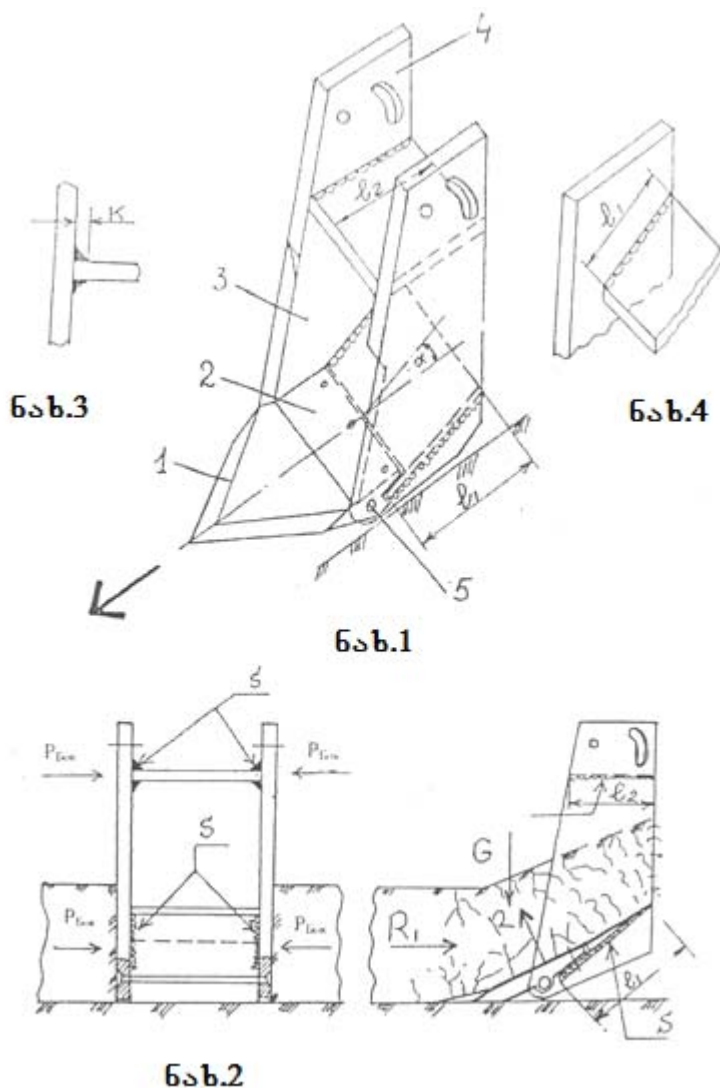
Одним из основных условий интенсивного развития сельского хозяйства является широкое внедрение научно-технических достижений в производственные процессы механизации.

Сельскохозяйственная техника, как известно, отличается большим разнообразием. Среди них есть такие машины и орудия, рабочие органы которых взаимодействуют с почвой, что в свою очередь относится к числу самых энергоемких операции. Поэтому при снабжении или проектировании сельхозмашин внимание должно обрушаться не только на их количество, но и на увеличение показателей качества и надежности.

Основной причиной низкой надежности и малой эффективности рабочих органов различных почвообрабатывающих машин является несовершенство разработки конструкции на стадии ее создания (проектирования). Поэтому вооружение мало контурных фермерских (крестьянских) хозяйств надежными техническими средствами малой механизации имеет большое значение для решения социальных и экономических задач страны. Это позволяет повысить уровень механизации в производстве таких значительных культур, как зерновые, свекла и др., а также позволяет значительно сократить долю немеханизированных операции при уходе и разведении огородных и плодоносящих культур.

С целью частичного решения проблемы нами был разработан рабочий орган сварной конструкции полосовой пахотной машины (рис. 1).

Рабочий орган, представленный на рисунке, состоит из главного лемеха 1 с крылом 2, боковых режущих ножей 3, которые посредством серег 4 болтами укреплены на раме трактора, а



крыло 2 лемеха 1 приварено к ножам 3, с целью увеличения жесткости сварной конструкции оба режущих ножа натянуты у лемеха болтами 5.

В процессе эксплуатации, при пахоте, на элементы рабочего органа влияют силы различной величины и напряжения, которые воздействуют на сварные швы конструкции и вызывают ее разрушение. Схема сил, действующих на пахотный орган, показана на рис. 2.

На рабочий орган, врезающийся в землю, со стороны стенки распашки действует боковая сила реакции $P_{бок}$, а с передней стороны на главный лемех, крыло и боковые режущие ножи действуют силы сопротивления R_1 , нормальная сила R , сила тяжести срезанного слоя почвы G . Указанные силы вызывают разрушение сварных швов с различной интенсивностью.

Боковые силы возникают в моменты погружения пахотного органа в землю и извлечения из нее при непрямолинейном движении трактора до поворота в конце гона в результате запаздывающего

извлечения рабочего органа из почвы или отклонения от прямолинейного движения при распашке склона (по причине соскальзывания трактора к нижнему краю склона).

Лемех изготавливается из стали Л53, крыло из углеродистой стали, лезвия боковых режущих ножей из высоколегированной стали Х6Ф1, тела, которые сварены друг с другом, из углеродистой стали.

Известно, что увеличение количества углерода в стали затрудняет процесс сваривания, что выражается повышением прочности и понижением пластичности сварного соединения в отношении возникновению трещин [1].

Во избежание указанных трудностей для всех видов сварки плавлением в конструкции были сформулированы следующие рекомендации:

1. Выбор режимов сварки, обеспечивающих низкое содержание основного металла в сварном шве.
2. Выбор оптимального коэффициента формы шва.
3. Предварительное нагревание свариваемого металла до температуры 200°C .
4. Использование электродов марки УОНИ-13/55 и УОНИ-13/45 с фторидно-кальциевым покрытием. При этом необходимо, чтобы металл остывал медленно, с использованием низкой скорости сваривания и предварительного нагревания.

При работе соединений на срезе расчетная формула имеет вид [2]:

$$P=2[\tau] 0.7 \cdot k \cdot l,$$



где $[\tau]=960 \text{ кг/см}^2$ – допускаемое напряжение в шве при срезе;

$k=1 \text{ см}$ – катет шва (рис. 3).

$l=15 \text{ см}$ – длина шва (рис. 4).

В результате расчетов было установлено, что $P=20160 \text{ кг}$ намного превышает величину сил, действующих на рабочий орган во время пахоты, поэтому можно заключить, что разработанный нами пахотный рабочий орган сварной конструкции является надежным и долговечным, и возможно его серийное изготовление для агрегатирования на мотоблоке и малогабаритных тракторах.

Рабочие органы известных пахотных орудий, при вспахивании почв с различным удельным сопротивлением не дает возможности регулирования угла наклона лемеха (клина) к почве, предназначены только для вспашки под одним постоянным углом наклона лемеха, что неэкономично, поскольку при обработке средних и тяжелых почв, для выбора надлежащего угла наклона лемеха к почве, резко увеличивается удельное сопротивление почвы и потребляемая мощность двигателя, ухудшается качество разрушения комьев, поверхность пашни получается комкообразной и неровной, появляется необходимость повторной обработки поверхности почвы (переборавнивание, подравнивание), а это приводит к увеличению расхода горюче-смазочных материалов и трудовых затрат, и в конечном счете увеличению себестоимости урожая.

Положительной стороной полосового пахотного рабочего органа, показанного на рис. 5 [3] при обработке почв с различным удельным сопротивлением, является возможность регулирования угла наклона к почве лемеха, вставленного в опоры боковых ножей с возможностью поворота, а также сокращение силы сопротивления и мощности двигателя. Это достигается тем, что лемех одним концом, с нижней стороны, в опорах боковых ножей шарнирно установлен с возможностью поворота, а вторым концом - с возможностью поворота и фиксации по отношению к ножам.

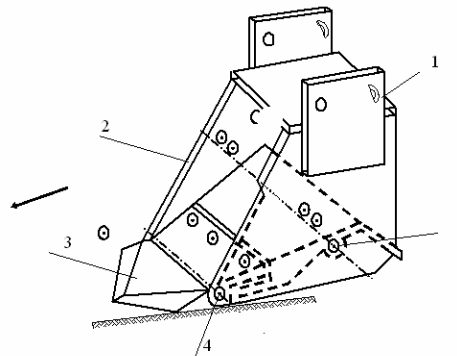


Рис. 5. Полосовой пахотный рабочий орган:

1 – Стойка; 2 – Режущие ножи; 3 – Лемех (клин); 4 – Шарнир; 5 – Фиксатор лемеха (клина).

Устройство состоит из стойки 1, на которой жестко прикреплены почворежущие ножи 2, между которыми вставлен лемех (клин) 3, который с возможностью поворота со стороны неработающей поверхности, нижним концом, установлен в шарнирах 4, а с возможностью поворота и фиксации вторым верхним концом закрепляется (фиксируется) на фиксаторе боковых ножей 2. Полосовой пахотный орган, с помощью стойки 1 укреплен на раме машины.

Полосовой пахотный орган работает следующим образом: до начала вспашки, лемех, установленный в шарнирах 4 боковых ножей 2 в соответствии с известным удельным сопротивлением почвы, поворачивают под определенным углом и верхним концом фиксируют на фиксаторах 5 боковых ножей, в результате чего начинают полосовую обработку почвы.



ლიტერატურა

1. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. под ред. акад. Б.Е. Патона. М. Машиностроение, 1974.
2. Николаев Г.А. Сварные конструкции; М.: Машиностроение, 1962.
3. А. Самадалашвили и др. Рабочий орган для полосовой обработки почвы. Патент Груз., А01М13/026 1996.

THE WORKING MEMBERS OF STRIP-TILLING MACHINE

A. Samadalashvili, T. Modebadze, A. Lomidze

Akaki Tsereteli State University

The paper dwells on developing the working members of welding structures. Under field conditions, with account for forces acting on the welded seams, there are selected materials of compulsory elements of the designs of working members, and the welding conditions are determined. The calculations have shown that the factual forces acting on the working members are significantly lower than rated forces.

The developed welding structure is reliable, and besides serializing is possible.

In contrast to well-known plough shares, there is envisaged the possibility of regulating the angle of inclination towards the soil that allows for reducing the soil resistance force and engine capacity.

მერქნულ მასალებზე ლაქსაღებავების დატანა ელექტრომაგნიტურ ველში

წიშვაძე ვ., ხუშიშვაძე მ.

წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია მერქნული მასალების გალაქვა-შედების ერთ-ერთი მეთოდი. კერძოდ, გალაქვა-შედება მაღალი ძაბვის ველის გარემოში, რომელიც საშუალებას იძლევა შევამოციროთ ძვირადღირებული ლაქსაღებავი მასალების დანაკარგები, რაც თავის მხრივ, საბოლოო სახით, ამცირებს პროდუქციის თვითღირებულებას.

ლაქსაღებავი მასალების დატანა მერქნის ზედაპირზე შესაძლებელია სხვადასხვა მეთოდითა და მოწყობილობით. მერქნისაგან დამზადებული სხვადასხვა ნაკეთობა და მისი შემადგენელი შესაბამისი დეტალები მოპირკეთებას გადიან როგორც დასხმითი მეთოდით, ასევე გაფრქვევის მეთოდით. ლაქსაღებავი მასალების დატანის მეთოდები შეიძლება იცვლებოდეს მერქნული დეტალების ფორმისა და ზომების სახისაგან დამოკიდებულებით. ძირითადი ნაკლი ლაქსაღებავი მასალების დატანის დროს არის ის, რომ ადგილი აქვს ლაქსაღებავი მასალის დიდ დანაკარგებს, რაც თავის მხრივ ზრდის ამ მასალის ხარჯს. ეს კი იწვევს ნაკეთობის თვითღირებულების გაზრდას. მასიური მერქნისაგან დამზადებული სახვადასხვა საავეჯო დეტალის ზედაპირი წარმოადგენს ჩონჩხური სახის ზედაპირს და მათზე ლაქსაღებავი მასალების დატანა მიზანშეწონილია წარმოებდეს გაფრქვევის მეთოდით, რომლის დროსაც ლაქის სასარგებლო დატანის კოეფიციენტი (75-80%) –ს ფარგლებშია.

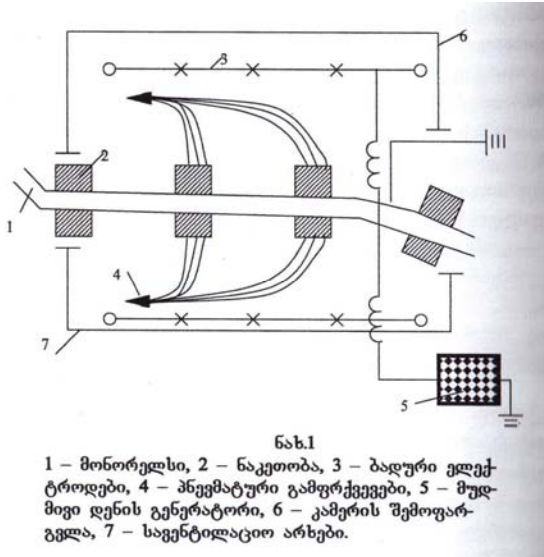
ლაქსაღებავი მასალების ხარჯის შემცირების კუთხით, გაფრქვევის მეთოდთან შედარებით, ყველაზე უკეთეს შედეგს იძლევა გაფრქვევა მაღალი ძაბვის ელექტრომაგნიტურ ველში.

მაღალი ძაბვის ელექტრო მაგნიტურ ველში ლაქსაღებავი მასალის გაფრქვევა დამყარებულია ორი სხეულის, ჩვენს შემთხვევაში, ლაქისა და მოსაპირკეთებელი დეტალის სხვადასხვა ნიშნის მუხტით დამუხტვაზე, რის შედეგადაც მათ შორის წარმოიქმნე-



ბა ურთიერთმიზიდულობის ძალები.

ლაქსაღებავი მასალების გაფრქვევა ელექტრომაგნიტურ ველში შესაძლებელია წარმოებდეს სხვადასხვა მეთოდით. ძირითადად გამოიყენება პნევმატური გამფრქვევები. ასეთ მოწყობილობის სქემა ნაჩვენებია ნახ.1 ზე.



მაგრამ გამოკვლევებმა ჩვენა, რომ შეკუმშული ჰაერის გამოყენებისას გაფრქვეული სითხე გადის ნაკეთობის გვერდის ავლით, ისე, რომ ვერ ასწრებს შეიძინოს მუხტი ისეთი ძალით, რომელიც საკმარისი იქნება გადაღახოს ინერციის ძალები და მოძრავი ჰაერის ჭავლის წინააღმდეგობა. ამის გამო აღნიშნული მეთოდისას ლაქსაღებავი მასალის დანაკარგი შეადგენს 20%-ს. ლაქსაღებავი მასალის წვეთზე მოქმედი ელექტრო ძალაა

სადაც - წვეთის მუხტია. - ველის დაძაბულობა

მუხტის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც შეიძლება მიიღოს ელექტრო ველში

მყოფმა წვეთმა, დამოკიდებულია მის ზომებზე, დიელექტრიკულ შეღწევადობაზე და ველის დააბულობაზე. წვეთის რადიუსით 1 მკრ-ზე მეტი მუხტის მაქსიმალური სიდიდე განისაზღვრება ფორმულით

$$Q_{max} = \left(1 + 2 \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2}\right) \epsilon \rho$$

სადაც - ϵ წვეთის დიელექტრიკული შეღწევადობა

ϵ ელექტროდებთან ველის დააბულობა

ρ წვეთის რადიუსი

სრული დაღეჟვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს აგრეთვე სითხის დისპერსიულობის მარალი ხარისხი, ეს უკანასკნელი დამოკიდებულია სითხის თვისებებზე, კერძოდ მის მოცულობით წონაზე, დიელექტრიკულ შეღწევადობაზე, სიბლანტესა და ზედაპირულ დაჭიმულობაზე. განხილული მეთოდის უარყოფით მხარეს მიეკუთვნება დაბალი სიბლანტე (20 წმ 3-4 ით) და აქედან გამომდინარე ლაქებსა და საღებავებში მშრალი ნარჩენის დაბალი შემცველობა.

ამერიკასა და ევროპის ზოგიერთ ქვეყანაში ამ ბოლო პერიოდში დაიწვეს დისკური გამფრქვევების გამოყენება დენის მაღალი ძაბვის საშუალებით. ამ მეთოდის გამოყენება შესაძლებელია როგორც რთული ფორმის დეტალების მოპირკეთებისთვის, ასევე ფაროვანი დეტალებისათვის.

კარკასებისა და დასატანი დეკორატიული დეტალების მოპირკეთებისას დისკისებური გამფრქვევები უზრუნველყოფენ მოსაპირკეთებელ საშუალებების (საღებავები, გრუნტები, დასატანი ლაქები) ოთხივე მხრიდან დატანას.

მოსაპირკეთებელი მასალის გამოყენების ხარისხია 85-90%. სისტემა ხასიათდება გამფრქვევი მოწყობილობის მოძრაობის სიჩქარითა და ბიჯის რეგულირებით. კონტროლს უზრუნველყოფს ოპერატორი მართვის პულტიდან. ერთი შემადგენლობიდან მეორეზე გადასვლა ხორციელდება სისტემის გაუჩერებლად (გაწმენდა ხორციელდება გამ-

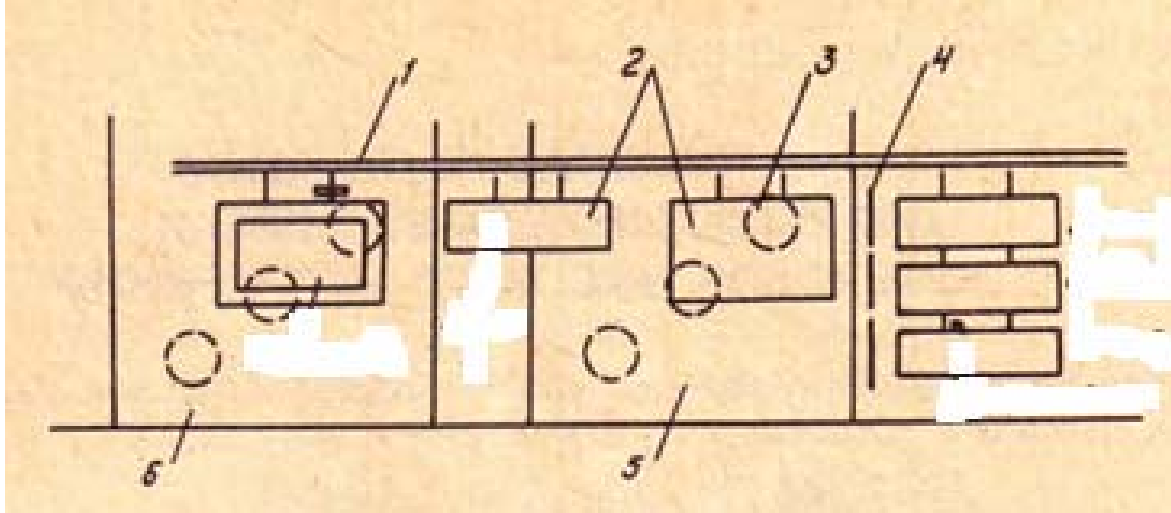


III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



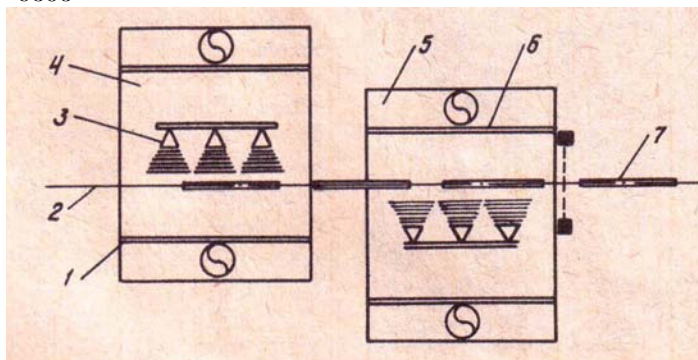
სსნელის მცირეოდენი რაოდენობით). აღნიშნული სისტემა შემუშავებულია ერთობლივად ორი ფირმის მიერ – Rhodes Machinery Inc და Graco Manufacturing Corp-ის მიერ.

ფაროვანი დეტალების მოპირკეთებისას შემუშავებულია ახალი ავტომატიზირებული მოწყობილობა, რომელშიც გამოიყენება თევზისებური გამფრქვევი.



ნახ.2. გამფრქვევის ჩართვა ორსაფეხურიანი მოპირკეთებისათვის სამზარეულოს ავეჯის კარებებისა სხვა დეტალებისათვის მოსაპირკეთებელი დეტალების სიმაღლეზე დამოკიდებულებით.

1 - დეტალების ჩამოსაკიდებელი კონვეიერი. 2 - დეტალები. 3 - გამფრქვევი. 4 - ფოტოელემენტი. 5 - მეორე მოსაპირკეთებელი კაბინა. 6 - პირველი მოსაპირკეთებელი კაბინა. გამფრქვევები (სურ 2) ირთვება და ითიშება დეტალების სიგრძესა და სიგანეზე დამოკიდებულებით. გამფრქვევები (3ცალი) განლაგებულია ორ კაბინაში სხვადასხვა სიმაღლეზე კარებების წინა მხრიდან თანმიმდევრული მოპირკეთებისათვის (მეორე კაბინა). დეტალები, რომლებსაც არ ჭირდებათ მოპირკეთება, უკანა მხრიდან გადიან მეორე კაბინაში სპეციალური სიგნალის შემდეგ. კაბინაში ფილტრების გავლით შეიძენება სუფთა ჰერი და ფილტრების გავლით გამოდის კაბინიდან. კაბინის სიგრძეა 3048 მმ. კაბინებს შორის დაშორებაა 910 მმ. საკიდ კონვეიერზე დაკიდებული დეტალები გადიან 3 ფოტოელემენტის წინ (ფოტოელემენტებს შორის დაშორება 76,2 მმ), რომლებიც აფიქსირებენ დეტალების სიგანეს და განსაზღვრავენ გამფრქვევის შემდგომ ჩართვას დეტალის მოახლოებისას. შემოსული დეტალის სიგრძის 205-230 მმ-სას ხდება მხოლოდ ზედა ფოტოელემენტის გათიშვა და პირველ გამფრქვევთან მიახლოებისას ის ირთვება. (სურ 2). 305-610 მმ სიგრძისას ჩაირთვება მე-2 გამფრქვევი. დეტალის 685-915 მმ სიგრძისას ჩაირთვება სამივე გამფრქვევი.



სურ 3. დეტალების სიმაღლეთა განსაზღვრა ფოტოელემენტის საშუალებით.

1 და 6 ფილტრები; 2 - ჩამოსაკიდებელი კონვეიერი; 3 - გამფრქვევი; 4 და 5 - მოსაპირკეთებელი კაბინები; 7 - დეტალი.



ფოტოელემენტის წინ დეტალის ჩაველის დრო (შესაბამისად მისი ზომისა) გარდაიქმნება იმპულსად, რომელიც ჩართავს გამფრქვევებს მხოლოდ დროის იმ მონაკვეთში, როდესაც დეტალი მოთავსებულია მოპირკეთებისათვის საჭირო პოზიციაში. სპეციალური შემადგენლობა, რომელიც აძლევს მერქანს ელექტროგამტარობას, შეყავთ (2-3%) საღებავში, შეფერილობის გასათანაბრებლად.

ელექტროსტატისტიკური სისტემები ძირითადად გამოიყენება ნაკეთობის სადგარებისა და სხვა პროფილირებული დეტალების მოპირკეთებისათვის.

ლიტერატურა

1. Справочник мебельщика. Станки и инструменты. Организация производства и контроль качества. Под.ред. В.П.Бухтиярова.М.,1976. 334с.
2. Бухтияров В.П. Оборудование для отделки изделий из древесины. М, «Легкая промышленность», 1978, 328с.
3. Мебель. Экспресс-информация. Зарубежный опыт//М.,Леспром.1988

APPLICATION OF PAINTWORK MATERIALS ON WOOD-BASED MATERIALS IN AN ELECTROMAGNETIC FIELD AND REDUCTION OF PRODUCTION COSTIO

Tsikvadze V., Khuskivadze M.,

The paper dwells on varnishing-painting of wood-based materials in a high-voltage field medium, which allows for reducing the losses of expensive paintwork materials that will finally result in reduction of production cost.

ლითონების ელექტროწიფური გადადნობისას ელექტრული ველის კვლევა

პაპაშვილი ა., ცხიფურიშვილი თ., შალამბერიძე მ.
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

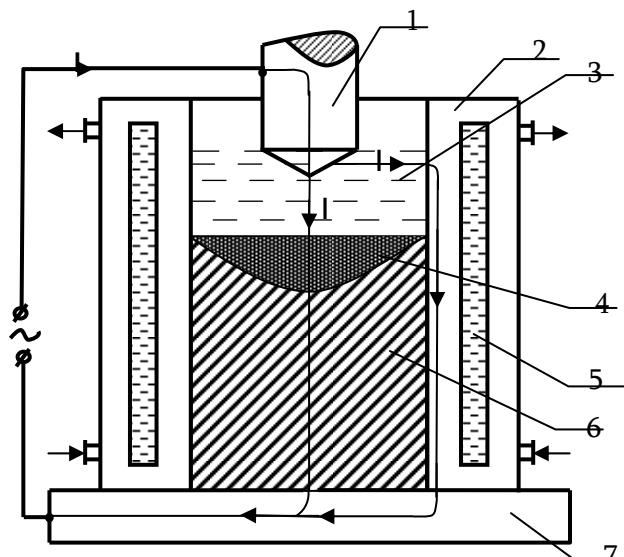
გამოკვლეულია და წარმოდგენილია პირველად, ლითონების ელექტროწიფური გადადნობის არადნობადელექტროდებიან კრისტალიზატორში ელექტრული ველის განაწილების სურათი. გამოვლენილია, რომ გამდნარ წიდაში ელექტრული ველი არაერთგვაროვანია. მის შესუსტებას აქვს ადგილი კრისტალიზატორის კედლიდან ცენტრისაკენ.

ფოლადების მექანიკური და ფიზიკური თვისებების გაუმჯობესების ერთ-ერთი გავრცელებული მეთოდია მათი ხელმეორედ ელექტროწიფური გადადნობა. ელექტროწიფური გადადნობით მიღებული ფოლადებისგან მზადდება:საკისრები, ტურბოგენერატორის როტორი და სხვა. ლითონების ელექტროწიფური გადადნობის სქემა მოცემულია ნახ. 1-ზე. ელექტროწიფური გადადნობისათვის განკუთვნილი ფოლადისაგან დამზადებული დნობადი ელექტროდი (1) ჩაშვებულია კრისტალიზატორში (2), გამდნარ წიდაში (3). წიდის გადნობა და ლითონის გადნობისათვის საჭირო სითბოს მიღებისათვის კვების წყაროდან დენმიმცვანი მიერთებულია დნობად ელექტროდთან (1) და კრისტალიზატორის ძირთან (7). კრისტალიზატორი წარმოადგენს შიგა და გარე ცილინდრების ერთობლიობას. შიგა ცილინდრი შევსებულია გამდნარი წიდით, ხოლო შიგა და გარე ცილინდრებს შორის არეში გადის მათი გაგრილებისათვის წყალი. [1]

1-გადასადნობი ელექტროდი; 2-კრისტალიზატორის შიგა კედელი; 3-გამდნარი წიდა; 4-გამდნარი ლითონის აბაზანა; 5-წყალი; 6-ლითონის სხმული; 7-კრისტალიზატორის ძირი. I-გადადნობის სრული დენი; I_წ-წიდაში გამავალი ძირითადი დენი; I_ღ-კრისტალიზატორის კედელში გამავალი დაშენთვის დენი.

ელექტროწიფური გადადნობისათვის საჭირო დენი

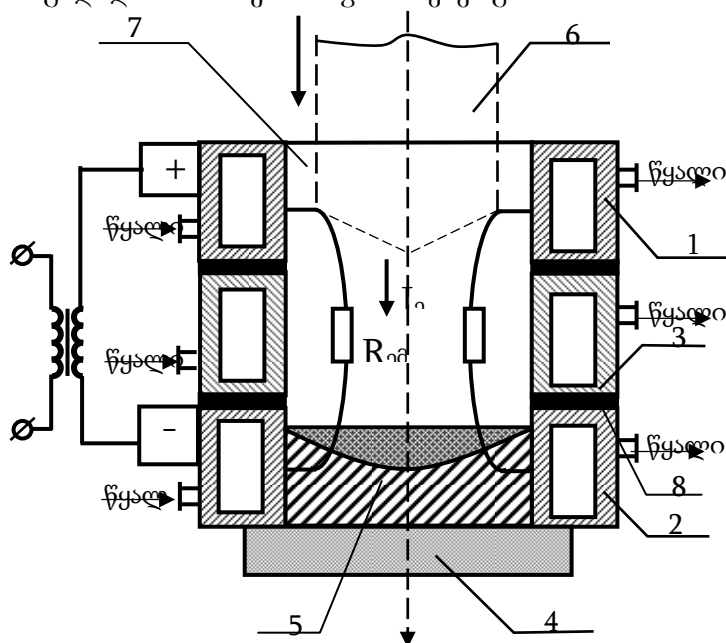
$$I = I_{\text{წ}} + I_{\text{ღ}}$$



ნახ. 1. ლითონების ელექტროწიდური გადაღობის და დენის გავლის სქემა

კრისტალიზატორის შიგა კედელში გამავალი დენი (I_L) პრაქტიკულად მთლიანად შეადგენს არასასარგებლო დენს. მისი სიდიდე დამოკიდებულია ელექტროდის დიამეტრზე, დიამეტრის გაზრდით იგი იზრდება და შეიძლება შეადგინოს I დენის 50 % და მეტი [2]

ხვენს მიერ შემოთავაზებულია ელექტროწიდური გადაღობის არადნობად ელექტროდებიანი კრისტალიზატორის ახალი ვარიანტი, რომელშიც დენი მიყვანილია ზედა და ქვედა არადნობად ელექტროდებთან. იმის გამო, რომ კრისტალიზატორი სამი, ელექტროდად იზოლირებული სექციისაგან შედგება, პრაქტიკულად თავიდანაა აცილებული გადაღობის პროცესში დაშენტვის დენის (I_L) არსებობა. ამით მაქსიმალურადაა გაზრდილი გადაღობისათვის საჭირო დენის სასარგებლო შემადგენელი ($I_L=0$) და მნიშვნელოვნადაა დაზოგილი ლითონების ელექტროწიდური გადაღობისათვის საჭირო ენერგია.



ნახ. 2. არადნობად ელექტროდებიანი კრისტალიზატორის სქემა:



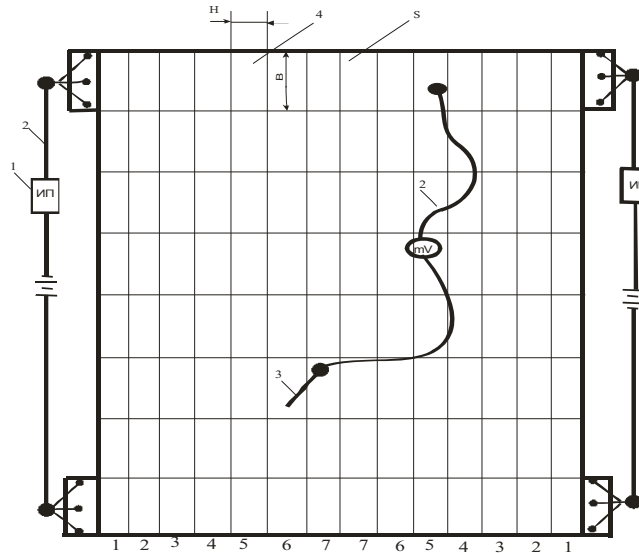
1,2 – ზედა და ქვედა არადნობადი ელექტროდები; 3 – შუა სექცია; 4 – კრისტალიზატორის ძირი; 5 – გადადნობილი ლითონის სხმული; 6 – დნობადი ელექტროდი; 7 – წილის აბაზანა. 8 – საიზოლაციო რგოლი.

კრისტალიზატორის გამდნარ წიდაში ელექტრული ველის განაწილების სურათის ცოდნა აუცილებელია მასში ტემპერატურული ველის სურათის წარმოდგენისათვის, აგრეთვე წიდაში მიმდინარე ელექტრომექანიკური, თბური და ფიზიკური პროცესების კვლევისათვის.

ლითონების ელექტროწიდური გადადნობის დნობადელექტროდებიან კრისტალიზატორში ელექტრული ველი გამოკვლეულია მსოფლიოს მრავალი ქვეყნის მეცნიერების მიერ: უკრაინის (პატონი, ლებედევი); იაპონიის (ხიკარა, ხაიასი, ტადაში, ოტაკე); გერმანიის (ზ. კელე, რ. ტალმანი); ამერიკის შეერთებული შტატების (ჯ. ფ. ელიოტი, მ. მოლვო) და სხვა.

არადნობად ელექტროდებიან კრისტალიზატორში ლითონების ელექტროწიდური გადადნობისას ელექტრული ველი დღემდე გამოუკვლეველია, რაც წარმოდგენილი სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს.

ჩვენს მიერ დამუშავებული იქნა არადნობადელექტროდებიან კრისტალიზატორში ლითონების გადადნობის ფიზიკური მოდელი (ნახ. 3)

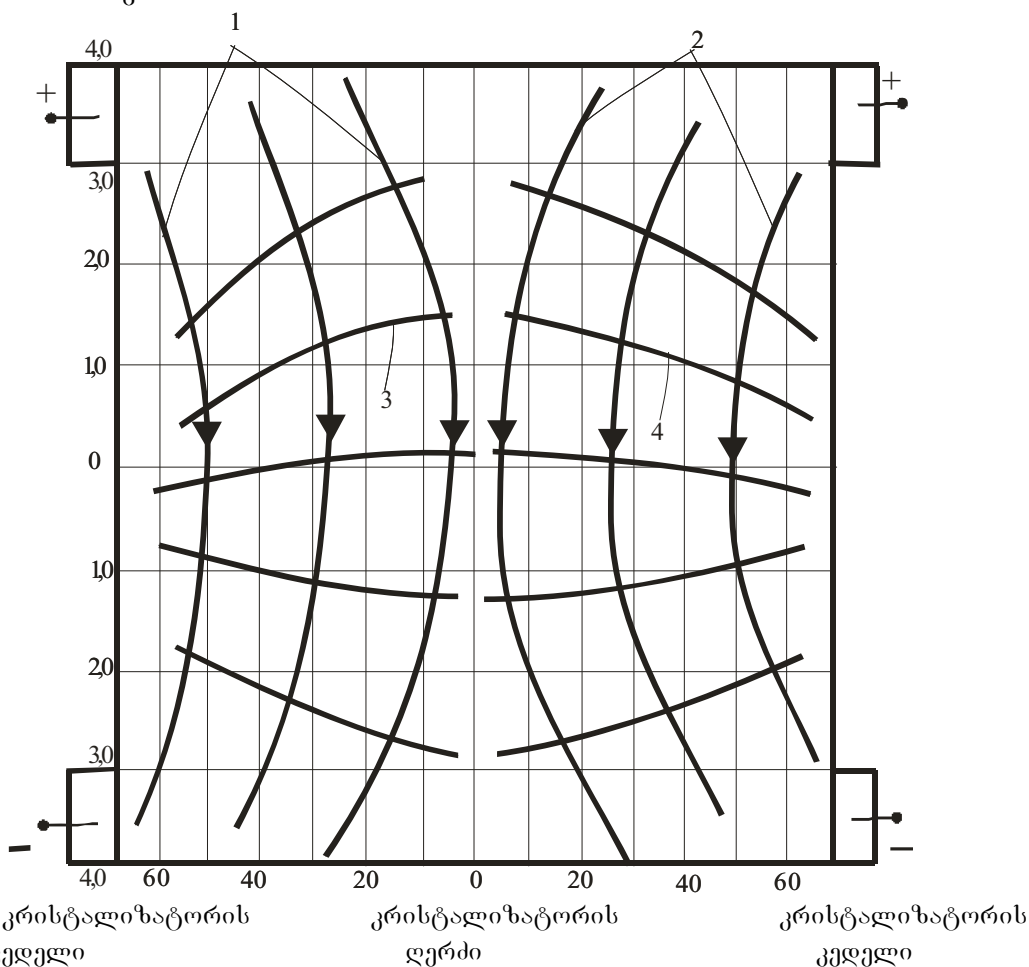


ნახაზი 3. ელექტროწიდური გადადნობის ფიზიკური მოდელი
 1-კეების წყარო, 2-სადენი, 3-შუპი, 4- ელემენტარული უჯრა ($H=2,5\text{მმ}$, $B=25\text{მმ}$, $M=1:2$), mV - მილივოლტმეტრი.

ანალოგიური მოდელი ფართოდ გამოიყენება ელექტრული და ტემპერატურული ველის კვლევისათვის [3]. იგი წარმოადგენს კრისტალიზატორის შიგა ნაწილში გამდნარი წილის მომცველი მოცულობის ზომების მქონე უჟანგავი ფოლადისაგან დამზადებულ თხელ $0,25\text{მმ}$ სისქის მქონე ფირფიტას, რომლის არადნობადი ელექტროდების დენმიმყვანებთან მიერთებულია მუდმივი დენის წყარო. მოდელს გააჩნია მარჯვენა ზედა და ქვედა და მარცხენა ზედა და ქვედა დენმიმყვანები. მუდმივი დენის წყარო ერთდროულად, ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად მიერთებულია, როგორც მარჯვენა ზედა და ქვედა, ასევე მარცხენა ზედა და ქვედა დენმიმყვანებთან. ამით მოდელში შესაძლებელია იმიტირებული იქნას კრისტალიზატორის მთელი სივრციდან ერთ-ერთ სიბრტყეში პოტენციალის ცვლილება. ფირფიტა დაყოფილია ერთმანეთის ტოლ უჯრედებად, რომელთა ცენტრში შუპის (3) და მილივოლტმეტრის (mV) საშუალებით იზომება უჯრედებში პოტენციალი. მათი მნიშვნელობებით აგებული ექვიპოტენციალური ხაზები და დენის ხაზები



მოცემულია ნახ. 4-ზე.



ნახაზი 4. ექვიპოტენციალების და დენის ხაზების მდებარეობა, როცა დენი მიყვანილია მოდელზე მარცხენა და მარჯვენა ზედა და ქვედა ელექტროდებთან ერთდროულად.
 1-2 –დენის ხაზები, 3-4 – ექვიპოტენციალური ხაზები.

მათი საშუალებით შეიძლება დავასკვნათ:

1. პოტენციალის განაწილება მოდელის მიხედვით არაა დნობად ელექტროდებიან კრისტალიზატორის გამდნარ წიდაში არაერთგვაროვანია, რაც მიუთითებს წიდაში ტემპერატურული ველის არაერთგვაროვნებაზე;
2. ელექტრული ველის შესუსტება ხდება კრისტალიზატორის კვლიდან დაშორებით ცენტრისკენ;
3. ფიზიკური მოდელის კვლევის შედეგად კრისტალიზატორის ცენტრის მახლობლობაში გამოვლენილია არე, სადაც გამდნარ წიდაში პოტენციალი ნულთან ახლოსაა რაც მიუთითებს, რომ კრისტალიზატორის ცენტრალურ ნაწილში გამავალი დენი მცირეა, შესაბამისად მინიმალურია წიდის გახურებაზე გამოყოფილი სითბო;
4. შეიძლება გამოვთქვათ ვარაუდი იმის შესახებ, რომ გადამდნარი ლითონის სხმულის ცენტრალურ ნაწილში (დენის გასწვრივ მახლობლობაში) არალითონური ჩანარების გამოვლენილი გაზრდილი რაოდენობის მიზეზი შეიძლება იყოს ამ ნაწილში ტემპერატურული ველის შესუსტება;
5. არაა დნობად ელექტროდებიან კრისტალიზატორში ტემპერატურული ველის სურათი შებრუნებულია ვიდრე დნობად ელექტროდებიან კრისტალიზატორში ელექტრიფიკური გადადნობისას, ამიტომ მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ფიზიკური მოდელით ელექტ-



ტრული ველის კვლევა ელექტროწიდური გადადნობის შერეული სქემის გამოყენებისას, ე.ი. დნობადი და არადნობადი ელექტროდებით ერთდროულად.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Электрошлаковый металл. Под редакцией Б. Е. Патона. Киев:Наук. думка. 1981.- 679 С.
2. Медовар Б.И., Шевцов В.Л., Маринский Г. С., Шевченко В.Ф., Махненко Б.И. Тепловые процессы при электрошлаковом переплаве.-Киев:Наук.думка. 1978.- 304 С.
3. Орлов Б.Д., Чакалев А.А. и др. Технология и оборудование контактной сварки. Москва: Машиностроение, 1986.-352 с.

INVESTIGATION OF ELECTRIC FIELD DURING ELECTROSLAG MELTING OF METALS

A. Kakauridze, T. Tskipurishvili, M. Shalamberidze

Akaki Tsereteli University

Summary

The paper dwells on smeltable and unsmeltable crystallizing pans of the electroslag melting. There is defined the potential and current distribution picture by using a physical model.

**ბიოსამედიცინო ელექტრონიკის თანამედროვე მიღწევების
 გამოყენება მედიცინაში**

თოფურია ნ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

უახლოეს წარსულში, მედიცინის მუშაკებისთვის სწორი დიაგნოზის დასმა, განსაკუთრებით ონკოლოგიის მიმართულებით საკმაოდ დიდ სირთულეს წარმოადგენდა. საბედნიეროდ, თანამედროვე ტექნიკური მიღწევები უკვე იძლევიან საშუალებას მინიმალურ დროში მივიღოთ გადაგვარებული/დაზიანებული ქსოვილების მაქსიმალურად ზუსტი 2 და 3 განზომილებიანი გამოსახულებები. როგორც მოგეხსენებათ, დიაგნოსტიკის მიზნით ყველაზე ხშირად იყენებენ სხვადასხვა ტომოგრაფიულ და სკოპიურ სამედიცინო აპარატურას: რენტგენი, ულტრაბგერითი სკანერი, კომპიუტერული ტომოგრაფი, მაგნიტო-რეზონანსული ტომოგრაფი, პოზიტრონ-ემისიური ტომოგრაფი და სხვ. მოცემულ ნაშრომში მოკლედ არის განხილული კომპიუტერული და პოზიტრონ-ემისიური ტომოგრაფის მუშაობის პრინციპი.

1. კომპიუტერული ტომოგრაფი

კომპიუტერული ტომოგრაფი (CT) არის ერთერთი ყველაზე ხშირად გამოყენებადი დიაგნოსტიკური აპარატი. მისი მოქმედების ძირითადი პრინციპი იგივეა რაც ჩვეულებრივი რენტგენის აპარატის. განსხვავება იმაშია, რომ CT გვაძლევს მაღალ ხარისხიან შრეობრივ გამოსახულებებს, რომელთა კომპიუტერული დამუშავების შედეგად ვიღებთ სკანირების ობიექტის სამ განზომილებიან გამოსახულებას.

კომპიუტერული ტომოგრაფი საკმაოდ რთული სისტემაა და შედგება 4 ძირითადი ნაწილისგან: 1) გენტრი; 2) გამოსახულების რეკონსტრუირების სისტემა; 3) მართვის პულტი; 4) მაღალი სიზუსტით მოძრავი პაციენტის მაგიდა.

მოკლედ განვიხილოთ თითოეული მათგანი.

გენტრი არის ტომოგრაფის უმნიშვნელოვანესი, მოძრავი ნაწილი, მასში არის მოთავსებული რენტგენის სხივების წყარო ე.წ რენტგენის მილაკი და დეტექტორების მატრიცა.

ეს ორი კომპონენტი ერთმანეთის მიმართ უძრავადაა დამაგრებული (ნახ. 1.1).

CT-ს X-Ray მილაკი თითქმის არაფრით განსხვავდება ჩვეულებრივი რენტგენის აპარატებში გამოყენებული მილაკებისგან - ისიც შედგება კათოდისგან და მბრუნავი ანოდისგან. ორივე დეტალი, როგორც წესი, დამზადებულია ვოლფრამის, მოლიბდენის ან სპილენ-





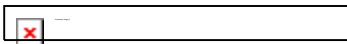
გებს.

პაციენტის მაგიდა - ეს ერთი შეხედვით მარტივი დეტალი რეალურად უნიშვნელოვანეს როლს თამაშობს სკანირების მაღალი სიზუსტით ჩატარებაში. იმისთვის, რომ სხეულის ჭრილური გამოსახულებები უწყვეტად და თანაბარი დაშორებით მივიღოთ, საჭიროა მაგიდამ იმოძრაოს იდეალურად თანაბარი სიჩქარით და შევიდეს გენტრის ღრუში ზუსტად იმ სიღრმეზე როგორც მართვის პულტიდან მიეთითა. ამ ყველაფრის განსახორციელებლად მაგიდის მოძრაობის მექანიზმში გამოიყენება რამდენიმე უაღრესად ზუსტი ბიჯური ძრავა და მათი კონტროლის პროცესორები. მაგიდის კოორდინატების რეალურ დროში მისაღებად გამოიყენება ორმაგი პოტენციომეტრების სისტემა. ამ კოორდინატების სიზუსტე იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ ამერიკის შეერთებულ შტატებში კანონი უზრუნველყოფს ყველა ასეთი ტიპის მაგიდის ორმაგი პოტენციომეტრების სიტემით აღჭურვას.

უახლეს აპარატებში საწოლის ზედაპირები დამზადებულია ნახშირბადის ბოჭკოსგან (ნახ. 14) გამოირჩევა თავისი სიმსუბუქით და მაღალი სიმტკიცით. ეს საშუალებას იძლევა მოხდეს ძალიან დიდი წონის მქონე პაციენტების სკანირება, რაც რამდენიმე წლის წინ თითქმის შეუძლებელი იყო.

ეს აპარატი შეიცავს ყველა იმ კომპონენტს რაც ტრადიციულ CT-ში გვხვდება, ოღონდ დამატებით, მის გენტრიში ჩვეულებრივი X-Ray დეტექტორის პარალელურად მოთავსებულია ე.წ PET დეტექტორიც.

ასეთი ტიპის ტომოგრაფის მუშაობას საფუძვლად უდევს პოზიტრონ-ელექტრონის ანიჰილაციის შედეგად მიღებული გამოსხივების ეფექტი. როგორც ცნობილია ამ ორი ნაწილაკის შეძახებისას ხდება მათი განადგურება და იმპულსისა და ენერჯის შენახვის კანონის თანახმად გამოიყოფა ორი, მიმართულებით საპირისპირო 511 KeV ენერჯის მქონე გამა კვანტი (ნახ. 1.5):

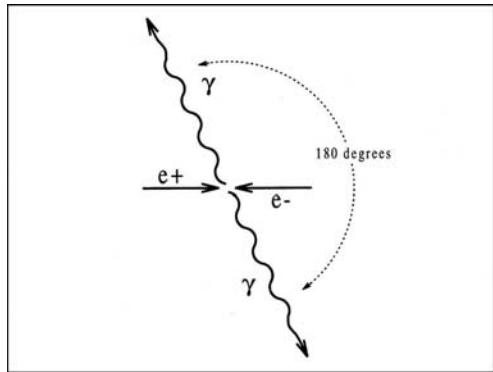


სწორედ ტალღების ჩასატყუარად გამოიყენება დამატებითი PET დეტექტორი. აღსანიშნავია, რომ დეტექტორი მხოლოდ იმ ფოტონებს აღიქვამს, რომლებიც დროის უმცირესი დაშორებით ხვდება მატრიცის ზედაპირის მოპირდაპირე წერტილებზე. ამ გზით თავიდან იცილებენ გვერდითი გამოსხივების მიერ გამოწვეულ დამახინჯებებს და გამოთვლისას მხოლოდ ანიჰილაციის შედეგად წარმოქმნილ გამა ტალღების წყვილებს იღებენ მხედველობაში.

სკანირებისთვის აუცილებელი პოზიტრონების წყაროდ იყენებენ მცირე ნახევარდაშლის პერიოდის მქონე რადიოაქტიურ ნივთიერებას F-18(ფტორ 18). ასეთი ტიპის CT-ს შენახვა ძალიან ძვირი ჯდება, რადგან კონტრასტული ნივთიერების წარმოებისთვის დიდი და ძალიან ძვირადღირებული ციკლოტრონია საჭირო. აღსანიშნავია ისიც, რომ წარმოებული კონტრასტული აგენტი მხოლოდ 2 საათის მანძილზეა ვარგისი, რაც მნიშვნელოვნად ართულებს აპარატის გამოყენებას.

ამ ტიპის ტომოგრაფზე ბევრად უკეთ ჩანს გადაგვარებული და დაზიანებული ქსოვილები, რადგან კონტრასტული აგენტები უფრო დიდი რაოდენობით ხვდება ისეთი ტიპის უჯრედებში, სადაც მეტაბოლიზმი გაძლიერებულად მიმდინარეობს.

რადგან ერთდროულად ხდება PET და ჩვეულებრივი X-Ray CT სკანირება - რეკონ-





III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სტრუქტურების სისტემა უზრუნველყოფს ამ ორი გამოსახულების ერთმანეთზე ზედღებას და საბოლოო, ერთიანი სურათის მიღებას.

აღწერილი ტექნიკური სისტემა ძალიან ეფექტურია დიაგნოსტიკასა და მკურნალობაში. მსოფლიოს წამყვან სამდიცინო კლინიკებსა და სამეცნიერო - კვლევით ლაბორატორიებში უზარმაზარი დრო, თანხა და ენერჯია იხარჯება, რათა ბიოსამედიცინო ელექტრონიკის თანამედროვე მიღწევები უფრო მასშტაბურად და ეფექტურად იქნას გამოყენებული პრაქტიკულ მედიცინაში.

THE USE OF MODERN ACHIEVEMENTS OF BIOMEDICAL ELECTRONICS IN MEDICINE.

TOPURIA N.,

Akaki Tsereteli State University.

Summary

In the recent past, especially in oncology, making a proper diagnosis was quite a trouble for medical workers. Fortunately, modern technological achievements make it possible to get highest ever quality two and three dimensional images of damaged/mutated tissues in short amount of time. As you may already know, most frequently used devices in the process of medical diagnostics are: X-ray machines, Ultrasonography machines, CT and PET Scanners and so on. Medical devices described above has dramatically changed the way patients are treated. Billions of dollars and rigorous amounts of energy is spent on making improvements in biomed technologies and implementing those innovations in real life use. All this make biomedical engineering and electronics inseparable from modern medical systems.

**ბამოუწვავი მცირე ენერგოტემალი უკლინკარო შემკვრელების ბეტონები
 შემკვრის მაჩვენებელი დანამატებით**

ბანაშაშა ვ., როსნაძე ბ., ბანაშაშა ა.

ა. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ანოტაცია: ნაშრომში განხილულია ბეტონის ხანგამძლეობის ზრდის ტექნოლოგიური დონის მიხედვით. გამოკვლეულია ახალი თაობის ბეტონების მიღების საკითხები ტრადიციული დანამატების გამოყენების საფუძველზე. გადაწვეტილია ბეტონის ნარევის სწრაფი გამაგრების პრობლემები ტიოსულფატის და როდანიდის საწარმოო ნარჩენების და სუპერლასტიფიკატორების გამოყენებით. დადგენილია ამ დანამატების ბეტონში დოზირების ოპტიმალური რაოდენობები.

გამაგრების დამაჩქარებელი დანამატები ფართოდ გამოიყენება მონოლითური, ასაწყობი და ასაწყობ-მონოლითური შენობა-ნაგებობების ასაგება.

ბეტონის გამყარების დაჩქარება იძლევა საშუალებას მნიშვნელოვნად ავამაღლოთ ბეტონის სამუშაოების ეფექტურობა – გავზარდოთ ყალიბების და ადჭურვილობის ბრუნვადობა, შევამციროთ ენერგეტიკული დანახარჯები ბეტონისა და რკინაბეტონის ნაკეთობების და კონსტრუქციების დამზადებაზე, შესაბამისად მშენებლობის ხანგრძლივობა.

ცემენტის გამაყარების უზრუნველყოფა დაბალ ტემპერატურაზე – ხარისხის შემცირების გარეშე – ჩვენი ქვეყნისთვის მწვავე აუცილებლობაა.

უნდა შევნიშნოთ, რომ ტრადიციული ელექტროლიტების გაზრდილი რაოდენობა, რომელიც შეჰყავთ ბეტონის ნარევი დაბალ ტემპერატურაზე, გამაგრების უზრუნველყოფად, ხშირად იწვევს გამომარილებას, ბეტონის ხანგამძლეობის შემცირებას, განსაკუთრებით კი ყინვაგამძლეობის.

ბეტონის ტექნოლოგიაში გამოყენებული მთელი რიგი ელექტროლიტები განაპირობებს კოროზიული პროცესების განვითარებას არმირებულ კონსტრუქციებში [1,3].



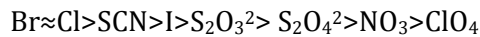
III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



უწინარეს ყოვლისა ეს ეხება ქლორიდებს, რომლის გამოყენება რკინაბეტონში აკრძალულია მთელ რიგ განვითარებულ ქვეყნებში მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტებით.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე გასაგებია ის დიდი ინტერესი, რომელიც ბოლო წლებში სხვადასხვა მკვლევარებმა გამოიჩინეს ტუტე და ტუტემიწა ლითონების მარილების მიმართ, პირველ რიგში როდანიდების და ნატრიუმის ტიოსულფატისადმი [4].

ორივე ნატრიუმის მარილი ითვლება ბეტონის გამაგრების ეფექტურ დამაჩქარებლად ნორმალურ და დაბალ ტემპერატურულ პირობებში, რაც უზრუნველყოფს სიმტკიცის სწრაფ მატებას გამაგრების საწყის ეტაპზე. ამ მარილების ანიონების ზემოქმედება (SCN, S₂O₃²⁻) ცემენტის სისტემების სითბოგამოყოფაზე და ჰიდრატაციაზე ადვილად განისაზღვრება სქემით



საიდანაც გამომდინარეობს, რომ როდანიდები და ტიოსულფატები თავისი ზემოქმედების უნარიანობით ხშირად აღემატება სულფატებს და ნიტრატებს, რომელიც ხშირად გამოიყენება ბეტონის ტრადიციულ ტექნოლოგიაში.

ნატრიუმის როდანიდს და ტიოსულფატს შეუძლია შეამციროს კაპილარული ფორები და ერთდროულად გაზარდოს გელისებური ფორების რაოდენობა, იგი გარდა ამისა ზრდის ცემენტის ქვის მიკროკაპილარული სტრუქტურის სიმკვრივეს. ეს დანამატები არ იწვევს არმატურის კოროზიას ბეტონში [3], არატოქსიკურია, ზრდის ბეტონის წყალგაუმტარებლობას და ყინვამედეგობას.

ყოველივე ეს გვაძლევს საშუალებას ნატრიუმის ტიოსულფატი და როდანიდი ვითვალისწინოთ უფრო ფართო გამოყენების სპექტრზე როგორც ეფექტური დამაჩქარებელი და ყინვასაწინააღმდეგო დანამატი. მაგრამ ორივე მარილი ინდივიდუალური სახით შედარებით ძვირია. ამიტომ მნიშვნელოვანი ინტერესი შეიძლება მივაპყროთ სამრეწველო ნარევებს, რომელშიც ნატრიუმის ტიოსულფატის და როდანიდის მითითებული მარილების შემცველობა აღემატება 60%-ს.

ბოლო წლებში გამოჩნდა ცნობები, რომელშიც მიუთითებენ ნატრიუმის ტიოსულფატს და როდანიდს დამაჩქარებელ და ყინვასაწინააღმდეგო დანამატის ერთობლივ გამოყენებაზე ბეტონის ნარევეში [7,8]. ეს ინფორმაცია მეტად შეზღუდული ხასიათისაა და იძლევა შესაძლებლობას გამოავლინოს ამ კომპონენტების დამაჩქარებელ-მაპლასტიფიცირებელი მოქმედებების თავისებურებები.

ჩვენს მიერ შემუშავებულია ბეტონის ნარევის ახალი პოლიფუნქციონალური დანამატები და დამაჩქარებელი პლასტიფიკატორ C-3-ის და ზემოთხსენებულ უქლორო სამრეწველო ნარევეების ელექტროლიტების ბაზაზე, რომელიც შეიცავს ნატრიუმის ტიოსულფატს 50% და ნატრიუმის როდანიდს 10%.

გამოყენებული სამრეწველო ნარევი ძირითადად შეიცავს ელექტროლიტებს, რომელთაც არ გააჩნიათ პორტლანდცემენტის იონების ანალოგია. ასეთი სახის ელექტროლიტები აჩქარებს შემკვრელის გამაგრების პროცესს, რის შედეგად იზრდება თხევადი ფაზის იონური ძალები, რომელიც თავის მხრივ ზრდის ახალწარმონაქმნების და მონომინერალების ხსნადობას [2].

უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ელექტროლიტების და ორგანული ზედაპირული აქტიური ნივთიერებების მოქმედების მექანიზმი განსხვავებულია, იგი ახდენს უპირატეს ზემოქმედებას სტრუქტურაზე რაც აძლიერებ ყველა მათგანის ეფექტურ ზემოქმედებას. სწორედ ამიტომ ბეტონის ნარევეში ასეთი კომპლექსური დანამატების შეყვანა ითვლება ძალიან პერსპექტიულად [2].

ჩატარებულ ექსპერიმენტებში, როგორც ლაბორატორიაში, ასევე საველე პირობებში მდინარე რიონის ჭომის სათავე ნაგებობაზე ჩამკეტი ფარის ძირის ბეტონირებაზე,



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



გამოყენებული იქნა პორტლანდცემენტი ПЦ500Д0, ბუნებრივი ქვიშა სიმსხვილის მოდული $M_k=2.1$ და გრანიტის ღორღი ფრაქციით 5–20 მმ. ბეტონის შედგენილობა ($V/C=0.51$) დანიშნული იქნა ГОСТ30459-ის შესაბამისად. ბეტონის ნარევი დანამატი შეყვანილი იქნა წყალხსნარის სახით. ბეტონის ნარევის გამოცდისას განისაზღვრა მისი მოცულობითი მასა, ძვრადობა, ბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე განისაზღვრა 1, 2, 3, 7 და 28 დღეღამის ასაკში ნორმალური გამყარების პირობებში.

ამ ექსპერიმენტში ძირითადი ყურადღება გამახვილებული იყო ნარევის ორ შედგენილობაზე სუპერპლასტიფიკატორ C-3-ზე TV5870-002-58042865-03-ზე და განსახილველი ტიპის ნატრიუმის მარილებზე, რომლებსაც შემდეგში აღვნიშნეთ U1 და U2. ელექტროლიტების შემცველობა დაახლოებით ორჯერ მეტია U2-ში, ვიდრე U1-ში. ეს დანამატები ქსელში იყიდება წყლიანი ხსნარების და მშრალი ფხვნილის სახით. პლასტიფიცირების ეფექტი და ბეტონის სიმტკიცის მატების ინტენსივობა მითითებული კომპლექსური დანამატებით გამოკვლეული იქნა ოპტიმალურ დოზირებაზე, წინასწარ ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგების მიხედვით.

ბეტონის ნარევის წყალშემცველობა დაინიშნა იმ პირობით, რომ მიგველო საკონტროლო შედგენილობის (დანამატის გარეშე) ბეტონის ნარევის ძვრადობა კონუსის ჯდომით 2–4 სმ, დანამატის ეფექტურობის კრიტერიუმად აღებული იქნა დანამატებიანი ბეტონის ნარევის ძვრადობის ზრდა კონუსის ჯდომით 2–4 სმ-დან 21–22 სმ-მდე.

წინასწარ იქნა დადგენილი, რომ ნატრიუმის როდანიდისა და ტიოსულფატის გამოყენებული ნარევი (დოზირებით 0.8–1.0% ცემენტის მასიდან) ბეტონის ნარევეზე ახდენს სუსტ მაპლასტიფიცირებელ ზემოქმედებას და განაპირობებს პლასტიფიცირებული ბეტონის სიმტკიცის მატებას. ძვრად ბეტონის ნარევეებში 0.8–1.0% ორივე მარილის ნარევის შეყვანა იწვევს წყლის ხარჯის ნაკლებად შემცირებას, ეს კი იწვევს წყალცემენტის ფარდობის შემცირებას 5–7%-ით. ასეთი ნარევის ბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე მნიშვნელოვნად (45–70%) იზრდება გამაგრების ადრეულ ასაკში (1–3 დღეღამე) და უფრო გვიან ასაკში (7–28 დღეღამე) – 10–20%-ით.

კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრილში №1

ცხრილი №1

№	დანამატის დასახელება	დოზირება,% ცემენტის მასიდან	სიმტკიცის მატება კუმშვაზე ნორმალური გამაგრებისას, % დღეღამის ასაკში	
			1-3	7-28
1	C-3	0.6	20-30	10-20
2	ნატრიუმის ტიოსულფატის და როდანიდის ნარევი	1.0	40-50	10-20
3	U_1	0.6	40-50	20-25
4	U_2	0.6	50-70	30-35

ცხრილ-1-ში მოცემულია ბეტონის სიმტკიცის მაჩვენებლები ნორმალურად ძვრადი ნარევისათვის. (P2) ნატრიუმის ტიოსულფატის და როდანიდის შემცველი კომპლექსური დანამატების დოზირების შესაბამისად. ცხრილ-1-ის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სუპერპლასტიფიკატორი C-3-ის კომბინაცია ნატრიუმის ტიოსულფატის და როდანიდის სამრეწველო ნარცენტან გვაძლევს საშუალებას მნიშვნელოვნად შევამციროთ ინდივიდუალური დანამატების დოზირება, რომელიც იწვევს ამ კომპონენტების კომპლექსურ დანამატში განსაზღვრულ და მაპლასტიფიცირებელი ეფექტს.

როგორც ცხელი 1-დან ჩანს ნარევის ძვრადობა დამოკიდებულია სუპერპლასტიფიკატორი C-3 დოზირებაზე, რომელიც მცირდება U_1-ის დანამატის შედგენილობიდან U_2-ის დანამატის შედგენილობამდე. ამგვარად სახეზეა C-3-ის მაპლასტიფიცირებელი



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ეფექტის მატება განსახილველი არაორგანული მარილების დოზირების მატებასთან ერთად. ეს დაკავშირებულია ცემენტის ჰიბრადაციის ფაზების ფორმირების თავისებურებებთან.

ნაფტანილსულფომჟავას ფორმალდეჰიდთან კონდენსაციის პროდუქტებისათვის – სუპერფლასტიფიკატორ C-3-ის პლასტიფიცირების ეფექტის სიდიდეს მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ადსორბციის სიდიდე და ელექტროკინეტიკური ცვლილებები. თანაც რაც უფრო ნაკლებია ეს პოტენციალი, მით უფრო მარალია მითითებული დანამატის მაღის-პერგირებელი უნარიანობა.

ცემენტის მაღალი ადსორბციული უნარიანობა საჭიროებს C-3-ის მაღალ დოზირებას, ხოლო ადსორბციულმა უნარიანობამ თავის მხრივ განსაზღვრა ჰიდრატებულ სუპერპლასტიფიკატორის ადსორბციის კონკურენტული სიდიდის დაწვევას რის შედეგად ვიღებთ დანამატის ეფექტურობის ამადლებას.

გარდა ამისა, შემკვრელის ნაწილაკების ზედაპირზე ადსორბირებული ანიონის ელექტროლიტები ცვლიან კლინკერის ნაწილაკების ელექტროკინეტიკურ პოტენციალს, რომელიც მოქმედებს მათი ურთიერთქმედების ხარისხზე. მათ შესწევთ უნარი მნიშვნელოვნად დაწიონ პოტენციალი იონსაწინააღმდეგო კონცენტრაციის გაზრდის და ორმაგი ელექტრული ფენის შეკუმშვის შედეგად. ამგვარად, C-3-ის მაპლასტიფიცირებელი უნარიანობა ნატრიუმის როდანიდის და ტიოსულფატის თანამონაწილეობით იზრდება.

ცხრილში 2 მოცემულია ნატრიუმის ტიოსულფატის და როდანიდის ფუძეზე ფხვნილისებური დანამატების ეფექტურობის შედარებითი მაჩვენებლები ძვრადი ნარევისათვის (П4).

ცხრილი 2

№	ნამატის დასახელება	დოზირება, % ცემენტის მასიდან	ბეტონის ნარევის შენახვის უნარიანობა, სთ	სიმტკიცის მატება კუმშვაზე გამაგრების ნორმალურ პირობებში, %, ასაკით, დღეღამე		ხანგამძლეობის მაჩვენებლები	
				1-3	7-28	ყინვამედგობა	წყალუქონვალობა
1	C-3	0.6	0.75-1	10-20	5-10	300	W8
2	U_1	0.6	0.75-1	20-40	10-15	400	W10
3	U_2	0.6	0.75-1	30-45	20-25	500	W10
4	U_2	1.0	1.5-2.0	40-50	20-25	500	W12

ცხრილ 2-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ მითითებული დანამატების შეყვანა იმავე დოზირებით, როგორც სუპერპლასტიფიკატორი C-3-ის შემთხვევაში უზრუნველყოფს ბეტონის უფრო მაღალ სიმტკიცის მაჩვენებლებს გამაგრების ყველა ეტაპზე, გარდა ამისა მნიშვნელოვნად აუმჯობესებენ მაჩვენებლებს ყინვამედგობაზე და წყალუქონვალობაზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ ბეტონის ნარევები როდანიდის ნარევის დამატებით იძლევა საშუალებას მნიშვნელოვნად გავაუმჯობესოდ თბოტენიანი დამუშავების პარამეტრები ასაწყობი რკინაბეტონის კონსტრუქციების დამზადებისას, ამასთან დანამატის დოზირების შესაბამისად შევამციროთ თბური დამუშავების ხანგრძლივობა 20-30% ან დავწიოთ გათბობის ტემპერატურა 15-30% და საჭიროების შემთხვევაში შევამციროთ ცემენტის ხარჯი 20-30%.

დამუშავებულია ახალი კომპლექსური მაპლასტიფიცირებელი და ბეტონის გამყარების მაჩქარებელი დანამატები სუპერპლასტიფიკატორ C-3-ის და ნატრიუმის როდანიდის და ტიოსულფატის ნარევის ბაზაზე. დადგენილია, რომ ეს დანამატები გვაძლევს საშუალებას მივიღოთ ადვილჩაწყობადი ბეტონის ნარევები C-3-ის დაბალი დოზირებით.



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სას. ისინი განაპირობებენ სიმტკიცის სწრაფ მატებას, ამადლებენ ამ უკანასკნელის ხანგამძლეობას, მის ყინვაგამძლეობას და წყალუქონვადობას, აუმჯობესებს თბოდამუშავების პარამეტრებს, განაპირობებს ცემენტის ხარჯის შემცირებას. არსანისნავია, რომ ეს პერსპექტიული დანამატები არადეფიციტურია, იაფია და შეიძლება რეკომენდირებული იქნეს ფართო გამოყენებისათვის მშენებლობაში, განსაკუთრებით მონოლითური შენობა-ნაგებობების აგებისას.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. // Добавки в бетон: Справ. Пособие. Под ред. В. С. Рамачандрана. _ М.: Стройиздат, 1988. С. 382-434.
2. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: 1998 _ 768 с.
3. Nmai С. К. Cold Weather Concreting Admixtures. // Cem. Concr. Comp. 1998. V. 20. # 2/3. P. 121-128.
4. Башлыков Н. Ф., Вайнер А. Я. Химические аспекты влияния добавок тиосульфата и роданида натрия на цементные системы. // Сб. Докл. VIМежд. Научн.-произв. Конференции «Дни современного бетона», 7-9 июня 2004 г. Запорожье. 2004 г. С. 44-49.
5. Kantro D. L. // J. Testing Evaln. 3, p.312 (1975).
6. Мураками Х., Танака Х. // Пятый Международный конгрес по химии цемента. _М.: Стройиздат. 1973. С. 242-243.
7. Граник Ю. Г., Левина В. С., Данилов В. И. И др. Авт. Свид. СССР # 973501. 1986. Опубл. 1986. Бюлл. # 29.
8. Синайко Н. П., Лихопуд А. П., Сопов В. П., Толмачев С. Н. // Долговечность строительных конструкций. Теория и практика защиты от коррозии. _М.: Центр экономики и маркетинга. 2002 г. С. 152-158.

UNBURNED LOW ENERGY-INTENSIVE CLINKER-LESS BINDERS CONCRETES WITH ACCELERATING ADDITIVE OF BINDING.

Kankava V., Rosnadze G., Kankava A.,
 Akaki Tsereteli State University.

Summary

The paper dwells on the issues of improving the durability of concrete mix and concrete. There are considered the issues of producing the new generation concretes on the basis of traditional diluting accelerators. There are resolved the problems of rapid hardening of concrete mix on the basis of industrial waste of thiosulphate and rhodanate, as well as on hyper plasticizers. There are determined the optimal parameters of this dosage.

მულკანური წარმოშობის ბუნებრივი ფორიანი შემავსებელი ენერგოდამზომ ტემპოლოგიებში

ქარშიძე ზ., წიქარიშვილი მ., ჰიჭინაძე ბ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ეულკანური ფერფლის გამოყენების შესაძლებლობები თანამედროვე სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობაში. საბაზრო ეკონომიკის პირობებში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მასალებს მაღალი თბოსაიზოლაციო თვისებებით. ასეთად მოიაზრება ეულკანური ფერფლი. კვლევები განაპირობა შპს „ბი აი ეს“ – ის ჩამოყალიბებამ, რომლის ბაზაზე სოფელ საჯაში, დაბა დმანისის მახლობლად ფუნქციონირება დაიწყო ეულკანური ფერფლის კარიერმა, ეს კი იძლევა ნედლეული ბაზის გაფართოების საშუალებას ენერგოდამზომი საშენი მასალების წარმოებისათვის. ჩატარდა კვლევები დმანისის რაიონის სოფელ საჯას საბადოს ეულკანურ ფერფლზე და დადგინდა, რომ იგი შეიძლება მიეკუთვნოს პერლიტის ნაირსახეობას და გამოყენებულ იქნას იგივე დანიშნულებით.

საქართველოს ეკონომიკური მდგომარეობის გაუმჯობესებამ დასაბამი მისცა ძველი მეთოდებიდან ახალ ტექნოლოგიებზე გადასვლას. სამოქალაქო მშენებლობის ზრდასთან ერთად გაიზარდა მოთხოვნა სხვადასხვა დანიშნულების მაღალსართულიანი მონოლითური შენობების. მნიშვნელოვან ინტერესს წარმოადგენს მთელი რიგი ეფექტური მეთოდ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



დების გამოყენების შესაძლებლობა შენობების აგებისას. მშენებლობის ტემპების დაჩქარებისა და ღირებულების შემცირების ერთ-ერთ წყაროს წარმოადგენს შენობა-ნაგებობების მასის შემცირება. ეს ძირითადად მიიღწევა მსუბუქი ბეტონებისა და რკინაბეტონების გამოყენებით. მოცემული სიმტკიცის, სიმკვრივისა და თბოგამტარობის მსუბუქი ბეტონების გამოყენება შესაძლებლობას გვაძლევს შევამციროთ როგორც კონსტრუქციის სისქე და მასა, ასევე შევუწყოთ ხელი სეისმომდებლობის ზრდას და გავაუმჯობესოთ თბოსაიზოლაციო თვისებები, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საბაზრო ეკონომიკის თვალსაზრისით.

ჩვენს რესპუბლიკაში პრაქტიკულად განუსაზღვრელი მარაგია ბუნებრივი ფორიანი შემესებებისა, ისინი ძირითადად წარმოდგენილია ვულკანური წილითა და ტუფოლაკებით, რომლებიც საუკეთესო ხარისხის შემესებებია, მსუბუქი ბეტონებისათვის. ცნობილია, რომ დამოკიდებულება დამახასიათებელი ფორიან შემესებებზე დამზადებული მსუბუქი ბეტონებისათვის რთული და მრავალმხრივია, უამრავი ფაქტორების ზემოქმედების გამო. ადგილობრივი ბუნებრივი შემესებების კვლევების დადებითი შედეგები, მაღალი ხარისხი, მათი დანერგვით გამოწვეული მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ეფექტი იძლევა ქვეყანაში ნედლეული ბაზის გაფართოების შესაძლებლობას. ნაშრომი განხილულია დმანისის რაიონის სოფელ საჯას ვულკანური ფერფლის საბადო.

ვულკანური წარმოშობის ბუნებრივი ფორიანი შემესებები ამოფრქვეული ქვის ქანებია, ბუნებაში გვხვდება ნამტვრევი, ფხვიერი ან დაცემენტებული სახით. ისინი უმთავრესად ამორფული კაუმიწისგან შედგება. ამ მასალის კარგი ტექნიკური მახასიათებლების გამო, მთელ რიგ შემთხვევაში შესაძლებელია მისი ტრანსპორტირება დიდ მანძილზე. ვულკანური ფერფლი, ქვიშა და პემზა წარმოიშვა დედამიწის სიღრმიდან ჰაერში ამოფრქვეული მაგმის მცირე ნაწილაკების სწრაფი გაციებით. ვულკანური ფერფლი მეტად წვრილი ფხვნილისებრი მასაა (მარცვლის სისხო 1მმ-ზე ნაკლები), უფრო მსხვილ-მარცვლოვანი (მარცვლის სისხო 0,14 – 5მმ) ვულკანური წილის ან პემზის ქვიშაა, ხოლო კიდევ უფრო მსხვილი (მარცვლის სისხო 5 – 30მმ) პემზა ან აფუებული მინა. ეს ქანები დიდი ფორიანობით, მცირე ზოგადი სიმკვრივითა და ნაკლები თბოგამტარობით ხასიათდებიან. ფორიანობა კი ზოგ შემთხვევაში 80%-საც კი აღწევს. ფორები მეტწილად ჩაკეტილია, რაც ქანის ყინვამდებობაზე დადებითად მოქმედებს. იგი არ საჭიროებს დაფქვას, აპლასტიფიცირებს ნარეგს, აუმჯობესებს ბეტონის სიმტკიცესა და დეფორმაციულ თვისებებს. გამოიყენება ჯერ კიდევ უხსოვარი დროიდან. რომში კოლიზეუმის დულაბი დამზადებული იყო 1 წილი გამომწვარი დაფქული კირქვისა და 3 წილი ვულკანური ფერფლისაგან. 2011 წელს არგენტინის სამხრეთი რეგიონები დაიფარა, ჩილეში ამოფრქვეული ვულკან პუიპუეს ფერფლით, რამაც არგენტინის ეკონომიკას დიდი ზარალი მიაყენა. მეცნიერებმა ეს მოვლენა გამოიყენეს. მათ გადაამუშავეს ფერფლი და დაამზადეს იაფი პანელების ახლმშენებლობისათვის, უსახლკარო დაზარალებული მოსახლეობისათვის. თითოეული ეს პანელი აღჭურვილია ვერტიკალური და ჰორიზონტალური სამაგრებით, ამიტომ მათთან მუშაობა ძალიან იოლია და არ საჭიროებს სპეციალურ გადამზადებას. დღეს არგენტინაში ყოველდღე შენდება თითო 45მ² საცხოვრებელი სახლი ღარიბი მოსახლეობისათვის. ამ პროექტის უპირატესობა თვალსაჩინოა – იაფი, ეკოლოგიურად სუფთა საშენი მასალაა, საცხოვრებლის აგების სიმარტივითა და მშენებლობის სწრაფი ვადებით. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ეს პანელები გამოირჩევიან ნაკლები თბოსაიზოლაციო თვისებებით, რაც მცირე ზედნადებ ხარჯებს მოითხოვს საცხოვრებლის სარემონტო სამუშაოების დროს.

ვულკანური ფერფლი შედგება ვულკანური მინისა და სხვადასხვა მთის ქანების კრისტალებისაგან, ძირითადად ვულკანური წილისა და პემზის წვრილი მარცვლებისაგან. ახლოსაა პერლიტურ მადანთან. მისი ქიმიური შედგენილობა შეიძლება მერყეობ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



დეს: (68–72%SiO₂)-დან (48–52%SiO₂)-მდე, (13-18%Al₂O₃)-ია, ტუტეები (4–9%), სიმკვრივე 500-1300 კგ/მ³, ჭეშმარიტი სიმკვრივე 2,8 გ/სმ³, ცარიელობა 50–55%, ფორიანობა 50 – 70%, წყალშთანთქმა 35%-მდეა. დნობის ტემპერატურა მინის მისაღებად 800-900⁰ C-ია. იგი გამოიყენება წვრილ შემდგობად კერამიზიტო ბეტონებში, ჩვეულებრივ და ფორიზებულ კონსტრუქციულ – თბოსაიზოლაციო B3,5 – B7,5 კლასის ფერფლ ბეტონებში, 1200 – 1550 კგ/მ³-ი სიმკვრივით, რაც შეეხება არმირებას, შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ფიბრა, რომელსაც ჩვენს ქვეყანაშიც აწარმოებენ, საბათქაშე ხსნარებში, აქტიურ მინერალურ და ნამატად ცემენტებში, თბობგერასაიზოლაციო ნაყარის სახით, შემდგობად საღებავებისათვის. ვულკანური ფერფლის გამოცდის დროს საჭიროა დავადგინოთ მისი ძვრადობა, სიმკვრივე, განშრევა, წყალშეკავების უნარი, სიმტკიცე, წყალშთანთქმა, ყინვაძეგობა და სხვა. ვულკანურ ფერფლს აქვს ინსექტიციდებთან მიახლოებული თვისებები რაც იძლევა მის, სოფლის მეურნეობაში გამოყენების შესაძლებლობას მავნებლებთან საბრძოლველად, გამოიყენება კვების მრეწველობაშიც ფილტრების სახით.

ზოგიერთი ავტორის აზრით ვულკანური ფერფლი პერლიტის სახესხვაობას წარმოადგენს. ამიტომ, შესაძარებლად ცხრილებში მოყვანილია ყველა საჭირო მონაცემი. ქიმიური შედგენილობა, გრანულომეტრია, ტენიანობა, ხურებითი დანაკარგი, სიმკვრივე და სხვა. ცხრილში 1. მოყვანილია ვულკანური ფერფლის, ფარავნის პერლიტის, ბოლნისისა და თეძამის ტუფის ქიმიური შედგენილობები.

ცხრილი 1

№	ნიმუშის დასახელება	სინესტმ	ხურებითი დანაკარგი	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	P ₂ O ₅	CaO	MgO	MnO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
1	ვულკანური ფერფლი	1.37	3.70	68.7	0.20	15.5	0.79	0.49	0.05	1.16	0.05	0.13	0.30	3,6	3,8
2	ფარავნის პერლიტი	-	6.0-0.45	73.0-76.0	-	12.50-15.60	0.90-2.95	-	-	1.1-2.0	1.5	-	0,15-0,6	-	-
3	ბოლნისის ტუფი	-	2.8	72	-	16	3.92	-	-	1.22	1.7	-	-	-	-
4	თეძამის ტუფი	-	2.95	74	-	15	3.67	-	-	2.1	0.95	-	-	-	0,87

აფუებული პერლიტი ფორიანი მასალაა, მიიღება ნამსხვრევი ვულკანური წყლის შემცველი ჯიშის თერმული დამუშავებით. აფუების შემდეგ იგი იყოფა წვრილშემდგობად, 5მმ-ზე ნაკლები მარცვლის ზომითა და ღორღად 5-20 მმ-ის მარცვლის ზომებით. გამოყენების სფერო პერლიტისა და ვულკანური ფერფლის იდენტურია. აქვე გვინდა მოვიყვანოთ ცხრილები – 2,3,4,5,6, კემზის, ტუფისა და პერლიტის ზოგიერთი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლებითა და ბეტონის რეკომენდებული შედგენილობები აფუებული პერლიტის გამოყენებით.

ცხრილი 2

კემზა	საშუალო სიმკვრივე კგ/მ ³	ლორღის	ქვიშის	ნატეხების ფორიანობა, %	წყალშთანთქმა, % მასის მიხედვით	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე, მპა
1	2	3	4	5	6	7
ჩვეულებრივი	400÷500	300÷600	500÷900	68÷85	60÷80	2.5
ლითოიდური	1300÷1500	700÷900	900÷1200	40÷45	11÷18	17÷27



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ცხრილი 3

ვულკანური ტუფის თვისებები	ვულკანური ტუფის ტიპი	
	ბოლნისი	თეძამი
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
ზოგადი სიმკვრივე კგ/მ ³	1770	1890
ნაყარი სიმკვრივე ღორღის ქვიშის	950 ÷ 1200 1100 ÷ 1400	1000 ÷ 1300 1100 ÷ 1400
ფორიანობა, %	17	13
სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე, მპა	14 (140)	22 (220)
დარბილების კოეფიციენტი	0.84	0.88

ცხრილი 4

ნაყარი სიმკვრივის მარკა	მარკა სიმტკიცეზე	წყალშთანთქმა, % არაუმეტეს
300	35	75
400	50	50
500	75	30
600	100 და მეტი	25

ცხრილი 5

საბადოს დასახელება	ნაყარის სიმკვრივე კგ/მ ³	სიმსხოს მოდული, M _{სიმსს}	მარცვლოვანი შედგენილობა, ნარჩენი საცერზე %				
			2.5	1.25	0.63	0.315	0.14
ფარავნის პერლიტი	280 ÷ 380	1.8 ÷ 2.1	15	25.6 ÷ 28.3	55.4 ÷ 59.2	74.4 ÷ 75.3	90.0 ÷ 95.0

ცხრილი 6

ბეტონის მარკა	მასალის ხარჯი 1 მ ³ ბეტონზე								მშრალი ბეტონის საშუალო სიმკვრივე, კგ/მ ³
	ცემენტი, კგ	ქვიშა, ρ=300		ღორღი				წყალი, ლ	
		კგ	ლ	5 ÷ 10 მმ ρ=280		10–20 ρ=240			
				კგ	ლ	კგ	ლ		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
10	150	240	800	65	220	140	580	335	550 ÷ 600
25	245	230	770	65	220	130	550	370	670 ÷ 700
50	340	235	775	60	210	135	560	310	780 ÷ 800
75	450	250	860	70	240	150	620	250	870 ÷ 900
100	250	250	830	65	230	145	600	300	1000 ÷ 1050

მიღებული მონაცემების საფუძველზე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ დმანისის რაიონის, სოფ. საჯას საბადოს ვულკანური ფერფლი, შეიძლება მიეკუთვნოს პერლიტის ნაირსახეობას და გამოყენებულ იქნეს იგივე დანიშნულებით.



ლიტერატურა:

1. ნადირაძე ა. ბეტონის შემესებების ტექნოლოგია. განათლება. თბილისი 1988. გვ. 175-186.
2. ტურძელაძე მ., ქარუმიძე ზ. ტუფი და ტუფის ნარჩენები მსუბუქი ბეტონის წარმოებაში. თბილისი, საგამომცემლო სახლი „ჩოხი“. 2010. გვ 125.
3. ქარუმიძე ზ, ბექაია ვ. პერლიტი მშენებლობაში. თბილისი, საგამომცემლო სახლი „ჩოხი“. 2012. გვ 110.

NATURAL POSOUS FILLERS OF VOLCANIC ORIGIN IN ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES

Z. Karumidze, M. Tsikarishvili, G.Chichinadze.

Summary

Possibilities of use of volcanic ash in modern industrial and civil construction are discussed. In conditions of market economy materials with highly effective thermal insulation properties are getting big importance. Volcanic ash is one of such raw materials. Study was initiated in relation with creation of volcanic ash quarry at village Saga in Dmanisi District operated by BIS LTD. This allows increase of base for production of energy – saving construction materials.

ნანომომადიან და მსაღებელი მსურვალმედები ბეტონის წარმოების ზოგიერთი ასპექტი

ლუშავა ხ., შაპაშ თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნანოცეცხლგამძლე მასალების, წარმოების ერთერთ მაღალ განვითარებულ ტექნოლოგიას წარმოადგენს ნანოტექნოლოგია, რომელიც ცეცხლგამძლე მასალების წარმოების განვითარებაში საწყის ეტაპზეა. ნანოდიასპერსული ნატრიუმის პოლისილიკატურ შემკვრელზე დამზადებული მსურვალმედებმა ბეტონებმა თვისებების მნიშვნელოვნად მაღალი მაჩვენებლები აჩვენა, ჩვეულებრივ მსურვალმედებზე ბეტონებთან შედარებით, რომლებიც დამზადებულია სილიკატ-ნატრიუმიან მჭიდრად.

ეს აიხსნება იმით, რომ ნატრიუმის სილიკატის ნაცვლად, ნანოდიასპერსული ნატრიუმის პოლისილიკატურ შემკვრელზე დამზადებულ მსურვალმედებზე ბეტონში მცირდება ტუტე ოქსიდის (N₂O) - ადვილდნობადი შემადგენლის შემცველობა, შესაბამისად იზრდება ბეტონის საქსპლუტაციო თვისებები: თერმული მდგრადობა, გამოყენების ტემპერატურა, კოროზიული მდგრადობა და სხვა.

ბოლო სამი ათეული წლის განმავლობაში მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში თბური აგრეგატების მშენებლობაში და მათი ექსპლუატაციის საქმეში წარმატებით გამოიყენება მსურვალმედები ბეტონები, არსებული ძვირადღირებული და დეფიციტური ცეცხლგამძლე მასალების ნაცვლად. ასეთ ბეტონებს გააჩნიათ მთელი რიგი უპირატესობანი: მათი ტექნოლოგია არ საჭიროებს ყველაზე ძვირად ღირებულ და რთულ პროცეს-გამოწვას, რაც დაკავშირებულია ენერგო-რესურსების დაზოგვასთან.

მაღალეფექტური ცეცხლგამძლე მასალების, მათ შორის ახალი თაობის მსურვალმედები ბეტონების წარმოება შესაძლებელია თანამედროვე სამეცნიერო და მაღალ განვითარებული ტექნოლოგიების ბაზაზე, რაც განაპირობებს პროდუქციის მაღალ ხარისხს, მის ეკოლოგიურ უსაფრთხოებას, ნედლეულის ეფექტურ გამოყენებას და რესურსების ეკონომიას.

ნანოცეცხლგამძლე მასალების, წარმოების ერთერთ მაღალ განვითარებულ ტექნოლოგიას წარმოადგენს ნანოტექნოლოგია, რომელიც ცეცხლგამძლე მასალების წარმოების განვითარებაში საწყის ეტაპზეა. გამოყოფენ ნანომასალების შემდეგ ტიპებს: ნანოფოროვანი სტრუქტურები, ნანონაწილაკები, ნანომილაკები, ნანობოჭკოები, ნანო-დიასპერსიული (კოლოიდური) ხსნარები, ნანოსტრუქტურული ზედაპირები და ფენები, ნა-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნოკრისტალები და ნანოკლასტერები.

მრავალრიცხოვანი კვლევების შედეგებმა, რომლებიც მიმართულია მხურვალმედუგი მჭიდისა და ბეტონების მისაღებად ტუტე სილიკატურ სისტემებზე (თხევადი მინა, უწყლო სილიკატ – ნატრიუმი, პოლისილიკატები) შესაძლებელი გახდა მხურვალმედუგი კომპოზიციური შემკვრელების შექმნა განსხვავებული ბუნების წერილდისპერსული ცეცხლგამძლე შემკვრელებით და ნანოდისპერსული (კოლოიდური) შემკვრელებით და ნატრიუმის პოლისილიკატით.

ძირითადი განსხვავება პოლისილიკატებს და თხევად მინებსა და მაღალტუტე შემკველ სილიკატურ სისტემებს შორის არის მათი – პოლიმერული ფორმა, რომელიც შეიცავს 60% და მეტს კაუმიწის საერთო რაოდენობიდან, რაც უზრუნველყოფს წარმოქმნილი გელების სტრუქტურების მაღალ სიმტკიცეს.

პოლისილიკატები გამოირჩევიან უნიკალური შემაკავშირებელი თვისებებით, რაც მათი ფართო გამოყენების საშუალებას იძლევა სხვადასხვა მიზნობრივი დანიშნულების კომპოზიციებში. პოლისილიკატების გამოყენება მწებავ კომპოზიციებში მასალებს ანიჭებს მაღალ წყალმედგობას და აუმჯობესებს ცეცხლგამძლე მასალების თერმულ მდგრადობას. ამით განპირობებულია მათი გამოყენების შესაძლებლობა მხურვალმედუგი კომპოზიციური შემკვრელისა და მის საფუძველზე ბეტონების მიღებისა. კვლევებში ტუტე მეტალის სილიკატის სახით გამოიყენება უწყლო ნატრიუმის სილიკატი.

ნატრიუმის პოლისილიკატი სილიკატური მოდულით 6–6,5 მიიღეს უწყლო ნატრიუმის სილიკატის და სილიციუმის დიოქსიდის ჰიდროზოლის 30%–იანი წყალხსნარის ურთიერთქმედებით 70–90°C ტემპრატურაზე დაყოვნებისას არაუმეტეს 0,5სთ–ისა. ცეცხლგამძლე შემკვრელებისა და წვრილდაფქვილი დანამატის სახით გამოყენებული იყო ელექტროდნობადი კორუნდი შემდეგი ქიმიური შემადგენლობით (%–ში): Al_2O_3 - 98,11...98,79; SiO_2 - 0,13...0,15; Fe_2O_3 - 0,58...1,01; Na_2O - 0,27...0,45. მახასიათებლებია: ცეცხლგამძლეობა – 2050°C, ხაზობრივი გაფართოების კოეფიციენტი – 8...10×10⁻⁶, სიმკვრივე – 3,8...3,92გ/სმ³. გამოირჩევა ქიმიური მდგრადობით, ინერტულობით და ა.შ. მინერალური შემადგენლობის მიხედვით ელექტროკორუნდი ძირითადად წარმოდგენილია – Al_2O_3 სახით. ბოქსიტი ნაკლები რკინის შემცველობით კი წარმოადგენს მთის ქანს, რომელიც შეიცავს ალუმინის ჰიდროქსიდის მინერალებს და განკუთვნილია ცეცხლგამძლე ნაკეთობების წარმოებისათვის. ის ხასიათდება შემდეგი ქიმიური შემადგენლობით: Al_2O_3 - მასითი წილი არანაკლები 60-ისა; Fe_2O_3 - არაუმეტეს 2,6-ისა; TiO_2 - არაუმეტეს 4,5-ისა; (CaO და MgO) - არაუმეტეს 0,9-ისა; (Na_2O და K_2O) - არაუმეტეს 0,8-ისა; ტენიანობა - არაუმეტეს 20%–ისა. ნატეხების სიდიდე-500მმ–მდე.

კორუნდის ბეტონის ნარევის ოპტიმალური პროცენტული მასითი შემადგენლობით 80:20 (კორუნდი-შემავსებელი; ნატრიუმის პოლისილიკატი- კომპოზიციური შემკვრელი) ამზადებენ შემდეგი თანმიმდევრობით. ჯერ წვრილად დაფქვილ ბოქსიტს ხვედრითი ზედაპირით $S_{ხე} = 3000 \text{ სმ}^2/\text{გ}$ -მდე ურევენ მაღალი სიჩქარის ლაბორატორიულ ამრევში ნატრიუმის წყალხსნარს, ბოქსიტპოლინატრიუმიანი კომპოზიციური შემკვრელის სუსპენზიის მიღებამდე, შემდეგ მიღებულ სუსპენზიაში შეჰყავთ წვრილმარცვლოვანი შემკვრელები და არევა ხდება 4-5წუთის განმავლობაში ერთგვაროვანი ბეტონის მასის მიღებამდე. განყალიბებული ნიმუშების გამყარება მიმდინარეობს საშრობ კარადაში 180-200°C ტემპრატურაზე.

ნანოდისპერსული ნატრიუმის პოლისილიკატურ შემკვრელზე დამზადებული კორუნდიანი მხურვალმედუგი ბეტონის ძირითადი თვისებების შედარებითი მანვენებლები მოცემულია ცხრილში 1.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ცხრილი 1

თვისებების მაჩვენებლები	ბეტონი	ნანოდისპერსულ ნატრიუმის პოლისილიკატის კომპოზიციურ შემკვრელზე
გამოყენების მაქსიმალური ტემპერატურა ცალმხრივი გახურებისას (°C)	1800	1950
სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას გამოწვის მაქსიმალურ ტემპერატურაზე. (მგპა)	31-37	40-45
სიმკვრივე 200°C გამოშრობის შემდეგ (გ/სმ ³)	2,90-2,95	2,95-3
ფორიანობა 200°C გამოშრობის შემდეგ, (%)	18-19	16-17
ხაზობრივი ჯდენა მაქსიმალურ ტემპერატურაზე გამოწვის შემდეგ, (%)	0,25	+0,20
თბოგამტარობა 1200°C ტემპერატურაზე	1,32	1,1
დეფორმაციის დაწყების საწყისი ტემპერატურა მიტვირთვისას 0,2 მგპა, (°C)	1680	1840

აქედან გამომდინარე კომპოზიციურ შემკვრელზე დამზადებულ კორუნდულ მხურვალმედვე ბეტონს სილიკატნატრიუმთან კომპოზიციურ შემკვრელზე დამზადებულ ანალოგიური დანიშნულების ბეტონებთან შედარებით აქვს მნიშვნელოვნად მაღალი თერმომდგრადობის მაჩვენებლები; დეფორმაციების საწყისი ტემპერატურები 0,2 მგპა-ის მიტვირთვისას და ა.შ.

ეს აიხსნება იმით, რომ ნატრიუმის სილიკატის ნაცვლად, ნანოდისპერსული ნატრიუმის პოლისილიკატის შემკვრელზე დამზადებულ მხურვალმედვე ბეტონში მცირდება ტუტე ოქსიდის (Na₂O)-ადვილდნობადი შემადგენლის შემცველობა, შესაბამისად იზრდება ბეტონის ცვცხლგამძლეობა. გარდა ამისა შემკვრელის განმსაზღვრელ თვისებებს აქ წარმოადგენს ხარისხობრივი და რაოდენობრივი ცვლილებები, რომელიც ხდება მის შემადგენლობაში მაღალი ტემპერატურების მოქმედებისას. რაც დასტურდება კომპოზიციური შემკვრელის რენტგენო-სტრუქტურული ანალიზით.

დასკვნა: ჩატარებული კვლევების საფუძველზე მიღებულია მაღალცვცხლგამძლე ნანოსტრუქტურული კორუნდის მხურვალმედვე ბეტონი, რომელშიც შემკვრელად გამოყენებულია ნანოსტრუქტურული ნატრიუმის პოლისილიკატი.

ამ კვლევების სამეცნიერო-პრაქტიკული საფუძველი მდგომარეობს იმაში, რომ პოლისილიკატის ხსნარები, ზოლის ნაწილაკებთან ერთად შეიცავს მონომერებს, ოლიგომერებს და კაუჩიუმის პოლიმერულ სახესხვაობებს, რომლებიც ხელს უწყობენ ამ უკანასკნელის მაღალი რეაქციული თვისებების გამოვლენას სხვადასხვა კომპოზიციურ შემადგენლობებში. ამიტომ ნანოდისპერსულ ნატრიუმის პოლი-სილიკატის კომპოზიციურ შემკვრელზე დამზადებულ კორუნდული ბეტონის სტრუქტურაში, გამამთლიანებელი ახალწარმონაქმნების ფორმირება პრინციპულად განსხვავდება ნატრიუმის სილიკატის შემკვრელი აფსკისგან და ხასიათდება მაღალი წყალმედვეობით, თერმომდგრადობით და გამოყენების მაღალი ტემპერატურით, რაც განპირობებულია ტუტე კომპონენტის (Na₂O) - ადვილდნობადი შემადგენლის დაბალი შემცველობით შემკვრელში.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება ვივარაუდოთ ნანო-სტრუქტურული ნატრიუმის პოლისილიკატის, როგორც შემკვრელის გამოყენების შესაძლებლობა სხვა მსურველმედები კომპოზიციური შემკვრელებისა და ბეტონების მისაღებად სხვადასხვა ცეცხლგამძლე ნივთიერებების ბაზაზე.

ლიტერატურა:

1. Ю.Д. Третьякова, М. Фозмат - Нанотехнология азбука для всех /ред. 2008 г, 350-370 стр./
2. Тарасова А.П. - Жаростойкие вяжущие на жидком стекле и бетоны на их основе /Москва, Стройиздат, 1982 г.130-135стр/
3. Тотурбиев Б.Д. - Строительные материалы на основе силикат-натриевых композициях./Москва, Стройиздат,1988 г.200-208 стр./
4. Тотурбиев А.Б. – Исследования клеящей способности композиционного связующего на полисиликате натрия /Промышленное и гражданское строительство. 2012г, 50-60 стр/
5. Тотурбиев А.Б. – Корундовый жаростойкий бетон повышенными эксплуатационными свойствами /Бетон и железобетон. Москва, 2006 г, 10-15 стр/

SOME ASPECTS OF PRODUCTION OF THERMAL-RESISTANT CONCRETE MADE ON NANO-MO-ULD

Kh.Lezhava, T. Esadze.

Summary

One of the high technologies for production of nano-refractory materials is the nanotechnology. It is in its incipience in terms of refractory materials. Heat-resistant concrete produced with cohesive material – nano-dispersion sodium polysilicate, shows high operation properties in comparison with ordinary heat-resistant concrete, produced with silicate-sodium composition cohesive material. Its explained by the fact that in heat-resistant concrete produced with the silicate-sodium composition cohesive material alkalinity component (Na_2O), which a low-melting one is reduced instead of silicat-sodium. This in turn increases the operational properties of the heat-resistant concrete, heat stability, temperature of applying, corrosion resistance and etc.

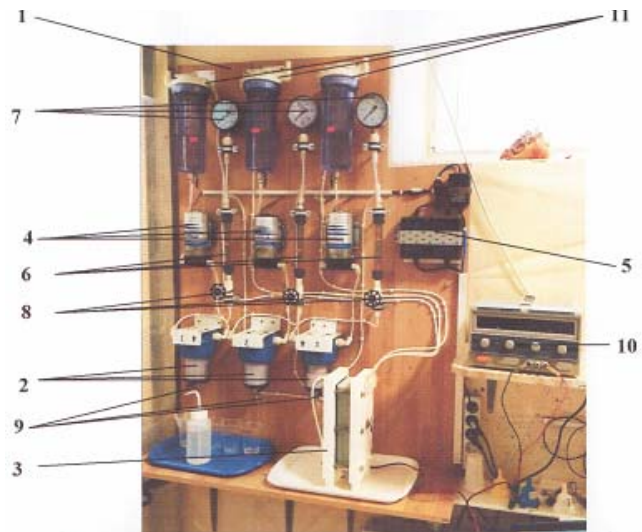
ელექტროლიზის პროცესის ექსპერიმენტალური კვლევების შედეგები

რუხაკა შ., ავციანი ა., აზრილონიძე მ., შოთაძე ა.
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში მოცემულია წყლის გაწმენდის ელექტრომემბრანული სისტემის გამტკნარების საკანში გრავიტაციული და იძულებითი კონვექციის ერთდროული მოქმედების პირობებში ელექტროლიზის პროცესების ექსპერიმენტალური კვლევების შედეგები. მოყვანილია ექსპერიმენტები $NaCl$ სხვადასხვა კონცენტრაციის წყალხსნარისათვის ისეთი პარამეტრების ფართო სპექტრისათვის, როგორცაა საწყისი კონცენტრაცია, ელექტროდების სიმკვრივე და ელექტრული პოტენციალის ნახტომი გასაყოფ არხში. დადგენილია, რომ მემბრანა არის მეტად ეფექტური $NaCl$ კონცენტრაციისას 10 გ/ლ დან 1 გ/ლ მდე.

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტის №31/71 ფარგლებში შექმნილია ელექტროლიზის ლაბორატორიული დანადგარი, რომელიც დანიშნულია გამტკნარების, ხსნარების კონცენტრირების, ახალი ნივთიერებების სინთეზის, pH კორექტირების, ამინომჟავების გაყოფის, შესაბამისი მარილების ხსნარებიდან მჟავებისა და ტუტეების მიღების, ორგანული ხსნარებიდან არაორგანული შენაერთების მოცილების პროცესების შესასწავლად.

დანადგარი დამზადებულია კედლის სტენდის (1) სახით, რომელზედაც განლაგებულია დამოუკიდებლად და დამონტაჟებულია: ხსნარების მექანიკური ფილტრაციის



ნახ. 1. ლექტროდიალიზის ლაბორატორიული დანადგარი



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



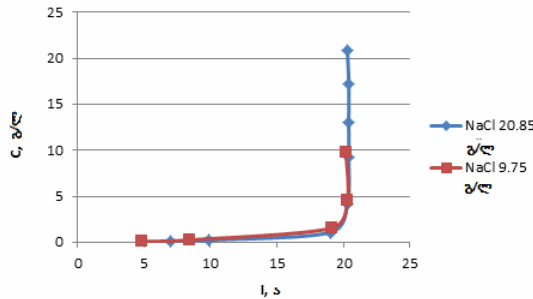
NaCl. უკანასკნელ 5 წუთში გამტკნარება კვლავ ნელდება ხსნარი კარგავს მხოლოდ 5% მარილს. დენი თითქმის მუდმივია, მაგრამ მოულოდნელად იწყებს შემცირებას ეს ხდება იმიტომ, რომ დაბალი კონცენტრაციის ელექტროლიტი ღარიბია ვიდრე მაღალი კონცენტრაციის. ბოლოში კონცენტრატის მარილშემცველობა შეადგენს 31,0 გ/ლ, რაც ახლოსაა NaCl მარილის გახსნის ზღვართან. ეს ნიშნავს, რომ პროცესი გრძელდება კონცენტრატის განზავების გარეშე და მარილის ხსნარში შეიძლება გამოიყოს კრისტალები და არის შესაძლებლობა მივიღოთ ორი პროდუქტი: NaCl მარილი და წყალი.

ცხრილი 2

NaCl საწყისი კონცენტრაცია=10 გ/ლ

№	დრო, (წთ)	დენის ძალა, (ა)	ძაბვა, (ვ)	მარილშემცველობა (TDS)			კონცენტრაციის შემცირება, (%)
				კონცენტრატი, (გ/ლ)	გამრეცხი წყალი, (გ/ლ)	პროდუქტი, (გ/ლ)	
1.	0	20,2	168	10,55	8,3	9,75	-
2.	5	20,3	182	14,8	-	4,50	53,85
3.	10	19,1	311	16,0	-	1,55	65,56
4.	15	8,4	450	17,6	-	0,27	82,58
5.	20	4,8	468	17,8	8,22	0,091	66,30

ცხრილის 2 ანალიზიდან ჩანს, როცა NaCl საწყისი კონცენტრაცია იყო 9,75 გ/ლ, პირველ და ბოლო 5 წთ კონცენტრაცია მცირდება 50%, ტესტის 10 და 15 წუთამდე კონცენტრაცია შემცირდა 80% ით. მთლიანად ელექტროლიზის პროცესში ხსნარის კონცენტრაცია შემცირდა 9,75 გ/ლ -დან 0,091 გ/ლ -მდე. შეიძლება აგრეთვე აღვნიშნოთ, რომ ყველაზე მაღალი გაწმენდის ხარისხი არის როცა კონცენტრაციაა 1 გ/ლ.



ნახ. 2. NaCl კონცენტრაცია დენის ძალისაგან დამოკიდებულებით

ცხრილი 3.

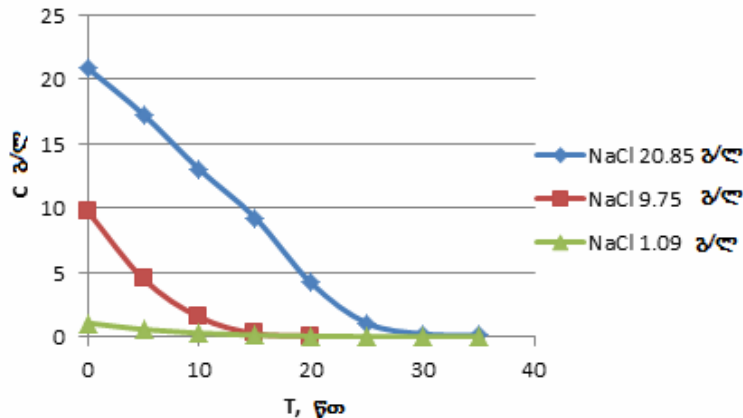
NaCl საწყისი კონცენტრაცია=1 გ/ლ

№	დრო, (წთ)	დენის ძალა, (ა)	ძაბვა, (ვ)	მარილშემცველობა (TDS)			კონცენტრაციის შემცირება, (%)
				კონცენტრატი, (გ/ლ)	გამრეცხი წყალი, (გ/ლ)	პროდუქტი, (გ/ლ)	
1.	0	0,5	31	2,16	3,30	1,090	-
2.	5	0,3	31	2,64	-	0,596	45,32
3.	10	0,2	31	3,04	-	0,303	49,16
4.	15	0,1	31	3,22	-	0,147	51,49
5.	20	0,1	31	3,24	-	0,0731	50,27
6.	25	0,1	31	3,30	-	0,0388	46,92
7.	30	0,1	31	3,33	-	0,0231	40,46
8.	35	0,1	31	3,48	3,13	0,0146	36,80



ნახ. 2 ჩვენ ვხედავთ, რომ მრუდები თითქმის იდენტურია. ეს აიხსნება იმით, რომ გასაანალიზებელი ხსნარების ქიმიური შემადგენლობა ერთნაირია. ე.ი. ერთნაირად ატარებს ელექტრო დენს.

მნიშვნელოვნად მცირე კონცენტრაციის ხსნარის შემთხვევაში როცა ხსნარის მარილ-შემცველობა ტოლია 1,09 გ/ლ (ცხრილი 3) ყოველ 5 წთ-ში საშუალოდ 50%-ით ეცემა შედეგების საფუძველზე შეიძლება ვთქვათ, რომ თუ ხსნარში მარილის NaCl საწყისი კონცენტრაცია არის 1 გ/ლ, იმისათვის, რომ დავახქაროთ პროცესი უნდა გამოვიყენოთ ნაკლებად სელექციური მემბრანები, გავზარდოთ ძაბვა ან მივიღოთ სხვა ახალი ტექნოლოგიური გადაწყვეტილება.



ნახ. 3. NaCl ელექტროდიალიზის სიჩქარე

ნახ. 3 ჩვენ ვხედავთ, რომ როცა NaCl საწყისი კონცენტრაცია 9,75 გ/ლ ხსნარი ნამდვილად იწმინდება. ამ მომენტისთვის პირველ ტესტში (საწყისი კონცენტრაცია 20 გ/ლ) NaCl კონცენტრაცია ხსნარში აღწევს 10 გ/ლ. მესამე ტესტის მრუდის განხილვა აჩვენებს, როცა საწყისი კონცენტრაცია ტოლია 1,09 გ/ლ, გამტკნარება ხდება თანაბრად, მეტად სწრაფად ხდება ცვლილება გამოყოფილ დროში. აქედან შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, რომ მემბრანა არის მეტად ეფექტური NaCl კონცენტრაციისას 10 გ/ლ დან 1 გ/ლ მდე.

ლიტერატურა:

1. რუხაძე შ.შ., აფრიდონიძე მ.დ., შოთაძე ა.გ. "ელექტრომემბრანულ სისტემებში მარილების კონვერსიის ექსპერიმენტალური კვლევა" საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის "ფუნქციონალური დანიშნულების კვების პროდუქტების წარმოების ინოვაციური ტექნოლოგიები" შრომათა კრებული, ქუთაისი, 2015.
2. Ferella F., Michelis I. De., Vegliò F. Pro-cess for the recycling of alkaline and zinc-carbon spent batteries// Journal of Power Sources.2008. No1. P.78-82.
3. Michelis I. De., Ferella F., Karakaya E., Beolchini F. et al. Recovery of zinc and manganese from alkaline and zinc-carbon spent batteries// Journal of Power Sources.2007. No1.P.65-69.
4. Purselli Zh. Electrodialysis with bipolar membranes: fundamentals of the method, optimization, application // Electrochemistry.2002. V.38.No 8. P.1028-1035

The Results of Experimental Studies of Electrodialysis Processes

Sh. Rukhadze, A. Aptsiauri, M. Apridonidze, A. Shotadze
Akaki Tsereteli State University

The paper dwells on the results of experimental studies of the electrodialysis processes under conditions of simultaneous action of gravitational and forced convections in a desalination chamber of water purification electro-membrane system. There shown the experiments with NaCl aqueous solutions of various concentrations for a wide range of those parameters, such as an initial concentration, electric current density and jump in electrical potential in a separation channel. It has been established that the membrane is highly effective during NaCl concentration from 10 g/l to 1 g/l.



6 ეკოლოგია და გარემოს დაცვა ECOLOGY AND ENVIRONMENT





III სავაჭრო-სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE





III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრებისას
რისკების შეფასების მეთოდის დამუშავება

ჩოგოვაძე ჯ., ცეცხლაძე ა., ჯაბუკიანი რ.
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრების შედეგად მიყენებული ზარალის გამოსათვლელ მეთოდიკაში ბუნებრივ-კლიმატური, ეკოლოგიური, ინდექსაციის (ვალუტასთან ფარდობა) და ჩაღვრების ლიკვიდაციისათვის დაგვიანებული დროის კოეფიციენტების გარდა გათვალისწინებულია ექსპერიმენტების შედეგების მანვერებლები რეგრესული განტოლებების სახით.

რისკების ეკოლოგიურ-ტოქსიკოლოგიური შეფასება მოიცავს საშიშროების სავარაუდო ანალიზს, არა მარტო ცაკეული სახეობებისა ან ჰიდრობიონტების (ჰიდრობიოეკოლოგიური არსებები) პოპულაციებს არამედ მთელ ჰიდროეკოსისტემებს, რომლებიც მოექცნენ ავარიული ჩაღვრების რადიუსში. ასეთი შეფასების აუცილებლობა განპირობებულია იმით, რომ ჩაღვრილი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მსხვერპლი ხდება მრავალი ჰიდრობიონტი და აგრეთვე ფრინველები, რომლებითაც ძალიან მდიდარია მდინარეები ჭოროხი, რიონი, ყულევისა და ფოთის ყურე, პალიასტომის ტბა და სხვა სუბტროპიკული ზღვისპირა ფლორა-ფაუნის ზღვისპირეთი. რისკების რაოდენობრივი შეფასების მრავალრიცხოვან მეთოდებს შორის ყურადღებას იმსახურებს ორი მეთოდი: მიხნის ფუნქციის მეთოდი [1]; მულტიპლიკაციური მიდგომა [2].

განვიხილოთ მეორე მიდგომა. მულტიპლიკაციური მიდგომის დროს რისკის ზომა R განისაზღვრება როგორც ავარიის რეალიზაციის ალბათობის P ნამრავლი ფარდობითი ზარალის ალბათობასთან Y შემდეგი ფორმულით:

$$R = P \cdot y, \tag{1}$$

სადაც R - რაოდენობრივი ზომა (რისკის ხარისხი); P - ავარიის წარმოშობის ალბათობა; y - ავარიით მიღებული ზარალი.

P განისაზღვრება ობიექტის ექსპლუატაციის პირობების ან ტექნიკური სისტემების საფუძველზე ავარიის სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით.

ამ მეთოდის თანახმად ზარალის ზომა ავარიების დროს განისაზღვრება ფორმულით;

$$Y = K_{\text{ფ}} \cdot K_{\text{ა,ვ}} \cdot K_{\text{ვ}} \cdot K_{\text{ფ}} \cdot K_{\text{ტ}} \cdot H, \tag{2}$$

სადაც: y - ზარალის ზომა, მილ. აშშ-ს დოლარი; $K_{\text{ფ}}$ -ერთი ბარელი ნავთობის ღირებულების ცვალებადობისა და მისგან ნავთობპროდუქტების გამოსავლიანობის კოეფიციენტი, აიღება $K_{\text{ფ}}=10^{-3}$; $K_{\text{ა,ვ}}$ -ბუნებრივ-კლიმატური პირობების გათვალისწინების კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია წელიწადის დროზე, აიღება: ზამთრისათვის - $K_{\text{ა,ვ}} = 1,15$; გაზაფხულისათვის - $K_{\text{ა,ვ}} = 1,25$; ზაფხულისათვის - $K_{\text{ა,ვ}} = 1,1$; შემოდგომისათვის - $K_{\text{ა,ვ}} = 1,15$; $K_{\text{ვ}}$ - ეკოლოგიური ფაქტორების კოეფიციენტი და აიღება შავი ზღვის ავზისათვის ნაპირიდან 10 კმ მანძილისათვის - $K_{\text{ვ}} = 1,15$, 10 კმ-ზე მეტი მანძილისათვის $K_{\text{ვ}} = 1,05$; $K_{\text{ფ}}$ -ინდექსაციის კოეფიციენტი, ეკონომიკური განვითარების ინფლაციური შემადგენელი და გულისხმობს საერთაშორისო და ნაციონალური ვალუტის ფარდობას, რომელიც ძნელად პროგნოზირებადია, აიღება $K_{\text{ფ}} = 1$; H- ტაქსა, მილ. აშშ-ს დოლარი; $K_{\text{ტ}}$ - ავარიების სალიკვიდაციოდ მიღებული ზომების დაგვიანების კოეფიციენტი; იგი დამოკიდებულია ლიკ-



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

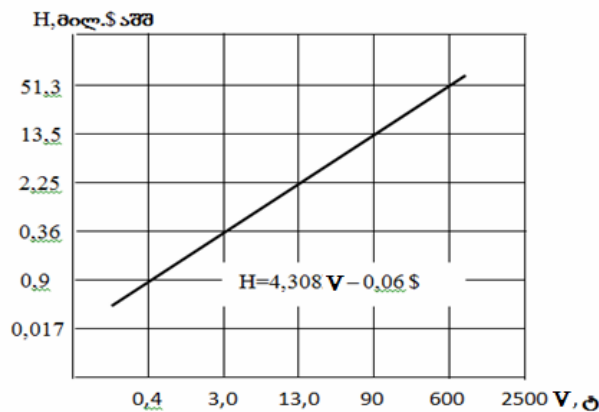


ვიდაციის ღონისძიებების მიუღებლობის ხანგრძლივობებზე, დღეებში და აიღება (ცხრ.2); H-არის ე.წ. ტაქსა, მილ. აშშ-ს დოლარი, რომელიც განისაზღვრება ჩაღვრილი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტის რაოდენობის მიხედვით დედამიწის სხვადასხვა რეგიონში V, ტ (ცხრ.1).

მოცულობაზე დამოკიდებულებით, ჩაღვრილი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტის, ტაქსას მნიშვნელობები

ცხრილი 1

V,ტ	H, მილ.აშშ	V,ტ	H, მილ.აშშ	V,ტ	H, მილ.აშშ
0,1 – 0,2	0,085-0,011	5,5 – 9,0	0,145-0,25	200 – 350	4,75-8,05
0,2 – 0,4	0,011-0,017	9 – 13	0,25-0,364	350 - 600	8,05-13,05
0,4 – 0,9	0,017-0,03	13 – 25	0,364-0,675	600 - 800	13,05-17,05
0,9 – 1,6	0,03-0,055	25 – 40	0,675-1,05	800 -1300	17,05-27,75
1,6 – 3,0	0,055-0,09	40 – 90	1,05-2,25	1300 -2500	27,75-51,35
3,0 – 5,5	0,09-0,145	90 - 200	2,25-5,0	2500 -5000	51,35-98,5



ნახ.1. ტაქსას ჩაღვრილი ნავთობის მოცულობაზე დამოკიდებულების გრაფიკი

ცხრილის (1) მიხედვით, შეიძლება დავადგინოთ დამოკიდებულება $H = f(V)$ (ნახ.1), რომელიც ემორჩილება წრფივ კანონს $H=aV+b$ და, შესაბამისად, ამ პარამეტრებს შორის კორელაციური დამოკიდებულება მიღებულია უმცირეს კვადრატთა ჯამის მეთოდით

$$H = 4,308V - 0,06, \text{ მილ.აშშ-ს დოლარი} \quad (3)$$

ავარიების სალიკვიდაციოდ მიღებული ზომების დაგვიანების კოეფიციენტის მნიშვნელობები

ცხრილი 2

$K_{\text{კ}}$	1,0	1,05	2,0	2,05	3,0	3,05	4,0	4,05	5,0	5,05
დღე-ღამე	1	3	5	7	9	11	13	15	17	20
საათი	24	72	120	144	216	240	312	360	408	480

მაშინ 3 ფორმულის 2-ში ჩასმით საბოლოოდ გვექნება

$$Y = K_{\text{კ}} \cdot K_{\text{კვ}} \cdot K_{\text{კ}} \cdot K_{\text{კვ}} \cdot K_{\text{კ}} \cdot (4,308V - 0,06), \text{ მილ.აშშ დოლარი} \quad (4)$$

რისკების R რაოდენობრივი შეფასებისათვის მიზანშეწონილად მიგვაჩნია Y -ის გარდაქმნა უგანზომილებო სიდიდედ [3]. ამ მიზნით, ჩვენს მიერ შემოტანილი იქნა მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა $y_{\text{მაქ}}$, რომელიც დამოკიდებულია აკვატორიის გეოგრაფიულ მდებარეობაზე, რომელშიც მოხდა ავარია.

ზარალის ახალ მნიშვნელობას დაერქვა ალბათური ფარდობითი ზარალი და გამოსა-



სულებამ (1) მიიღო შემდეგი სახე

$$R = P \cdot Y_{ფარ}$$

სადაც $Y_{ფარ}$ - ალბათური ფარდობითი ზარალი.

დღეისათვის სულ უფრო ვრცელდება აზრი იმის შესახებ, რომ უპირატესობა ეძლევა ჩადვრების შეფასების რაოდენობრივ კრიტერიუმებს. ეს ნიშნავს, რომ ხარჯების მართვა ხდება სქემით, რომელიც ითვალისწინებს ორ კომპონენტს: მოვლენის საშიშროების ალბათობა (P) და მისი შედეგი $Y(Y_{ფარ})$. ამისათვის კი განიხილება ზოგიერთი კატეგორიის ალბათობა და თითოეულ კატეგორიას მიეკუთვნება განსაზღვრული რეიტინგი [4; 5].

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტის ჩადვრების შედეგად მიყენებული ზარალის გამოსათვლელ კორექტირებულ ფორმულაში (4) ბუნებრივ-კლიმატური, ეკოლოგიური, ინდექსაციის (ვალუტასთან ფარდობა) და ჩადვრების ლიკვიდაციისათვის დაგვიანებული დროის კოეფიციენტების გარდა გათვალისწინებულია ექსპერიმენტების შედეგების მაჩვენებლები რეგრესული განტოლებების სახით.

ლიტერატურა

1. Спицын Ю.Г. Оценка риска в социально-экономической и техногенной сферах. СПб., 2000. 60 с.
2. Методологические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов: РД 08-120-96. Утв. Постановлением Госгортехнадзора от 12.7.96 №29. –М., 2000.
3. Царев В.А. Методика краткосрочного прогноза последствий аварийного разлива нефти в Азовском море // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: сб. науч. трудов. Вып. 14. Севастополь, 2006. С. 225-229.
4. Яйли Е.А. Риск: анализ, оценка, управление. СПб: изд. РРГМУ, ВВМ, 2005. 234 с.
5. Тихомиров Н.П. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками. М: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 350 с

DEVELOPMENT OF RISK ASSESSMENT METHODS DURING OIL AND OIL PRODUCTS SPILLAGES

J. Chogovadze, A. Tsetskhladze, R. Chabukiani

Akaki Tsereteli State University

Summary

Numerous hydrobionts and birds, in which the rivers of Chorokhi, Rioni, Kulevi and Potis Kure, Paliastomi Lake and other seaside areas with subtropical flora and fauna are rich, often fall victims to oil and oil products spillages.

The paper describes the methods for calculating the damage caused oil and oil products spillages, which along with the delay coefficients of time required for natural-climate, environmental indexation and spillage response, envisages also the experimental results measures in kind of regression equations.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ КЛИНОПТИЛОЛИТСОДЕРЖАЩИХ ТУФОВ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Гамкрелидзе Е. Туркадзе Ц.

Кутаисский государственный университет А.Церетели

Содержание влаги в трансформаторном масле резко ухудшает его работоспособность. Устойчивость пробывного напряжения зависит от содержания влаги в трансформаторном масле. Необходима его осушка, чтобы продлить срок службы и эффективность использования. Применение природных клиноптилолитсодержащих туфов, которые обладают молекулярно-ситовыми свойствами, более эффективно, доступно, дешевле и конкурентно по сравнению с другими адсорбентами.



В настоящее время во всём мире существуют крупные месторождения природных цеолитов седиментального происхождения, которые по своими качественными показателями не уступают синтетическим цеолитам. Они более дешевле и доступны.

Цеолиты характеризуются выраженной селективностью к определённым соединениям, особенно к парам воды, т.е. они особенно гидрофильные по сравнению с другими адсорбентами.

Цеолиты обладают молекулярно-ситовыми свойствами, т.е. способностью поглощать молекулы веществ, критические диаметры которых меньше размера входных окон цеолитов, в то время, как более крупные по размеру молекулы веществ не адсорбируются на этих тонкопористых телах.

Природные цеолиты характеризуются высокой адсорбционной способностью по парам воды в области низких давлений.

Содержание влаги в трансформаторном масле резко ухудшает его работоспособность. Одним из основных свойств трансформаторного масла является его устойчивость на пробивное напряжение, которое зависит от содержания влаги в трансформаторном масле. Возникает необходимость осушки трансформаторного масла, чтобы продлить срок службы и поддерживать эффективность его качественного использования.

Трансформаторные масла представляют собой сложную смесь парафиновых, нафтеновых ароматических и нафтено-сернистых и азотсодержащих производных. Одними из основных компонентов трансформаторных масел являются нафтеновые углеводороды, количества которых достигает 50-70% и более.

Для обезвоживания трансформаторного масла используются следующие методы: нагревание масла до температуры, при которой из него испаряется и удаляется вода, осушка центрифугированием, метод короткого замыкания, распыление в вакууме, использование негашёной извести. Указанные способы осушки имеют ряд недостатков. Так, при нагревании масел в открытых сосудах не достигается их достаточно глубокая осушка. Эффективность центрифугирования зависит от количества воды, находящейся в масле и снижается по мере уменьшения содержания влаги. Из-за этого приходится прибегать к дополнительным операциям – многократной сепарации, для извлечения из масла последних следов влаги. Осушка масла путём короткого замыкания тока приводит к частичному разложению. Осушка под вакуумом – длительный во времени процесс, требует сложной аппаратуры, большого расхода электроэнергии. Осушка с использованием негашёной извести связана с затратами на реактив и характеризуется однократным эффектом применения.

Применение нового типа адсорбентов - синтетических цеолитов (молекулярных сит), обладающих уникальными адсорбционными свойствами с ярко выраженным молекулярно-ситовым эффектом, позволяет использовать их для осушки трансформаторного масла. Как показали исследования, эти адсорбенты лишены указанных выше недостатков.

Одна из первых работ по возможному применению синтетических цеолитов для осушки трансформаторного масла была выполнена в 60-х годах прошлого столетия. Этот эксперимент был проведен в лабораторных условиях. Основным элементом лабораторной установки была адсорбционная стеклянная колонка с высотой адсорбционного слоя 200 мм и диаметром 10мм, которая заполнялась синтетическим цеолитом NaA зернением 0.5-1.0 мм. Сырое трансформаторное масло влажностью 570-600 промилей (‰) подавалось в адсорбционную колонку. Цеолит нагревали при 350°C в потоке сухого воздуха или азота. Осушка трансформаторного масла осуществлялась при комнатной температуре (19-22°C) и атмосферном давлении с линейной скоростью подачи масла 0,005 и 0,002 м/сек. Адсорбционная способность цеолитов по воде при поглощения влаги из трансформаторного масла до «проскока» составляла 16% вес. Экспериментально было установлено снижение влагосодержания в масле с 570-600 (‰).



Такое понижение влажности в трансформаторном масле повышает его пробивное напряжение с 22 до 70-100 кV. Показана возможность многократного использования одного и того же адсорбента.

В промышленных и полупромышленных установках для осушки трансформаторного масла из синтетических цеолитов используются, главным образом, цеолиты типа А и X. Обычно, при осушке трансформаторного масла, предпочтение отдаётся цеолиту NaA. Осушка при помощи молекулярных сит осуществляется, как правило, в адсорбционных системах со стационарным слоем адсорбента. Такая система состоит не менее чем из двух адсорберов, один из которых включен в процесс осушки, а второй – в процесс регенерации адсорбента. Адсорбционное обезвоживание трансформаторного масла протекает в несколько стадий:

1. Термическая активация цеолита путем прокаливания при температуре 350-450°C в течение 4-5 часов. При температуре ~20°C активированный адсорбент заливают увлажненным маслом.

2. Осушка. Эта стадия протекает достаточно эффективно при температуре 16-20°C.

3. Регенерация обработанного цеолита. На установке, при использовании цеолитов, адсорбер является и десорбером. Сорбционные свойства молекулярных сит восстанавливаются практически без потерь адсорбента.

Для обезвоживания трансформаторного масла требуется 0,2% молекулярных сит (адсорбента) от веса осушаемого масла. Перед работой цеолит необходимо тщательно просушить при температуре 400-500°C, так как он интенсивно поглощает влагу из окружающей среды.

При проведении процесса осушки нет необходимости подогревать трансформаторное масло, как при осушке посредством центрифугирования. При комнатной температуре осушка проходит достаточно эффективно.

Следует отметить, что в настоящее время для обезвоживания трансформаторного масла внимание специалистов обращено к применению природных цеолитов. Природные цеолиты успешно применяются в различных технологических процессах, в том числе, для осушки жидких и газовых систем.

В Азербайджане, России (Якутия) и Грузии были выполнены работы по осушке трансформаторного масла с использованием клиноптилолитсодержащих туфов местных месторождений.

В работе, выполненной азербайджанскими учеными, в качестве адсорбентов для осушки трансформаторного масла как свежего, так и отработанного, применялись клиноптилолитсодержащие туфы Айдагского месторождения. Исследования были выполнены в лабораторных условиях. Клиноптилолитсодержащие туфы, зернением 1-2 мм, загружали в отдельные трехсекционные адсорберы емкостью 100 мл и подвергали активации сухим воздухом в течение 5 часов при температуре 500-550°C. Осушку проводили при температуре 20-40°C. Установлено, что в процессе обезвоживания трансформаторного масла пробивное напряжение повышается до 34-36kV.

Более детальные исследования использования клиноптилолитсодержащих туфов для осушки трансформаторного масла выполнены в Грузии. Эксперименты проводились как в лабораторных, так и в производственных условиях. Исследовалась осушительная способность клиноптилолита месторождения Дзегви, участок Хекордзула с 80%-ым содержанием основного минерала. Начальная концентрация влаги в трансформаторном масле составляла 0,0085%. На основе лабораторных опытов установлено влияние некоторых факторов на процесс обезвоживания трансформаторного масла. Показано, что:

1. Оптимальная температура активации клиноптилолита равна 320-350°C, продолжительность три часа, содержание влаги в масле после осушки составляет 0,0013-0,0015% (степень осушки 83-85%). Осушка осуществлялась при температуре 25°C;



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



2. Максимальное обезвоживание (0,001%) было достигнуто при использовании цеолита зернением 3,0-4,0мм, при степени осушки 94%;
3. Оптимальное соотношение цеолит-масло 1:12, при этом достигается осушка до 0,0005% (степень осушки 94%);
4. Пробивное напряжение повышается с 10-12 до 60-65kV;
5. Показана возможность многократного использования отработанного цеолита путём его регенерации нагревом, которая составляет приблизительно 200-300 циклов без потери активности.

Производственными испытаниями установлено, что 100 кг клиноптилолитсодержащего туфа (зернение 4-6мм) месторождения Дзегви (Грузия), способно осушить 20 тонн увлажненного трансформаторного масла с пробивным напряжением 15-17 kV, повышая при этом напряжение до 65-75kV.

Таким образом, из рассмотренных данных следует, что использование природного клиноптилолитсодержащего туфа в процессах обезвоживания трансформаторного масла не только конкурентно синтетическим цеолитам и другим адсорбентам, но и доступно и превосходит их из-за низкой стоимости этого минерального сырья.

Литერატურა

1. Кельзев Н.В. Назаров Б.Г. Химия и технология топлив и масла .1962, №4. ст.21-24.
2. Брай И.В. Регенерация трансформаторных масел. М.Химия. 1972, ст.165.
3. Зульфугаров З.Г. Бенев Д.К. и др. Химия и технология топлив и масел. 1981 №8 ст.98
4. Мамаладзе И.Б. Кешелава В.Г. Электрические станции 1930. ст.14-15.
5. Пирцхалава Н.И. Сирадзе Р.В. Известия АН ГССР сер.хим. 1986 т.12 №4.ст.288-292.
6. Цицишвили Г.В. Павлиашвили В.М. Изв.АН ГССР сер.хим. 1981 т.7 №2.ст.167-170

The Use of Natural Clinoptilolite-Containing Tuffs for Dehydration of Transformer Oil.
Gamkrelidze E. Turkadze Ts.

Akaki Tsereteli State University
 Summary

Content of moisture in transformer oil deteriorates drastically its properties and performance capacities. Resistance to breakdown voltage depends on content of moisture in transformer oil. It is necessary to dry it, in order to extend its life and utilization efficiency. The use of natural clinoptilolite-containing tuffs, which are characterized by molecular-sieve properties, is more effective, accessible and competitive in comparison with other adsorbents.

საავტომობილო გზების პროექტირებისას ბარემოზე მავნე ზემოქმედების რისკების შეფასება

ბარათაშვილი მ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საავტომობილო გზების მშენებლობა და შემდგომ მისი ექსპლუატაცია ძვირადღირებული საინჟინრო და ტექნოლოგიური პროცესია, გზების კატეგორიის მიხედვით ტექნიკურ ეკონომიკური მახასიათებლების განსაზღვრა წარმოებს მათი პროექტირებისას, სტატიაში განხილულია ტექნიკურ პარამეტრებთან ერთად რატომ უნდა იქნას უზრუნველყოფილი გარემოზე მავნე ზემოქმედების გათვალისწინება ენერგო რესურსების დაზოვის შესაძლო საშუალებების გათვალისწინებით.

საავტომობილო გზების ქსელი ქვეყნის ეკონომიკის განვითარებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს, მასზეა დამოკიდებული შიგა გადაზიდვებისა და მგზავრთა უსაფრთხო გადაყვანის შესაძლებლობები, და ჩვენ ქვეყანაში ის ასრულებს საერთაშორისო სატრანზიტო გზის ფუნქციას, რაც მნიშვნელოვნად ახალისებს ქვეყნის ეკონომიკას, ამ



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ფუნქციების შესასრულებლად ის უნდა პასუხობდეს საავტომობილო გზების მიმართ წაყენებულ ახალ ტექნიკურ ეკონომიკურ მოთხოვნებს. შიგა დანიშნულების გზები საჭიროებენ სისტემატიურ რეკონსტრუქციას, ამასთან პარალელურად მიმდინარეობს საერთაშორისო დანიშნულების ძვირად ღირებული ავტობანის მშენებლობა. მნიშვნელოვანია როგორც შიგა ასევე საერთაშორისო დანიშნულების გზების მაღალ ეფექტური მოვლისა და შენახვის პროცესის ორგანიზება. არიტექტურისა და უსაფრთხოების მოთხოვნების გათვალისწინებით თანამედროვე გზები უნდა უზრუნველყოფდნენ ტრანსპორტის გაზრდილი ინტენსივობის პირობებში შეფერხებებისა და ავარიების გარეშე წლის და დღე ღამის ნებისმიერ დროს შეუფერხებელ გატარებას. ამ ამოცანის შესრულება კი შესაძლებელია პროექტირების, მშენებლობისა და ექსპლოატაციის სტადიებზე სისტემური მიდგომის პირობებში. ამავე დროს ამ პირობებში გზის დადგენილი ტექნიკურ ეკონომიკური პარამეტრების გათვალისწინებით პროექტირებისას გათვალისწინებული უნდა იქნას რომ აღნიშნული მიღწეული უნდა იქნას მაქსიმალურად შეზღუდული ფინანსური და მატერიალური რესურსებით და მშენებლობის და ექსპლოატაციის სტადიაზე გარემოზე მავნე ზემოქმედების გარეშე ან მინიმალური ზემოქმედებით. შესაბამისი კომპიუტერული პროგრამების მეშვეობით ავტომატიზირებული პროექტირების მეთოდები იძლევა პროექტირებისას სისტემური მიდგომის საშუალებას და ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევის საშუალებას. ამ დროს პროექტირების შესაბამის ეტაპზე ადგილმდებარეობის ციფრული მოდელის, ტრასირებისას, განივი და გრძივი პროფილის, საავტომობილო გზის საფარის შერჩევისას, საინჟინრო ელემენტებისა და ნაგებობების დაგეგმარებისას ავტომატიზირებული სისტემების გამოყენება იძლევა მრავალი ვარიანტიდან მაქსიმალურად ეფექტურის და ოპტიმალურის შერჩევის საშუალებას გარემო პირობებისა და რესურსების რაციონალურად ხარჯვის გათვალისწინებით. როგორც წესი გზის ტრასირებისას გამოიყენება ტრასირების ტანგენციალური მეთოდი, ტანგენციალური მდგენელით ტრასის ბიჯის მონიშვნა ამ მეთოდის თავისებურებაა. ამ დროს გზის მრუდწირულ უბანზე ხდება შესაბამისი ალგორითმით შერცეული ტეხილის დასმა. აღნიშნული ტეხილები წარმოადგენენ მრუდების მხებებს და საბოლოოდ მათი მეშვეობით განისაზღვრება ადგილმდებარეობაზე გზის ტრასის მიმართულება და მისი ძირითადი პარამეტრები. მნიშვნელოვანია არინისნოს რომ პროექტირების ავტომატიზირებული სისტემები იძლევიან გზის სამგანზომილებიანი მოდელის აგების საშუალებას, რაც გადამწყვეტია მისი ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევისას საუკეთესოს გამოვლენისათვის. ანუ ეს იძლევა სივრცეში გზის დაგეგმარებისა და მისი ადგილმდებარეობის სწორად შერჩევის საშუალებას. მიწის სამუშაოების მოცულობის განსაზღვრისას მნიშვნელოვანია ადგილმდებარეობის რელიეფზე, გეოლოგიაზე და ჰიდროლოგიაზე ზუსტი მონაცემების არსებობა. გრძივი პროფილის დაგეგმარებისას გამოიყენება ორი საყრდენი წერტილებისა ან ოპტიმიზაციის მეთოდი. საავტომობილო გზაზე ხანმოკლე დატვირთვაზე მომუშავე დრეკადი საფარის გაანგარიშება წარმოებს ძვრის წინააღმდეგობაზე, ღუნვაზე, დრეკად დეფორმაციაზე. საფარი შედგება რამდენიმე ფენისაგან, რომლებიც დალაგებულია ზემოდან ქვემოთ კლებადი დრეკადობის მოდულით. ამ შემთხვევაშიც საფარის სისქის ოპტიმალური ზომის და მათი შემწიდროების ხარისხის განსაზღვრა პროექტირების მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს. ამჯამად საავტომობილო გზების დაგეგმარებისას გამოიყენება ავტომატიზირებული პროექტირების პროგრამები; **GIP** გერმანული, **AutoCAD Civil 3D** აშშ, **Plateia** სლოვენია, **CREDO** ბელარუსია. ადგილმდებარეობის ტოპოგრაფიული რუკა, გეოდეზიური ყველა ამ სისტემის გამოყენებისას საწყის პარამეტრს წარმოადგენს. ამასთან სათანადო ოპტიმალური შედეგების მისაღებად აუცილებელია გზის სამგანზომილებიანი მოდელი და საპროექტო დოკუმენტაცია. ყველა პროგრამას აქვს საპ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



როექტო სამუშაოს შესრულების ინდივიდუალური მეთოდები, აქ მნიშვნელოვანია საპროექტო სამუშაოების წარმოებისას პროგრამა, შესაბამისი მეთოდები და ინსტრუმენტების გამოყენებით მრავალი შესაძლებელი ვარიანტიდან შერჩეული იქნას ყველაზე ოპტიმალური. რელიეფზე გზის ტრასირებისას ტექნიკურ ეკონომიკურ პარამეტრების შერჩევასთან ერთად, წარმოებს დასახლებული პუნქტების, რეკრიაციული ზონების, გადაულახავი წინააღმდეგობების არსებობის გათვალისწინება. ამასთან მნიშვნელოვანია გამოძიებული იქნას მშენებლობისა და ექსპლუატაციის სტადიაზე გარემოზე მავნე ზემოქმედების ფაქტორების ლოკალიზაციის შესაძლებლობები და განსაკუთრებით საყურადღებოა ის რომ ყველაფრის გათვალისწინებისას მსენებლობის სტადიაზე და გზის ექსპლუატაციისას სატრანსპორტო ნაკადების უსაფრთხოდ გადაადგილებისას ენერგო დანახარჯების შემცირება პრიორიტეტული ამოცანების სიის სათავეშია. ნებისმიერ პირობებისათვის საავტომობილო გზის ტრასის შერჩევისას ყველა დასახლებული პარამეტრების გათვალისწინებითობისა და ეკონომიკური ამოცანის გადაწყვეტა დიდ სირთულეებთან დაკავშირებული, გარდა ტექნიკური და ტექნოლოგიური ხასიათიან სირთულეებს პრიორიტეტების შერჩევისასაც ვაწყდებით. როგორ მივალწიოთ გზის სათანადო ტექნიკურ პარამეტრებს, შევინარჩუნოდ ლანდშაფტი, ვაწარმოოთ მიწის სამუშაოები გარემოზე მინიმალური ზიანის მიყენებით, და ამოცანა შევასრულოთ ენერგო რესურსების დაზოგვის პირობებში. როგორც წინასწარმა ვარაიდებმა პრაქტიკამ აჩვენა ამ ამოცანის ასეთ პირობებით გადაწყვეტა განსაკუთრებით ძნელდება საქართველოს, სხემდასხვა სიდიდის მთებით, დასახლებული პუნქტებით, ხეობებში მდინარეებით, რეკრიაციული ზონებითა და სასოფლო სამეურნეო საფარგულებით შეზრდილი რელიეფის პირობებში მაღალი კატეგორიის გზების მშენებლობისას. ასეთპირობებში გზის შესაბამისი ტექნიკური პარამეტრების უზრუნველყოფს მიზნით მიწის ყრილებისა და თხრილების მოწყობისას მნიშვნელოვნად იზრდება მისის სამუშაოთა მოცულობა, აუცილებელია თხრილებიდან აღებული გრუნტის გატანა და მის ნაცვლად კარიერებიდან შესაბამისი კატეგორიის ღორის შემოტანა, საავტომობილო გზის ნახშირდლეუ-უკანეთის სალი მიმართულების დასრულებული მონაკვეთზე ზედაპირული დაკვირვებაც იძლევა მშენებლობისას გარემოზე არასასურველი ზემოქმედების ფაქტების აღმოჩენის საშუალებას. მდინარე ახალი ხიდილის აგებისას წაჭირო იყო გზის მაღლივი ყრილის მოწყობა, ინერტული მასალის მოპოვება წარმოებდა იქვე ადგილზე მდინარე რიონის მარჯვენა სანაპიროზე მდინარიდან 300-700 მეტრის დაცილებით გზის ახლო მდებარე მანამდე საზოგადოდ გამოყოფილ სასოფლო სამეურნეო მიწაზე სახელდახელოდ მოწყობილ და ახლა უფუნქციოდ დარჩენილ გადათხრილ და მიტოვებულ კარიერზე. გზა ექსპლუატაციაშია და დღემდე გრძელდება სოფელ ჭოგნართან ჩამოშლილი ფერდობის ეროზია, წვიმიან სეზონზე არსებული პრობლემა ღრმავდება და ზიანი ადგება როგორც გარემოს ასევე პერიოდულად იკეტება სავალი ნაწილი, წარმოიქმნება დამატებითი მიწის სამუშაოების ჩატარების აუცილებლობა და ნაცვლად ენერგო დანახარჯების შემცირებისა წარმოიქმნება დამატებითი ენერგო და ფინანსური რესურსების ხარჯვის აუცილებლობა. საწიროა გარემოზე მავნე ზემოქმედების არსებულ შემთხვევების კარგად შესწავლა და მათი ანალიზი, პერსპექტივაში უნდა დაიწყოს სურამი ზესტაფონის ურთულესი მონაკვეთის მსენებლობა იქ კი მდინარე ზირულასა და ყვირლისი ხეობებში მსგავში შემთხვევების დაშვება დამანგრეველ ზიანს მოუტანს ხეობის ბიო მრავალფეროვნებას, საფრთხეს შეუქმნის მოსახლეობას და მუდმივი რისკის ქვეშ დააყენებს გზაზე სატრანსპორტო ნაკადების უსაფრთხო გადაადგილებას, და შემდგომში გამოვლენილი ხარვეზებისა და მცირე თუ დიდი პრობლემების ლოკალიზებას დაჭირდება დამატებითი შრომითი, ფინანსური, მატერიალური და ენერგო რესურსების სისტემატური მობილიზება.



ლიტერატურა

1. Справочная энциклопедия дорожника. V том Проектирование автомобильных дорог / под ред. Г. А. Федотова, П.И. Поспелова. - М., 2007.
5. AutoCAD Civil 3D-проектирование объектов инфраструктуры - Autodesk. - URL: <http://www.autodesk.ru/adsk/servlet/pc/index?siteID=871736&id=14634283>.
6. AutoCAD Civil 3D 2010. - URL: <http://www.csoft.ru/catalog/soft/autocad-civil-3d/autocad-civil-3d-2010.html>.

ROAD DESIGN AND DEFINITION OF THE RISK OF ADVERSE EFFECTS ON THE ENVIRONMENT

M. Baratashvili

Akaki Tsereteli State University

Summary

Embark discussed specific examples of harmful effects on the environment of Building and operation of highways. the ability to use computer programs in the process of road design to determine technical and economic conditions reduce harmful parametров воздеиствია on the nature and possibilities of saving energy resources

ენერგია - ტერიტორიის ეკოლოგიური ინდიკატორი

მიქაუტაძე ღ., კვაპაზირიძე მ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

1994 წლიდან საქართველო აქტიურად არის ჩაბმული გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო-კონვენციის ძირითადი პრინციპების შესრულების საქმეში. ამ მიზნით საქართველოს ცალკეული ე.წ. პილოტირებული რეგიონებისათვის ჩატარდა „სათბურის გაზების“ ინვენტარიზაცია მეურნეობის ცალკეული დარგების მიხედვით. ინვენტარიზაციის შედეგებმა აჩვენა, რომ ემისიების მხრივ საქართველოში წამყვანი სექტორი ენერჯეტიკაა. იმაზე დაყრდნობით, რომ „სათბურის გაზების“ ემისიების წილში უდიდესია ენერჯეტიკის სექტორის როლი, ერთეულ ფართობზე მოხმარებული ენერგია, მიხნეულია, როგორც ანთროპოგენური ზემოქმედების ინდიკატორი.

გლობალური კლიმატის თანამედროვე დაჩქარებული დათბობის პირობებში, მისი ცვლილების მიმართ მოწყვლადობისა და ადაპტაციის პრობლემა მსოფლიო მასშტაბის გამოწვევად იქცა. XX-XXI საუკუნეების მიჯნაზე გარემომცველი გარემოს რეგულაციის მექანიზმი, მისთვის დამახასიათებელი წრებრუნვით დარღვეულია და აღინიშნება ატმოსფერული გაზების კონცენტრაციის არსებითი ცვლილება. ეს ერთნიშნად ამტკიცებს იმას, რომ ბიოსფეროს აღარ შეუძლია შთანთქმოს ზედმეტი ისეთი გაზები, როგორცაა CO₂, SO₂, NO_x და სხვა. ამოცანის გადაჭრის ერთ-ერთი ძირითადი მიმართულებაა, სწორედ ამ ე.წ. „სათბურის გაზების“ კონცენტრაციების სტაბილიზაცია იმ დონეზე, რომელიც კლიმატურ სისტემებს დაიცავს საშიში ანთროპოგენური ჩარევისაგან, რამეთუ უდავოა ის ფაქტი, რომ დღესდღეობით ბუნებრივი ფაქტორების გვერდით, გლობალურ დათბობაში ანთროპოგენის როლმა 90% -საც კი გადააჭარბა.

1994 წლიდან საქართველო აქტიურად არის ჩაბმული გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო-კონვენციის ძირითადი პრინციპების შესრულების საქმეში დღეისათვის ქვეყანამ უკვე მოამზადა კლიმატის ცვლილების I და II ეროვნული შეტყობინებები. კვლევების დროს ჩატარდა „სათბურის გაზების“ ეროვნული ინვენტარიზაცია მთელი საქართველოსათვის, დამუშავდა კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების სცენარები სხვადასხვა პილოტირებული რეგიონებისათვის, შეფასდა კლიმატის მიმდინარე და შესაძლო ცვლილებების მიმართ სხვადასხვა ეკოსისტემებისა და ეკონომიკის დარგების მოწყვლადობა.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ინვენტარიზაცია მოიცავს ექვს სექტორს: ენერგეტიკა, სამრეწველო პროცესები, სოფლები და სხვა პროდუქტების მოხმარება, სოფლის მეურნეობა, ცვლილებები მიწათსარგებლობაში და ტყეები, ასევე ნარჩენები. ინვენტარიზაციის შედეგებმა აჩვენა, რომ „სათბურის გაზების“ ემისიების მხრივ, 2000-2010 წლებში საქართველოში წამყვანი სექტორია ენერგეტიკა, ტანსპორტის ქვესექტორთნ ერთად. ცხადია, აღნიშნული სულაც არ ნიშნავს, რომ სხვა პოტენციური სექტორები, მაგ. როგორცაა მყარი ნარჩენები, სოფლის მეურნეობა და ტყეების სექტორი, არ განიხილება სათბურის გაზებს შემცირების სტრატეგიაში.

გლობალურად, ენერგეტიკის სექტორი სათბურის გაზების ანთროპოგენური ემისიის მთავარ წყაროს წარმოადგენს. მისი წილი სათბურის გაზების მთლიან ემისიებში, გადაყვანილი ნახშირორჟანგის ექვივალენტებში (CO₂ e) დაახლოებით 75%-ს შეადგენს. ნახშირორჟანგის ანთროპოგენური ემისიების დაახლოებით 90% ამ სექტორზე მოდის. მეთანის (CH₄) ემისიებში ენერგეტიკის სექტორის წილი შედარებით ნაკლებია (49%), აზოტის ქვეჟანგის (N₂O) ემისიებში კი მხოლოდ 6 %-ია. CO₂-ის ემისიები დამოკიდებულია გამოყენებული საწვავის რაოდენობასა და ტიპზე. ნახშირის, ნავთობისა და ბუნებრივი გაზის წვისას ხვედრითი ემისიების უხეში ფარდობა ასეთია 1 : 0,75 : 0,55 (ნახშირი : ნავთობი : ბუნებრივი გაზი).

ენერგეტიკის სექტორში საწვავის წვისას სათბურის გაზების ემისიების შეფასების საფუძველს წარმოადგენს ეროვნული ენერგეტიკული ბალანსი. მონაცემები ენერგეტიკის სექტორის მახასიათებლების შესახებ გააჩნია ენერგეტიკის სამინისტროს და მის უშუალო ან არაპირდაპირ დაქვემდებარებაში არსებულ ორგანიზაციებს.

სათბურის გაზების ემისიების გამოსათვლელად გამოიყენება კლიმატის ცვლილების სამთავრობათშორისო ექსპერტთა ჯგუფის (IPCC) მიერ 1995 - 1996 წლებში შემუშავებული მეთოდოლოგიები. აღნიშნულზე დაყრდნობით ჩვენ შემოვიფარგლეთ იმერეთის რეგიონში მოხმარებული ელექტროენერჯისა და ბუნებრივი აირის რაოდენობების მონაცემებით. სამი წლის (2010-2012 წწ) განმავლობაში რეგიონში სულ მოხმარებულ იქნა 30630550,46 ათასი კუბ. მეტრი ბუნებრივი აირი საიდანაც დანაკარგების წილმა ამავე სამწლიან პერიოდში შეადგინა 1786390 კუბ.მეტრი.

რაც შეეხება ელექტროენერჯიას, ამავე პერიოდში სულ მოსახლეობის მიერ, კომერციულ და საბიუჯეტო სექტორებში მოხმარებული იყო 500 521 014 კვტ.სთ -2010 წელს, 575 724 060 კვტ.სთ -2011 წელს და 2012 წლისათვის 743 663 452 კვტ.სთ.

ამ რაოდენობის საწვავისაგან გარემოში გაფრქვეული CO₂ -ის ემისიები საკმაოდ დიდია და როგორც გამოთვლებმა აჩვენა საქართველოსათვის 2010 წელს 538 გგ შეადგინა, 2011 წელს 1216 გგ, ხოლო 2012 წელს 1300 გგ შეადგინა, რაც შეეხება იმერეთს 2010 წლის მონაცემებით გაფრქვეული CO₂ -ის ემისიები მიახლოებით 59,7 გგ, 2011 წელს 135,1 გგ, ხოლო 2012 წლისათვის კი 144,4 გგ.

იმაზე დაყრდნობით რომ, ე.წ. „სათბურის გაზების“ ემისიების წილში უდიდესია ენერგეტიკის სექტორის როლი, მეცნიერთა ჯგუფის მიერ (В.Н. Котляков, К.С. Лосев, И.А. Суетов – „Вложение энергии в Территорию как экологический индикатор“) მოხმარებული ენერჯია, გაანგარიშებული ერთეულ ფართობზე, როგორც ანთროპოგენური ზემოქმედების ინტეგრირებული მაჩვენებელი, გამოყენებულ იქნა ეკოლოგიური წონასწორობის შეფასების მიზნით და შემოღებულ იქნა ცნება „ანთროპოგენური ზემოქმედების კოეფიციენტისა“.

მსოფლიო რესურსების ინსტიტუტის მონაცემებით (5) ანთროპოგენური ზემოქმედების კოეფიციენტის გაზრდილი მაჩვენებელი ახასიათებს ძლიერ განვითარებულ ქვეყ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნებს. გამონაკლისს წარმოადგენს კანადა, სადაც ჯერ კიდევ შემორჩენილია სამეურნეო ობიექტებით აუთვისებელი ტერიტორიები. უკანასკნელ წლებში, ამ პროცესებში განსაკუთრებული წვლილი შეაქვს სწრაფად განვითარებად ქვეყნებს. შეიძლება დავასახელოთ კორეა, სადაც ანთროპოგენური ზემოქმედების კოეფიციენტი 10-ჯერ მეტია გლობალურ მაჩვენებელთან შედარებით. გარემომცველი გარემოს ცვლილების საქმეში უდიდესი როლი ეკუთვნით ისეთ მჭიდროდ დასახლებულ ქვეყნებს, როგორცაა - ჩინეთი, ინდოეთი, მექსიკა და ა.შ.

რამდენადაც, დღესდღეობით, შეიმჩნევა გარემოს ცვლილების გლობალური პროცესები, შეიძლება დავუშვათ, რომ ანთროპოგენური ზემოქმედების საშუალო გლობალურმა კოეფიციენტმა უკვე გადააჭარბა დედამიწისათვის დასაშვებ ნორმას.

ანთროპოგენური ზემოქმედების კოეფიციენტის მაქსიმალური მნიშვნელობა აღინიშნება ნიდერლანდებში (41) (განხილულ ქვეყნებს შორის მისი ტერიტორია ყველაზე მცირეა, ხოლო მოხმარებული ენერჯია არც თუ ისე მცირე), მეორე ადგილზეა (18) გერმანია. დიდ ბრიტანეტსა და იაპონიაში კი კოეფიციენტი 16-ის ტოლია. კოეფიციენტის მინიმალური მნიშვნელობა 0,4 და 0,2 აღინიშნება კანადასა და ბრაზილიაში (აიხსნება გამოუყენებელი მიწების დიდი ფართობების გამო), მექსიკასა და ინდოეთში კი 1 ტოლია, ე.ი. უტოლდება გლობალურ მნიშვნელობას. როგორც მიღებული გაანგარიშებებიდან ჩანს, ხშირ შემთხვევაში, კოეფიციენტის გლობალური მნიშვნელობა 6-8 ჯერ აღემატება დასაშვებ ნორმას. ეს იმას მოწმობს, რომ ბიოსფეროში დაირღვა ბიოგენური წრებრუნვის წონასწორობა და მსოფლიო შევიდა „ეკოლოგიურ კრიზისში“. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ ფართობის ერთეულზე მოხმარებული ენერჯია, წარმოადგენს საუკეთესო ეკოლოგიურ ინდიკატორს, რომელსაც უკვე ფართოდ იყენებენ მსოფლიოს რიგ ქვეყნებში, ანთროპოგენური ზემოქმედების დონის შეფასებისათვის.

ამ მხრივ საინტერესოა როგორ სურათს აქვს ადგილი იმერეთში. ამ მიზნით ჩვენ ვისარგებლეთ რესპუბლიკასა და რეგიონში მოხმარებული ელექტროენერჯიისა და ბუნებრივი აირის მონაცემებით, (სხვა საწვავის შესახებ მონაცემები არ გავაჩნია).

იმერეთში 2012 წელს მოხმარებული ბუნებრივი აირის რაოდენობა განისაზღვრა დაახლოებით 12 927 563 680 მ³-ით. ამავე წელს მოხმარებული ელექტროენერჯიის სიდიდემ კი შეადგინა 743 663 452 კვტ.სთ. ამ მონაცემებით მივიღეთ, რომ იმერეთის რეგიონში 1 ჰექტარზე მოხმარება დაახლოებით 10,6 პჯ ენერჯია.

რაც შეეხება ანთროპოგენურ ზემოქმედების კოეფიციენტს რეგიონისათვის მივიღეთ 0,5 (იანგარიშება 1 ჰა-ზე მოხმარებული ენერჯიის გაყოფით გლობალურ მაჩვენებელზე).

ყოველივე ეს გვაძლევს იმის თქმის საშუალებას, რომ იმერეთში ანთროპოგენური ზემოქმედების კოეფიციენტი თითქმის 2-ჯერ ნაკლებია საშუალო გლობალურზე. ე.ი. ჩვენს რეგიონში ატმოსფეროში სათბურის აირების ემისიების ხარისხი არც თუ ისე მაღალია (თუმცა დაბინძურების ყველა წყარო ჩვენს მიერ არ არის განხილული).

საერთაშორისო შეთანხმებით, ჩვენს გარემომცველ გარემოში მიმდინარე საშიში ანთროპოგენური ზემოქმედებისაგან თავდაცვის მიზნით, სტაბილიზაციის გზა მდგომარეობს სამეურნეო საქმიანობით დაკავებული ტერიტორიების შემცირებაში. ამიტომ აუცილებელია ბიოსფეროს დაუბრუნდეს გამოყენებული ტერიტორიების ნაწილი, სადაც აღდგენილ იქნება მცენარეთა ბუნებრივი სახეობები. ასეთ შემთხვევაში ანთროპოგენური ზემოქმედების კოეფიციენტი დეზულობს კონკრეტულ - პრაქტიკულ აზრს. ამ მხრივ კლიმატის ცვლილების ჩარჩო-კონვენციასთან მიერთებულ ქვეყნებს, განვითარებადს თუ განვითარებულს სხვადასხვა ვალდებულებები აკისრიათ, ამ ვალდებულებათაგან ერთ-ერთია ის, რომ ის სახელწიფოები, რომლებიც გარემომცველ გარემოზე დიდ უარყოფით



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ზემოქმედებას ახდენენ, ვალდებულნი არიან გადაიხადონ სამერთაშორისო გადასახადით რაც პროპორციული იქნება ანთოპოგენური ზემოქმედების კოეფიციენტისა.

მიუხედავად ცალკეული მიღწევებისა, საქართველოში აღნიშნული მიმართულებით ჩატარებული მუშაობის ანალიზი მოწმობს, რომ ჩვენს ქვეყანაში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა ჯერ კიდევ შეიცავს ბევრ ხარვეზს, რაც წინააღმდეგობას უქმნის ქვეყანაში კონვენციის მექანიზმების სრულფასოვან დანერგვას და მათ ეფექტურ გამოყენებას ეკონომიკის მდგრადი განვითარების უზრუნველსაყოფად. ამ ბარიერებიდან ძირითადია ის, რომ საქართველოს სამთავრობო პოლიტიკაში კლიმატის ცვლილება ჯერ ჯეროებით არ წარმოადგენს პრიორიტეტულ მიმართულებას და არ არსებობს ერთიანი სამთავრობო პოლიტიკა, რის გამოც არ ხდება კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული საკითხების ჩართვა ქვეყნისა და ეკონომიკის ცალკეული სექტორების განვითარების გეგმებში.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ბერიტაშვილი ბ. - კლიმატი და მისი ცვლილება. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2012 წ. – 119-125 გვ.
2. ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ., ჩოგოვაძე ი. - გლობალური დათბობაზე საქართველოში კლიმატის რეაგირების შეფასება - თბილისი: ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, 2010 წ. – 225-234 გვ.
3. საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე - თბილისი: 1999 წ. – 113-121 გვ.
4. საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე - თბილისი: 2009 წ. 156-159 გვ.
5. Котляков В.Н., Лосев К.С., Суетов И.А. – „Вложение энергии в территорию как экологический индикатор“. Москва, 1995 г. 99-113 ст.

Energy – environmental indicator of the territory .

Mikautadze D., Kvabziriidze M.

Akaki Tsereteli State University

Summary

Georgia is actively involved in the implementation of main principles of the framework convention of climate change of the United Nations since 1994. For this purpose for the separate manned regions of Georgia was conducted "Greenhouse Gases" inventory according to particular fields of agricultural. inventory results showed that the energy sector is leading in Georgia by the emissions side. According to in the share of emissions of "Greenhouse Gas" the energy sector role is greatest, power consumed on the per unit of area the is considered as an indicator of anthropogenic impacts.

**ლიზელის ძრავის ეკონომიური და ეკოლოგიური მაჩვენებლების
 გაუმჯობესების პერსპექტივები**

თოფურია რ., კოჩაძე თ., შოთაძე ზ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ლიზელის ძრავის ეკონომიური და ეკოლოგიური მაჩვენებლების გაუმჯობესების პერსპექტივები აიროვანი საწვავის გამოყენების გზით.

ტრანსპორტის განვითარების პერსპექტივა განისაზღვრება მრავალი სოციალურ-ეკონომიკური, სამეცნიერო-ტექნიკური, გეოგრაფიული და სხვა ფაქტორებით, მაგრამ მათ შორის დომინირებულ მდგომარეობას იჭერს მოსახლეობის რიცხოვნობა და ბუნებრივი რესურსების გამოყენებისა და მოხმარების დონე. არ არის რთული გავიგოთ, რომ ეს ფაქტორები პირ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



დაპირ მოქმედებს სამგზავრო და სატვირთო გადაზიდვების მდგომარეობაზე და მათ განვითარებაზე, მაშასადამე ტრანსპორტის აღჭურვილობის მასშტაბებზე და თვისებებზე. გადაზიდვების მნიშვნელოვანი ზრდა მიღწეული უნდა იქნას არა მარტო სატრანსპორტო ქსელის განვითარებით, არამედ ტრანსპორტის ტექნიკური საშუალებების განახლებით, მათი სიმძლავრის მწარმოებლობის გაზრდით, ეკონომიურობის და ეკოლოგიური მაჩვენებლების გაუმჯობესებით.

დიზელის ძრავები უპირატესად გამოიყენება როგორც მიწისზედა, ისე სამდინარო-საზღვაო და სხვა სატრანსპორტო დანიშნულების ენერგეტიკულ დანადგარებად, რომლებიც მუშაობენ ნავთობური წარმოშობის სხვადასხვა ფრაქციისა და შემადგენლობის საწვავებზე. ყოველივე ეს იწვევს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მოხმარების ზრდას, რაც ხელს უწყობს საწვავის საგრძნობლად გაძვირებას და დეფიციტს.

უკანასკნელი ორი ათეული წლის განმავლობაში გაუმჯობესდა ძრავის როგორც ეკონომიკური, ისე ეკოლოგიური მაჩვენებლები. ასე მაგალითად, საწვავის კუთრი ხარჯი სატვირთო საავტომობილო ტრანსპორტისათვის შემცირდა 1,7-ჯერ, სამდინაროსათვის 2-ჯერ და საზღვაოსათვის 1,8-ჯერ. ეს მიღწეული იქნა სატრანსპორტო საშუალებების პარკების განახლებით და ახალი მაღალეფექტური ძრავების გამოყენებით. მიუხედავად ამისა ენერგეტიკული დანახარჯები მუდმივად იზრდება. მეორეს მხრივ არ შეიძლება არ დავინახოთ, რომ სამეცნიერო-ტექნიკურ პროგრესს მოაქვს არა მარტო დამაკმაყოფილებელი, არამედ უარყოფითი შედეგიც და ამით გამოიხატება მისი ობიექტური წინააღმდეგობრივობა. მართლაც, სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის უარყოფითი სოციალური შედეგი უფრო საგრძნობი ხდება საწარმოო პროცესების შეცვლისას, როგორც არის წარმოების მასშტაბების გაზრდა, მანქანების ერთეული სიმძლავრეებისა და სიჩქარეების ზრდა, ტექნოლოგიური პროცესების გართულება, სატრანსპორტო საშუალებების რაოდენობრივი ზრდა. ტრანსპორტს აქვს პირდაპირი დამოკიდებულება გარემოს დაცვის პრობლემების ყველა ასპექტთან, ვინაიდან ეს დარგი პირდაპირ ზემოქმედებას ახდენს ეკოლოგიურ პირობებზე მრავალმილიონიანი საავტომობილო პარკის, ლოკომოტივების, გემების, თვითმფრინავების, მსხვილი სატრანსპორტო საწარმოების მეშვეობით. აგრეთვე გარემოს დაბინძურების მაჩვენებლებზე დიდ გავლენას ახდენს ახალი საავტომობილო და სარკინიგზო გზების, მილსადენების, აეროპორტების და სხვა სატრანსპორტო კომუნიკაციების მშენებლობა. ამიტომაც საჭიროა ატმოსფეროს დაცვისადმი მიმართული სამუშაოების კიდევ უფრო გაძლიერება. ამ მიზნით სხვა ღონისძიებებთან ერთად უნდა მოხდეს სატრანსპორტო საშუალებების შემდგომი სრულყოფა, გაუმჯობესდეს სათბობის, ნედლეულის ხარისხი, დაინერგოს გამონაბოლქვი აირების მავნე ნივთიერებებისაგან გაწმენდის ეფექტური სისტემები. ამავედროულად საყურადღებოა მნიშვნელოვან წილად გაიზარდოს გაზოდიზელების წილი როგორც მიწისზედა, ისე სამდინარო-საზღვაო, სარკინიგზო და სხვა სპეციალურ სატრანსპორტო საშუალებებში, რადგანაც დიზელის ძრავების გამოყენება გვაძლევს საწვავის საგრძნობ ეკონომიურობას და შესაბამისად გაუმჯობესებულ ეკოლოგიურ მაჩვენებლებს. მაგალითისათვის, ისეთი ძირითადი მაჩვენებლები, როგორცაა: ეფექტური სიმძლავრე N_e , ეფექტური მარგი ქმედების კოეფიციენტი η_e , სამუშაო მოცულობა V_h , ბრუნვათა სიხშირე n თანამედროვე დიზელებისათვის იცვლება დიდ ზღვრებში (ცხრ. 1).

ცხრილი 1. დიზელის ძრავის ძირითადი მაჩვენებლები

დასახელება	V_h , ლ.	N_e , კვტ	N , წმ ⁻¹	η_e
გემის დიზელები	1800	70000	100	0,55
საავტომობილო დიზელები:				
სატვირთო	2,00	500	2000	0,47
მსუბუქი	0,5	200	4500	0,42



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

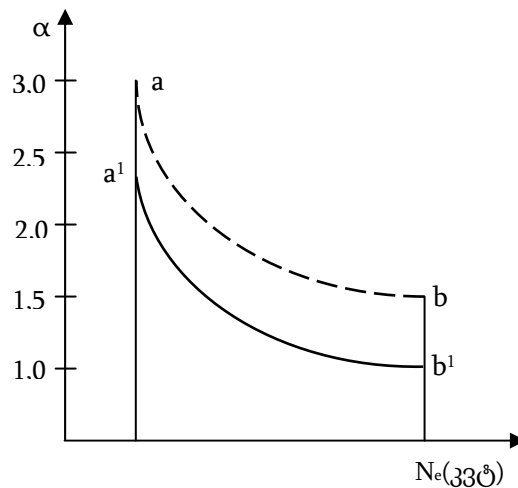


როგორც ცხრილური მონაცემებიდან ჩანს, ეფექტური მარგი ქმედების კოეფიციენტი დიზელის ძრავებში დამოკიდებულია ცილინდრის მუშა მოცულობაზე და ბრუნვათა სიხშირეზე. ცილინდრის მუშა მოცულობის შემცირებით ეფექტური მარგი ქმედების კოეფიციენტის შემცირდება გამოწვეულია როგორც კონსტრუქციული თავისებურებებით, ისე ნარევეწარმოქმნის არასრულყოფით, ხოლო ბრუნვათა სიხშირის გაზრდა უშუალოდ გავლენას ახდენს შევსების კოეფიციენტის სიდიდეზე, სიხშირის გაზრდით შევსების კოეფიციენტი ჯერ იზრდება გარკვეულ ბრუნვათა სიხშირემდე, შემდეგ კი მცირდება. ამ დამოკიდებულებაზე გავლენას ახდენს ორი ფაქტორი: ბრუნვათა სიხშირის გადიდება ამცირებს იმ დროის მონაკვეთს, რომლის განმავლობაშიდაც ცილინდრში შედის ახალი მუხტი და შემდეგი ნარევეწარმოქმნის პროცესის მცირე დროის გამო საწვავის ნარევის გარკვეული ნაწილი წვას აგრძელებს გაფართოების პროცესის დროს. ამიტომაც ადგილი აქვს სითბოს დამატებით დანაკარგებს, რაც აისახება ეფექტური მარგი ქმედების კოეფიციენტის შემცირებასა და ეკოლოგიური მაჩვენებლების გაუარესებაში. ამგვარად გაზის საწვავის მაღალდეტონაციური თვისებები შესაძლებელს ხდის გაზოდიზელის ეფექტურ მუშაობას უცვლელი კუმშვის ხარისხით. ძრავას ნომინალური სიმძლავრე გაზოდიზელისა და დიზელის რეჟიმებზე ერთნაირია, რომელიც აისახება სატრანსპორტო საშუალების წვეისა და სინქარით მახასიათებელზე. გაზოდიზელის მუშაობის შეფასებისას საჭიროა გაითვალისწინოთ, რომ ძრავის საიმედო, ეკონომიური და ეკოლოგიურად გაუმჯობესებული მუშაობა მიიღწევა გაზისებრი საწვავის მაღალი ანტიდეტონაციური მედეგობით, ხარისხით და სამუშაო ნარევის კარგი ხარისხობრივი რეგულირებით, რომელიც უნდა შეესაბამებოდეს ძრავის მუშაობის შერჩეულ რეჟიმს. გაზოდიზელის მცირე დატვირთვებზე მუშაობისას სითბოს კუთრი ხარჯი, რომელიც მიიღება ცილინდრში გაზისებრი და ამფეთქებელი საწვავის საშუალებით, მეტია ვიდრე ჩვეულებრივ დიზელებში. თუკი ძრავის ცილინდრში შედის ღარიბი სამუშაო ნარევი ($\alpha \gg 1$), მაშინ სითბოს კუთრი ხარჯი ასევე მეტია, ვიდრე დიდი დატვირთვის რეჟიმებზე. უნდა აღინიშნოს, რომ პროპანის გადარიბებულ საწვავ ნარევეზე მუშაობის დროს წვის სითბოს გამოყენება ხასიათდება უკეთესი მაჩვენებლებით მაღალი აალებადობის ზღვრებით მეთანის ნარევეზე მუშაობასთან შედარებით. ამავდროულად ძრავის დიდ დატვირთვებზე მუშაობისას, როცა $\alpha \approx 1$, სითბოს კუთრი დანახარჯები შესადარებელი გაზებისათვის მცირეა, თითქმის ერთნაირია.

გაზოდიზელის მუშაობის თავისებურებები და მათი გამოყენების უპირატესობა გამოიხატება იმაში, რომ იზრდება ძრავის კუთრი სიმძლავრე და ეკონომიურობა. ასე მაგალითად: თუ განვიხილავთ ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის დამოკიდებულებას გაზოდიზელის და დიზელის დატვირთვაზე (ნახ.1) ნათლად ჩანს, რომ გაზოდიზელის ძრავას ცილინდრების მუშა მოცულობა სასარგებლო მუშაობისათვის სრულად გამოიყენება ნომინალური სიმძლავრის განვითარების დროს და ამავდროულად მცირდება სითბოს ის დანახარჯები, რომლებიც მოდის ჭარბი ჰაერის გახურებაზე.

დიაგრამაზე a და a^1 წერტილი შეესაბამება ძრავის უქმ სვლაზე მუშაობას, ხოლო b და b^1 ნომინალური დატვირთვის რეჟიმს.

გაზის საწვავის გამოყენება დიზელის ძრავებში მნიშვნელოვნად ზრდის ძრავის ეკონომიურობას სატრანსპორტო საშუალებების ექსპლუატაციის პირობებში (1,5 – 2,0-ჯერ). ასევე მნიშვნელოვნად მცირდება ნამუშევარი აირების ტოქსიკურობა. ასე მაგალითად, ნახშირჟანგი (CO) მცირდება 3-4-ჯერ; აზოტის ჟანგეულები (NO_x) 1,2-2,0-ჯერ; ნახშირწყალბადები (CH) 1,2-1,4-ჯერ და გაზოდიზელის კვამლიანობა 2,0-4,0-ჯერ. ამავდროულად მუშაობის რეჟიმებისაგან დამოკიდებულებით გაზოდიზელის ძრავის ხმაურის სავარაუდოთ შემცირება ბენზინზე მომუშავე ძრავებთან შეადგენს 8-9 დეციბელია, ხოლო დიზელის ძრავთან შედარებით 3-5 დეციბელი.



ნახ. 1. ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის ცვალებადობის დიაგრამა დიზელის ძრავის დატვირთვაზე დამოკიდებულებით.

----- დიზელის ძრავი;
_____ გაზოდიზელი.

ლიტერატურა

1. რ. თოფურია, რ. მგელაძე „სატრანსპორტო საშუალებები და ეკოლოგიური უსაფრთხოება“. ქუთაისი. აწსუ, 2014 წ. გვ.323.
2. А.И. Норов, В.И. Ерехов. „Эксплуатация и техническое обслуживание газобаллонных автомобилей“. М-Н: изд-во Транспорт, 1988. 184 с.

Prospects for improving the environmental and economic performance of gas diesel engines

Topuria R., Kochadze T., Shotadze Z.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper discusses the characteristics of the diesel engine and gazodezels work, which includes the excess air coefficient of variation of the impact of different loads on the engine while working on a variety of fuels for use of the engine and its impact on both economic and ecological indicators.

სინთეტიკური ფსიქოაქტიური ნივთიერებების კრიმინალისტიკური კვლევა

ორმოცაჰე ნ.*, მუსხიშვილი მ.*, ა.ზივზივაძე*, ბიბილეიშვილი დ.ვ.**

*აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სტატიაში განიხილება საკითხები დაკავშირებული: ახალი სახის სინთეტიკური ნარკოტიკების უკანონო ბრუნვის შესახებ; პრობლემა ანალოგების, ნარკოტიკული საშუალებების და მათი პრეკურსორების სამართლებრივი სტატუსის შესახებ; ქიმიური, ფარმაკოლოგიური სასამართლო ექსპერტიზის ჩატარების თანმიმდევრობა; საზღვარგარეთის გამოცდილება ფსიქოაქტიური ნივთიერებების შემოტანის დროებითი აკრძალვის შესახებ.

დღეისათვის საქართველოში, ისე როგორც მთელს მსოფლიოში, ნარკომანია და ნარკოტიკების უკანონო ბრუნვის პრობლემა იკავებს პირველ ადგილს სახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის საკითხებში, რადგან ეს მოვლენა არა მარტო ვნებს ქვეყნის მოსახ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ლეობის ფიზიკურ ჯანმრთელობასა და სულიერ აღზრდას, ამავე დროს იწვევს საზოგადოებაში არასტაბილურობას და ბაღებს დანაშაულს, ნეგატიურ ეკონომიკურ მდგომარეობას და ერთიანობაში სახელმწიფოს ნაციონალურ უსაფრთხოებას უქმნის საშიშროებას. ნარკოტიკების ფსიქოაქტიური ნივთიერებების და მათი პრეკურსორების უკანონო ბრუნვის წინააღმდეგ ბრძოლის სფეროში ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს გაურკვეველი სტატუსის მქონე ახალი ფსიქოტროპული ნივთიერებების პროგრესულად მზარდი არასამედიცინო მოხმარება, ესენი არარსებული სამართლებრივი სტატუსის მქონე ე.წ. “დიზაინერული ნარკოტიკები”[1]. სინთეტიკური ნარკოტიკი რომელსაც მეორენაირად ბიონარკოტიკს უწოდებენ, კაცობრიობის გამანადგურებელ იარაღად არის აღიარებული. ას მთელი მსოფლიოს საღი ნაწილი ებრძვის. ეს ნარკოტიკი ევროპასა და ამერიკაში 2000 წლიდან გაჩნდა, ყიდვა კი 2004-2006 წლებში გახდა შესაძლებელი. მისი ფორმულა ამერიკელმა პროფესორმა, ქიმიკოსმა ჯონ ჰაფმანმა შექმნა. ბიონარკოტიკი რამდენიმე სახის მცენარისა და ქიმიური ნივთიერების შერევის შედეგად მიიღება. არსებობს კლასიკური ნარკოტიკების – ჰეროინის, კოკაინის ანალოგები, მაგრამ მათი ფორმულა განსხვავდება ბიოგაუდენთილი სინთეტიკური მასალით და სწორედ ამის გამო არ შედის კონტროლირებად ნივთიერებათა სიაში. შესაბამისად, გამავრცელებლების დასჯა ვერ ხდება. კლასიკური ნარკოტიკები მოდაში აღარ არის და აღარც პოპულარულია. ხელოვნურად შექმნილ, დღეისათვის ზეპოპულარულ ნარკოტიკებს კი კატასტროფული შედეგები მოაქვს იწვევს თავბრუსხვევას, სისუსტეს, მესხიერების დაქვეითებას, შფოთვას, ჰალუცინაციებს, აღქმის და კოორდინაციის დარღვევას, კიდურების პარალიზებას, ნევროზსა და ფსიქოზს, ახასიათებს მუდამ ნერვული აშლილობა და, რაც მთავარია, უეცარი სიკვდილის დადგომა. ლეტალური შედეგი დგება როგორც ხანგრძლივი გამოყენების, ისე პირველი მიღების დროსაც. ერთჯერადი მოხმარების შემთხვევაშიც კი ტოვებს სამუდამო კვალს. თუმცა საშიშ ნივთიერებას რამდენიმე ასეული სახეობა აქვს და ერთი ფორმის აკრძალვას შედეგი არ მოაქვს. მაგალითად, მწარმოებელი ერთ-ერთ ნივთიერებას ცვლის და მასზე აღარ ვრცელდება კანონი. ბიონარკოტიკებით საქართველოში უკვე ბევრი ახალგაზრდა გარდაიცვალა, მაგრამ ზუსტი სტატისტიკა არ არსებობს, რადგან როგორც წესი ოჯახის წევრები სიკვდილის ნამდვილ მიზეზს მაღავენ. მაგალითად ამბობენ გულის შეტევით გარდაიცვალაო. ჩვენს ქვეყანაში ბიონარკოტიკს ინტერნეტით იწერენ და დაუბრკოლებლად შემოდის. ძირითადად კერძო ფირმების კეთილსინდისიერებაზეა დამოკიდებული, ინტერნეტით გამოწერილ შხამს შემოიტანს თუ არა. დღეს ძალიან გავრცელებულია ე.წ. აბაზანის მარილი. ეს პრეპარატი იგივე ეფედრინია. ეს ფსიქოსტიმულიატორები საშინელ შედეგებს იწვევს. დღეს სინთეტიკური ნარკოტიკების და ფსიქოსტიმულიატორების ერაა.ისინი ბევრად უფრო მძაფრ შეგრძნებებს იწვევს.

ამ ჯგუფის ნივთიერებებზე კონკრეტული სამართლებრივი სტატუსის არქონა, გარკვეულ სიძნელეებს წარმოშობს მათზე კონტროლის დაწესებაში და აგრეთვე ქმნის პირობებს სამოქალაქო მიმოქცევაში მათი უპრობლემოდ არსებობისათვის. “დიზაინერული” (ლეგალური) ნარკოტიკებს განსაზღვრავენ როგორც სინთეტიკურ ნარკოტიკულ პრეპარატებს, რომლებსაც აქვთ რომელიმე ნარკოტიკული ნივთიერების თვისებები, მაგრამ განსხვავდება მისგან ქიმიური სტრუქტურით. ახალი ტიპის “ლეგალური” ნარკოტიკები გამოჩნდა არა მარტო საქართველოში, არამედ მეზობელი ქვეყნების ბაზრებზეც და ძალიან პოპულარული გახდნენ მოსახლეობაში, განსაკუთრებით კი ახალგაზრდობაში. ეს ძირითადად მოსაწვევი ნარეგებია, რომელთა საფუძველი სინთეზური კანაბინოიდებია, თავის ტვინის შესაბამის რეცეპტორებზე უფრო ძლიერად მოქმედი, ვიდრე ბუნებრივი კანაბინოიდები მაგ. მარისუანა. ექსპერტების აზრით სინთეტიკური ნარკოტიკები ჰეროინ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



თან შედარებით იწვევენ უფრო დამანგრეველ ზემოქმედებას, რადგან სინთეტიკა თავისი კონცენტრაციული ძალით მთლიანად ანგრევს ადამიანის ორგანიზმსა და ცენტრალურ ნერვულ სისტემას.

“დიზაინერული” ნარკოტიკები შეიძლება განვიხილოთ შემდეგი კლასიფიკაციით:

- XV. “სპაისი” – კანაბინოიდური რეცეპტორების სინთეზური აგონისტები
- XVI. პიპერაზინები -1-ბენზილპიპერაზინი და სხვა
- XVII. კატინონი – მეფედრონი (“ლეგალური” კოკაინი), მეტედრონი, მეთილონი, და სხვა
- XVIII. ახალი დეპრესანტები – გამა-ბუთიროლაქტანი და სხვა
- XIX. ახალი ამფეტამინები – 4-ფლუორომეტამინი და სხვა

უნდა აღინიშნოს, რომ მეფედრონის მიღებით გამოწვეული სიკვდილიანობის გამო –დამტკიცებული ტოქსიკოლოგიური ანალიზით, იგი აკრძალული იქნა დიდ ბრიტანეთში, ნორვეგიაში, დანიაში, შვეციაში, ავსტრიაში, გერმანიაში, პოლონეთში და მთელ რიგ სხვა ქვეყნებში, მათ შორის რუსეთშიც. რუსეთში მეფედრონი და მეთილონი შეტანილია ნარკოტიკული, ფსიქოტროპული ნივთიერებების და მათი პრეკურსორების №1 ჩამონათვალში და რუსეთის ტერიტორიაზე აკრძალულია როგორც წარმოება, ასევე მათი ბრუნვა.

იმისათვის, რომ ნივთიერება მიკუთვნებული იქნას ფსიქოტროპულ ნივთიერებებს, ნარკოტიკული ნივთიერებების ნაწარმებს ან მათ ანალოგებს, აუცილებელია ექსპერტიზის გზით განისაზღვროს საკვლევი ნივთიერებების ქიმიური სტრუქტურისა და თვისებების მსგავსება ნარკოტიკულ და ფსიქოტროპულ ნივთიერების სტრუქტურასა და თვისებებთან და ადამიანის ორგანიზმზე ფსიქოაქტიურ ზემოქმედებასთან ერთად [2].

ნარკოტიკული და ფსიქოტროპული ნივთიერებების ქიმიური სტრუქტურისა და თვისებების მსგავსება შეიძლება გადაჭრილი იქნას ფიზიკო-ქიმიური კვლევითა და ექსპერტიზით, მაგრამ საბოლოო დასკვნის გამოტანა საკვლევი ობიექტის ანალოგებზე, ნარკოტიკული საშუალებების ნაწარმზე და ფსიქოტროპულ ნივთიერებებზე მიკუთვნების შესახებ, შესაძლებელია მხოლოდ ექსპერტის დასკვნის მიხედვით, ახდენს თუ არა ეს ნივთიერება ადამიანის ორგანიზმზე ფსიქოაქტიურ ზემოქმედებას. რაც გამოდის ექსპერტ-ქიმიკოსის კომპეტენციის ჩარჩოებს მიღმა და მოითხოვს კომპლექსური ექსპერტიზის ჩატარებას შემდეგი სპეციალისტების (ექსპერტ-ქიმიკოსის, ექსპერტ-ფარმაკოლოგი, ექსპერტ-მედიკოსი) თანამონაწილეობით: სპეციალური სამედიცინო განათლების მქონე, ფიზიკო-ტოქსიკოლოგიური და ქიმიურ-ფარმაკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარებისათვის.

ექსპერტული პრაქტიკა აჩვენებს, რომ თითოეულ კონკრეტულ შემთხვევაში ნივთიერების ანალოგად ან ნაწარმად ასაღიარებლად პროცესი საკმაოდ რთულია და ხანგრძლივი, მოიცავს განსაზღვრული კვლევის ჩასატარებლად ვადის გაგრძელების ხასიათს.

ამგვარად ექსპერტიზა ნივთიერების მიკუთვნებაზე ანალოგებზე ან ნაწარმზე შედგება ორი ნაწილისაგან. ირველი ნაწილი – ეს ქიმიური კვლევაა, რომლის მსვლელობის დროს დგინდება საკვლევი ნივთიერების ქიმიური სტრუქტურის მსგავსება, ჩამონათვალში არსებულ ქიმიურ ნივთიერებასთან. მეორე ნაწილში დგინდება ფსიქოაქტიური თვისებების მსგავსება საკვლევი ნივთიერებასა და აკრძალულ ნივთიერებას შორის.

ნივთიერების ქიმიური სტრუქტურის მსგავსება დგინდება ქრომატოგრაფიული მეთოდებით, რომელიც საშუალებას იძლევა საკვლევი ნივთიერებების სტრუქტურული ფორმულების თვალსაჩინო შედარების საშუალებას. ფსიქოაქტიური თვისებების კვლევა წარმოებს ფარმაკოლოგიური კვლევის საშუალებით, რომლის მსვლელობისას სწავლობენ კონკრეტული ნივთიერებების ზემოქმედებას ლაბორატორიული ცხოველების (როგორც წესი თაგვებზე) საქციელზე.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



იმ შემთხვევაში თუ ექსპერიმენტის ჩატარებისას საკვლევი ნივთიერება იწვევს ცხოველის ქცევის აქტიურობის მნიშვნელოვან ცვლილებას, ექსპერტი მიდის დასკვნამდე, რომ მოცემული ნივთიერება იწვევს სპეციფიკურ ქცევას, რომელიც ახასიათებს ფსიქოაქტიური თვისების მქონე კონკრეტული სახის ნივთიერებებით თრობას.

ახალი სინთეტიკური ფსიქოაქტიური ნივთიერებების დროულად გამოვლინებისათვის და თავიდან აცილებისათვის სასურველია შემდეგი წინადადებების განხილვა:

20. ახალი სინთეტიკური ნარკოტიკებისა და ნარკომანიის მონიტორინგის ცენტრის შექმნა, რომლის ქმედებაც მიმართული იქნება ქვეყნებს შორის აქტიური თანამშრომლობისა და სამოქალაქო მიმოქცევაში გამოჩენილი ახალი სახის ფსიქოაქტიური ნივთიერებების შესახებ ინფორმაციის გაცვლის მიზნით.
21. ადამიანის ორგანიზმზე ახალი ფსიქოაქტიური ნივთიერებების ზემოქმედების შესწავლის მიზნით, ექსპერტულ და სამეცნიერო კვლევით ორგანიზაციებზე მათი გადაცემის მექანიზმის ორგანიზაცია.
22. ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ჩატარების საერთო მეთოდის და ნივთიერებების ექსპერტული შეფასების საერთო კრიტერიუმების შემუშავება ფსიქოტროპულ ნივთიერებებზე, ნარკოტიკულ ნივთიერებებზე ან მათ ანალოგებზე მიკუთვნების მიზნით.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Батыршин И. И., Временное ограничение на оборот новых видов синтетических наркотиков как мера противодействия незаконному обороту психоактивных веществ / И.И. Батыршин, В.В. Тихомирова // Юридический мир. 2013. № 12. С. 60-64.
2. Карпов Я.С. Дизайнерские наркотики и новые прекурсоры наркотических средств и психотропных веществ: вопросы правового статуса / Я.С. Карпов // Наркоконтроль. 2013 № 1. С. 35-37.
1. ნ. ორმოცაძე, დ. ბიბილეიშვილი, ჰ. ლომია, რ. ფილია. სამკურნალო და საყოფაცხოვრებო დაწესებულების ქიმიკატების არამიზნობრივი დანიშნულებით მოხმარების შესახებ // საერთაშორისო სამეცნიერო - პრაქტიკული კონფერენცია “ქალი და 21-ე საუკუნე” გვ. 164-167, თბილისი 2011
2. ნ. ორმოცაძე, ნივთიერებების, მასალების და ნაწარმის კრიმინალისტიკური კვლევა – შხამიანი და ძლიერმოქმედ ნივთიერებათა ქიმიური ექსპერტიზა / (სახელმძღვანელო) ISBN 978-9941 -417-89-4 აწლსუ 2010, 172 გვ.
3. ნ. ორმოცაძე, ნივთიერებების, მასალების და ნაკეთობების თანამედროვე ტექნიკური და კრიმინალისტიკური ექსპერტიზა (სახელმძღვანელო) ISBN 978-9941 -417-89-5 აწლსუ 2009, 140 გვ.
4. ნ. ორმოცაძე, დ. ბიბილეიშვილი, ჰ. ლომია, რ. ფილია, ვ. ჭუგია, ნარკოტიკული საშუალებებისა და ასაფეთქებელი ნივთიერებების არა კონტაქტური დისტანციური გამოვლენის აპარატურა // საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია თემაზე: „თანამედროვე ტექნოლოგიები და გამოყენებითი დიზაინი“. გვ. 398-399, ქუთაისი 2011
5. ნ. ორმოცაძე, დ. ბიბილეიშვილი, ჰ. ლომია, ნარკოტიკული ნივთიერებების ზემოქმედება ადამიანის თავის ტვინის ქიმიურ ნივთიერებებზე // საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის შრომები “ინოვაციური ტექნოლოგიები და თანამედროვე მასალები” // გვ. 364 – 367, ქუთაისი 2010

Forensic processing synthetic of psychoactive substances.
Ormotsadze N., Meskhishvili M., Zivzivadze A., Bibileishvili D.
 Akaki Tsereteli State University, Georgian Technical University

Summary

The paper dwells on the issues related to illegal traffic of new types of synthetic drugs, raises the problem of legal status of analogues and derivative narcotic means, psychotropic substances and precursors thereof; considers the procedure of carrying out of chemical-pharmacology expert evaluation, possibility of introduction of prohibition for new psycho-active substances, gives a review of foreign experience with regard of introduction of the institute of temporal prohibition of psycho-active substances traffic.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



**ნატრიუმის ჰიდროფორმიატის სტრუქტურა – არარეგულარი
 ჭიმიის და ეპოლიმური ჭიმიის ზოგიერთი ასპექტი**

ნუბინიძე ა.დ., ენდელაძე ნ.ო., ბრეზაძე ნ.დ.
 აკაკი წერეთლის სახელწიფო უნივერსიტეტი

სამუშაო წარმოადგენს წყალბადური ბმების გამოკვლევის გავრცელებას მეტალთა ფსევდო-ჰიდრონაერთების კრისტალური სტრუქტურების შესწავლის საფუძველზე.

ნაშრომში წარმოდგენილია წყალბადური ბმების დახასიათება არსებული ლიტერატურული მასალისა და ნატრიუმის ფსევდოჰიდროფორმიატის – $\text{Na}[\text{H}(\text{HCOO})_2]$ კრისტალური გამოკვლევის შედეგების საფუძველზე.

შესწავლილი სტრუქტურის ძირითადი პარამეტრები: $\alpha=83,42(3)$, $\beta=111,68(2)$, $\gamma=109,91(2)$, $\rho_{\text{გამოვ}}=1,617(4)$ გრ/სმ³, $z=6$.

წყალბადური ბმის შესახებ შეხედულებები ვითარდება 100 წელზე მეტი ხნის განმავლობაში. მიუხედავად ამისა, მეცნიერებაში წყალბადური ბმის ბუნების ასხნისადმი ერთიანი მიდგომა და წყალბადური ბმის საყოველთაოდ მიღებული განმარტება არ არსებობს. სახელდობრ, ე. რემსდენის [1] მიხედვით წყალბადური ბმა ხასიათდება, როგორც კოვალენტური ბმა წყალბადისა და ძლიერ ელექტროუარყოფითი ელემენტის (F, Cl, O, N) ატომებს შორის. სხვა ავტორის მოსაზრებით, „წყალბადური ბმის განხორციელების პროცესში ელექტროსტატიკური ურთიერთქმედების გარდა ადგილი აქვს დონორულ-აქცეპტორულ ურთიერთქმედებას“.

ამასთან შევნიშნავთ, რომ წყალბადური ბმის დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმის წარმოქმნის მომხრეთა შეხედულებით წყალბადური ბმის ფორმირება განიხილება, როგორც პროტონდონორის (ბრენსტის მუავა, ელექტრო აქცეპტორი) ურთიერთქმედება პროტონაქცეპტორთან (ფუძე, ელექტროდონორი) და შემდგომ, „წყალბადური ბმა წარმოშობით არ განსხვავდება ქიმიური ბმისაგან გარდა იმისა, რომ H –ბმას აქვს განაწილების სხვა პოლარიზაცია და წყალბად-შეკავშირებული ფრაგმენტის ატომთა რხევითი მოძრაობის განსხვავებული დინამიკა“ [2].

მეორეს მხრივ, ექსპერომენტულ სამუშაოთა უმრავლესობა, მათ შორის ჩვენი გამოკვლევა, რომელთა შედეგებს ქვემოთ გადმოგვცემთ მიუთითებს წყალბადური ბმის ელექტროსტატიკური ბუნების შესახებ.

წინამდებარე სამუშაოს მიზანია გადმოვცეთ ერთ-ერთი ფსევდოჰიდრონაერთის ნატრიუმის ფსევდოჰიდროფორმიატის – $\text{Na}[\text{H}(\text{HCOO})_2]$ -ის კრისტალური სტრუქტურის კვლევის შედეგების საფუძველზე წყალბადური ბმის შეფასება.

ნატრიუმის ფსევდოჰიდროფორმიატი – $\text{Na}[\text{H}(\text{HCOO})_2]$ მონოკრისტალის სახით გამოყოფილია ოთახის ტემპერატურაზე ხსნარიდან, რომელიც შეიცავდა ჭიანჭველას მუავაში (მასური წილი 40-65%) გახსნილ ნატრიუმის ფორმიატს.

მონოკრისტალის გადაღება მიმდინარეობს ავტოდიფრაქტორზე CAD-4-SDP 55/t, საკვლევი ნაერთი დაკრისტალდა ტრიკლინურ სინგონიაში ელემენტარული უჯრედის შემდეგი პარამეტრებით:

$a=0,040(3)$, $b=9,266(4)$, $c=9,593(2)$, $\alpha=83,42(3)$, $\beta=111,68(2)$, $\gamma=109,91(2)$, სივრცითი ჯგუფი $\bar{P}1$, $z=6$. $\rho_{\text{გამოვ}}=1,617(4)$ გრ/სმ³.

მოლიანად რეგისტრირებულია 1600-რეფლექსი. გამოთვლები მიმდინარეობდა პროგრამათა კომპლექსის ETX-SDP-ის მიხედვით [3], $R=0,036$.

სტრუქტურული კვლევის მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ სტრუქტურა წარმოდგენილია ორი ტიპის წყალბადურ ბმებით: სიმეტრიულით: $\text{O}(52)\dots\text{O}(52)$, $\text{O}(62)\dots\text{O}(62)$



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



და ასიმეტრიულით O(12)...O(22), O(32)...O(42).

ორთავე შემთხვევაში, როგორც სიმეტრიული, ასევე ასიმეტრიული წყალბადური ბმა მიეკუთვნება მოკლე, ძლიერ წყალბადურ ბმებს. შევნიშნავთ, რომ რენტგენოსტრუქტურული კვლევის სპეციფიკიდან გამომდინარე ქიმიური ბმის სიმტკიცის შეფასება ხდება არა ენერგეტიკული არამედ ქიმიური მბის (O...O) სიგრძის სიდიდის $d(O...O) - 2,448(2)$ და $d(O...O) - 2,464(5)\text{Å}$ პოზიციიდან, რომლებიც როგორც ჩანს, ძლიერ წყალბადურ ბმებს მიეკუთვნებიან. ამასთან, თუ შევაფასებთ ჩვენი კვლევის შედეგებს O...H მბის მიმართებით, შეიძლება დავასკვნათ, რომ წყალბადურ ბმას უფრო ელექტროსტატიკური ბუნება აქვს შესწავლილი სტრუქტურის მიხედვით.

შევნიშნავთ, რომ „სუფთა“ წყლის მოლეკულებს შორის წყალბადური ბმები შეადგენენ $d(O...O)-2,76$ და $d(O...H)-1,76\text{Å}$ -ს. ხოლო ლიტერატურაში აღწერილთაგან ყველაზე მოკლე წყალბადური ბმა დაფიქსირებულია სიდიდით $d(O...O)-2,36\text{Å}$.

ამასთან ნატრიუმის ფსევდოჰიდროფორმიატის – $\text{Na}[\text{H}(\text{HCOO})_2]$ სტრუქტურის მიხედვით გამოკვლეული წყალბადური ბმის სიდიდეები $d(O...O)-2,448(2)$ შესაბამისი მუავას – ჭიანჭველას მუავას კრისტალურ სტრუქტურაში (-50°C) არსებული წყალბადური ბმის სიდიდესთან - $d(O...O)-2,580(3)\text{Å}$, შედარებით მცირეა, რაც, როგორც ჩანს, Na-ის ატომის ფაქტორით უნდა იყოს განპირობებული.

ატომთა კოორდინატები ნატრიუმის ფსევდოჰიდროფორმიატის – $\text{Na}[\text{H}(\text{HCOO})_2]$ სტრუქტურაში

ატომი	x	y	z
Na(1)	0,34765(8)	0,34077(7)	0,19640(7)
Na(2)	0,69398(8)	0,45699(7)	0,52530(7)
Na(3)	0,30194(8)	0,9379(7)	0,34873(7)
C(1)	0,3662(2)	0,2159(2)	0,5495(2)
O(11)	0,3917(1)	0,3218(1)	0,4618(1)
O(12)	0,4247(1)	0,1072(1)	0,5797(1)
H(1)	0,301(2)	0,222(2)	0,612(2)
C(2)	0,5198(2)	0,1258(2)	0,1440(2)
O(21)	0,4135(2)	0,1254(1)	0,1909(2)
O(22)	0,6182(2)	0,0436(2)	0,1922(2)
H(2)	0,550(3)	0,186(3)	0,065(3)
H*(12)	0,391(4)	0,005(3)	0,732(4)
C(3)	0,9716(2)	0,0505(2)	0,1594(2)
O(31)	0,9487(2)	0,027(2)	0,7302(2)
O(32)	0,0339(2)	0,1732(2)	0,0948(2)
H(3)	0,147(6)	0,011(4)	0,103(3)
C(4)	0,8010(2)	0,3611(2)	0,1184(2)
O(41)	0,7316(2)	0,4353(1)	0,2182(2)
O(42)	0,8292(2)	0,7593(1)	0,1335(2)
H(4)	0,845(4)	0,397(3)	0,016(4)
H*(34)	0,933(4)	0,205(3)	0,002(3)
C(5)	0,7118(3)	0,5696(2)	0,1860(2)
O(51)	0,6347(2)	0,4965(2)	0,2852(1)
O(52)	0,6489(2)	0,5775(2)	0,0443(1)
H(5)	0,827(3)	0,617(3)	0,229(3)
H*(34)C(6)	0,9139(2)	0,2692(2)	0,4609(2)
O(61)	0,7963(2)	0,2550(1)	0,5003(2)
O(62)	0,223(2)	0,3954(2)	0,4503(2)



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



H(46)	0,933(5)	0,189(4)	0,435(4)
H*(5)	0,500(0)	0,500(0)	0,000(0)
H*(6)	0,000(0)	0,500(0)	0,500(0)

ატომთა შორის მანძილები კრისტალურ სტრუქტურაში – Na[H(HCOO)₂]

ბმს	d, Å
C(1)-O(11)	1,235(3)
C(1)-O(12)	1,250(3)
C(1)-H(1)	1,00(4)
O(12)-H*(12)	1,76(6)
O(22)-H*(12)	0,79(5)
C(12)-O(22)	2,548(3)
C(2)-O(21)	1,201(4)
C(2)-O(22)	1,289(4)
C(2)-H(2)	0,95(5)
C(3)-O(31)	1,201(3)
C(3)-O(32)	1,286(3)
C(3)-H(3)	0,99(4)
O(32)-H*(34)	1,11(5)
O(42) ... H*(34)	1,38(5)
O(32) ... O(42)	2,448(3)
C(4)-O(41)	1,221(4)
C(4)-O(42)	1,256(4)
C(4)-H(4)	0,97(6)
C(5)-O(51)	1,208(4)
C(5)-O(52)	1,269(4)
C(5)-H(5)	0,93(5)
O(52) ... O(22)	2,448(5)
C(6)-O(61)	1,217(4)
C(6)-O(62)	1,266(4)
C(6)-H(6)	0,89(4)
O(62) ... O(62)	2,464(5)

ქიმიური ბმები პოლიედრებში NaO₆

ბმს	dÅ	ბმს	dÅ	ბმს	dÅ
Na(1)-O(11)	2,392(2)	Na(2)-O(41)	2,351(2)	Na(3)-O(12)	2,453(2)
Na(1)-O(51)	2,522(3)	Na(2)-O(62)	2,397(2)	Na(3)-O(21)	2,403(2)
Na(1)-O(52)	2,408(2)	Na(2)-O(11)	2,455(2)	Na(3)-O(12)	2,549(2)
Na(1)-O(41)	2,387(2)	Na(2)-O(51)	2,363(2)	Na(3)-O(31)	2,369(3)
Na(1)-O(31)	2,458(3)	Na(2)-O(11)	2,453(2)	Na(3)-O(42)	2,431(3)
Na(1)-O(21)	2,361(2)	Na(2)-O(61)	2,421(2)	Na(3)-O(61)	2,288(2)
	<2,421>		<2,406>		<2,415>

სავალენტო კუთხეები კრისტალურ სტრუქტურებში – Na[H(HCOO)₂]

კუთხე	ა გრად
H(1)C(1)O(11)	117(2)
H(1)C(1)O(12)	115(1)
O(11)C(1)O(12)	127(0)
O(12)...H*(12)O(22)	171(2)
H(2)C(2)O(21)	128(3)
H(2)C(2)O(22)	106(3)



O(21)C(2)O(22)	126(6)
H(3)C(3)O(31)	117(2)
H(3)C(3)O(32)	115(1)
O(31)C(3)O(32)	127(1)
O(32) H*(34) ...O(42)	167(1)
H(4)C(4)O(41)	116(3)
H(4)C(4)O(42)	117(3)
O(41)C(4)O(42)	127(1)
H(5)C(5)O(51)	119(3)
H(5)C(5)O(52)	116(3)
O(51)C(5)O(52)	125(0)
O(52) ...H*(5) ... O (52)	180(5)
H(6)C(6)O(61)	123(3)
H(6)C(6)O(62)	112(2)
O(61)C(6)O(62)	125(0)
O(62) ...H*(6) ... O (62)	180(0)

ბოლოს, შევეხებით განხილული თემის ეკოლოგიური ქიმიის ცალკეულ ასპექტს; წყალბადური ბმა, რომელიც ძირითადი სტრუქტურული ერთეული ჰიდრონაერთების მუდმივი ბუნების განსაზღვრაში, საერთოდ მნიშვნელოვან როლს თამაშობს სასიცოცხლო პროცესებში კერძოდ, წყლის ყინულოვანი მასის შენარჩუნებისათვის დედამიწაზე, თავის ტვინის ზოგირთი ფიზიოლოგიური ფუნქციის განხორციელებაში და სხვა. მეორეს მხრივ, როგორც დასაწყისში აღინიშნა მეცნიერებაში დღემდე სადავოა საკითხი წყალბადური ბმის ბუნების შესახებ; ერთმნიშვნელოვნად აღიარებულია, რომ წყალბადური ბმის ენერგია მნიშვნელოვნად მცირეა კოვალენტურ ბმასთან შედარებით, ამიტომ ადვილად იშლება მათ შორის, შეცვლილი ეკოლოგიური გარემოს პირობებშიც \შევნიშნავთ, რომ წყალბადური ბმის გახლეჩა რიგი მოვლენების დროს ნორმალური პროცესის შედეგად შეიძლება იყოს. ამდენად, ჩვენ საზი გვინდა გავუსვათ გარემოს ეკოლოგიური დაბინძურების უაღრესად საშიშ მასშტაბებს, რომლის შედეგებმა „ასახვა“ კპოვა ქიმიური მეცნიერების ზემოთ მითითებულ სფეროშიც.

ლიტერატურა

1. Remsden E.N.-Introduction to modern chemistry, W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1990.
2. Степанов Н.Ф. – Водородная связь. Соровский образовательный журнал т-7, №2 2001
3. Frenz B. A. Schenk H., Oltpflazerkamp K., Vankoningsveld H., rassi G. C. Heland: Delft, 1978, p.4.

Sodium Hydroformate structure – Some Aspects of Inorganic and Environmental Chemistry

Chubinidze A., Endeladze N., Bregadze N.

Akaki Tsereteli State University

Summary

According to basic properties of crystal structure of pseudohydrocompounds, Hydrogen bond has been investigated.

On based of exiting literature and with respect to researches of crystal structure of Natrium pseudohydroformate, Hydrogen bond features is considered.

General parameters of investigated structures: $a=0,040(3)$, $b=9,266(4)$, $c=9,593(2)$, $\alpha=83,42(3)$, $\beta=111,68(2)$, $\gamma=109,91(2)$, $\rho_{calc}=1,617(4)$ g/sm³. $z=6$.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ლითონთა უმცველობის განსაზღვრის უმსახეზ ზობიერთი
მცენარის ნაყოფში

ჩუბინიძე ა., ენდელაძე ნ., ბრეზაძე ნ.
 აკაკი წერეთლის სახელწიფო უნივერსიტეტი

რენტგენული სპექტრომეტრის (Skyray EDX Packet III. X-ray Fluorescence Spectrometer) საშუალებით შესრულებულია ქიმიური, ელემენტური ანალიზი კონტაქტური და სისტემური შხამქიმიკატით - (კორსუბერი) შეწამლული ნიმუშებისა. ამჯერად ანალიზის ობიექტად შერჩეულია ყურძნის მარცვალი. ანალიზის მონაცემები მიღებულია 28 ქიმიური ელემენტისათვის.

მიღებული მონაცემების საფუძველზე გამოთქმულია საგარეულო მოსაზრება, რომ სისტემური შხამქიმიკატის - კორსუბერის ქიმიური ფრაგმენტები აკუმულირდება მცენარის ნაყოფში.

საკითხი შხამქიმიკატების მცენარეებზე ქიმიური ზემოქმედების შესახებ მრავალი (არა ყველა) ფუნგიციდისათვის არის გამოკვლეული; სახელდობრ, ლიტერატურაში [1] მითითებულია სისტემური შხამქიმიკატის მეტაბოლიზმის პროცესი მცენარეებში; რაც შეეხება წინამდებარე სამუშაოს, აქ საანალიზო ნიმუშად შერჩეულია კულტურული ვახის ჯიში - ცოლიკოური, კერძოდ, მისი ერთ-ერთი სახეობა, რომელიც აღებულია სოფელ II ობჩაში (ბაღდადის რაიონი) გაშენებული ვენახიდან. ჩვენს მიერ შესწავლილი ლიტერატურული მონაცემები იძლევიან შესაძლებლობას, დავასკვნათ, რომ ვახის მითითებული ჯიშის ნაყოფი, რომელიც განსაკუთრებული გამძლეობით გამოირჩევა, არ არის გამოკვლეული ფუნგიციდების ზემოქმედების თვალსაზრისით. მითითებული ობიექტი გამოუკვლეველია აგრეთვე რენტგენული სპექტრომეტრით.

ჩვენს მიერ საკვლევი ნიმუშის მომზადება მოხდა დამწიფებული ყურძნის მარცვლის - ქიშმიშის სახით. დაქიშმიშება მიმდინარეობდა ბუნებრივად, ჰაერზე რამოდენიმე თვის განმავლობაში. დაქიშმიშებული ყურძნის მარცვალი ქუცმაცდებოდა მექანიკურად და ამგვარი სახით ხდებოდა მისი გამოკვლევა რენტგენულ სპექტრომეტრზე (Skyray EDX Packet III. X-ray Fluorescence Spectrometer).

ცხრილში მოყვანილია ქიმიური, ელემენტური ანალიზის შედეგები მიღებული რენტგენული სპექტრომეტრის საშუალებით 28 ქიმიური ელემენტისათვის. ყურძნის მარცვალი (ქიშმიში) 2 ნიმუშის სახით არის წარმოდგენილი: პირველი ნიმუში, რომელიც შეიწამლებოდა კონტაქტური შხამქიმიკატით – შახიამნით: მეორე ნიმუში, აღებულია იგივე ჯიშის ვახიდან, რომელიც შეიწამლებოდა სისტემური ფუნგიციდით – კორსუბერით. შევნიშნავთ, რომ კორსუბერის, ისევე როგორც ვახის შესაწამლად გამოყენებული სისტემური შხამქიმიკატების უმრავლესობის ძირითადი მოქმედი ნივთიერებაა ცინები, რომელიც მნიშვნელოვანწილად განაპირობებს კორსუბერის ტოქსიკურობას. ლატერატურაში [2-3] მითითებულია ყურძნის წვეწვის ქიმიური შედგენილობა; ხოლო ნაშრომებში [4-5], როგორც ყურძნის წვეწვის, ასევე მარცვლის (ყურძნის მტვეწის) ქიმიური ანალიზის შედეგები. სამუშაოთა ავტორები არ მიუთითებენ თუ რომელი შხამქიმიკატით იყო შეწამლული ყურძნის შესაბამისი ნიმუშები. ვიდრე გადმოვცემდეთ ჩვენი ექსპერიმენტის შედეგების ლიტერატურულ მასალასთან შედარებით ანალიზს აღვნიშნავთ, რომ რენტგენული სპექტრომეტრის მითითებული სახეობა, რომელიც გამოყენებულია ჩვენი ექსპერიმენტის პროცესში, ტექნიკურად არ ითვალისწინებს ისეთი არამეტალების განსაზღვრას როგორებიცაა: წყალბადი, ჟანგბადი, ნახშირბადი, აზოტი, ფოსფორი, გოგირდი. მეორეს მხრივ, მითითებული ელემენტ-არამეტალების განსაკუთრებით, წყალბადისა და ჟანგბადის შემცველობა (≈ 80 მასური%) ყურძნის მარცვალში, მაღალია. ამდენად, შედარებითი ანალიზის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნას ეს უკანასკნელი მდგომარეობა.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ვაგრძელებთ რა შედარებით დახასიათებას, შევნიშნავთ, რომ ჩვენს მიერ განსაზღვრული 28 ელემენტიდან უმრავლესობა (20 ქიმიური ელემენტი) აგრეთვე აღმოჩენილია ავტორთა [4-5] მიერ ჩატარებული ყურძნის მარცვლის ქიმიური ანალიზის შედეგად. პირიქით – ჩვენ ნიმუშებში არ აღმოჩნდა სკანდიუმი, ირიდიუმი, თალიუმი, რომლებიც აღწერილია უკანასკნელად მითითებულ ლიტერატურაში. ეს ბუნებრივი პროცესია, რადგან როგორც მიუთითებენ [5] „ქიმიური ელემენტების შემცველობის მიხედვით ყურძნის ჯიშები დიდად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან.“ ამასთან, ჩვენი ცხრილის მონაცემების მიხედვით ყურძნის მარცვალში ყველაზე დიდი შემცველობითაა კალიუმი და კალციუმი, რაც აგრეთვე შეესაბამება ლიტერატურულ მონაცემებს – (6,5 და 2,95% [5]–შესაბამისად). რაც შეეხება ჩვენი ცხრილის ექსპერიმენტალური მონაცემების „შიგა“ შედარებას, იგი უჩვენებს, რომ სისტემური შესამქიმიკატი – კორსუბერით შეწამლული ყურძნის მარცვალში ძირითადი ელემენტების შემცველობა გაზრდილია (გარდა დარიშხანისა და კალიუმისა) შედარებით ყურძნის მარცვლის იმ ნიმუშთან, რომელიც იწამლებოდა კონტაქტური ფუნგიციდით (დარიშხანთან დაკავშირებით შევნიშნავთ, რომ ვაზი იწამლებოდა აგრეთვე კოლოიდური გოგირდით, რომელიც შეიცავს დარიშხანს.)

მაშასადამე, როგორც ჩანს, სისტემური შესამქიმიკატი – კორსუბერი უფრო უწყობს ხელს ქიმიური ელემენტების „დაკავებას“, ვიდრე კონტაქტური ფუნგიციდი. ვფიქრობთ, რომ ამ პროცესის მასტიმულირებელი უნდა იყოს სისტემური შესამქიმიკატების საერთო თვისება, რომ ისინი შედიან მცენარის წვეწვში განსხვავებით კონტაქტური პესტიციდებისაგან.

ლიტერატურული მასალისა და ჩვენს მიერ მიღებული ექსპერიმენტალური მონაცემების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ სისტემური შესამქიმიკატის - კორსუბერის ქიმიური ფრაგმენტები აკუმულირდება ყურძნის წვეწვში რაც, ცხადია, ამ უკანასკნელს ეკოლოგიურად დააბინძურებს. მიგვაჩნია, რომ ამ მიმართებით საბოლოოდ ჩამოყალიბებული დასკვნის გაკეთებისათვის საჭიროა ექსპერიმენტალური სამუშაოების შემდგომი ვაგრძელება, განსაკუთრებით, არამეტალების შემცველობის განსაზღვრის თვალსაზრისით.

ცხრილი - რენტგენული სპექტრომეტრით ჩატარებული ყურძნის მარცვლის ქიმიური ანალიზის შედეგები და შესაბამისი დიაგრამა

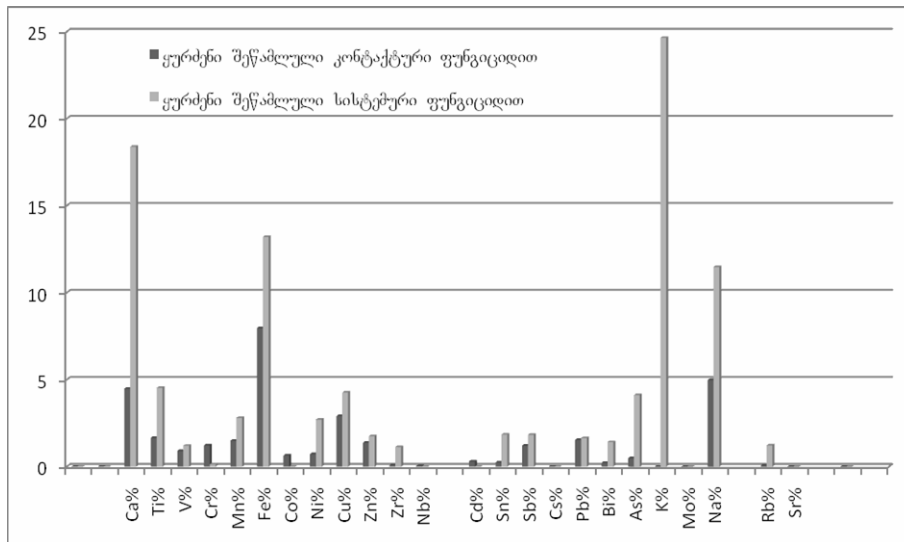
ელემენტები	ყურძენი შეწამლული კონტაქტური ფუნგიციდით	ყურძენი შეწამლული სისტემური ფუნგიციდით
Ca%	4,48	18,38
Ti%	1,65	4,53
V%	0,9	1,2
Cr%	1,22	0,13
Mn%	1,49	2,8
Fe%	7,96	13,2
Co%	0,64	-----
Ni%	0,72	2,7
Cu%	2,91	4,26
Zn%	1,38	1,75
Zr%	0,08	1,13
Nb%	0,03	-----
Ag(ppm)	391	377
Cd%	0,3	-----



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



Sn%	0,24	1,84
Sb%	1,21	1,83
Cs%	----	-----
Pb%	1,54	1,64
Bi%	0,4	1,41
As%	3,74	4,11
K%	63,8	24,64
Mo%	----	-----
Na%	4,98	11,47
Se(ppm)	482	512,5
Rb%	0,1	1,22
Sr%	---	-----
In(ppm)	202	693,78
Hg%	----	-----



დიაგრამაში არ არის შეტანილი მონაცემები იმ სამი ელემენტის შესახებ, რომელთა მასური პროცენტები მნიშვნელოვნად მცირე სიდიდით ხასიათდებიან.

შეგნიშნავთ, რომ წინამდებარე სამუშაოსათვის ნიმუშები შერჩეული იქნა რამოდენიმე წლის უკან. მიმდინარე მომენტისათვის /სექტემბერი, 2015 წელი/, მიწის იმავე ფართზე გაშენებული ვაზის მდგომარეობის შესახებ თუ ვიმსჯელებთ /ვიზუალური დაკვირვებით/, კონტაქტურ ფუნგიციდს – შაბიამანს „უჭირს“ ვაზის დაცვა მაგალითად, მზის გამოსხივებისაგან და ა. შ. ასე, რომ ჩვენი აზრით, გამოსავალი მდგომარეობს არა შესამქიმიკატების ძიებაში, არამედ „ბუნების საშუალებით ბუნების დაცვაში“ /პროფესორი რ. გახოკიძე/ ანუ ადამიანის ბუნებისადმი მართებული დამოკიდებულების ჩამოყალიბებაში რაც, გათვითცნობიერებული გვაქვს, თაობათა პრობლემაა.

ლიტერატურა

1. Мельников Н.М., - Пестициды, М., химия, 1997.
2. Chemistry in winemaking D. Robert Strerlok; cross rouds winemaking – 2010.
3. Chemistry of wine flavor – A. L. waterhouse, S.E. Ebeler. ACS symposium, ser; es 714. 2004.
4. თ. კობაიძე, ყურძნის პროდუქტთა მინერალური ნივთიერებანი. „საბჭოთა საქართველო“ თბილისი, 1982.
5. ს. ღურმიშიძე, თ. ხაჩიძე, ვაზის ბიოქიმია, “მეცნიერება”, თბილისი. 1995.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



Determination of metal content in some plant fruit.

A. Chubinidze, N. Endeladze, N. Bregadze
 Akaki Tsereteli State University.

Summary

Using X-ray spectrometer (Skyray EDX Packet III. X-ray Fluorescence Spectrometer), chemical analysis of patterns sprinkled with contact and system (Corsuber) pesticides has been carried out. At that time grain of grapes has been investigated. It is given data about 28 chemical elements. On the, base of obtained results, it is, expressed an ipinion, that chemical fragments of system (Corsuber) pesticides is accumulated in the fruit of plant.

პლასტმასის ნარჩენების დახარისხებული შეფროვება და გადაამუშავება, როგორც ბარემოზე ზემოქმედების შედეგებისა და ენერგოეფექტურობის ამაღლების საშუალება ქ.ქუთაისის მახლობლად.

ცხაკაია ძ., გამყრელიძე ე.,
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

როგორც ცნობილია, ნარჩენები წარმოადგენს რესურსების უზამაზარ დანაკარგს, როგორც მასალების, ისე ენერჯის სახით. ამასთან ერთად, ნარჩენები გარემოს დაბინძურების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი წყაროა. ნარჩენების ნაგავსაყრელებზე განთავსება და დაწვა ხელს უწყობს ჰაერის, წყლისა და ნიადაგის დაბინძურებას და წარმოქმნის სხვა არასასურველ გარემოებებს. განვითარებულ ქვეყნებში ნარჩენების მართვის პოლიტიკაში უკვე მიღწეულია გარკვეული წარმატება, კერძოდ, გაიზარდა ნარჩენების გადამუშავება და შემცირდა მუნიციპალური ნარჩენების წვის შედეგად მავნე აირების ემისია გარემოში.

წარმოების ყოველი პროცესი წარმოქმნის ნარჩენების ამა თუ იმ ფორმას და ბაზარზე გამოსული ყველა მასალა ადრე თუ გვიან ნარჩენებად იქცევა. შედეგად, მუდმივად იზრდება წარმოქმნილი ნარჩენების რაოდენობა.

ნარჩენების წარმოქმნის სწრაფი ზრდა, ნარჩენებით გარემოს უკონტროლო დაბინძურება ერთ-ერთ აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს ასევე საქართველოსთვის, როგორც განვითარებადი ქვეყნისათვის. პრობლემები, რომლებსაც იწვევს ნარჩენების წარმოქმნა სპეციფიკური და ამავდროულად კომპლექსურია. მომდევნო წლებში მნიშვნელოვნად უნდა შეიცვალოს საქართველოს ნარჩენების მართვის სექტორი. ევროკავშირთან ასოცირების შეთანხმებით ნაკისრი ვალდებულებების თანახმად ქვეყანაში უნდა ჩამოყალიბდეს ნარჩენების მართვის სისტემა, რომელიც შესაბამისობაში იქნება ევროკავშირის მოთხოვნებთან.

ამ თვალსაზრისით, განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ნარჩენების დახარისხებული შეფროვების მხრივ ქ.ქუთაისის გამოცდილებას, რომელიც ჩამოყალიბდა ევროკავშირის შავი ზღის პროგრამის მხარდაჭერით განხორციელებული პროექტის “ნარჩენების მართვის ინოვაციური მეთოდების დანერგვა საქართველოს. მოლდოვასა და სომხეთის შერჩეულ ქალაქებში” ფარგლებში. კერძოდ, ქუთაისში დაინერგა პლასტმასის ნარჩენების დახარისხებული შეფროვება.

ქუთაისში ერთი წლის განმავლობაში საშუალოდ გროვდება 240 000 მ³ –მდე მუნიციპალური ნარჩენი.

მუნიციპალური ნარჩენების წარმოქმნის წყაროებს მიეკუთვნება:

- საოჯახო მეურნეობები. კერძოდ, კერძო სახლებსა და მრავალსართულიან შენობებში მცხოვრები ოჯახები;
- წარმოება-დაწესებულებები;
- სასწავლო დაწესებულებები (უნივერსიტეტები, სკოლები, სკოლამდელი დაწესებულებები)



ლები);

- მომსახურების სფერო (სავაჭრო და კვების ობიექტები);
- სახელმწიფო და არასამთავრობო ორგანიზაციები;
- სხვა ანალოგიური დანიშნულების ორგანიზაციები.

ბოლო წლებში ქუთაისისათვის დამახასიათებელი გახდა ნარჩენების დღიური წარმოქმნის ზრდა. ასე, ერთ სულ მოსახლეზე ნარჩენების რაოდენობა 2014 წლის მონაცემებით გაიზარდა 7%-ით წინა წელთან შედარებით. ქუთაისში ნარჩენების წარმოქმნის მაჩვენებელი ერთ სულ მოსახლეზე დღეში საშუალოდ შეადგენს 0,85 კგ.

მოსალოდნელია, რომ ნარჩენების წარმოქმნა გაიზრდება და 2034 წლისათვის შეადგენს 72 433 ტ/წელიწადში [2].

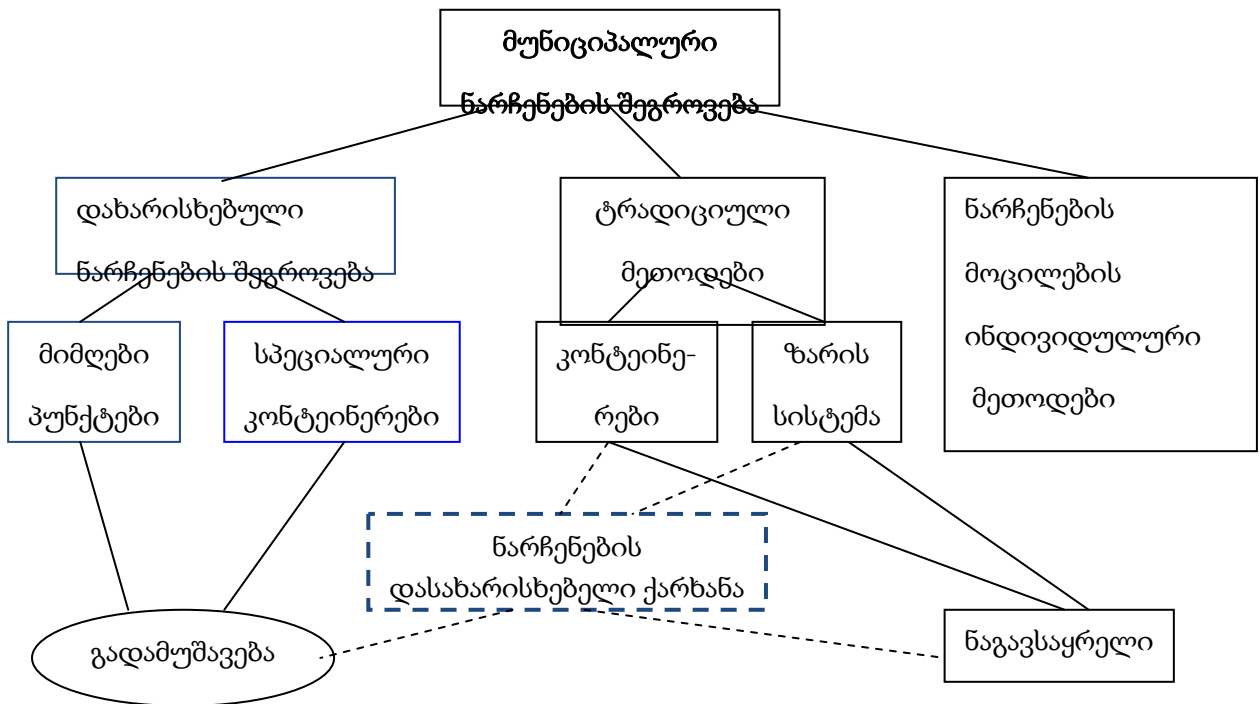
ნარჩენების სეპარირებისა და გადამუშავების თვალსაზრისით, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ქუთაისში წარმოქმნილი ნარჩენების შედგენილობა.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტში განხორციელებული კვლევის შედეგად, ქ. ქუთაისში 2010-2011 წლებში წარმოქმნილი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების საშუალოწლიური შედგენილობა განისაზღვრა შემდეგნაირად: პლასტმასები - 13,5%, მაკულატურა - 10,72%, მეტალები- 3%-მდე, მინა - 4,02%, საკვების ნარჩენები - 43,7% [1].

ქ. ქუთაისში გენერირებული ნარჩენების 70-80% ექვემდებარება გადამუშავებას (რეციკლირებას ან ხელმეორედ გამოყენებას).

ნარჩენების გადამუშავება და ხელმეორედ გამოყენება მოითხოვს ნარჩენების დახარისხებული შეგროვების სხვადასხვა სქემების დანერგვას.

ქ.ქუთაისში მუნიციპალური ნარჩენების შეგროვების არსებული და პროგნოზირებადი (წყვეტილი ხაზით) სისტემა ნაჩვენებია სქემაზე (ნახ.1).



ნახ. 1. ქ.ქუთაისში ნარჩენების მართვის სტრუქტურა.

ამჟამად სეპარირებული ნარჩენების შეგროვების მიზნით ქ.ქუთაისში გამოიყენება სპეციალური კონტეინერების სისტემა. ქალაქის ტერიტორიაზე დაიდგა სპეციალური კონტეინერები მოცულობით 1,1მ³, სულ 100 კონტეინერი. კონტეინერების განთავსების ადგილები მაქსიმალურად მიახლოებულია ნარჩენების წარმოქმნის წყაროებთან. აღნიშნული სქემა ორიენტირებულია მოსახლეობის აქტიურ ჩართულობაზე ამ პროცესში: მო-





III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



საქართველოს მცირე მდინარეები, მოსალოდნელი წყალდიდობები და პრევენციული ღონისძიებები

ბორჯაბე ა., ჟორჟოლიანი ც.
აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საქართველო ჰიდროლოგიური რესურსებით მდიდარი ქვეყანაა. მის ტერიტორიაზე მიედინება 26 060 დიდი და მცირე მდინარე, რომელთა საერთო სიგრძე 957 კმ-ია. ყველაზე წყალუხვი მდინარეა მდ. რიონი. 12,6 კმ³. შემდეგ მოდის მტკვარი 8,2 კმ³. მას მოყვება შემდეგ სხვა დიდი და პატარა მდინარე (ენგური, ცხენისწყალი, არაგვი, ჭოროხი და სხვა).

მიუხედავად იმისა, რომ საქართველო (განსაკუთრებით დასავლეთ საქართველო) მდიდარია მდინარეებით და რელიეფიც იძლევა იმის შესაძლებლობას, რომ ისინი ფართოდ იქნენ გამოყენებული ენერგო რესურსის მისაღებად. ჩვენ განვიცდით ელექტროენერჯის ნაკლებობას, სარწყავი მიწების გაუწყლოებას, ტექნიკური და სასმელი წყლის სიმცირეს, რადგან ჯეროვნად ვერ ვიყენებთ ამ აღდგენით რესურსს. იყო დრო როდესაც საქართველოში მხოლოდ სამი ჰიდროელექტროსადგური არსებობდა ბორჯომის (რომანოვების მიერ აგებული) ზაჰესი და რიონჰესი. მაშინ ელექტრო ენერჯის მოხმარება ძირითადად ხდებოდა განათების მიზნით. დღეს ბევრად გაზრდილია ელექტრო ენერჯიაზე მოთხოვნილება, რადგან მრეწველობა, სოფლის მეურნეობა, ტრანსპორტი, ყოფაცხოვრება მოითხოვს ენერჯის კოლოსალურ რაოდენობას. დღითი-დღე იზრდება და ვითარდება ტექნოლოგიები და მასთან ერთად მოთხოვნილებაც ელექტრო ენერჯიაზე. ამიტომ დღის წესრიგში დადგა ახალი ჰესების მშენებლობის საკითხი. ხშირად ჰესების მშენებლობას მოყვება მოსახლეობის პროტესტი, რაც უმეტეს შემთხვევაში ხდება გაუთვითცნობიერებლად. რისთვისაც საჭიროა მოსახლეობასთან ახსნა-განმარტებითი საუბრების ჩატარება და თვითშეგნების დონის ამაღლება. დიდი ჰესების მშენებლობის გარდა საჭიროა მცირე ჰესების მშენებლობაც, რომლებიც ძირითადად ადგილობრივ მოსახლეობას უზრუნველყოფს ელექტრო ენერჯით. საქართველოში მრავალ პატარა მდინარეზე ფუნქციონირებდა მცირე ჰესები. (მდ. ცხენისწყალზე, მდ. ოკაცეზე და სხვა). თუ კი ეს გამოცდილება ფართოდ დაინერგება, ელენერჯის დეფიციტი პრობლემა მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდება. მაგრამ მცირე მდინარეები არცთუ იშვიათად მნიშვნელოვან პრობლემასაც უქმნის მოსახლეობას. ხშირია წყალმოვარდნების, ჩახერგილობის, დატბორვის მაგალითები, რასაც მოჰყვება ეკონომიურ ზარალთან ერთად ადამიანთა მსხვერპლიც.

წყალდიდობები დამახასიათებელია საქართველოს როგორც ბარის, ისე საშუალო და მაღალმთიანი მდინარეთა აუზებისათვის, რაც ხშირად საკმაოდ დიდი ზარალის გამომწვევია. მაგ. 1987 წლის იანვარში წყალდიდობამ დიდი ზარალი მიაყენა საქართველოს რესპუბლიკას. დაინგრა და დაზიანდა 5150 საცხოვრებელი სახლი, 16 კმ. რკინიგზა, 130 კმ. საავტომობილო გზა. დაზიანდა ელექტრო და კავშირგაბმულობის სისტემები. ზარალმა 380 მილიონ დოლარს გადააჭარბა.

საქართველოს ტერიტორიაზე ხშირი წყალდიდობები გამოწვეულია კლიმატისა და რელიეფის თავისებურებით. 2005–2008 წლამდე საქართველოში დარეგისტრირებული იქნა 50-ზე მეტი დიდი წყალდიდობა. რეგიონებს, სადაც ხშირია წყალდიდობები მიეკუთვნება რაჭა-ლეჩხუმი, ლენტეხის, ცაგერის, გურიის, სამეგრელოს, ზემო სვანეთის, აჭარის, კახეთისა და ქართლის რეგიონები, რომელიც ხშირად განაპირობებს ეკოლოგიური ლტოლვილების წარმოშობას ამ ტერიტორიებზე.

ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში ნაჩვენებია 1995–2010 წლებში საქართველოში წყალდიდო-



III სამერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ბებისა და წყალმოვარდნების შემთხვევები და მათგან გამოწვეული ზარალისა და მსხვერპლის რაოდენობა.

ცხრილი 1

წლები	შემთხვევათა რიცხვი	ზარალი მილიონ ლარებში	მსხვერპლის რაოდენობა
1995	4	3,2	1
1996	11	28,5	1
1997	12	38	0
1998	2	2	1
1999	8	30,5	1
2000	2	2	0
2001	4	4,1	0
2002	16	78,7	0
2003	6	4,2	2
2004	10	20,5	1
2005	20	80	4
2006	8	15	1
2007	7	40,3	1
2008	16	38	3
2009	20	30	5
2000	18	20,7	3

სულ 15 წლის (1995–2010) მანძილზე საქართველოში მოხდა 164 წყალდიდობა და წყალმოვარდნა, ზარალმა მიაღწია 435,7 მილიონ ლარს და დაიღუპა 24 ადამიანი. უკანასკნელი პერიოდის წყალმოვარდნიდან თავისი ეკონომიური ზარალისა და მსხვერპლთა რაოდენობის მიხედვით ერთ–ერთი მნიშვნელოვანია მდინარე ვერეს მოდიდებით გამოწვეული ზარალი და ადამიანთა მსხვერპლის რაოდენობა. რომლის თავიდან აცილება პრაქტიკულად შეუძლებელი იყო, თუმცა ზარალისა და მსხვერპლთა რაოდენობის მკვეთრად შემცირება არ წარმოადგენდა დიდ სიძნელეს. რომლის მიზეზი იყო წლების მანძილზე მოსალოდნელი საფრთხის უგულვებლყოფა. მდინარე ვერაზე ეს უკანასკნელ ერთ საუკუნეში უკვე მესამე შემთხვევა იყო.

დღითი დღე თვალსაჩინო ხდება გლობალური კლიმატური ცვლილებების შედეგები. ამასთან დაკავშირებით მოსალოდნელია თავსხმა წვიმები, რასაც მოყვება წყალმოვარდნები, მეწყერული მოვლენები, დატბორვები ხეობების ჩახერგვა და მსგავსი მოვლენები.

მოსალოდნელი საფრთხეების თავიდან აცილებისათვის არსებობს მსოფლიოში აპრობირებული უამრავი ღონისძიება, რომელთა შორის მნიშვნელოვანია ოპერატიული და ტექნიკური მეთოდები.

ოპერატიული ღონისძიებები გულისხმობს საინფორმაციო გამაფრთხილებელ ღონისძიებათა სისტემის განხორციელებას (მოსახლეობის ევაკუაცია, მატერიალური ფასეულობის გატანა, ჯებირების გამაგრება და სხვა).

ტექნიკური ღონისძიებები ატარებს პრევენციულ ხასიათს, რომელთა განხორციელებისათვის აუცილებელია სპეციალური საინჟინრო ნაგებობების მშენებლობა, რომელიც თავის მხრივ დიდ კაპიტალდაბანდებას საჭიროებს.

ამ ღონისძიებათა შორის აღსანიშნავია: მდინარის კალაპოტში შენაკადის რეგულირება. მომატებული წყლების გადაგდება.

1. მდინარის კალაპოტის გასწორსაზოვანება ან ჩაღრმავება.
2. ნაპირსამაგრი ნაგებობების მშენებლობა.



3. ტყის დამცავი ზოლების გაშენება, ფერდობების განივი დახვნა.
4. სანაპირო წყალდამცავი მცენარეული საფარის შენარჩუნება და გაშენება.
5. ფერდობების დატერასება.
6. საგანგებო სიტუაციის ინფორმაციის დროული მოპოვება და მიწოდება შესაბამის ორგანოებისათვის.
7. მეწვერსაშიში და დატბორილი ზონებიდან მოსახლეობის დროული ევაკუაცია.

სამწუხაროდ წლების მანძილზე ჩამოთვლილი პრევენციული ღონისძიებები უგულებელყოფილია. რისი მაგალითიც იყო ამ უკანასკნელ წლებში რიკოთას უღელტეხილზე დატრიალებული ტრაგედია და მდინარე ვერეს წყალმოვარდნა.

უკანასკნელის შემთხვევაში მეწვერის ჩამოწოლისა და მდინარის ჩახერგვის შესახებ ინფორმაცია შესაბამის ორგანიზაციებს ჰქონდათ, მაგრამ არაფერი გაკეთდა გზის გადასაკეტად და მოსახლეობის ევაკუაციისათვის. გზის გადაუკეტაობის გამო მოსახლეობა თავისუფლად შედიოდა საშიშ ზონაში, რამაც მსხვერპლის რაოდენობა გაზარდა.

აღმოსავლეთ საქართველო სარწყავი წყლის ნაკლებობას განიცდის აქ არსებულ ეკოლოგიურად საშიშ მდინარეებზე უნდა მოეწეოს ხელოვნური წყალსატევები, სადაც მოხდება ჩამონადენის შეგუბება და მისი წყლის გამოყენება სარწყავად და ასაქცევი არხით საშიშ ზონებზე მისი არიდება.

საჭიროა ასევე მცირე მდინარეთა კალაპოტების გაწმენდა და მათზე გადადგმული ნაგებობების (ავტოფარეხები, საქათმეები, ბოსელი, საპირფარეშო და სხვა) დემონტაჟი.

საქართველოში 2004 წლიდან არსებობს საგანგებო სიტუაციების მართვის დეპარტამენტი; ხოლო 2006 წლიდან გარემოს დაცვის სამინისტროს სტრუქტურაში მონიტორინგისა და პროგნოზირების ცენტრი, რომელთა მოვალეობაა კატასტროფების რისკის მართვა, რომელთა საქმიანობა ჯერ კიდევ განვითარებასა და დამუშავებას საჭიროებენ.

ლიტერატურა

1. საქართველოს ტერიტორიისათვის დამახასიათებელი ბუნებრივი სტიქიური მოვლენების საფრთხეებისა და რისკების ატლასი. 2012 წ.
2. ჟორჟოლიანი ც., გორდაძე ე., კონსერვაციული ბიოლოგია და საქართველოს დაცული ტერიტორიები. 2007 წ.
3. ჟორჟოლიანი ც., გორდაძე ე., ბუნების დაცვა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენება., 2010 წ.

Small Rivers of Georgia, Possible Floods and Preventive Measures

Gordadze E., Zhorzholiani Ts.
 Akaki Tsereteki State University

Summary

Floods are typical of lowland as well as mountain river basins of Georgia, which frequently results in considerable damage. Over 15 years (1995-2005) there have been 164 cases of floods and flash flooding. The damage equalled 435,7 million GEL and 24 people were killed. There are operational and technical methods of flood prevention. It is important to make use of small rivers, build power stations and regulate water resources.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ენერგოეფექტურობა – თანამედროვეობის გლობალური პრობლემა

ჟორჟოლიანი ც., გორჯაძე ე.

აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

დღეს ჩვენ ისეთ ეპოქაში ვცხოვრობთ, სადაც ერთმანეთზეა გადაჯაჭვული ეკონომიკა, ენერგეტიკა და ეკოლოგია. ეს არის სამი მამოძრავებელი ძალა, რომელიც განაპირობებს ცხოვრების დონეს, ადამიანის ჯანმრთელობას, მის შრომისუნარიანობასა და სიცოცხლის ხანგრძლივობას.

ენერგია იყო და დარჩება ადამიანის არსებობის აუცილებელ პირობად, რადგანაც მის გარეშე შეუძლებელია სრულფასოვანი ცხოვრების პირობების შექმნა. კაცობრიობამ გრძელი გზა გაიარა ენერგეტიკული რესურსების აღმოჩენის, მოპოვებისა და გამოყენების ხერხების დასაუფლებლად. მე-20 საუკუნის მეორე ნახევრიდან მეცნიერულ-ტექნიკურმა პროგრესმა განაპირობა ისეთი რესურსების გამოყენების შესაძლებლობა, რომლებიც უწინ რესურსად არ მიიჩნეოდა. ეს რესურსები პოტენციური ანუ მომავლის რესურსებია (პოლარული მყინვარები, აისბერგები, სიღრმეში (1კმ-ზე უფრო ღრმად) მოთავსებული მიწისქვეშა წყლები, მსოფლიო ოკეანის მინერალური რესურსები და სხვ.

საზოგადოებრივი წარმოების განვითარება ენერგიის გაზრდილ მოხმარებას საჭიროებს, რის გამოც მათი მარაგი მცირდება, ამასთან მის მოპოვებასა და გადაამუშავებას თან ახლავს დარღვეული ტერიტორიების, გამოუყენებელი ნარჩენების, მწყობრიდან გამოსული სავარგულების გაზრდა, ტყით დაფარული ტერიტორიების შემცირება, ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს დაბინძურება, კლიმატის გლობალური ცვლილებები და სხვა არასახარბიელო ეკოლოგიური პროცესები.

მეცნიერული კვლევებით დადგენილია, რომ ტრადიციული ენერგორესურსების ამოწურვის ვადები დაჩქარებულია მათი მოხმარების ტემპიდან გამომდინარე. ვარაუდობენ, რომ ქვანახშირის მარაგი კაცობრიობას ჯერ კიდევ 270 წელი ეყოფა, ურანი 100 წ. ბუნებრივი გაზი და ნავთობი –35–50 წლამდე. გაეროს მონაცემებით XXI საუკუნის ბოლოს კაცობრიობის რიცხვი 12–15 მილიარდს მიაღწევს, რაც ენერგომომარაგების პრობლემას კიდევ უფრო მწვავედ დააყენებს. პრობლემის გადაჭრა მხოლოდ ენერგიის განახლებადი რესურსების ხარჯზე იქნება შესაძლებელი; ამასთან ამ პრობლემის მოგვარებას ხელს შეუწყობს ენერგიის ეფექტური გამოყენების (ენერგოეფექტურობა) გზების მოძიება. ენერგოეფექტურობის გაზრდა გულისხმობს იმავე ეკონომიკური ან სოციალური შედეგების მიღწევას ნაკლები ენერგიის გამოყენებით. საერთაშორისო ორგანიზაციების მონაცემებით 1997–დან 2020 წლამდე ელექტროენერგიის წარმოების მოცულობის ზრდა ყოველწლიურად 2,7 %-ით იქნება საჭირო. დღეს ტრადიციული ენერგორესურსებიდან ნავთობის პოტენციური მარაგი 250–400 მლრდ. ტონაა, დაძებნილი მარაგი – 100 მლნ. ტონა. მოპოვებული ნავთობის 90% საწვავად გამოიყენება, თუმცა იგი ძვირფასი ნედლეულია ქიმიური მრეწველობისათვის. დღეს მსოფლიოში წარმოებული ენერგიის 39–40 % ნავთობის წილზე მოდის. საქართველოს ტერიტორიაზე ისტორიულად ნავთობის დიდი მარაგი არსებობს (15 საბადო) . თუმცა მისი მოპოვება და გადაამუშავება დღეს არ წარმოებს.

ბუნებრივი გაზის 90% ნახშირწყალბადებია (ძირითადად მეთანი), რომელიც ორგანული წარმოშობისაა. საქართველოში დღემდე 0,3 მლრდ მ³ ბუნებრივი გაზია მოპოვებული. ბუნებრივი აირის პროგნოზირებული რაოდენობა 2,5 მლრ.მ³-ით განისაზღვრება. (ზოგიერთი წყაროების მიხედვით 90 მლრდ მ³) . ნავთობი და ბუნებრივი გაზი ეკოლოგიური პოზიციებიდან შედარებით სუფთა საწვავია.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ქვანახშირი ტრადიციული ენერჯის წყაროა, რომლის გამოყენებას საკმაოდ დიდი ხნის ისტორია აქვს. ვარაუდობენ რომ მისი მარაგი 15000 მლრდ ტონაა. ყოველწლიურად ვიყენებთ 2 მილიარდ ტონას. საქართველოში ნახშირის სავარაუდო მარაგი 745 მლნ ტონაა. ნახშირის ენერგოშემადგენლობა მკვეთრად ჩამორჩება ნავთობის ამავე მაჩვენებელს, ამავე დროს იგი ეკოლოგიურადაც უფრო დამაბინძურებელ საწვავს წარმოადგენს გარემოსათვის, ვიდრე ზემოაღნიშნული წიაღისეულები.

ატომურ ენერგეტიკას არც თუ დიდი ხნის ისტორია აქვს. ურნის რესურსების მარაგი 100 მლნ. ტონით განისაზღვრება. იგი სულ უფრო დიდ ადგილს იჭერს ენერგეტიკაში. გათვლებით 2020 წლისათვის ატომური ელსადგურების მიერ მოცემული ენერჯია მთელი ენერჯის 20–30 % მიაღწევს. ამ ენერჯიას უპირატესობა აქვს სხვა სახის ენერჯიასთან შედარებით. 1 გ. ურან–238 –ის დაშლით გამოიყოფა 3 მლნ ჯერ მეტი ენერჯია ვიდრე 1 გ ანტრაციტის დაწვისას. ატომურ ენერგეტიკაზე დღეს ელ. ენერჯიის მხოლოდ 17 % მოდის. ატომური ენერგეტიკის უპირატესობა არამარტო მაღალენერგეტიკული შემცველობაა, არამედ იგი სხვა საწვავთან შედარებით ეკოლოგიურადაც უფრო სუფთაა, მაგრამ აეს=ზე მომხდარმა ავარიებმა ნეგატიური ზემოქმედება მოახდინა ამ რესურსის პოპულარობაზე. თუმცა საფრანგეთი ელ ენერჯის 70 %-ს ამ რესურსიდანღებულა.

ტრადიციული ენერგორესურსების ნაკლი დღეს არის მათი მარაგის თანდათანობითი ამოწურვა და მათი ნეგატიური მოქმედება გარემოზე.

ენერჯის განახლებადი წყაროებიდან მიღებული რესურსები მუდმივად განახლებადი და პრაქტიკულად ამოუწურავი ენერჯის მქონეა.

მაგ. ჰიდროენერგეტიკაში, მსოფლიოს მდინარეთა რესურსების ენერგოშემცველობას 6 მლრდ კვტ-ით ანგარიშობენ. ჰესები ქვეყნების მრავალ პრობლემას წყვეტენ, მაგრამ მათ მოქმედებას ეკოლოგიური პრობლემებიც ახლავს თან. თუმცა მრავალ ქვეყანაში მცირე და დიდი ჰესების მშენებლობა ენერჯის მიღების უმნიშვნელოვანესი ხერხია ევროპაში დღეს 17400 მცირე ჰესი მუშაობს.

მზე ენერჯია ამოუწურავი და ენერჯის განახლებადი წყაროა. მისი ენერჯია რამოდენიმე ათასჯერ მეტია, ვიდრე მთელი მსოფლიოს ელექტროსადგურების მიერ გამოიმუშავებული ენერჯია ერთად. მრავალ ქვეყანაში არსებობს სპეციალური სახელმწიფო პროგრამები, რომლებიც ხელს უწყობენ ამ პროექტების განხორციელებას, მათ შორის საქართველოში (1980 წლიდან).

ენერჯის განახლებად წყაროთა შორის მნიშვნელოვანია ბიომასა, რომელიც ფოტოსინთეზის შედეგად დაგროვილი ბიოენერჯიაა. მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში ამ მიმართულებითაც არსებობს მსხვილი პროექტები.

გლეხურ მეურნეობებში პოპულარულად სარგებლობს ბიოგაზი, რომელიც ნაკელის, მცენარეული და სხვადასხვა ნარჩენების ანაერობული ფერმენტაციით გარდაიქმნება საწვავად. დღეს 400– ზე მეტი ბიოგაზის მიმღები დანადგარი არსებობს.

ქარი განახლებადი ენერჯის ყველაზე ხელმისაწვდომი და ეკოლოგიურად სუფთა ენერჯის წყაროა. ქარის ენერჯის მიღება ყოველ წელიწადში 30 %-ით იზრდება. დღეს მსოფლიოში 20000 –ზე მეტი ენერჯის მწარმოებელი ქარის ტურბინაა. ქარის ენერგეტიკული პოტენციალი საქართველოში 5 მლრდ კვტ/სთ –ით არის შეფასებული.

გეოთერმული ენერჯია ნიადაგის წიაღშია აკუმულირებული. მსოფლიოს 21 ქვეყანა იყენებს დღეს ამ ენერჯიას და უზრუნველყოფს 60 მლნ ადამიანს ენერჯით. საქართველოს გეოთერმული ენერჯია 220–250 მლნ³/წ–ის ტოლია.

ამრიგად, კაცობრიობა სულ უფრო მეტ ენერგეტიკულ რესურსს მოიხმარს, რომელ-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



საც თან ახლავს არა მარტო ეკოლოგიური პრობლემები, არამედ მათი ამოწურვის საშიშროებაც. მდგომარეობის გაუმჯობესების მიზნით აუცილებელია ენერჯის განახლებადი წყაროების ათვისება და მათი ტრადიციულ ენერგოწყაროებში ჩანაცვლება, რომელსაც შეუძლია ამ პრობლემის გადაწყვეტა და ქვეყნების ენერგომომარაგებაში საკმაო წვლილის შეტანა.

ლიტერატურა

1. ჟორჯოლიანი ც., გორდაძე ე. ბუნების დაცვა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენება. ქუთაისი; 2010.
2. ქაჯაია გ. გარემოს დაცვის ეკოლოგიური პრინციპები. თბ., 2008.
3. ხუტაშვილი მ. ბუნებათსარგებლობის საფუძვლები; თბ., 2000.

ENERGY EFFICIENCY – CURRENT GLOBAL ISSUE

Ts. Zhorzholiani, E. Gordadze

Akaki Tsereteli State University

Summary

Nowadays economy, energy and ecology represent three most significant problems which determine the welfare of the country and its citizens.

In the current epoch of scientific and technological progress there is a rising demand for energy consumption, whereas the amount of resources is gradually decreasing. Consequently, it is globally important to search for alternative energy sources and to introduce energy-saving technologies.



7 ბანათლება ენერგეტიკაში ENERGY EDUCATION





III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



კუმფვის პროცესების და წნევის სწავლების ეფექტური მეთოდობა

მაჭავარიანი ე., ობაძიძე ლ., გიბინეიშვილი ბ. ი.



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში გადმოცემულია აირების კუმშვის პროცესის და მისი თანმხლები ფიზიკური მოვლენების სწავლების მაღალეფექტური მეთოდიკა.

მეთოდიკა დაფუძნებულია ნივთიერებათა მოლეკულურ კინეტიკური თეორიის ძირითად ცნებებზე და მრავალ, პრაქტიკული ხასიათის მაგალითებზე. ხსენებული მეთოდიკის გამოყენების მრავალწლიანი გამოცდილების საფუძველზე გამოთქმულია მოსაზრება, რომ სასკოლო ფიზიკის კურსის არაჯეროვანი ცოდნის მიუხედავად, სტუდენტები კარგად ითვისებენ წნევის, როგორც აირის მდგომარეობის მახასიათებელი ერთერთი პარამეტრის, ფიზიკურ შინაარსს და კარგად იგებენ აირების კუმშვის პროცესის თანმხლებ ფიზიკურ მოვლენებს.

ფიზიკის სწავლებისას, ნებისმიერი დონის სასწავლებელში, სკოლა იქნება თუ უმაღლესი ტექნიკური სასწავლებელი, წნევის ახსნა იწყება ერთი განმარტებიდან (სხვადასხვა ინტერპრეტაციით): წნევა ეწოდება ძალის მოქმედებას ფართობის ერთეულზე. მერე იწერება ფორმულა - წნევა უდრის ძალა გაყოფილი ფართობზე. მის შემდეგ მოდის პრაქტიკული მეცადინეობები, ანუ ამოცანების ამოხსნა (წნევის გამოთვლა სხვადასხვა ძალის მოქმედებისას სხვადასხვა ფართობზე, წნევის ძალის გამოთვლა ერთი და იგივე წნევის მოქმედებისას სხვადასხვა ფართობზე და პირიქით, სხვადასხვა წნევის მოქმედებისას ერთი და იგივე ფართობზე და ა. შ.) და პრაქტიკულად არსად არ არის განმარტებული, რომ აირებისა და სითხეების წნევა სხვადასხვა ბუნებისაა, ხოლო მყარ სხეულებს კი წნევა, კლასიკური გაგებით, სულაც არ გააჩნიათ. არ არის განმარტებული ბუნებასა თუ სხვადასხვა ტექნოლოგიურ პროცესებში მიმდინარე მოვლენები, რომლებიც იწვევენ წნევათა სხვაობის წარმოქმნას და რასაც მოსდევს სხვა თანმხლები მოვლენები. უმრავლეს შემთხვევაში სტუდენტებს (სკოლის მოსწავლეებს) არ ესმით თუ რა განსხვავებაა სითხეების წნევასა და მათ მიერ განხორციელებულ დაწნევას შორის. ვერ აცნობიერებენ წნევის საზომ ერთეულებს შორის განსხვავების მიზეზებს. ვერ ხსნიან რატომ იზრდება წნევა (ტემპერატურა) აირების (კუმშვადი სხეულების) კუმშვის პროცესში, როცა სითხეების (უკუმშვადი სხეულების) ტუმბოს საშუალებით მაღლა დაჭირხვისას წნევა იზრდება, მაგრამ ტემპერატურის ზრდა პრაქტიკულად არ ხდება. აქ ჩამოთვლილი და სხვა მრავალი საკითხი ერთნაირად გაუგებარია როგორც შედარებით ჩამორჩენილი, ასევე ბეჯითი და მონდომებული მოსწავლეებისა თუ სტუდენტებისათვის.

ქვემოთ მოკლედ გადმოცემულია წნევასთან დაკავშირებული და სხვა, ჩვენს მიერ ხსენებული საკითხების სწავლების მრავალი სასწავლო წლის განმავლობაში აპრობირებული მეთოდიკის ძირითადი პრინციპები, რომელთა გამოყენებით მოსწავლეებში ყალიბდება ზემოთ ჩამოთვლილი და სხვა რეალური მოვლენების სწორი გაგების უნარი.

ჩვენი მეთოდიკა შედგება შედგება რამოდენიმე ეტაპისაგან, რომლებიც გადაიცემა ქვემოთ წარმოდგენილი თანმიმდევრობით:

I ეტაპი. ნივთიერებათა აგებულება.

ბ. სამყაროს აგებულების ერთერთი ძირითადი თვისების, სიცარიელის ჰეგემონობის თვალსაჩინო მაგალითები (ატომი-მოლეკულა, მზის სიტემა-გალაქტიკა),

ც. მყარი სხეულების აგებულება, მანძილები მეზობელ ატომებს (მოლეკულებს) შორის მყარ სხეულებში. მოლეკულების რხევითი მოძრაობა, ტემპერატურის მატების ორი, გარეგნულად განსხვავებული (ჩაქუჩით და ცეცხლით), მაგრამ შინაგანად ზუსტად ერთიდაიგივე მიზეზი. გათბობისას სხეულთა გაფართოების (გამონაკლისებს არ ვეხებოთ) მიზეზი. მყარი სხეულების ფორმისა და მოცულობის მუდმივობა. წნევის (კლასიკური გაგებით) არ არსებობა მყარ სხეულებში.

დ. მყარი სხეულის დნობა, მოლეკულათა მოძრაობა თხევად სხეულში. თხევადი სხეულის ჩაქუჩით გაცხელების შესაძლებლობა. თხევადი სხეულის მოცულობის მუდმი-



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ვობის და ფორმის ცვალებადობის მიზეზები. სითხის წნევა და დაწნევა.

ე. თხევადი სხეულის აორთქლება. მოლეკულების მოძრაობა აირად სხეულში (ორთქლში). აირადი სხეულის ჩაქუჩით გაცხელების შესაძლებლობა. აირადი სხეულის საკუთარი ფორმის და საკუთარი მოცულობის არარსებობის და აირადი სხეულის მიერ წნევის განხორციელების ერთიდაიგივე და ერთადერთი მიზეზი.

ფ. პირველი ეტაპის საკითხებზე საუბრისას ვიყენებთ დაფას, რომელზეც სქემატურად ვხატავთ მოლეკულებს პირობითად მყარ, თხევად (ნახ. 1) და აირად მდგომარეობაში. ამასთან ვაკეთებთ რამოდენიმე წარმოსახვით და ერთ რეალურ ექსპერიმენტს (ურთიერთპარალელურ ფურცლებს შორის ჩაბერვით).

II ეტაპი. ჩვენი ცივილიზაციის მიერ წნევის, როგორც ასეთის შეცნობის თანამიმდევრობა (მოკლე ისტორია).

გ. პასკალის აღმოჩენა. ატმოსფეროს წნევა. მისი განაწილება სიმაღლის მიხედვით. ატმოსფერული ჰაერის მიერ ადამიანზე განხორციელებული წნევის ძალა (ორ ათეულ ტონამდე). ადამიანის შემადგენელი ნივთიერებების დამოკიდებულება ატმოსფერული წნევის ძალასთან.

ო უჯრედი, როგორც სითხის ჭურჭელი, რომელიც ტუმბოსთანაა დაკავშირებული. გული, როგორც ატმოსფერული ჰაერის მიერ განხორციელებული წნევის გამანეიტრალებელი ტუმბო. მაღალი და დაბალი არტერიული წნევის მქონე ადამიანთა დამოკიდებულება ზღვის დონიდან სიმაღლის ცვლილებასთან. ინსულტისა და იშემიის ფიზიკური ახსნა.

ი საბერველი, როგორც თანამედროვე ტუმბოებისა და კომპრესორების წინამორბედი. ჭარბი წნევა.

III ეტაპი. აირების კუმშვა. სითხეების დაჭირხენა. წნევის გაზომვა.

3.1. აირების კუმშვის პროცესის ფიზიკური შინაარსი (ჩაქუჩის დარტყმა). აირების კუმშვისას წნევის ზრდის ორი მიზეზი. აირის კუმშვისას მისი ტემპერატურის მკვეთრი ზრდის მიზეზი. აირის გაფართოებისას მისი ტემპერატურის შემცირების მიზეზი.

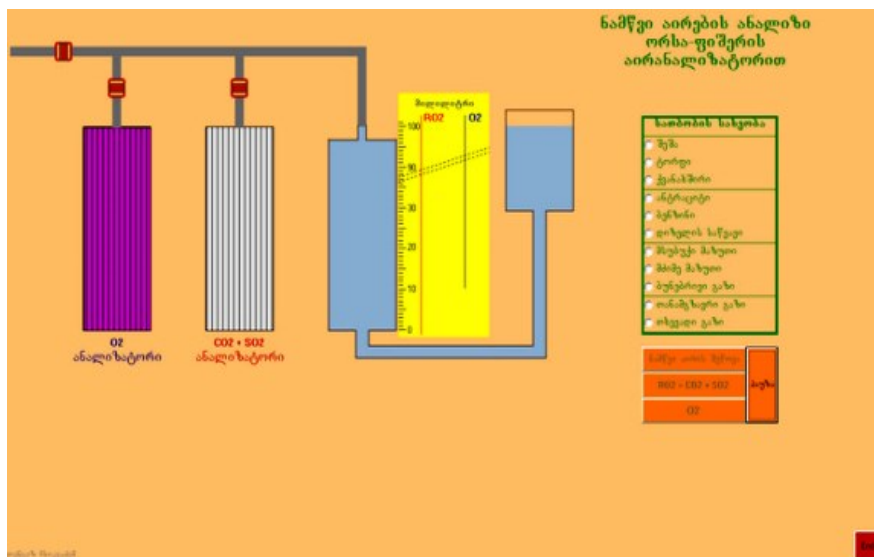
3.2. სითხის დაჭირხენის პროცესის ფიზიკური შინაარსი (არსებული სვეტის აწევა და ქვემოდან ახალი ულუფის შედგმა). სითხის დაჭირხენის პროცესში ტემპერატურის უმნიშვნელო ზრდის მიზეზი (ჩაქუჩით მიწოლა), მისი შედარება აირის კუმშვისას ტემპერატურის მკვეთრ ზრდასთან (ჩაქუჩით დარტყმა).

3.2. ატმოსფერული, ჭარბი და აბსოლუტური წნევის ცნებები. კავშირი მათ შორის. ატმოსფერული და ჭარბი წნევის საზომი ხელსაწყოები და მათი მუშაობის პრინციპები.

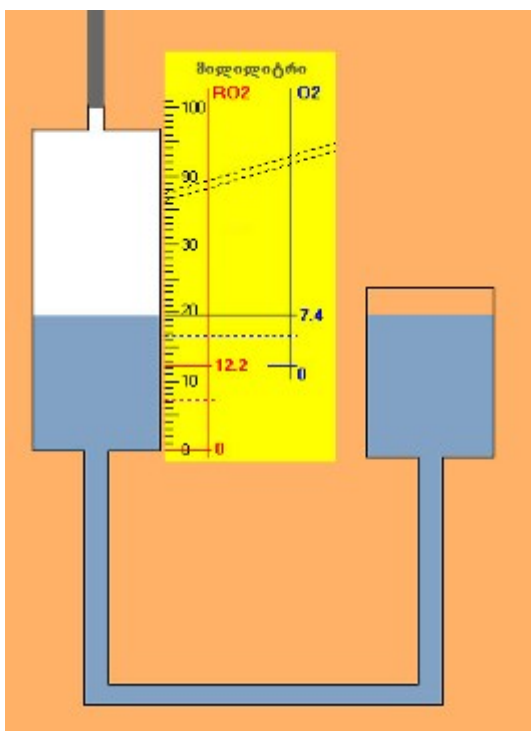
3.3. წნევის საზომი ერთეულები.

ლექციის ჩატარებას ზემოთ წარმოდგენილი თანამიმდევრობით ესაჭიროება სამი აკადემიური საათი. იმ შემთხვევაში თუ შესაძლებელია წინასწარ მომზადებული გრაფიკული ილუსტრაციის გამოყენება, მეცადინეობის ჩატარება შეიძლება ორ აკადემიურ საათშიც.

დასასრულ უნდა შევნიშნოთ, რომ აღნიშნულ საკითხებზე მეცადინეობის ზემოთ წარმოდგენილი მეთოდით ჩატარება შესაძლებელია როგორც ფიზიკის კურსის შესაბამისი ნაწილის სწავლებისას, ასევე ტექნიკური უნივერსიტეტის რომელიმე მონათესავე სპეციალური დისციპლინის სწავლების პროცესშიც, ვინაიდან არ მოითხოვს განსაკუთრებულად დიდ დროს და, ჩვენი შეფასებით, კარგ სტუდენტებს აძლევს როგორც აღნიშნულ საკითხებზე თავიანთი ცოდნის მაღალ დონეზე დაახუსტების, ასევე ზოგადი განვითარების კარგ შესაძლებლობას.



სურათი 1



სურათი 2



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



**სითხეების დუდილის პროცესის და კრიტიკული თბური დატვირთვის შესას-
 ვავლი ლაბორატორიული დანადგარი**

მაჭავარიანი ე., ძლოვრელი ნ., ჯიხვაძე მ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში აღწერილია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში დაპროექტებული და დამზადებული ლაბორატორიული დანადგარი, რომლის საშუალებით შესაძლებელია სითხეების დუდილის პროცესის, დუდილის დროს თბოგაცემის მოვლენის და კრიტიკული თბური დატვირთვის ექსპერიმენტული შესწავლა.

ეს დანადგარი წარმატებით შეიძლება იქნეს გამოყენებული, როგორც სამეცნიერო და პრაქტიკული ინტერესებისათვის, ასევე სასწავლო მიზნებით ტექნიკური უნივერსიტეტის თბოენერგეტიკის სპეციალობის სტუდენტებისათვის.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თბოენერგეტიკის და ენერგო-
 ეფექტურობის დეპარტამენტის თბოფიზიკის სამეცნიერო ლაბორატორიაში ტრადიციუ-
 ლად მიმდინარეობს სითხეების დუდილის პროცესის და მისი თანმხლები მოვლენების
 კვლევა. ამ კვლევის შედეგები ასახულია, როგორც ქართულ ისე საზღვარგარეთის სა-
 მეცნიერო გამოცემებში [1-4]. უკანასკნელ პერიოდში დუდილის პროცესის ახალი თან-
 მხლები მოვლენის, მადულარი სითხის მხრიდან ხურების ზედაპირზე მოქმედი რეაქტიუ-
 ლი ძალის, გამოვლენასთან [5,6] დაკავშირებით, საჭიროებამ მოითხოვა შექმნილიყო
 ახალი ექსპერიმენტული დანადგარი, რომლის პროექტი აღწერილია ნაშრომში [7].

ქვემოთ წარმოდგენილია ხსენებული პროექტის მიხედვით პრაქტიკულად რეალი-
 ზებული ექსპერიმენტული დანადგარის აღწერა.

დანადგარის ფოტო წარმოდგენილია ნახ.1-ზე;

დანადგარი ძირითადად წარმოადგენს გარედან თბოიზოლირებულ ლითონის
 კედლებიან ჭურჭელს, რომელშიც ჩასხმულია წყალსადენის ჩვეულებრივი წყალი, ამ
 წყალში ჩაშვებულია მინის ჭურჭელი დისტილირებული წყლით, მინის ჭურჭელში ჩაშ-
 ვებულია ორი ელექტროდი (სპეციალური კონსტრუქციის ალუმინისაგან დამზადებული
 დენმიმცვანები), რომელთა დისტილირებულ წყალში ჩაშვებულ ბოლოებზე მაგრდება
 სადუღებელი კვანძი მისი, სითხეში დასაფიქსირებელი მექანიზმით. ელექტროდების ზე-
 და, ჰაერში არსებულ ბოლოებზე მიერთებულია კვების წყაროსთან შემაერთებული ჩვეუ-
 ლებრივი სადენები. ხსენებული ელექტროდები გაყრილია გეტინაქსის სქელ ფირფიტაში,
 რომელიც კონსტრუქციულად ამაგრებს მათ უძრავ მდგომარეობაში და რომელიც ერ-
 თდროულად წარმოადგენს როგორც ლითონის კედლებიანი მოცულობის ასევე მინის
 ჭურჭლის სახურავს. ლითონის თბოიზოლირებული ჭურჭლის ფსკერზე ჩამონტაჟებუ-
 ლია ფონის გამახურებელი, რომლის საშუალებითაც ხდება ლითონის ჭურჭელში ჩასხ-
 მული წყლის ხანგრძლივი დუდილი და ამდენად, ხდება მინის ჭურჭლის, მასში არსებუ-
 ლი დისტილირებული წყლის, სადუღებელი კვანძის და მისი სითხეში დამაფიქსირებე-
 ლი მექანიზმის თერმოსტაბილიზაცია ანუ ამ ყველაფრის ტემპერატურის მუდმივად 100
 °C-ის მახლობლობაში შენარჩუნება.

ლითონის კედლებიანი და თბოიზოლირებული გარე ჭურჭელი უზრუნველყოფილია
 ოთხი, სხვადასხვა კუთხით განლაგებული ფანჯრით (ფოტოზე მხოლოდ სამი ჩანს) და
 რომელთა მეშვეობითაც ხდება სადუღებელ კვანძზე მიმდინარე პროცესის როგორც სა-
 სურველი განათებულობის მიღწევა, ასევე ვიდეო და ფოტოგადაღება.

ცდების ყოველი სერიის დასაწყისში უნდა ჩატარდეს ჭურჭლების წყალთან შეხე-
 ბაში მყოფი ზედაპირების გარეცხვა, რის შემდეგ მინის ჭურჭელი შეივსება გამოხდილი
 წყლით და გარე ჭურჭელი კი ჩვეულებრივი წყალსადენის წყლით ისე, რომ წყლის პე-



ნახ.1. ექსპერიმენტული დანადგარის ფოტო



ყენებით თბოენერგეტიკული დარგის სპეციალობის სტუდენტებისათვის ადვილად შეიძლება შესრულდეს ისეთი ლაბორატორიული ამოცანები, როგორცაა: წყლის დუღილის რეჟიმები (დუღილის დასაწყისი, განვითარებული ბუშტოვანი დუღილი, დუღილის წინაკრიზისული რეჟიმი, დუღილის კრიზისი და დუღილის აფსკოვანი რეჟიმი), ბუშტების წარმოქმნის მოქმედ ცენტრთა რიცხვი, ბუშტების მოწყვეტის სიხშირე, თბოგაცემის ინტენსიურობა დუღილის პროცესში და სხვა.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. შეყრილაძე ი., რუსიშვილი ჯ., მაჭავარიანი ე., გიგინეიშვილი გ., შეყრილაძე დ., მეფარიშვილი მ., დუღილი-კონვექციური განსაკუთრებული შემტხვევა. სტუ-ს არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №18, 2014 გვ.90-96
2. შეყრილაძე ი., რუსიშვილი ჯ., გიგინეიშვილი გ., შეყრილაძე დ., ეზუგბაია ლ. Pumping effect of growing bubble: to overcome decades of neglect and silencing 21-საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები სტუ-ს შრომები 2012წ. გვ. 248-257
3. შეყრილაძე ი., რუსიშვილი ჯ., გიგინეიშვილი გ., შეყრილაძე დ. დუღილის თბოგაცემის მულტიფაქტორინგის კონცეფცია. ენერჯია, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი 2(50), ნაწ. 2/2009. გვ. 14-18
4. Shekrladze I., Rusishvili J., Machavariani E., Shekrladze D. Boiling of Liquid Wetting Open Capillary Grooves of Heating Surface. IASME TRANSACTIONS. Issue 9, Volume 2, November 2005. pp. 1762-1770
5. მაჭავარიანი ე., ქსოველი ნ., ჯიხვაძე მ. მდულარე სითხის მექანიკური ზემოქმედება გახურების ზედაპირზე// ენერჯია. 2014. №3(71), გვ. 45-49. თბილისი.
6. მაჭავარიანი ე., ქსოველი ნ., ჯიხვაძე მ. სითხის დუღილისას თბოგამყოფ ზედაპირზე მოქმედი ძალის აღძვრის მოვლენის წინასწარი მოდელირების შედეგები. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი ენერჯია, №2 (74), 2015. გვ. 30-35
7. ქსოველი ნ. სითხის დუღილის და თანმხლები ფიზიკური მოვლენების შესასწავლი ექსპერიმენტული დანადგარი. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №1 (36), 2015 გვ. 113-118

The laboratory equipment for learning of liquid boiling process and boiling crisis
Machavariani E., Ksovreli N., Jikhvadze M.

Georgian Technical University
 Summary

The paper describes designed and manufactured in the Georgian Technical University laboratory equipment, which enables the experimental study of liquid boiling process, boiling heat transfer and critical heat flux at boiling.

Installation can be successfully used both in the interests of scientific and educational purposes for students of thermal specialties of technical universities.

ბანსაზღვრული ინტეგრალების გამოთვლა მათემატიკური პაკეტის
Mathcad-ის გამოყენებით.

მარღალეიშვილი ნ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში მოცემულია განსაზღვრული ინტეგრალების გამოთვლის მეთოდები მათემატიკური პაკეტის Mathcad-ის გამოყენებით. განხილულია განსაზღვრული ინტეგრალის გამოთვლა ფილონის მეთოდით, გაუსის კუბატრული ფორმულები ერთჯერადი და ორჯერადი ინტეგრალებისათვის და მათი რეალიზაცია Mathcad-ში.



1. მრავალი ტექნიკური ამოცანა დაიყვანება განსაზღვრული ინტეგრალის გამოთვლაზე. ყველა ინტეგრალის გამოთვლა ანალიზურად შეუძლებელია, განსაკუთრებით იმ შემთხვევებში, როცა ინტეგრალქვეშა ფუნქცია მოცემულია ცხრილის სახით. ცნობილია რიცხვითი ინტეგრების სხვადასხვა მეთოდები: მართკუთხედის, ტრაპეციის, სიმპსონის, რომლებიც წარმოადგენენ ნიუტონ-კოტესის კვადრატურული ფორმულის კერძო შემთხვევებს. მაგრამ ამ ფორმულების გამოყენება

$$\int_a^b f(x) \cos kx dx \quad \text{და} \quad \int_a^b f(x) \sin kx dx$$

სახის ინტეგრალებისათვის არაეფექტურია, განსაკუთრებით k პარამეტრის დიდი მნიშვნელობისათვის. ასეთი სახის ინტეგრალების მიანხლოებითი გამოთვლის მეთოდი შემოთავაზებული იყო ფილონის მიერ ნაშრომში [1]. ს მეთოდი საშუალებას იძლევა მივიღოთ საიმედო რიცხვითი შედეგები k პარამეტრის ფართო დიაპაზონისათვის. მეთოდის უპირატესობა არის ის, რომ ასეთი სახის გამოსახულებების რიცხვითი ინტეგრების სიზუსტე პრაქტიკულად დამოკიდებულია მხოლოდ $f(x)$ ფუნქციის თვისებებზე.

ვთქვათ, გამოსათვლელია ინტეგრალები

$$\int_a^b f(x) \begin{cases} \cos kx \\ \sin kx \end{cases} dx$$

(1)

პირველ რიგში უნდა უნდა გამოითვალოს ჯამები [1]:

$$\begin{cases} C_{2n} \\ S_{2n} \end{cases} = \frac{1}{2} f(a) \begin{cases} \cos ka \\ \sin ka \end{cases} + \frac{1}{2} f(a+2h) \begin{cases} \cos k(a+2h) \\ \sin k(a+2h) \end{cases} + \dots + \frac{1}{2} f(b) \begin{cases} \cos kb \\ \sin kb \end{cases}$$

(2)

$$\begin{cases} C_{2n-1} \\ S_{2n-1} \end{cases} = f(a+h) \begin{cases} \cos k(a+h) \\ \sin k(a+h) \end{cases} + f(a+3h) \begin{cases} \cos k(a+3h) \\ \sin k(a+3h) \end{cases} + \dots + f(b-h) \begin{cases} \cos k(b-h) \\ \sin k(b-h) \end{cases}$$

(3)

სადაც

$$h = \frac{b-a}{2N}$$

არის ინტეგრების ბიჯი.

(1) სახის ინტეგრალები ფილონის მეთოდით გამოითვლება ფორმულებით

$$\int_a^b f(x) \begin{cases} \cos kx \\ \sin kx \end{cases} dx = h \left\{ \pm \alpha \left[f(b) \begin{cases} \sin kb \\ \cos kb \end{cases} - f(a) \begin{cases} \sin ka \\ \cos ka \end{cases} \right] + \beta \begin{cases} C_{2n} \\ S_{2n} \end{cases} + \gamma \begin{cases} C_{2n-1} \\ S_{2n-1} \end{cases} \right\} \quad (4)$$

(4) ფორმულებში α, β და γ კოეფიციენტები განისაზღვრება გამოსახულებებით:

$$\alpha = \frac{\theta^2 + \theta \sin \theta \cos \theta - 2 \sin^2 \theta}{\theta^3}, \quad \beta = \frac{2[\theta(1 + \cos^2 \theta) - \sin 2\theta]}{\theta^3}$$



$$\gamma = \frac{4(\sin \theta - \theta \cos \theta)}{\theta^3},$$

სადაც $\theta = kh = \frac{k(b-a)}{2N}$.

მიუხედავად ამ ფორმულების სიდიდისა, მათემატიკურ სისტემა Mathcad-ში მათი რეალიზება მარტივია. ეს სისტემა ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული მათემატიკური პაკეტია, რომლის გამოყენებით შესაძლებელია მრავალი მათემატიკური თუ ტექნიკური ამოცანის ამოხსნა როგორც სიმბოლური ისე, რიცხვითი სახით[2]. ამ მეთოდით საკმაოდ ეფექტურად ისარგებლა ავტორმა ნაშრომში [3].

2. ერთჯერადი ინტეგრალების გამოსათვლელად მოსახერხებელია გაუსის კვადრატურული ფორმულების გამოყენება:

$$\int_a^b f(x)dx \approx \sum_{k=1}^n W_k f(x_k), \quad (5)$$

სადაც $W_k = \frac{\ell}{2} V_k$; $x_k = \frac{a+b}{2} + \xi_k \frac{\ell}{2}$; $\ell = b-a$;

n -იმ წერტილების რიცხვია, რომლებშიც გამოითვლება ინტეგრალქვეშა ფუნქციის მნიშვნელობები; $x_k - X$ არგუმენტის მნიშვნელობებია გაუსის k -ურ წერტილში; W_k -(5) კვადრატურული ფორმულის კოეფიციენტებია

$n=4$ -სათვის ξ_k -ს მნიშვნელობებია შესაბამისად

$$-\sqrt{(15+2\sqrt{30})/35}; \quad -\sqrt{(15-2\sqrt{30})/35}; \quad \sqrt{(15-2\sqrt{30})/35}; \quad \sqrt{(15+2\sqrt{30})/35};$$

ხოლო V_k -ს მნიშვნელობები:

$$49/(6(18+\sqrt{30})); \quad 49/(6(18-\sqrt{30})); \quad 49/(6(18-\sqrt{30})); \quad 49/(6(18+\sqrt{30}))$$

$n=5$ -სათვის ξ_k -ს და V_k -ს მნიშვნელობები მოცემულია თვით Mathcad-პროგრამაში.

```

In(f,a,b,n) := | s ← 0
                | ξ ← [ -√(35+2√70) ÷ 63  -√(35-2√70) ÷ 63  0  √(35-2√70) ÷ 63  √(35+2√70) ÷ 63 ]
                | V ← [ 5103 [50(322+3√70)]  5103 [50(322-13√70)]  125-2255103 [50(322-13√70)]  5103 [50(322+3√70)] ]
                | l ← b - a
                | for k ∈ 1..n
                |   | W_k ← 1/2 · V_k
                |   | x_k ← (a+b) ÷ 2 + ξ_k · l/2
                |   | s ← s + W_k · f(x_k)
                | s
    
```

ორჯერადი ინტეგრალების გამოსათვლელ კვადრატურულ ფორმულებს სამკუთხა არეებისათვის აქვს სახე:



$$\iint_S f(x, y) dx dy \approx \sum_{k=1}^n W_k f(x_k, y_k), \quad (6)$$

სადაც $W_k = SV_k$;
 $x_k = x_{(1)}\xi_k + x_{(2)}\eta_k + x_{(3)}(1 - \xi_k - \eta_k), \quad (x; y);$
 $S = \frac{1}{2}(x_{(13)}y_{(23)} - x_{(23)}y_{(13)});$
 $x_{(13)} = x_{(1)} - x_{(3)}, \quad (1;2);$
 $y_{(13)} = y_{(1)} - y_{(3)}, \quad (1;2);$

S-სამკუთხედის ფართობია; n-იმ წერტილების რიცხვია, რომლებშიც გამოითვლება ინტეგრალქვეშა ფუნქციის მნიშვნელობები; x_k და y_k -x და y არგუმენტების მნიშვნელობებია გაუსის k-ურ წერტილში; $x_{(i)}$ და $y_{(i)}$ - სამკუთხედის i-ური (i=1,2,3) წვეროს x და y კოორდინატებია. სამკუთხედის წვეროების დანომვრა ხდება საათის ისრის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმართულებით.

(6) ფორმულისათვის Mathcad-პროგრამის შედგენა ხდება ანალოგიურად. ξ_k, η_k, V_k კოეფიციენტების მნიშვნელობები მოცემულია შესაბამის ცხრილებში.

ლიტერატურა

1. Хемминг Р. В. Численные методы для научных работников и инженеров М.: Наука, 1972-400с.
2. Макаров Е. Д. Инженерные расчеты в Mathcad 15 Москва.Санкт-петербург.: изд. Питер, 2011-204с.
3. მარდალეიშვილი ნ. „დაბუების განსაზღვრა თხელ დანაფარებში Mathcad-ის გამოყენებით“ // საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ინტერნეტ-კონფერენციის შრომების კრებული. ქუთაისი. 2011. გვ.252–255.

Evaluation of Definite Integral by Using MathCAD Software Package

N. Mardaleishvili

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper describes the methods for evaluation of definite integral by using MathCAD software package. There are considered the evaluation of the determined integral by Filon’s method, Gaussian cubature formulas for single and multiple integrals, as well as their realization in MathCAD.



შინაარსი

**1 ელექტროენერგეტიკული მრეწველობის ტექნოლოგია
 POWER INDUSTRY TECHNOLOGIES**

ჭუნაშვილი ბ., ქობალაია მ. კუბოსიანი ა., შამგოჩიანი ნ. – ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვების ფიზიკური მოდელის დამუშავება _____ 5

იხანიშვილი ლ.შ., ბელინიშვილი მ.მ., ჯაბუა მ.ა – ელექტრული პარამეტრების ბაზომვისა და ვიზუალიზაციის სისტემა _____ 9

ხაჩიძე ბ., კონხიძე დ. – მუდმივი დენის ჩანართის გაგმართვებში ელექტრო-მაგნიტური პროცესების კომპლექსური განტოლებები _____ 13

ქორძია ე., შერბელაშვილი ტ. – ქვესადგურ „ბათუმი 220“-ში 35კვ-იან ელექტრობადაცემის ხაზზე ელ.ენერგიის აღრიცხვის კვანძის ოპტიმიზაცია _____ 18

V. PYZHOV, M. OSTROVERKHOV – EFFECTIVE ENERGY CONVERSION IN SWITCHED INDUCTOR-TYPE ELECTRICAL DRIVE _____ 23

მაბრაქველიძე თ., ლომიძე ხ., ჯანიკაშვილი მ., არჩუაძე ი – საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემის განვითარების შესახებ მსოფლიოში მიმდინარე ტენდენციების გათვალისწინებით _____ 26

ხუციშვილი ბ., კიკუაძე ო. – ენერგოეფექტურობის მიზნით თანამედროვე სიხშირული ბარდამქმნელების გამოყენება _____ 31

ჯონაძე პ., კუციავა ვ., ჯონაძე ა. – მცირე ჰესების პროექტების წინასწარი ტექნიკურ-ეკონომიკური კვლევის პროგრამული უზრუნველყოფა _____ 33

ჭუნაშვილი ბ., კუბოსიანი ა., გამრეკელაშვილი თ., გულაშვილი ბ. – ელექტრო-ტექნოლოგიური დანადგარების მიერ ელექტრომომარაგების ქსელებში წრმომქმნილი ძაბვის მაღალი სიხშირის ჰარმონიკები და მათი გავრცელებით გამოწვეული შედეგები _____ 38

კონხიძე ბ., ბახტაძე მ., ფრანგიშვილი ბ., შნაბაძე შ., ტუტუნაშვილი ე. – წვევის ქვესადგურებში რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია რეკუპერაციული დამუხრუჭების პირობებში _____ 42

გუგულაშვილი ლ., ახმადიაშვილი ხ., მეცხვარიშვილი ი. – ახალი მეთოდების და თანამედროვე სენსორების გამოყენებით მძლავრი ჰიდრო-ტენერატორების რეგულირების ფორმისა და ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის გამოვლენა და შესწავლა _____ 47

მუსელიანი თ., შარიტაძე დ., მთვარელიშვილი ბ., გურბენიძე მ., ტორონჯაძე ბ. – ელექტროენერგეტიკული მახასიათებლების განსაზღვრა არასინუსოიდური დენის წრეებში სისტემა SCADA-ს მონაცემების გამოყენებით _____ 50

ჩახიანი ბ. – თბოელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების მქანდომების ელექტროამქრავების რეგულირების აქტუალური საკითხები _____ 57

ჩახიანი ე. – ელექტროენერგიის ხარისხის მაჩვენებლების ოპტიმიზაციის კრიტერიუმები _____ 61

მელონია ლ. – ჰიდროტენერატორის ტირისტორული აბზნების სისტემაში ელექტრომაგნიტური პროცესების მათემატიკური მოდელი _____ 63

კონხიძე თ., მუტრეველი ვ. – სინქრონული ელექტრული ქრავებით დატვირთულ ელექტროსისტემაში ენერგიის ზეგამტარული ინდუქციური მარქრავების მუშაობის დროს ელექტრო-მქანდომური პროცესები _____ 66



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



კოხრეიძე კ., ნემსაძე შ., კოხრეიძე თ. – მაღალი ძაბვის გადაცემა ხაზებში სიმძლავრის დანაკარგების ანგარიშის მათემატიკური მოდელი 71

კოპალიანი ნ., აბაშია დ., გობისჯანიძე ვ. – ენერგეტიკული მანქანების ტექნიკურ მდგომარეობათა ცვლილებების ტრენდისა და პროგნოზის განსაზღვრა ტექნიკური დიაგნოსტიკის ამოცანებში 75

ჭრელაშვილი კ. – ელექტროენერგეტიკაში დატვირთვის პროგნოზირება ხელკონუსური ინტელექტის მეთოდის გამოყენებით 79

2 ენერგოეფექტურობა და განახლებადი ენერჯის წყაროები
ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

არაბიძე ბ., ფხალაძე ი. – საქართველოში ენერგეტიკის დაბალეფისიენციანი ბანკითარების სტრატეგიის შემუშავება 85

არაბიძე ხ., ჯაფარიანი ნ., ჯიშკარიანი თ. – ნახშირორქანის (CO₂) ემისიის შემცირების მეთოდები ენერგეტიკის სექტორში 91

კოხრეიძე ბ., ფხალაძე შ., პაპიძე ზ., შუშაბიძე თ. – ქარისა და მზის ენერჯების ელექტრულ ენერჯიაში გარდაქმნის ტექნოლოგიები 95

ნოსელიძე ჯ., მომცემლიძე შ., კალაძე დ., ნოსელიძე ბ. – მდ. რაჩხის გამომყვების კერძოპროექტები წყალმომარაგებასა და ენერგეტიკაში 99

ფანცხავა ე., მჭედლიძე ძ. – გეოთერმული ენერჯის მსოფლიო პოტენციალი და მისი გამოყენების კერძოპროექტები 104

ძათაგამი ი., ნაკაშიძე ვ. – შუქლოვანი ნათურების კონსტრუქცია და მათი გამოყენების უპირატესობა ენერგოეფექტურობის სახეობაში. 109

კერესელიძე თ. – მსოფლიოში მცირე ჰიდროენერგეტიკის ბანკითარების ტენდენციები და კერძოპროექტები 111

ქორდანიანი ი., ვეზირიშვილი-ნოზაძე ძ., მირიანაშვილი ნ., ბელიშვილი ნ., ხათაშვილი ვ., ბახტაძე ვ., ლორია მ. ჯიხვაძე მ. – იმერეთის რეგიონში გეოთერმული წყლების გამოყენების კერძოპროექტები 115

კუბლაშვილი ბ. – წყალბადი - მომავლის ენერგეტიკული რესურსი 119

3 საინფორმაციო ტექნოლოგიები ენერგეტიკასა და ტელეკომუნიკაციაში
INFORMATION TECHNOLOGY IN POWER INDUSTRY AND TELECOMMUNICATION

ბურკაძე ტ., ცხვიტინიძე ი.ვ. – ნივთების ინტერნეტში მფრინავი სისტემების გამოყენების თავისებურებები 125

ბელხვიძე პ. – ზემადიანი სიხშირის ზემოქმედებით ელექტროენერგეტიკის მოწყობის მუშაობის მეთოდები 130

ბოჭორიძე ბ., მურჯინაძე ბ. – კომუნიკაციების მართვის მართვის სისტემების განვითარება მცირე ზომის მოქმედების საბაზო სადგურების გამოყენებით 132

გიორგიანი ძ., კოპლატაძე მ., კუპატაძე თ. – სატელეკომუნიკაციო ქსელებში კერძოპროექტული მონაცემების დაცვის პრობლემები 136

გარდაღვიანი ზ., ბელხვიძე პ., კოპლატაძე მ., კუპატაძე თ. – ტრანსმისიის ახალი სანაწარმები და სატელეკომუნიკაციო ქსელებში მომსახურების ხარისხისა და მოთხოვნების ევოლუცია 138

განაჩიანი ს., ბერიძე ჯ. – უსადენო ნაწარმების ბანკითარების კერძოპროექტები 142

ძურღაძე მ., მურჯინაძე ბ. – მონაცემთა ნაკადების რეგულირების ეფექტურობის მანქანითარების და შემუშავების კრიტიკული მუხები 147



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



შონია ო., ყოლბაია ლ., ჩოჩხაშვილი ნ – საცნობარო-სამართლებრივ სისტემებში ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების ურთიერთკავშირის ვიზუალიზაციისა და ანალიზის ავტომატიზებული სისტემის შემუშავება _____ 151

ხოშტარია კ., მოღვაძე ი. – მოდულაციის ფორმატები სხვადასხვა ტაობის DWDM სისტემებისათვის _____ 157

ცინისთავი თ., სვანიძე რ. – საქართველოში ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების (ისტ) განვითარების მზადყოფნის ინდექსის შეფასება _____ 162

ცინისთავი თ., სვანიძე რ. – ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების განვითარების მზადყოფნის ინდექსის გაანგარიშების პრინციპები _____ 168

ჯღამაძე მ.*, ხუნდაძე ჯ.** – სატელეკომუნიკაციო ქსელების განვითარების შემდგომი ეტაპები. მომავლის FN ქსელი _____ 173

**4 ენერგეტიკის ეკონომიკა და მენეჯმენტი.
 ენერგეტიკის რეგულირება
 ENERGY ECONOMICS AND
 MANAGEMENT. ENERGY REGULATION**

ახვლედიანი ნ., სამსონია ნ. – საქართველოს ენერჯო უსაფრთხოების განსაზღვრა და მისი მიღწევის გზები _____ 179

ჩოჩხაშვილი დ., ცხაპია ძ., ბიბილაშვილი ლ – ენერგეტიკის ეკონომიკური პრობლემები საქართველოში _____ 182

უფლისაშვილი ნ – ენერგომომარაგების იმედიანობის ამაღლება, როგორც ენერჯოუსაფრთხოების უმადგენელი ნაწილი _____ 186

ზიზივაძე ო., ზიზივაძე ლ., გვითაძე ნ – ენერგეტიკული რესურსები, მათი ათვისების პერსპექტივები და პრობლემები _____ 189

გვახავა ლ. – ელექტროენერგეტიკული სექტორის ბუნებრივი მონოპოლიების დანახარჯების აუდიტი მარეგულირებელი მიზნებისათვის _____ 193

პირველი ი. – კონკურენტული ბუნებრივი გაზის გაზარი როგორც ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოების გაუმჯობესების საშუალება _____ 199

ღიბრაძე ნ. ხახუთაშვილი ე. – ტელეკომუნიკაციის საშუალებები – ახალი ეკონომიკის პირითადი მამოკრავებელი ძალა _____ 204

ზიზივაძე ა. – სრულყოფილი საკანონმდებლო ბაზა – ელექტროენერგეტიკის განვითარების საფუძველი _____ 207

ნემსუფერიძე მ. – ჰიდროენერგეტიკის განვითარების ტენდენციები მსოფლიოში _____ 210

ბიბილაშვილი ლ. – სახელმწიფო პოლიტიკის რელი ბანახლებადი ენერგეტიკის განვითარებაში _____ 215



5

ენერჯისა და რესურსების დამოზღაპრე
 ტექნოლოგიები ენერჯეტიკაში, მრეწველობაში,
 მშენებლობასა და ტრანსპორტში

**ENERGY AND RESOURCES SAVING TECHNOLOGIES
 IN POWER ENGINEERING, INDUSTRY, CONSTRUCTION
 ENGINEERING AND TRANSPORT**

ბარათაშვილი მ. – საავტომობილო გზების მშენებლობის და ექსპლუა-
 ტაციის ენერჯეტიკაში ტექნოლოგია და მისი შემცირების გზები _____ 223

ანანიაშვილი ბ. – წნევის ძველ მომუშავე გზის რეკონსტრუქციის ფიზიკური
 ავთენტების ენერჯეტიკა _____ 225

სახანგურიძე ნ. – წნევისმაგვარი ნაგებობის დასამუშავებელი ავტომატის
 ენერჯეტიკა _____ 230

Кипиани П.Н., Миндадзе С.О.,* Булекбаева Г.Ж. – РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГА-
 ЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОСЛЕСВАРОЧНОЙ
 ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ СВАРКЕ И НАПЛАВКЕ
 ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ _____ 234

С.М. Оспанова, Л.Б. Зивзivadze, М.Ш. Шаламберидзе – К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ
 ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ АРМАТУРЫ ИЗ
 ПЕРЕКРЕЩИВАЮЩИХСЯ КРУГЛЫХ СТЕРЖНЕЙ _____ 237

Кикვიძე О.Г.*, Байсарова Г.Г. – ОБОБЩЕННЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ
 ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ РАСЧЕТА ЛОПАТОК ТУРБИН _____ 241

ნამბალაძე დ., მანდარია ბ. – მამბისტრალურ მილსადენში ბარდამავალი
 პრეტენსის ბანაბარიშება, ტუმბოს მყისი ბათიშვისას _____ 244

ნამბალაძე დ., ხანიკიძე ბ. – ბანაბანაწილეებელი ქელის ელემენტების
 დროში მტყუნების და აღდგენების ანალიზი _____ 248

ზიზვიანი ბ. – ლითონის ბამტარებში სითბობადების მრეწველობა _____ 253

კოპალიანი ნ., დინტიბიძე ნ., ორმოცაძე ნ., ფილია რ – ბამოსახულებათა
 დამუშავების თეორიის ბამოქვენება დოკუმენტების
 იდენტიფიკაციის ამოცანებში ატჰრად-ის სისტემაში _____ 258

კამლაძე ა., კოჩიაძე თ., შოთაძე ზ. – ბაზოდიონების ციკლის მახასიათებლები
 და ანალიზი _____ 261

სამადალავიძე ა., მოღვაძე ტ., ლომიძე ა. – კბილებიანი ფარცხი შერმერული
 მუშრეობისათვის _____ 264

А. Самадалашвили, Т. Модебадзе, А. Ломидзе – РАБОЧИЕ ОРГАНЫ ПОЛОСОВОЙ
 ПАХОТНОЙ МАШИНЫ _____ 267

წიშვაძე ვ., ხუშკივაძე მ. – მერქნულ მასალებზე ლაქსადებების დატანა
 ელექტრომაგნიტურ ველში _____ 270

კაკაურიძე ა., ცდიფურიშვილი თ., შალამურიძე მ. – ლითონების ელექტროფილური
 ბადანობისას ელექტრული ველის კვლევა _____ 273

თოფურიძე ნ. – ბიოსამედიცინო ელექტრონიკის თანამედროვე მიღწევების
 ბამოქვენება მედიცინაში _____ 277

კანკავა ვ., როსნაძე ბ., კანკავა ა. – ბამოქვენებაში მცირე ენერჯეტიკა
 უკლინკერო შემკვრელების ბეტონები შემკვრის მამქარებელი
 დანამატებით _____ 280

ქარშიძე ზ., წიქარიშვილი მ., ჰიჭინაძე ბ. – ვულკანური წარმოშობის ბუნებრივი
 ფორიანი შემსებები ენერჯეტიკაში ტექნოლოგიაში _____ 284

ლეშავა ხ., უსაძე თ. – ნანომედიკაზე დამზადებული მშრვალმელები ბეტონის
 წარმოების ზობიერთი ასქმეტი _____ 288



რუხაძე შ., ავციანური ა., ავრილონიძე მ., შოთაძე ა. – ელექტროდინამიკის
 პროცესის ექსპერიმენტალური კვლევების შედეგები _____ 291

6 ეკოლოგია და გარემოს დაცვა ECOLOGY AND ENVIRONMENT

ჩოგოვაძე ჯ., ცეცხლაძე ა., ჯაბუკიანი რ. – ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების
 ჩაღვრებისას რისკების შეფასების მეთოდის დამუშავება _____ 297

Гамкрелидзе Е. Туркадзе Ц – ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ
 КЛИНОПТИЛОЛИТСОДЕРЖАЩИХ ТУФОВ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ
 ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА _____ 299

ბარათაშვილი მ. – საავტომობილო გზების პროექტირებისას გარემოზე
 მავნე ზემოქმედების რისკების შეფასება _____ 302

მიქაუტაძე დ., კვაბიანიძე მ. – ენერჯია - ტერიტორიის ეკოლოგიური
 ინდიკატორი _____ 305

თოფურია რ., კოჩიაძე თ., შოთაძე ზ. – დიზელის ძრავის ეკონომიური და
 ეკოლოგიური მაჩვენებლების გაუმჯობესების პრესექტივები _____ 308

ორმოცაძე ნ., მუსხიშვილი მ., ა.ხიზივაძე, ბიბილეიშვილი დ.გ. – სინთეტიკური
 ფსიქოაქტიური ნივთიერებების კრიმინალისტიკური კვლევა _____ 311

ჩუბინიძე ა.დ., ენდელაძე ნ.ო., ბრეგაძე ნ.ლ – ნატრიუმის ჰიდროფორმიატის
 სტრუქტურა – ატარებანული ძიების და ეკოლოგიური ძიების
 ზოგიერთი ასპექტი _____ 315

ჩუბინიძე ა., ენდელაძე ნ., ბრეგაძე ნ. – ლითონთა შემცველობის განსაზღვრის
 შესახებ ზოგიერთი მცენარის ნაყოფში _____ 319

ცხაპაია ძ., ბაყჩალიძე ე., – პლასტმასის ნარჩენების დახარისხებული
 შეგროვება და გადაამუშავება, როგორც გარემოზე ზემოქმედების
 შემცირებისა და ენერგოეფექტურობის ამაღლების საშუალება
 ქ.ქუთაისის მაგალითზე. _____ 322

ბორჯაძე ე., შოტაშვილიანი ც. – საქართველოს მცირე მდინარეები, მოსალოდ-
 ნელი წყალდიდობები და პრევენციული ღონისძიებები _____ 325

შოტაშვილიანი ც., ბორჯაძე ე. – ენერგოეფექტურობა – თანამედროვეობის
 ბლოკალური პრობლემა _____ 328

7 განათლება ენერგეტიკაში ENERGY EDUCATION

მაჭავარიანი ე., რობაქიძე ლ., ბიბილეიშვილი ბ. ი – კუმშვის პროცესების და
 წნევის სწავლების ეფექტური მეთოდობა _____ 333

ჩხიკვაძე თ., კეჟერაძე ნ., ჩხიკვაძე ძ. – ვირტუალური ამოცანა – ნამწვი
 აირების ანალიზი ორსა-ფიზერის აირანალიზატორით _____ 335

მაჭავარიანი ე., მსოვრელი ნ., ჯიხვაძე მ. – სითხეების დუღილის პროცესის და
 კრიტიკული ტემპური დატვირთვის შესასწავლი
 ლაბორატორიული დანადგარი _____ 337

მარდალავიშვილი ნ. – განსაზღვრული ინტეგრირების გამოთვლა
 მათემატიკური პაკეტის Mathcad-ის გამოყენებით. _____ 339



III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



კომპიუტერული უზრუნველყოფა ლევან იობაძე

ქაღალდის ზომა 1/8
ნაბეჭდი თაბახი 31,375
ტირაჟი 80

დაიქვეჭდა აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სტამბაში