

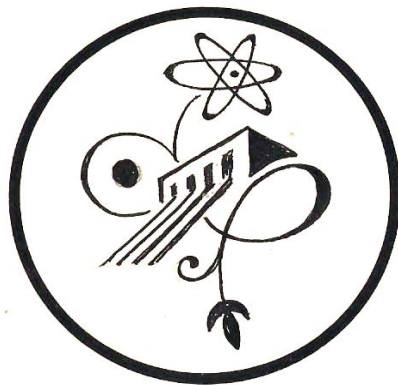
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საინჟინრო-ტექნიკური ფაკულტეტი

მე-2 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია

„ენერგეტიკა:
რეგიონული პრობლემები და განვითარების
პერსპექტივები“

მოსსენებების კრებული



25–26 მაისი, 2013 წელი
ქუთაისი, საქართველო

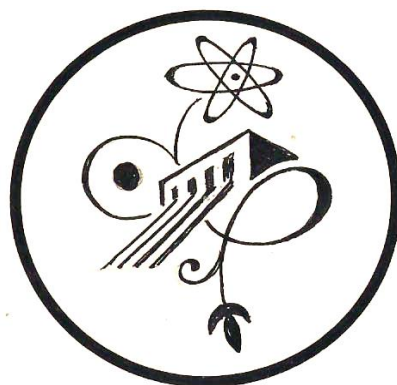
Akaki Tsereteli State University

Engineering Faculty

2nd International Scientific Conference

**“ENERGY:
REGIONAL PROBLEMS AND DEVELOPMENT
OPPORTUNITIES”**

PROCEEDINGS



**May 25-26, 2013
KUTAISI, GEORGIA**

მე-2 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია

„ენერგეტიკა:
რეგიონული პრობლემები და განვითარების
პერსპექტივები“

ISBN 978-9941-448-36-2

2nd International Scientific Conference

**“ENERGY:
REGIONAL PROBLEMS AND DEVELOPMENT
OPPORTUNITIES”**

მე-2 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მოხსენებების კრებული მომზადებულია “Tanamedrove energoefeqturi teqnologiebis da ganaTebis iniciativis (NATELI)“ პროექტის ფარგლებში, რომელიც ხორციელდება Winrock International Georgia მერა აშს საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს (USAID) მხარდაჭერით.

პუბლიკაციის შენაარსი არ წარმოადგენს აშს მთავრობის ოფიციალურ ინფორმაციას და არ გამოხატავს USAID-ის ან აშს მთავრობის სხვა დეტალებს.

The Proceedings of 2nd International Scientific Conference is prepared within framework of the New Applied Technology Efficiency and Lighting Initiative/NATELI Project implemented by Winrock International Georgia with the support of US Agency for International Development (USAID).

The information provided in this publication/work is not an official U.S. Government information and does not represent the views or positions of the U.S. Agency for International Development or the U.S. Government.



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



საერთაშორისო
სახელმწიფო უნივერსიტეტი



WINROCK
INTERNATIONAL
GEORGIA

მე-2 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია

„ენერგეტიკა:
რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები”

სამეცნიერო კომიტეტი

გია არაბიძე (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი),
ჯემალ ბერიძე (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი),
თორნიკე გოცირიძე (Winrock International Georgia, საქართველო),
ომარ ზივზივაძე (აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი),
ავთანდილ თვალჭრელიძე (აკაკი წერეთლის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი),

თამაზ კუპატაძე (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი),
გურამ მახარაძე (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი),
შალვა ნაჭყებია (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი),
ჰამიდ ნეჟადი (ამერიკის შეერთებული შტატები),
ფელიქს ნეშერი (ლიხტენშტეინი),
ნანა სამსონია (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი),
ნოდარ უღრელიძე (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი),
დემურ ჩომახიძე (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი),
ჯანიკო ხუნწარია (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

ჩივრ

საორგანიზაციო კომიტეტი

ომარ ზივზივაძე (ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციების
დეპარტამენტის ხელმძღვანელი, საორგანიზაციო კომიტეტის
თავმჯდომარე),
ფრიდონ გოგიაშვილი (საინჟინრო-ტექნიკური ფაკულტეტის დეკანი),
ქეთევან ცხაკაია (ასოცირებული პროფესორი),
მურმან ქებურია (ასოცირებული პროფესორი),
ლალი ზივზივაძე (ასოცირებული პროფესორი)
დავით შამაგვი (თარჯიმანი)

2nd International Scientific Conference

“ENERGY: REGIONAL PROBLEMS AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES”

SCIENTIFIC COMMITTEE

Gia Arabidze (Georgian Technical University),
Jemal Beridze (Georgian Technical University),
Demur Chomakhidze (Georgian Technical University),
Tornike Gotsiridze (Winrock International Georgia, Georgia)
Janiko Khuntsraia (Georgian Technical University),
Tamaz Kupatadze (Georgian Technical University),
Guram Makharadze (Georgian Technical University),
Shalva Nachkebia (Georgian Technical University),
Hameed Nezhad (USA),
Felix Nesh (Liechtenstein),
Nana Samsonia (Georgian Technical University),
Avtandil Tvalchrelidze (Akaki Tsereteli State University),
Nodar Ugrelidze (Georgian Technical University),
Omar Zivzivadze (Akaki Tsereteli State University)



ORGANIZING COMMITTEE

Omar Zivzivadze (Head of Energy and Telecommunications Department, chairman),
Fridon Gogiashvili (Dean of Engineering Faculty),
Ketevan Tskhakaia (Associate Professor),
Murman Keburia (Associate Professor),
Lali Zivzivadze (Associate Professor), ,
David Shamaevi (Translator).

კონფერენციის სექციები

1. ელექტროტექნიკა და ელექტროენერგეტიკა
2. ენერგოეფექტურობა და განახლებადი ენერჯის წყაროები
3. ენერჯისა და რესურსების დამზოგავი ტექნოლოგიები ენერგეტიკაში, მრეწველობაში, მშენებლობასა და ტრანსპორტში
4. ენერგეტიკის ეკონომიკა და მენეჯმენტი
5. ტელეკომუნიკაცია და საინფორმაციო ტექნოლოგიები
6. ეკოლოგია და გარემოს დაცვა
7. განათლება ენერგეტიკის სფეროში

შედეგად

CONFERENCE SECTIONS

1. ELECTRICAL ENGINEERING AND POWER INDUSTRY
2. ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY SOURCES
3. ENERGY AND RESOURCES SAVING TECHNOLOGIES IN POWER ENGINEERING, INDUSTRY, CONSTRUCTION ENGINEERING AND TRANSPORT
4. ENERGY ECONOMICS and MANAGEMENT
5. TELECOMMUNICATION and INFORMATION TECHNOLOGIES
6. ENERGY EDUCATION



სექცია №1. ელექტროტექნიკური და ელექტროენერგეტიკული ტექნოლოგიები

მოსაზრებები სასისტემო ელექტრობაღამცემ ხაზ „ჯორჯი 154 კვ“-ის პროექტის შესახებ

ზივზივანი ო.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

2010 წლის 29 სექტემბერს საქართველოსა და თურქეთის რესპუბლიკას შორის გაფორმდა და ენერჯეტიკის მინისტრების დონეზე ხელმოწერილი იქნა „პარალელური რეჟიმის შეთანხმების ურთიერთგაგების მემორანდუმი“, რომლის თანახმადაც 2011 წლის 18 თებერვალს ხელი მოეწერა ბათუმსა (საქართველო) და მურატლი (თურქეთი) შორის მაღალ ძაბვის 154კვ ნომინალური ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზის მშენებლობას.

პროექტი ითვალისწინებს, საქართველოს მხრიდან 260–350 მგვტ სიმძლავრის მაღალი ძაბვის 220/154კვ ნომინალური ძაბვის ქვესადგურის მოწყობას, მუდმივი დენის ჩანართით და ელექტროგადაცემის ხაზის აგებას საქართველოს სახელმწიფო საზღვრამდე, სიგრძით 17.075კმ.

სტატიაში გაანალიზებულია აღნიშნული პროექტის შეუქმნადი, შეფასებულია გადაცემის ხაზის ფუნქციონალური დატვირთვისა და ტექნიკური აღჭურვის შემოთავაზებული ვარიანტები. გამოთქმულია მოსაზრებები ალტერნატიული ვარიანტებისა და საპროექტო ხაზის გარემოზე ზეგავლენის შესახებ.

საქართველოს ენერჯოსისტემა წარმოადგენს საბჭოთა კავშირის ერთიანი ენერჯოსისტემის დაშლის პროდუქტს და მის წინაშე დღემდე არაერთი პრობლემა დგას.

როგორც ცნობილია, ეს პრობლემები საქართველოს ენერჯეტიკაში შეიქმნა საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ, როდესაც საქართველოს ენერჯოსისტემა გამოეყო ერთიან ენერჯოსისტემას და შეფერხდა მისი დამოუკიდებლად ფუნქციონირება. ამ პრობლემებს შეიძლება მივაკუთვნოთ:

- დამოუკიდებელი ფუნქციონირების საწყის ეტაპზე ენერჯეტიკული პოლიტიკისა და ერთიანი ეროვნული გეგმის არ არსებობა,
- ელექტრულ სისტემაში ჩართული აგრეგატთა არარაციონალური შემადგენლობა,
- ენერჯის გადაცემისა და განაწილების მემკვიდრეობით მიღებული გაპარტახებული და გაძარცვული საშუალებები.
- ელ.ენერჯის მწვავე დეფიციტი, რომელიც განპირობებული იყო ერთის მხრივ საკუთარი ორგანული საწვავის უქონლობით და მეორე მხრივ ჰიდრორესურსების ათვისების დაბალი მაჩვენებლებით,
- ელ. სისტემის მდგრადობის ძალიან დაბალი ხარისხი,
- მაღალი რანგის საინჟინრო და მენეჯერული კადრების დეფიციტი.

დღეისათვის აღნიშნული პრობლემებიდან ზოგიერთი მათგანი ნაწილობრივ მოგვარდა, მაგრამ პრობლემა მთლიანობაში კვლავ რჩება.

ამ ეტაპზე ფაქტობრივად საუბარია ისეთი სიტემის შექმნაზე რომელიც გამორჩეული იქნება სტატიკური და დინამიკური მდგრადობით და უზრუნველყოფს მომხმარებელთა საიმედო და მაღალხარისხიან კვებას.

ასეთი მიზნის შესრულება მოითხოვს რთული და ძვირადღირებული საინჟინრო ამოცანების გადაწყვეტას ისეთების როგორიცაა ახალი ელექტრული სადგურებისა და ელექტროგადაცემის ხაზების აგება და პარალელურად ძველი ენერჯეტიკული ობიექტების

საპროექტო ნიშნულებამდე მიყვანა. სამართლიანობა მოითხოვს აღინიშნოს რომ ამ უკანასკნელი საქმიანობის კუთხით შედეგები ხელშესახებია.

ზემოთხსენებული ამოცანების წარმატებით გადაწყვეტა ჩვენს ქვეყანას დამოუკიდებლად, პარტნიორი ქვეყნების დახმარების გარეშე ალბათ გაუჭირდება, ამიტომ საბოლოო შედეგი დიდად იქნება დამოკიდებული იმაზე, თუ რამდენად სწორად იქნება წარმართული საინვესტიციო პოლიტიკა.

უნდა აღინიშნოს, რომ საინვესტიციო შემოთავაზებები საკმარისზე მეტია. ამასთან ერთად, აქცენტები ძირითადად ჰეს-ების მშენებლობაზე კეთდება, რაც გარკვეულწილად არ შეიძლება არ გვახარებდეს, თუმცა იგი დიდი დაფიქრებისა და განსჯის საგანიც უნდა გახდეს და მათგან შერჩეული უნდა იქნეს ქვეყნისათვის ყველაზე მომგებიანი პროექტები.

ენერგეტიკული პროექტების კუთხით თურქეთის რესპუბლიკა წარმოადგენს ჩვენი ქვეყნისათვის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პარტნიორ ქვეყანას.

2010 წლის 29 სექტემბერს საქართველოსა და თურქეთის რესპუბლიკას შორის გაფორმდა და ენერგეტიკის მინისტრების დონეზე ხელმოწერილი იქნა „პარალელური რეჟიმის შეთანხმების ურთიერთგაგების მემორანდუმი“, რომლის თანახმადაც 2011 წლის 18 თებერვალს ხელი მოეწერა ბათუმსა (საქართველო) და მურატლი (თურქეთი) შორის მაღალ ძაბვის 154კვ ნომინალური ძაბვის ელექტროგადამცემის ხაზის მშენებლობას.

პროექტი ითვალისწინებს, საქართველოს მხრიდან 260–350 მგვტ სიმძლავრის მაღალი ძაბვის 220/154კვ ნომინალური ძაბვის ქვესადგურის მოწყობას, მუდმივი დენის ჩანართით და ელექტროგადამცემის ხაზის აგებას საქართველოს სახელმწიფო საზღვრამდე, სიგრძით 17.075კმ.

სასისტემო ხაზის აგება მნიშვნელოვანი ეტაპია ენერგოსისტემის განვითარების გზაზე. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ასეთი ხაზების არსებობა სისტემის სტატიკური და დინამიკური მდგრადობის თვალსაზრისით.

დღეისათვის საქართველოს ენერგოსისტემა 500, 330, 220 და 110 კვ ნომინალური ძაბვის სასისტემო ხაზებით დაკავშირებულია: რუსეთთან, აზერბაიჯანთან, სომხეთთან და თურქეთთან. პრაქტიკულად მზად არის 400 კვ ძაბვის ხაზი მუდმივი დენის ჩანართით ახალციხიდან თურქეთის მიმართულებით.

განსახილველი ხაზის „ჭოროხი154კვ“-ის საპროექტო გადაწყვეტილებები მიღებულია „35-750 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზების ტექნოლოგიური პროექტირების ნორმების“, „ელექტროდანადგარების მოწყობის წესების“ და სხვა ნორმატიული და მეთოდური დოკუმენტების საფუძველზე.

პროექტირებისას გამოყენებულია სტანდარტული მოწყობილობები და მასალები და საყრდენების, საძირკვლებისა და ხაზის სხვა ელემენტების უნიფიცირებული, ტიპური კონსტრუქციები, რომელთაც გავლილი აქვთ ყველა საჭირო გამოცდა.

პროექტი შესრულებულია პროექტირებისა და საქართველოს კანონმდებლობით გათვალისწინებული მოთხოვნების დაცვით, შესრულებულია ძალზედ შრომატევადი სამუშაოები, თუმცა კონკრეტული საკითხების გადაწყვეტის დროს, ნაკლებია ორიგინალური, შემოქმედებითი მიდგომა და პროექტი მთლიანად მოქცეულია სტანდარტულ გადაწყვეტილებათა ჩარჩოებში.

ხაზის ნომინალური ძაბვა 154 კვ განეკუთვნება იშვიათი სიდიდის ძაბვათა კლასს და საქართველოს ენერგოსისტემაში საერთოდ არ გამოიყენება. უფრო მეტიც, ძაბვის ეს კლასი პრაქტიკულად არ გამოიყენებოდა საბჭოთა კავშირის ყოფილ, გართიანებულ ენერგოსისტემაშიც, თუ არ ჩავთვლით გასული საუკუნის 30-იან წლებში დნებრზე გადსასვლელ ელექტროგადამცემ ხაზს, რომელიც სწორედ ამ კლასის ძაბვაზე იყო გათვლილი, ისევე როგორც განსახილველი ხაზი „ჭოროხი 154“ და შედიოდა დნებროპეტროვსკის მაღალ ძაბვის ხაზების დასავლეთ რგოლში. გასაგებია, რომ ძაბვის ასეთი

კლასის გამოყენება ნაკარნახევია ელექტრონული ენერჯის მიმღები მხარის, მურატ-ლი(თურქეთი), მაღალი დაბვის ქვესადგურის ნომინალური დაბვის მნიშვნელობით.

გამომდინარე პროექტის ტექნიკური და ფუნქციონალური პარამეტრებიდან მის მიმართ გვიჩნდება გარკვეული შენიშვნები.

დავიწყით ყველაზე მთავართ, კერძოდ კი იმით, რომ მისი აგების აუცილებლობა სათანადოდ არ არის დასაბუთებული. პროექტის ეს ნაწილი გაჯერებულია არაფრის-მთქმელი, ზოგადი ფრაზებით, ისეთებით როგორცაა, „აღნიშნული პროექტის განხორციელება საგრძნობლად გაზრდის საქართველოდან თურქეთის ენერჯოსისტემაში ელექტროენერჯის ექსპორტის ტექნიკურ შესაძლებლობებს, აგრეთვე ხელს შეუწყობს ინვესტორთა დაინტერესებას საქართველოში ელექტროენერჯის მწარმოებელი ახალი სადგურების პროექტებით, გაზრდის მთლიანად საქართველოსა, და კერძოდ აჭარის რეგიონის ელექტრომომარაგების საიმედოობას“.

მიმაჩნია, რომ ამ ხაზის აგების იდეა წარმოადგენს უახლოეს წარსულში, ქვეყანაში ატეხილი „ჰესომანიისა“ და საქართველოს ელექტრონული ენერჯის ექსპორტიორ ქვეყანად წარმოჩენის არც თუ ბოლომდე გააზრებული პროექტის ნაწილს.

დღეისათვის, როდესაც ჰეს-ების ნაწილის პროექტირებისა და მშენებლობის პროცესი გაურკვეველი დროითაა შეჩერებული, აუცილებელია კიდევ ერთხელ გადაიხედოს ელექტროგადამცემი ხაზი „ჭოროხის“ აგებისა და ფუნქციონალური დატვირთვის საკითხები.

ამ მიზნით, პირველ რიგში უნდა განსაჯაროვდეს და ხელმისაწვდომი გახდეს საქართველოსა და თურქეთს შორის გაფრმებული 2010 წლის მემორანდუმისა და მის საფუძველზე ბათუმი-მურტალის მაღალი დაბვის ხაზის აგების თაობაზე დადებული, 2011 წლის ხელშეკრულების ტექსტები.

ძალიან მნიშვნელოვანია განისაზღვროს ენერჯის რომელი წყაროებიდან (არსებული და მშენებარე) მოხდება სიმძლავრის გადაღინება თურქეთში ან იქნება კი საერთოდ საჭირო რაოდენობის გასაცემი სიმძლავრე, ხუდონის ჰესისა და ნამახვანის ჰესების კასკადის პროექტების შეჩერების შემთხვევაში? არ არის გამორიცხული ისიც , რომ ასეთ პირობებში, რომელსაც ტარიფების შემცირებაც ემატება, დამკვეთმა ფირმამ, „ენერჯო-პრომ“ თავად თქვას უარი აღნიშნული პროექტის განხორციელებაზე.

ჩვენი აზრით, წინაწარ შემუშავებული უნდა იქნანეს ხაზის დატვირთვის გრაფიკები, როგორც სიმძლავრის გაცემის ასევე მიღების რეჟიმებში, დატვირთვების მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობებისათვის. ამასთან ერთად, საჭიროა განისაზღვროს ხაზის მაქსიმალური დატვირთვების დრო T_{უღიდესი}, რაც საშუალებას მოგვცემს დავადგინოთ რამდენად ეფექტურია ხაზი.

შესწავლილი და გაანალიზებული უნდა იქნეს ხაზის გავლენა საქართველოს ენერჯოსისტემის სტატიკურ და დინამიკურ მდგრადობებზე.

გასარკვევია მიიღებს თუ არა ხაზი მონაწილეობას ქართულ ენერჯოსისტემაში სიხშირის დეცენტრალიზებულ რეგულირებაში და რეგულირების რომელ საფეხურზე.

ასევე გასარკვევია გათვალისწინებულია თუ არა, ხაზზე მაკომპენსირებელი დანადგარების განთავსება. ამ სკითხის აქტუალურობა იმითაც არის განპირობებული, რომ მუდმივი დენის ჩანართი თავად წარმოადგენს რეაქტიული სიმძლავრის სერიოზულ მომხმარებელს.

კითხვებს იწვევს ხაზის ტექნიკური შესრულების რამოდენიმე საკითხიც.

ხაზი შესრულებულია გახლენილი სადენებით. როგორც წესი, ფაზის გახლენვა იწყება 330კვ ნომინალური დაბვიდან [1]. ჩვენს შემთხვევაში, სავარაუდოდ ეს კეთდება ხაზის გამტარუნარიანობის გასაზრდელად, მაგრამ ამის მიღწევა შესაძლებელი იყო სხვა ხერხებითაც, თუმცა პროექტში მითითებულია, რომ ეს გაკეთდა თურქეთის მხარესთან შეთანხმებით ელექტროენერჯის საიმედო და ხარისხიანი გადაცემისათვის, რაც

პროექტირების დროს არსაკმარისი არგუმენტი.

სამართლიანობა მოითხოვს აღინიშნოს, რომ ასეთი შემთხვევები მსოფლიო პრაქტიკაში იშვიათად, მაგრამ მაინც არსებობს, თუმცა საჭირო იყო ტექნიკურ ეკონომიკური დასაბუთება ამ კონკრეტულ შემთხვევაში.

ხაზი შესრულებულია ფოლად ალუმინის ორმაგი სადენებით, ჯამური კვეთით თითოეული ფაზისათვის 2X365 მმ² და მათი დაკიდებისათვის შერჩეულია 330 კვ უნიფიცირებული საანკერო-კუთხური და შუალედური საყრდენები. სულ 57 ცალი, მათგან 56 ანკერული, რაც მიუთითებს ტრასის ურთულეს რელიეფზე. პროექტის ავტორთა თქმით ეს კეთდება იმის გამო, რომ 220 კვ ძაბვის უნიფიცირებული საყრდენები აღნიშნული კვეთის ორმაგი სადენის (ორად გახლეჩილი ფაზის) შეკიდებაზე გათვლილი არაა. მიგვაჩნია, რომ ასეთი მიდგომა საგრძნობლად გააძვირებს პროექტის ღირებულებას. ამასთან ერთად, გაიზრდება ხაზის გაყვანისათვის საჭირო კორიდორის გაბარიტები და შესაბამისად ამ კორიდორში მოქცეული გასაკაფი მცენარეების რაოდენობა. ჩვენი აზრით, შესაძლებელია ანძები შერჩეული იქნეს იმ ფონდიდან რომელიც გათვალისწინებულია 154 კვ ნომინალური ძაბვისთვის.

ალტერნატიული ვარიანტების ანალიზიდან პროექტში შესულია უმეკმედობის ალტერნატივისა და ხაზის ტრასის ალტერნატივების ანალიზი.

მიგვაჩნია, რომ წარმოდგენილი უნდა იყოს გაცილებით მეტი ალტერნატივები, განსაკუთრებით ხაზის ტექნიკური შესრულების ნაწილში.

მაგალითისათვის შეიძლება განხილულიყო შემდეგი ალტერნატივა, თურქეთის საზღვრამდე ხაზი აგებულიყო 220 კვ ძაბვაზე, ხოლო 220/154 კვ ნომინალური ძაბვის ქვესადგური, მუდმივი დენის ჩანართით მოწყობილიყო თურქეთის მხარეზე. ასეთი მიდგომა საშუალებას იძლევა უარი ვთქვათ 330 კვ ძაბვის ანძებზე და გახლეჩილ სადენებიან ფაზებზე.

ალტერნატიულ ვარიანტად შეიძლება ასევე განხილული იქნეს ტყის მასივებში საპარო ხაზის ნაწილის ჩანაცვლება კაბელური ჩანართით, რაც თავიდან აგვარიდებს ტრასის აღნიშნულ ნაწილში ტყის მასივის გაკაფვას.

ჩვენ წინააღმდეგი არა ვართ თურქეთთან სასისტემო ხაზის აგების და მათთან სიმძლავრეების გაცვლის, თუმცა ეს უნდა მოხდეს რთული საინჟინრო ამოცანების ოპტიმიზაციის გზით, რაც პროექტიდან არ სჩანს.

პროექტში საუბარია, საპროექტო ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის ზეგავლენაზე ადამიანებზე და ცოცხალ ორგანიზმებზე. კონკრეტულად, პროექტის ავტორები თვლიან რომ „220 კვ და ნაკლები ძაბვის დანადგარების და მაღალი ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზებისათვის ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო ზონის საზღვრები საქართველოში მოქმედი ნორმატიული ბაზით არ ისაზღვრება. ვინაიდან საპროექტო ეგზ „ჯორჯი“ 154 კვ ძაბვის იქნება, საერთაშორისო პრაქტიკა ითვალისწინებს ხაზის გასწვრივ 10-მ-იანი დაცვითი ზონის არსებობას. აღნიშნულის გათვალისწინებით შეიძლება ითქვას, რომ არსებული პროექტის შესაბამისად და ჩვენს მიერ ჩატარებული ვიზუალური აუდიტის მიხედვით საცხოვრებელი ტერიტორია და საზოგადოებრივი შენობები ელექტრული ველის ზემოქმედების ზონაში არ არის მოქცეული.“

აღნიშნულზე დაყრნობით პროექტის ავტორები აკეთებენ დასკვნას: “საპროექტო ეგზ-ის ექსპლუატაციას, როგორც ცალკე აღებულ ობიექტს ელექტრული ველების გავრცელების თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი ზეგავლენა არ ექნება, თუმცა მის სიახლოვეს არსებული სხვა ელექტრო გადაცემის ხაზების ექსპლუატაციის გათვალისწინებით ზემოქმედების ხასიათი მცირედ გაიზრდება. საერთო ჯამში შეიძლება ითქვას, რომ ელექტრული ველების გავრცელების თვალსაზრისით მოსალოდნელი კუმულაციური ეფექტი იქნება ძალზედ მცირე მასშტაბის და შესაძლებელია მისი უგულვებელყოფა.”



ჩვენ ძირითადად ვეთანხმებით აღნიშნულ მოსაზრებას, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ფაზების გახლეჩვის საკითხი აქაც პრობლემატურია, თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ ელექტროგადაცემის ხაზის ველი ძირითადად განისაზღვრება ფაზათა მუხტებით და იგი ხაზის ნომინალური ძაბვის, ფაზაში სადენთა რიცხვისა და გახლეჩილი ფაზის სადენის ექვივალენტური რადიუსის ზრდასთან ერთად სწრაფად იზრდება [2]. შედარებისათვის, გახლეჩილი სადენებით შესრულებული 750 კვ ძაბვის ხაზის მუხტი 5–6 ჯერ მეტია, ვდრე ერთეული სადენით შესრულებული 220 კვ ნომინალური ძაბვის მქონე ხაზის მუხტი, 1150 კვ ძაბვის ხაზის კი 10–20 ჯერ მეტი.

ბოლოს უნდა აღინიშნოს, რომ მუდმივი დენის ჩანართი, რომელიც გათვალისწინებულია 220/154 კვ ძაბვის ქვესადგურზე თავად წარმოადგენს ელექტრული ქსელის მაღალი რივის ჰარმონიკებით დაბინძურების წყაროს რაც, როგორც წესი, ხდება ელექტრული ენერჯის ხარისხის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებლის, დენის მრუდის სინუსოიდალურობის დარღვევის მიზეზი. ამის გამო, საჭიროა დადგინდეს გამოდის თუ არა ეს მაჩვენებელი სახელმწიფო სტანდარტით დადგენილი ნორმიდან.

ლიტერატურა

1. გამახარაძე, მ. სულაძე. „ელექტრული ქსელების დაპროექტება“. გამომცემლობა „უნივერსალი“, თბილისი, 2007 წ.
2. Чехов В.И. Экологические аспекты передачи электроэнергии. Учебное пособие, МЭИ,1991г.

**SOME IDEAS ABOUT DESIGN FOR POWER TRANSMISSION LINE
 “CHOROKHI 154 KV”**

O.Zivzivadze

Akaki Tsereteli State University

Summary

On September 29, 2010 the agreement between Georgia and Turkey regarding the Memorandum of Understanding about Parallel Regimes was concluded and signed by Energy Ministers, according to which on February 19, 2011 the parties signed the agreement regarding construction of high-voltage 154 KV power transmission line between Batumi (Georgia) and Murtalo (Turkey).

From Georgian side, the project envisages the construction of high-voltage 220/154 KV substation of 260-350 megawatt capacity, with direct current switch, and installation of power transmission line until the State border of Georgia with the length of 17.075 km.

There are considered in a given article the strengths and weaknesses of this project, and estimated the proposed versions of functional loads and technique of the transmission line. There are promoted the ideas about alternative versions and environmental impact of the proposed transmission line.

**რეაქტიული სიმძლავრის ოპტიმალური კომპენსაციის
 სისტემური მიდგომის მეთოდის პრობლემები და
 ახალი მეთოდის არსი**

მახარაძე ბ.,* ახალაძე ფ.**

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

**აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

გაანალიზებულია ელექტრულ ქსელში რეაქტიული დატვირთვის ოპტიმალური კომპენსაციის სისტემური მიდგომის მეთოდის პრობლემები საბაზრო ეკონომიკის პირობებში. ნაჩვენებია, რომ ამ მეთოდის ჩანაცვლება მეთოდით, რომელიც საშუალებას მოგვცემს ცალკე აღებულ მანაწილებელ ქსელში გადავწყვიტოთ რეაქტიული დატვირთვის ოპტიმალური კომპენსაციის საკითხი

სისტემური მიდგომის გარეშე ანუ გლობალური ამოცანა (სისტემური მიდგომის ამოცანა) დაიყვანოს ცალკეული მანაწილებელი ქსელის ლოკალურ ურთიერთ დამოუკიდებელ ამოცანებად.

რეაქტიული სიმძლავრე ცვლადი დენის წრედში მიმდინარე ენერგეტიკული პროცესების თანმდევი მოვლენაა და იგი ქსელის ინდუქციურ (L), ტევადურ (C) ელემენტებსა და დენის წყაროებს შორის ენერჯის მიმოცვლის ციკლში მონაწილეობს. ამასთან, ეს ციკლი ცვლადი დენის ერთ ნახევარ პერიოდში სრულდება. ანუ რეაქტიული სიმძლავრე ცვლადი დენის წრედში 2ω კუთხური სიხარით ირხევა.

როცა ქსელში ჭარბობს ინდუქციური ელემენტები $\left(\omega C > \frac{1}{\omega L}\right)$, მაშინ ცვლადი დენის ერთი ნახევარი პერიოდის რაღაც ინტერვალში დენის წყაროდან და ტევადური ელემენტებიდან რეაქტიული ენერჯია შედის ინდუქციურ ელემენტებში და გროვდება როგორც ინდუქტივობის მაგნიტური ენერჯია ($W_{\text{მაგნ}}$), ხოლო ამავე ნახევარი პერიოდის მომდევნო ინტერვალში იგივე ენერჯია ინდუქციური ელემენტებიდან ბრუნდება უკან და შედის დენის წყაროებში და, ასევე, ტევადურ ელემენტებში როგორც ტევადობის ელექტრული ენერჯია ($W_{\text{ელ}}$).

რეაქტიული ინდუქციური სიმძლავრე Q_L წარმოადგენს ინდუქტივობის მაგნიტურ ველში რეაქტიული მაგნიტური ენერჯის შემოსვლისა და უკან დარუნების სიხარეს $Q_L = \frac{d}{dt} W_{\text{მაგნ}}$. ასევე, რეაქტიული ტევადური სიმძლავრე Q_C წარმოადგენს ტევადობის ელექტრულ ველში რეაქტიული ელექტრული ენერჯის შემოსვლისა და უკან დარუნების სიხარეს $Q_C = \frac{d}{dt} W_{\text{ელ}}$.

ინდუქციურ, ტევადურ ელემენტებსა და დენის წყაროებს შორის რეაქტიული სიმძლავრის მიმოცვლის დროს ქსელში ადგილი აქვს აქტიური სიმძლავრის დამატებით დანაკარგებს

$$\Delta P_Q = \frac{Q^2}{U^2} R.$$

როცა ქსელის რომელიმე რეგიონში მიახლოებით მაინც სრულდება პირობა $\left(\omega C \approx \frac{1}{\omega L}\right)$ მაშინ ამ ქსელის ინდუქციური და ტევადური ხასიათის მომხმარებელთა რეაქტიული დატვირთვები მაქსიმალურად ურთიერთ დაბალანსებელია. რეაქტიული სიმძლავრის მიმოცვლას ადგილი აქვს მხოლოდ ამ რეგიონის ინდუქციურ და ტევადურ ელემენტებს შორის და კვების წყაროები, პრაქტიკულად, არ მონაწილეობს ამ სიმძლავრის გაცემა-მიღების პროცესში. სწორედ, აღნიშნული პირობის შესრულების შესაბამისი ღონისძიების განხორციელება წარმოადგენს რეაქტიული დატვირთვის ოპტიმალურ კომპენსაციას იმ დოზით, რომ მინიმალური კაპიტალური ხარჯების პირობებში მაქსიმალურად შემცირდეს აქტიური სიმძლავრის (ენერჯის) დანაკარგები ქსელში. რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია ეს არის მაკომპენსირებელი დანადგარის მიერ რეაქტიული სიმძლავრის მიზნობრივი გენერაცია ან მოხმარება.

რეაქტიული დატვირთვის ოპტიმალური კომპენსაციის ამოცანის ამოხსნას მიეძღვნა მრავალი მკვლევარის შრომები [1, 2, 3] და მათ მიერ შემოთავაზებულია ამოცანის ამოხსნის სხვადასხვა მეთოდი. ამ მეთოდებს შორის ყველაზე უფრო ზუსტ მეთოდს წარმოადგენს სისტემური მიდგომის მეთოდი, რაც გულისხმობს ელექტროსისტემის ყველა ძაბვის საფეხურის ქსელის ყველა ელემენტისა და ყველა სამომხმარებლო კვანძის გათვალისწინებას.

ამ მეთოდის მიხედვით ქსელის j -ურ კვანძში რეაქტიული დატვირთვის მაკომპენსირებელი დანადგარის ოპტიმალური $Q_{\alpha,j}$ სიმძლავრის დადგენა შესაძლებელია შემდეგი სახის განტოლებათა სისტემის ამოხსნის გზით

$$\sum_{i=1}^n (Q_{\alpha,i} + Q_j) \cdot R_{ij} = \frac{aU_b^2}{2}, \quad j=1, 2, 3, \dots, n,$$

სადაც: Q_j – j -ური კვანძის რეაქტიული დატვირთვა (აიღება “-“ ნიშნით);

n – სამომხმარებლო კვანძების საერთო რიცხვი ქსელში;

U_b – ბაზისური ძაბვა, კვ;

R_{ij} – კვანძების საკუთარი (როცა $i=j$) და ურთიერთ წინაღობა (როცა $i \neq j$), დაყვანილი ბაზისურ ძაბვაზე;

α – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მაკომპენსირებელი დანადგარის კაპიტალურ და საექსპლუატაციო ხარჯებსა და აქტიური სიმძლავრის დანაკარგებს ამ დანადგარში.

ეს მეთოდი, ფაქტიურად, უნივერსალურ მეთოდს წარმოადგენს, მაგრამ ერთი მხრივ ხასიათდება დიდი განზომილებით (ელექტროსისტემის ელემენტებისა და სამომხმარებლო კვანძების დიდი რიცხვი) და, მეორე მხრივ, საწყისი ინფორმაცია, შედარებით, დაბალი ხარისხისაა.

საწყისი ინფორმაციის ხარისხის ერთერთი მანვენებელია უტყუარობა ანუ სიზუსტე. რადგანაც ელექტრული სისტემის მანაწილებელი ქსელები (საშუალო და დაბალი ძაბვის ქსელები) ქვეყნის დიდ ტერიტორიაზე განფენილი, ზუსტი ინფორმაციის მოპოვება სუბიექტური თუ ობიექტური მიზეზებისა გამო გაძნელებულია და მოპოვებული ინფორმაცია არადეტერმინირებული და ცდომილების შემცველი ინფორმაციაა.

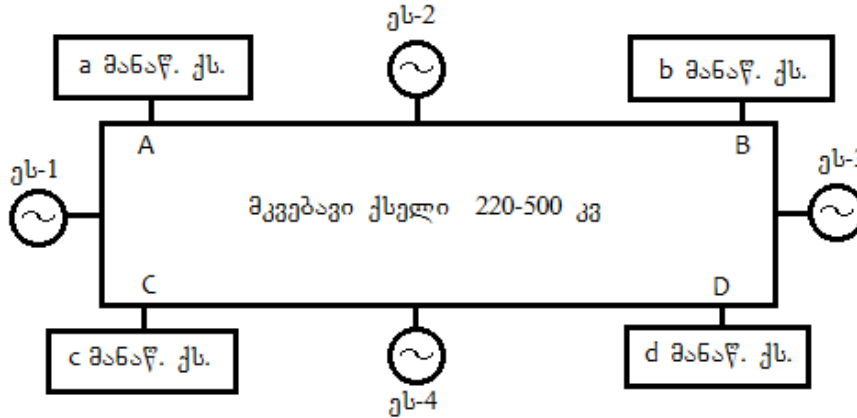
თანამედროვე საბაზრო ეკონომიკის პირობებში, ელექტრული სისტემა, მკვებავი და მანაწილებელი ქსელების კუთვნილების მიხედვით, დაყოფილია მრავალ კერძო კომპანიებად. ამ კომპანიებიდან მანაწილებელი ქსელების მუშაობის რეჟიმებისა და მათი სახასიათო პარამეტრების შესახებ ინფორმაციის (მით უმეტეს ზუსტი ინფორმაციის) მოპოვება კიდევ უფრო გაძნელებულია და, ზოგჯერ, შეუძლებელიც. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ზემოთ მოყვანილი განტოლებათა სისტემის ამონახსნი მაღალი ალბათობით ცდომილების შემცველია და ვერ პასუხობს ოპტიმიზაციის მოთხოვნებს. უფრო მეტიც, ცალკეული კომპანიების მიზნების, ამოცანებისა და ფინანსური შესაძლებლობის სხვადასხვაობის გამო, ვერ ხერხდება დროის მცირე მონაკვეთში (რამდენიმე წელიწადში მაინც) განვახორციელოთ რეაქტიული დატვირთვის ოპტიმალური კომპენსაცია მთელი სისტემის მასშტაბით.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, დღის წესრიგში დგას რეაქტიული დატვირთვის ოპტიმალური კომპენსაციის სისტემური მიდგომის მეთოდი ჩავანაცვლოთ მეთოდით, რომელისთვისაც საკმარისი იქნება მხოლოდ მოცემული მანაწილებელი ქსელისა და მისი მკვებავი ქსელის შესახებ ადვილად მოპოვებადი ინფორმაციის გამოყენება. ამასთან, მანაწილებელ ქსელში ამ მეთოდით დადგენილი რეაქტიული დატვირთვის კომპენსაციის დონე ადეკვატურად უპასუხებს დასმულ ამოცანას. ე.ი. რეაქტიული დატვირთვის ოპტიმალური კომპენსაციის გლობალური ამოცანა (სისტემური მიდგომის ამოცანა) დავიყვანოთ ცალკეული მანაწილებელი ქსელის ლოკალურ ამოცანებად.

ქვემოთ ნახაზზე ნაჩვენებია ელექტრული სისტემის 220-500 კვ ძაბვის მკვებავი ქსელის A, B, C და D კვანძებიდან კვებას დასრულებს შესაბამისად a, b, c და d 110 კვ და უფრო დაბალი ძაბვის მანაწილებელი ქსელები.

ამ ელექტრული სისტემის რომელიმე მანაწილებელ ქსელში, ვთქვათ b ქსელში, რეაქტიული დატვირთვის ოპტიმალური კომპენსაციის ლოკალური ამოცანა შემოიფარ-

გლება მხოლოდ b მანაწილებელი ქსელისა და მთლიანად მკვებავი ქსელის საწყისი ინფორმაციით. ამ ამოცანაში დანარჩენი მანაწილებელი ქსელები გათვალისწინებული იქნება მათი ჯამური რეაქტიული დატვირთვებით და ამ ქსელების მკვებავ ქსელთან მიერთების კვანძების ურთიერთ წინაღობების სახით.



ამოცანის ასეთი სახით დასმის შემთხვევაში, ერთი მხრივ, მკვეთრად შემცირდება ამოცანის განზომილება და იმ საწყისი ინფორმაციის მოცულობა, რომელიც აუცილებელი და საკმარისია დასმული ამოცანის ამოსახსნელად, ხოლო მეორე მხრივ, დანარჩენი მანაწილებელი ქსელების მკვებავ ქსელთან მიერთების კვანძებში განისაზღვრება რეაქტიული დატვირთვის კომპენსაციის ის დონე, რაც ეკონომიკურად მიზანსწეონილია მხოლოდ მკვებავი ქსელისთვის.

მაშასადამე, შემოთავაზებული მეთოდის მიხედვით ელექტრულ სისტემაში რეაქტიული დატვირთვის ოპტიმალური კომპენსაციის ამოცანა ამოიხსნება ორ ეტაპად. კერძოდ: პირველი, სისტემური მიდგომის მეთოდით დადგინდება რეაქტიული დატვირთვის კომპენსაციის დონე მკვებავი ქსელის სამომხმარებლო კვანძებში, რაც ამ მკვებავი ქსელისთვის იქნება ოპტიმალური; მეორე, ამოიხსნება რეაქტიული დატვირთვის ოპტიმალური კომპენსაციის ამოცანა მოცემულ მანაწილებელ ქსელში მხოლოდ ამ ქსელის შესახებ ინფორმაციის საფუძველზე და საბოლოო გადაწყვეტილების მიღებისას გათვალისწინებული იქნება პირველ ეტაპზე მიღებული შედეგები.

ლიტერატურა:

1. Железко Ю. С. Выбор мощности и мест установки устройств компенсации реактивной мощности в сложных электрических системах. – Электричество, 1977, №2, с. 7-11.
2. Железко Ю. С. Компенсация реактивной мощности в сложных электрических системах. – М. Энергоатомиздат, 1981, 200 с.
3. Карпов Г.М. Компенсация реактивной мощности в распределительных сетях. – М. Энергия, 1975, 182 с.
4. მახარაძე გ., კიკალიშვილი მ. რეაქტიული დატვირთვის კომპენსაცია მაგისტრალურ და რადიალურ ელექტრულ ქსელში. ენერჯია, 4(16), 2000. გვ. 107-112.

THE PROBLEMS OF SYSTEM APPROACH METHOD FOR REACTIVE POWER OPTIMAL COMPENSATION AND THE CHANNEL OF A NEW METHOD

Makharadze G.*, Akhaladze F.

*Georgian Technical University,
**Akaki Tsereteli State University

Summary

There are analyzed in a given article the problems of system approach method for reactive load optimal compensation in power network in the market economy conditions. There is shown that by replacing this method with a method, which should enable us to resolve the reactive load optimal compensation problem in separate distributive network without system approach, i.e. to reduce the global problem (system approach problem) to local interdependent problems of separate distributive network.



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С НЕСКОЛЬКИМИ СТУПЕНЯМИ НОМИНАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

ТВАЛЧРЕЛИДZE А., ГОГИСВАНИДZE В., ГУМБЕРИДZE Г.
Государственный университет Акакия Церетели

Рассматривается математическое моделирование переходных процессов в трехфазных электрических системах при наличии асимметричных возмущений различных видов. Топологические матрицы трехфазной системы строятся на основе аналогичных матриц одной фазы. При наличии в системе нескольких ступеней номинальных напряжений используется многослойный граф. Связи между слоями осуществляются поперечными ветвями, в которые помимо сопротивлений вводятся идеальные трансформаторы. Показано, что возможности современных персональных компьютеров позволяют рассчитывать сложные трехфазные системы, не прибегая к методу симметричных составляющих.

Переходные процессы во многом определяют надежность, устойчивость и качество работы электрической системы. Исследование переходного процесса в электрической системе с учетом всех влияющих факторов была и остается сложной и трудоемкой задачей [1], [2]. Для ее упрощения обычно прибегают к целому ряду допущений. Эти допущения зависят от характера и постановки самой задачи исследования.

Актуальность проблемы привела к созданию большого числа практических методик расчета переходных электромагнитных и электромеханических процессов, в частности процессов при коротком замыкании. В этих методиках, как правило, даже при наличии явной асимметрии на основе метода симметричных составляющих расчет переходного процесса в трехфазной электрической системе сводится к расчету одной фазы. Возможность использования метода симметричных составляющих сам по себе связан с целым рядом допущений [1] и приводит к ограничению анализа процесса в локальном месте нарушения симметрии.

Применение методов математического моделирования и компьютерной техники для исследования переходных процессов позволяет отказаться от большого числа допущений и тем самым повысить точность расчетов, более полно учесть явления, характеризующие переходный процесс и тем самым расширить класс исследуемых задач.

В докладе рассматриваются переходные процессы в трехфазной электрической системе с несколькими ступенями номинальных напряжений при возникновении самых различных асимметрий между фазами (различные виды коротких замыканий, обрывы проводов, несогласованная работа генераторов и т.д.).

Размеры памяти и быстродействие современных, даже персональных, компьютеров позволяют рассматривать большие трехфазные электрические системы как единую электрическую цепь. Очень удобно конфигурацию больших электрических цепей (ее граф) задавать с помощью топологических матриц. Использование при нумерации узлов и ветвей цепи принципа ярусности позволяет выделить дерево графа. При этом каждая ветвь дерева получает номер узла, в который эта ветвь входит. Узловая матрица M разбивается на два блока M_α и M_β , соответствующих ветвям дерева и хордам. Выделяются главные контуры цепи, и, соответственно, контурная матрица разбивается на два блока. Первый блок N_α соответствует ветвям дерева, второй блок N_β - хордам. Каждая хорда входит только в один главный контур, и подматрица N_β получается единичной.

При наличии в сети нескольких уровней номинальных напряжений используются многослойные графы [3], в которой сеть каждого напряжения располагается в отдельном слое.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
В ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С
НЕСКОЛЬКИМИ СТУПЕНЯМИ НОМИНАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ**

Получается, что в горизонтальных слоях находятся ветви, моделирующие линии электропередачи, а между ними вертикально располагаются трансформаторные связи. Таких слоев может быть столько, сколько ступеней номинального напряжения имеется в сети. Удобно ввести понятие нейтральной плоскости (нейтрального слоя N) в сети и рассматривать узлы графа сети «висящими» над нейтральной плоскостью и соединенными с ней поперечными ветвями.

В качестве примера на рис.1 показана упрощенная схема электросети Кутаиси для одной фазы с несколькими номинальными напряжениями. На рис.2 представлена условно соответствующий многослойный граф, где показаны расположения по слоям узлов графа и одна трансформаторная ветвь.

На рис.3 показаны структуры узловой и контурной матрицы одной фазы электрической системы, при нумерации узлов и ветвей которой использован принцип ярусности. Если рассматривать всю трехфазную систему и использовать принцип ярусности, то получим топологические матрицы с теми же свойствами. Однако такой путь идентификации узлов и ветвей очень трудоемок, и приводит к потере информации о принадлежности конкретного узла или ветви к той или иной фазе. Поскольку топология всех фаз системы, как правило, одинакова, естественно, более удобен путь формального построения топологической матрицы трехфазной системы по матрице одной фазы. Такой подход реализован на рис.4. Для получения узловой матрицы M трехфазной системы надо иметь блоки $M1_\alpha$ и $M1_\beta$ узловой матрицы одной фазы, которые нужно расположить, как показано на рис.4.

Окончательный вид матрица M получит после добавления блока межфазных хорд. Эти хорды осуществляют электрическую и магнитную связь между ветвями разных фаз (все нейтральные узлы, кроме базового; короткие замыкания и т.д). Возможности непосредственного моделирования больших трехфазных систем изучались на Кутаисской городской электрической системе (рис.1). Соответственная схема содержит 133 узла (вместе с базисным) и 204 ветви.

Контурная матрица N трехфазной системы может быть получена добавлением к матрице

$N_\alpha = -M_\beta^T \cdot (M_\alpha^T)^{-1}$ единичной матрицы N_β :

$$N = \begin{pmatrix} N_\alpha & N_\beta \end{pmatrix}.$$

Далее строится математическая модель переходного процесса трехфазной системы. В качестве примера рассмотрим простейшую модель, построенную на основе контурных уравнений трехфазной системы.

Согласно второму закону Кирхгофа

$$N \cdot \Delta U = 0, \tag{1}$$

где $\Delta U = (\Delta U_1, \Delta U_2, \dots, \Delta U_m)^T$ - вектор-столбец падений напряжения на ветвях системы.

Матричная форма закона Ома (в относительных единицах):

$$\Delta U = x \cdot \frac{dI}{dt} + r \cdot I - E, \tag{2}$$

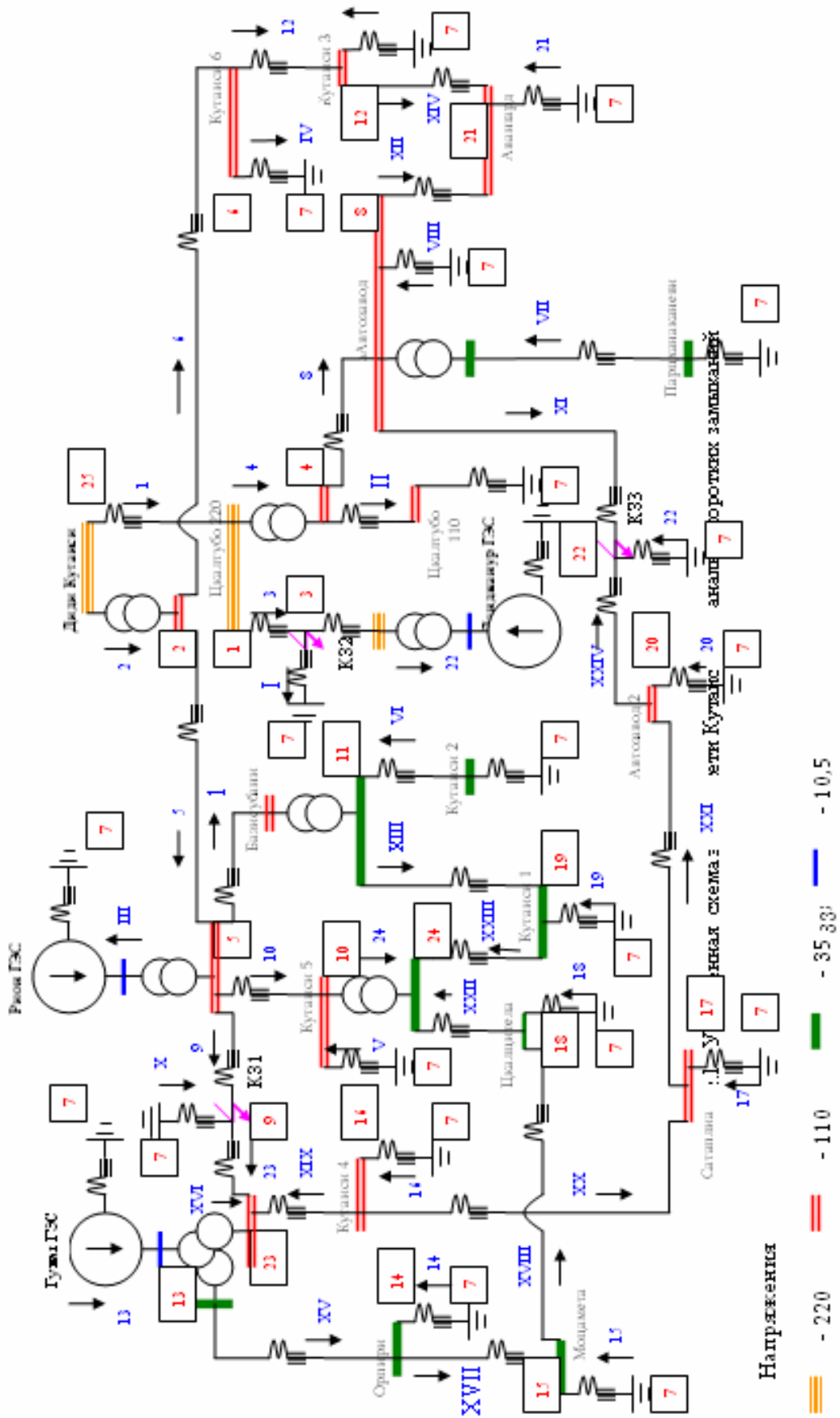
где $\Delta I = (\Delta I_1, \Delta I_2, \dots, \Delta I_m)^T$ - вектор-столбец токов в ветвях системы; x - матрица реактивных сопротивлений ветвей; r - матрица активных сопротивлений ветвей; E - вектор-столбец ЭДС ветвей.

Подстановкой (2) в (1) получим:

$$N \cdot x \cdot \frac{dI}{dt} + N \cdot r \cdot I = N \cdot E \tag{3}$$

Токи ветвей дерева определяются через контурные (хордовые) токи (с учетом первого закона Кирхгофа):

$$I = N^T \cdot I_\beta \tag{4}$$



**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
В ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С
НЕСКОЛЬКИМИ СТУПЕНЯМИ НОМИНАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ**

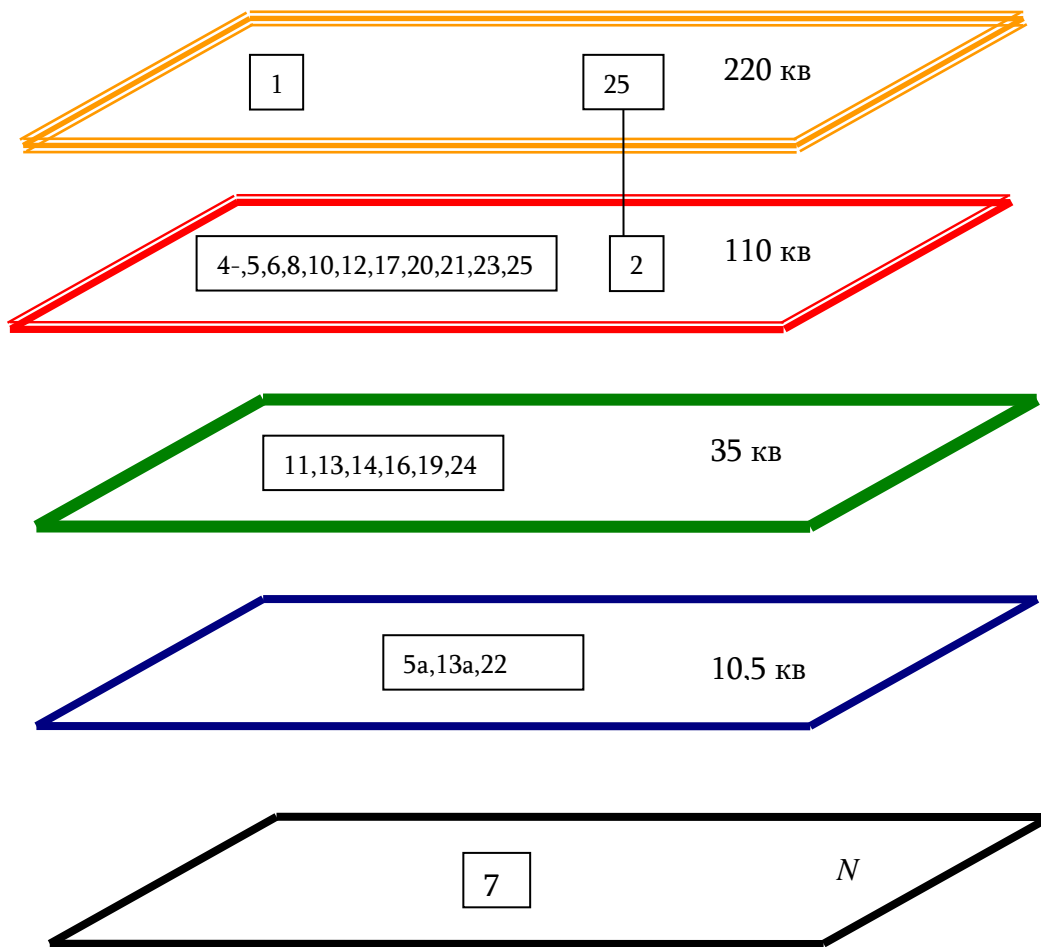


Рис.2. Условное изображение многослойного графа одной фазы электросети Кутаиси с несколькими номинальными напряжениями

Если ввести матрицы контурных реактивных и активных сопротивлений:

$$\begin{aligned} x_K &= N \cdot x \cdot N^T \\ r_K &= N \cdot r \cdot N^T \end{aligned} \quad (5)$$

а также вектор-столбец контурных ЭДС:

$$E_K = N \cdot E \quad (6)$$

получим относительно контурных токов систему обыкновенных дифференциальных уравнений переходного процесса трехфазной электрической системы:

$$\frac{dI_\beta}{dt} = -x_K^{-1} \cdot r_K \cdot I_\beta + x_K^{-1} \cdot E_K \quad (7)$$

Для полной постановки задачи необходимо задать контурные токи в начальный момент времени

$$I_\beta(0) = I_\beta^0 \quad (8)$$

Как уже отмечалось, возможности непосредственного моделирования больших трехфазных систем изучались на Кутаисской городской электрической системе. Введением дополнительных хорд, соединяющих различным образом специально добавленные узлы 3, 9 и 22, можно было

моделировать различного вида короткие замыкания. Соответственная схема содержала 133 узла (вместе с базисным) и 204 ветви. Принципиальных сложностей при математическом моделировании коротких замыканий в данной системе не было.

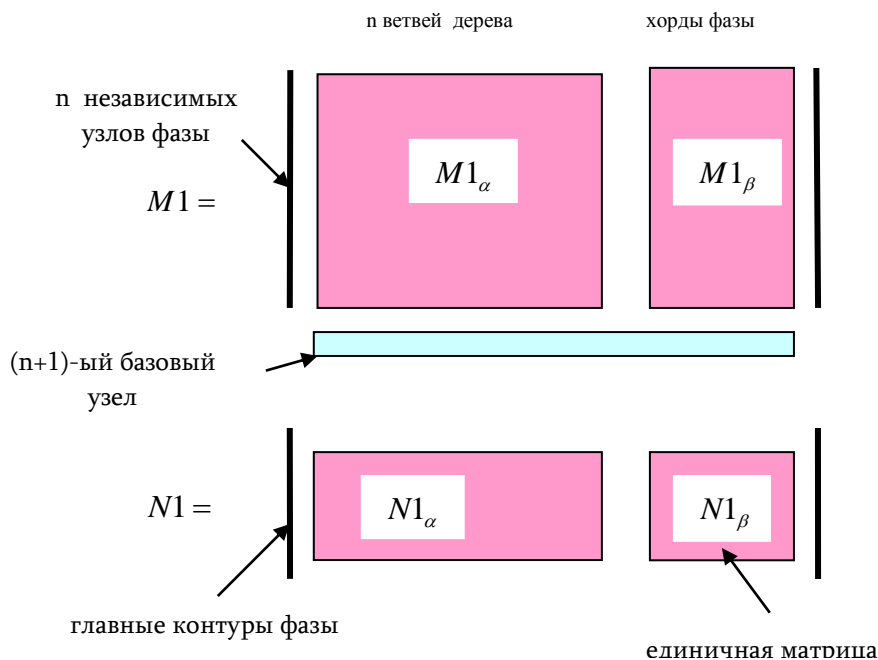


Рис.3. Структура топологических матриц одной фазы системы

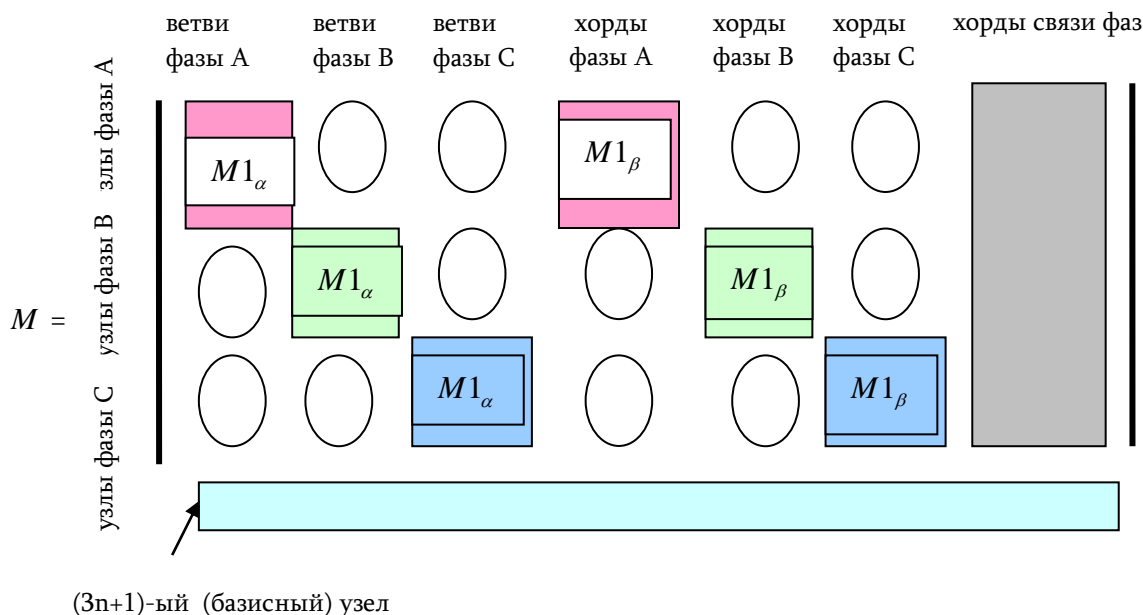


Рис.4. Структура узловой матрицы трехфазной системы

Для модельной системы задача (7)-(8) решалась методом Рунге-Кутта с помощью специально написанной фортран-программы.

Не смотря на сложность и трудоемкость, математическое моделирование переходных процессов в трехфазных электрических системах можно вести с учетом большинства влияющих факторов и минимальным количеством упрощений. В частности, при использовании



компьютерной техники исследование системы при коротких замыканиях можно вести без привлечения метода симметричных составляющих, что в значительной мере увеличивает точность и достоверность получаемой информации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] С.А. Ульянов. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. Москва. Издательство «Энергия», 1970. 520 с.
- [2] Ю.А. Куликов. Переходные процессы в электрических системах. Новосибирск, Изд-во Новосибирского государственного технического университета, 2006, 284 с.
- [3] А.В. Лыкин. Электрические системы и сети: Учеб. пособие. Москва: Университетская книга; Логос, 2008. – 254 с.
- [4] Электрические системы. Электрические сети. Учебник для электроэнергетических специальностей вузов /В.А. Веников, А.А. Глазунов, Л.А. Жуков и др./ Под ред. В.А. Веникова и В.А. Строева. Москва, Высшая школа, 1998. – 511с.

MATHEMATICAL MODELING OF TRANSIENT PHENOMENA IN THREE-PHASE ELECTRICAL SYSTEMS

Tvalchrelidze A., Gogisvanidze V., Gumberridze G.
 Akaki Tsereteli State University
Summary

There is considered in a given work mathematical modeling of transient phenomena in three-phase electrical systems in the presence of various types of asymmetrical disturbances. Topological matrices of three-phase electrical systems are constructed on the basis analogous single-phase matrices. If the system possesses several stages of the design voltages, there is used a multilayer diagram. The connections between the layers are realized by means of traversal branches, in which along with resistances, are inputted the ideal transformers. There is shown that capabilities of modern personal computers enable to compute complex three-phase systems without using the symmetrical component method.

ნაწილობრივი განმუხტვები მაღალი ძაბვის ელექტრულ მოწყობილობებში

ნემსაძე შ., ქაჯაია ღ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

წინამდებარე ნაშრომში მოცემულია მოკლე მიმოხილვა ნე სიგნალების გაზომვის თანამედროვე მეთოდების და მათი რეალურ საექსპლუატაციო გარემოში გამოყენებით დაგროვილი გამოცდილების განზოგადოება. ფორმულირებულია აგრეთვე ძირითადი პრობლემები, წარმოქმნილი საწარმოო პირობებში შესრულებული გაზომვებისას და განსაზღვრულია საზომი აპარატურისადმი წაყენებული საბაზისო მოთხოვნები.

საქართველოს ენერგეტიკის არსებული მდგომარეობისას, როდესაც ძირითადი ძალგანი მოწყობილობების 60 – 70% -მა უკვე გახარჯა თავისი რესურსი, დიაგნოსტიკის ძირითადი ამოცანაა (ავარიების თავიდან აცილების გარდა), როგორმე გახანგრძლივდეს მოწყობილობების მუშაობის ხანგრძლივობა რეალური რესურსის სრულ ამოწურვამდე. ამავე დროს წინა პლანზე გამოდის დიაგნოსტიკის მეთოდები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მოწყობილობის არსებულ ტექნიკურ მდგომარეობის მონიტორინგს მისი გამოყენების ადგილზე მუშა ძაბვის ქვეშ ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებში.

მაღალი ძაბვის ელექტრულ მოწყობილობათა ტექნიკური დიაგნოსტიკის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე გამოკვეთილია შემდეგი ტენდენციები:

- საკონტროლო ობიექტის ელექტრული, აკუსტიკური, ტემპერატურული და ელექტრომაგნიტური სადიაგნოსტიკო მონაცემების პროგნოზირება და კომპლექსური გამოყენება უახლესი საინფორმაციო ტექნოლოგიების ბაზაზე.
- გეგმიურ-გამაფრთხილებელი დიაგნოსტიკიდან მოწყობილობის საექსპლუატაციო მდგომარეობის დიაგნოსტიკაზე გადასვლა, რაც საშოალებას იძლევა დაინერგოს ექსპლუატაციის ახალი სტრატეგია და მნიშვნელოვნად შემცირდეს საექსპლუატაციო ხარჯები.
- ხელოვნური ინტელექტის - ნეირონული ქსელების, გამოსახულებების შეცნობის, გენეტიკური ალგორითმების და არაცხადი ლოგიკის ალგორითმის მეთოდების გამოყენება საკონტროლო ობიექტის მიმდინარე მდგომარეობასა და მის პარამეტრებს შორის არსებული არაცხადი (ფარული) დამოკიდებულებების გამოსაყენებლად.
- მაღალი ძაბვის ელექტრული მოწყობილობები მიეკუთვნება მოწყობილობათა იმ კლასს, რომლებიც საჭიროებენ უწყვეტ მონიტორინგს და მდგომარეობის კონტროლს საექსპლუატაციო და ეკოლოგიური კრიტერიუმების მიხედვით. ამიტომ აქტუალურია ძაბვის ქვეშ მოწყობილობათა დისტანციური დიაგნოსტიკის მეთოდები.
- დღეისათვის გარდა ელექტრული პარამეტრებისა სხვადასხვა პერიოდულობით მიმდინარე კონტროლს ექვემდებარება საიზოლაციო ზეთში გაზების შემადგენლობა და კონცენტრაცია, ტემპერატურა და ვიბრაციის პარამეტრები (ცალკეული ელემენტებისა და კვანძების).
- მოწყობილობის მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის ახალი მატარებლების ძიებამ წინა პლანზე წამოსწია საკითხი დიაგნოსტიკისათვის საკუთარი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების გამოყენების შესახებ. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ამ მიმართულებით ახალი მიდგომა - დისტანციური მონიტორინგი მაღალი ძაბვის მოწყობილობის მიერ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სპექტრის რეგისტრაციისა და ანალიზის საფუძველზე. ეს მეთოდი, რომელიც გამოირჩევა ოპერატიულობით და დაბალი ღირებულებით, საშუალებას იძლევა გამოვიკვლიოთ ობიექტი გამოურთავად მუშა ძაბვისა და დატვირთვის პირობებში და შევაფასოთ მისი ტექნიკური მდგომარეობა დაბალი ტემპერატურებისას.

ძირითადი კითხვა, რომელზეც პასუხი უნდა გაცეს სადიაგნოსტიკო სისტემამ, - შესაძლებელია თუ არა მოწყობილობის შემდგომი უსაფრთხო ექსპლუატაცია. ერთ-ერთი ასეთი მეთოდია მაღალი ძაბვის იზოლაციის მდგომარეობის კონტროლი ნგ -ს მახასიათებლებით, რომლებიც წარმოიქმნება გაცილებით ადრე იზოლაციის სრულ გარღვევამდე. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა გამოვამუდგავნოთ იზოლაციის დეფექტები მათი წარმოშობის ადრეულ სტადიაზე, თვალყური მივადევნოთ მათ განვითარებას, შევაფასოთ იზოლაციის არსებული მდგომარეობა და მოწყობილობის შემდგომი ექსპლუატაციის შესაძლებლობა.

ნაწილობრივი განმუხტვა არის ძალზედ მცირე სიმძლავრის ნაპერწკლური განმუხტვა, რომელსაც ადგილი აქვს ელექტრული იზოლაციის შიგნით ან მის ზედაპირზე საშუალო და მაღალი ძაბვის მოწყობილობებში.

ჩვეულებრივ, ნგ წარმოადგენს იმპულსურ პროცესს, რომლის ხანგრძლივობა 1მკვ-ზე ნაკლებია და მას თან სდევს ბგერითი, სითბური, სინათლის და ქიმიური ეფექტები. ნგ -ის დროს ადგილი აქვს იმპულსურ დენს და იმპულსურ ძაბვას, რომლებიც იზომება დეტექტორის საშუალებით. დეტექტორი წარმოშობს დენის ან ძაბვის სიგნალს მის გამოსავალზე, რომელიც პროპორციულია მის გამოსავალზე დენის იმპულსის.

დროთა განმავლობაში პერიოდულად განმეორებადი ნგ-ი აზანბუნ იზოლაციას და საბოლოოდ იწვევენ მის გარღვევას. ჩვეულებრივ ნგ -თ იზოლაციის ნგრევა მიმდინარე

ობს მრავალი თვის და ზოგჯერ წლის განმავლობაშიც კი.

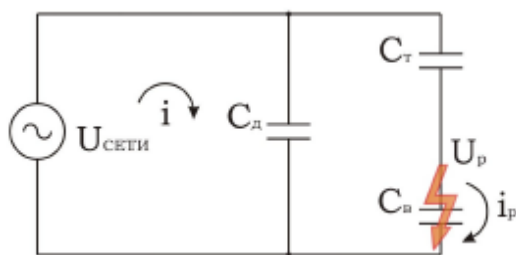
ამგვარად, ნგ-ს რეგისტრაცია, მათი სიმძლავრის და განმეორებადობის შეფასება, აგრეთვე მათი წარმოშობის ადგილის ლოკალიზაცია, საშუალებას იძლევა დროულად გამოვალინოთ იზოლაციის განვითარებადი დაზიანებები და მივიღოთ აუცილებელი ზომები მათი აღმოფხვრისათვის.

მაღალი ძაბვის მოწყობილობის ხანგრძლივი ექსპლუატაციისას, მის იზოლაციაზე ზოგიერთი გარე ფაქტორის ზემოქმედებით (ტემპერატურის ცვლილება, მექანიკური ზემოქმედება და სხვა) დიელექტრიკში წრმოიქმნება აირჩანართები (კავერნები). ნახ.1-ზე წარმოდგენილია იზოლატორის კვეთა, რომელიც შეიცავს ასეთ ჩანართს. საშიშროების თვალსაზრისით საინტერესოა მხოლოდ კავერნის სიმაღლე, ვინაიდან dB მანძილის გაზრდა გამოიწვევს ng სიმძლავრის ზრდას და დიელექტრიკის შემგომ გარღვევას.



ნახ.1. აირჩანართიანი იზოლატორი

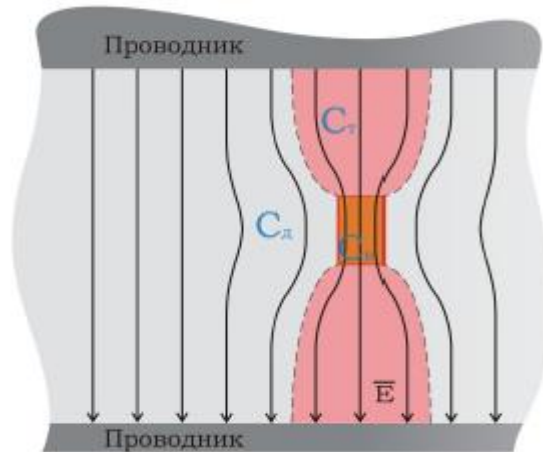
აირჩანართიანი იზოლატორის ეკვივალენტური სქემა ნაჩვენებია ნახ.2-ზე. ტევადობა C_B არის აირჩანართის ტევადობა, მის მიმდევრობით ჩართული ტევადობა C_T - ტევადობა მყარი იზოლაციის იმ ნაწილის, რომელსაც აქვს აირჩანართთან საერთო ძალწირები (ნახ.3). C_D - ტევადობა დიელექტრიკის დანარჩენი ნაწილის.



ნახ.2. აირჩანართიანი იზოლატორის ეკვივალენტური სქემა

რადგან დიელექტრიკის დიელექტრიკული შეღწევადობა გაცილებით მეტია აირის (ჰაერის) დიელექტრიკულ შეღწევადობაზე, ელექტრული ველის დაძაბულობა აირჩანართში მეტია დიელექტრიკის დანარჩენ ნაწილში არსებული ველის დაძაბულობაზე. ეკვივალენტურ სქემაზე (ნახ.2) ნაჩვენებია, რომ ტევადობები C_B და C_D ჰქმნიან ტევადურ ძაბვის გამყოფს. მასზე ქსელის ძაბვის U ქსელ მოდებისას აირჩანართზე მოდებული ძაბვა იქნება:

$$U_B = \frac{C_T}{C_T + C_B} U_{\text{ქსელ}}$$



ნახ.3. ელექტრული ველის დაძაბულობის წირების განლაგება

ბრტყელი კონდენსატორის ტევადობა დამოკიდებულია დიელექტრიკის დიელექტრიკულ შეღწევადობაზე, შემონაფენების ფართობზე და მათ შორის მანძილზე:

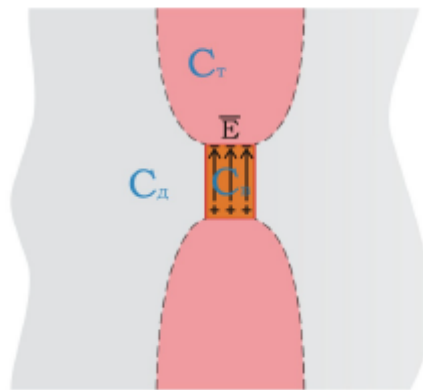
$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$. მივიღოთ, რომ შემონაფენების ფართობები C_B და C_D ტოლია ($S_{CB}=S_{CT}$), ხოლო აირის ფარდობითი დიელექტრიკული შეღწევადობა ჩანართში ტოლია

$$1. \text{ მივიღებთ: } U_B = \frac{1}{1 + \frac{C_B}{C_T}} U_{\text{ქსელ}} = \frac{U_{\text{ქსელ}}}{1 + \frac{d_T}{d_B \epsilon_T}}$$

სადაც d_T - მყარი დიელექტრიკის სისქე;

d_B - აირჩანართის სისქე.

მოდებული ძაბვა იწვევს აირჩანართისა და მყარი დიელექტრიკის გამოფ ზედაპირზე (ნახ.4) ზედაპირული მუხტების დაგროვებას. როდესაც ჩანართზე ძაბვა მიაღწევს



ნახ. 4. ჩანართზე ზედაპირული მუხტების დაგროვება

აირის იონიზაციის საწყის მნიშვნელობას U_{HI} , ხდება ჩანართის ტევადობის ნაწილობრივი განმუხტვა. ქსელის ძაბვა, რომლის დროსაც მოხდება ნაწილობრივი განმუხტვა, იქნება:

$$U_p = U_{HI} \left[\frac{d_T / d_B}{\epsilon_T} + 1 \right]$$



აირჩანართში განმუხტვისას მასზედ ძაბვა U_{HI} ვარდება საბოლოო მნიშვნელობამდე U_K . ძაბვის ცვლილების სიდიდე $\Delta U_B = U_{HI} - U_K$ შეიძლება დიდი იყოს, მაგრამ უმეტეს შემთხვევაში $\Delta U_B \approx U_{HI}$.

ცდით დადგენილი იქნა, რომ ჩანართში საწყისი იონიზაციის ძაბვა სიდიდით იგივეა, რაც არის ძაბვა ლითონის ელექტროდებს შორის განმუხტვისას. ეს აიხსნება ჩანართისა და დანარჩენი დიელექტრიკის გამყოფ ზედაპირზე ზედაპირული მუხტის დაგროვებით. უნდა აღინიშნოს აგრეთვე, რომ იზოლაციაში განმუხტვის პროცესი ექვემდებარება პაშენის კანონს. (განმუხტვის ძაბვა დამოკიდებულია ელექტროდებს შორის მანძილისა და წნევის ნამრავლზე).

ლიტერატურა

1. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. // Л., Энергия, 1979, стр. 224.
2. Вдовико В.П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования. // Новосибирск, Наука, 2007, стр. 155.

PARTIAL DISCHARGE IN HIGH VOLTAGE INSTALLATIONS

SH.NEMSADZE, D.KAJAIA

Georgian Technical University

Summary

This paper provides a brief overview of modern methods of measuring partial discharge signals and their real-life setting, using the experience to generalize. Formulates the basic problems arising in the production of the measurements and the basic requirements for measuring equipment charges.

არაწრფივი დატვირთვის გავლენა ელექტროენერგიის ხარისხზე

მუსელიანი თ.*, ძათამაძე ი.**, ბახტაძე მ.*

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიის შინაარსი ეხება დაბალი ძაბვის ქსელებში ელექტრო მიმღებების მიერ წარმოქმნილი ელექტროენერგიის ხარისხის პრობლემებს, ქსელის ძაბვის დამახინჯებებს, უმაღლესი რიგის პარმონიკების გენერირებას, ელექტროენერგიის ხარისხის გაუარესებას, არაწრფივი მოხმარებლებით გაჯერებული ელექტრულ ქსელებში ელექტროენერგიის ხარისხის გაუარესების ფაქტორებს, არასინუსოიდალური დენებს და ძაბვებს. აღნიშნულია არაწრფივი მახასიათებლების მქონე მოხმარებული დენის მოწყობილობების ჯამური სიმძლავრის ზრდის ტენდენციები, ისეთი ელტექნიკური მოწყობილობები გამორჩეული უმაღლესი პარმონიკების დენის წყაროთი, მითითებულია ახალი საყოფაცხოვრებო დენის პარმონიკების წყაროები-მაღალსიხშირული დუმილები, აუდიო და ვიდეო ტექნიკა და სხვა.

ელექტროენერგია ამჟამად წარმოადგენს ერთერთ მნიშვნელოვან რესურსს, რომელიც გამოიყენება ადამიანის მიერ მისი მოქმედების სხვადასხვა სფეროში. ამავე დროს აბსოლუტურად უმრავლეს შემთხვევაში მისი შეცვლა რაიმე სხვა წყაროს გამოყენებით შეუძლებელია. ელექტროენერგეტიკაში საბაზრო ურთიერთობების განვითარებასთან დაკავშირებით ელექტროენერგია შეიძლება განვიხილოთ არა მარტო როგორც ფიზიკური მოვლენა, არამედ როგორც საქონელი, რომელიც იწარმოება, შეისყიდება და გაიყიდება. ისევე როგორც ნებისმიერ საქონელს, ელექტროენერგიის ხარისხსაც წაეყენება განსა-

კუთრებული მოთხოვნები. ამიტომ სტანდარტის [1] მიხედვით არსებობს ელექტროენერჯის ხარისხის თერთმეტი მაჩვენებელი: ძაბვის დამყარებული გადახრა ($\delta U_{\text{დამყ}}$); ძაბვის ცვლილების მანძილი (δU); ფლიკერის დოზა (P_f); ძაბვის მრუდის სინუსოიდურობის დამახინჯების კოეფიციენტი (K_U); ძაბვის n-ური ჰარმონიული მდგენელის კოეფიციენტი [$K_{U(n)}$]; უკუთანმიმდევრობის ძაბვის არასიმეტრიულობის კოეფიციენტი (K_{2U}); ნულოვანი თანმიმდევრობის ძაბვის არასიმეტრიულობის კოეფიციენტი (K_{0U}); სიხშირის გადახრა (Δf); ძაბვის ჩავარდნის ხანგრძლივობა (Δt_n); იმპულსური ძაბვა ($U_{\text{იმპ}}$); დროებითი გადაძაბვის კოეფიციენტი ($K_{\text{დრ.უ}}$).

ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ ელექტროენერჯია კი წარმოადგენს საქონელს, მაგრამ ეს არის სრულიად სხვა სახის საქონელი, რომლის თვისებები შეიძლება შეიცვალოს დროის მიხედვით. ელექტროენერჯის ხარისხის მიმართ მომხმარებლის პრეტენზიის შემთხვევაში ეს ელექტროენერჯია არ შეგვიძლია მომხმარებელს შევუცვალოთ სხვა ანალოგიური უკეთესი ხარისხის ელექტროენერჯით.

ელექტროენერჯის ხარისხი ეკონომიური ხასიათის საკითხია და ამასთან ერთად დღეისათვის ეს არის კულტურის, წარმოების, მოხმარებისა და საერთოდ საზოგადოების ცხოვრების ხარისხის საკითხი. ელექტროენერჯია დღეისათვის სულ უფრო ხდება საქონელი და სადაც საქონელია იქ უნდა იყოს ხარისხიც.

ელექტროენერჯის ხარისხი ეს არის ელექტროენერჯის პარამეტრების შესაბამისობის ხარისხი მათ დადგენილ მნიშვნელობასთან. იგი წარმოადგენს ელექტრომაგნიტური თავსებადობის მდგენელს, რომელიც ახასიათებს ელექტრომაგნიტურ გარემოს და შეიძლება იცვლებოდეს დღეღამის, ამინდის, კლიმატური პირობების, ენერგოსისტემის დატვირთვის, ქსელში ავარიული რეჟიმების აღძვრისა და სხვათა მიხედვით.

ელექტროენერჯის თავისებურებაა ის, რომ მისი ხარისხი შეიძლება დამოკიდებული იყოს არა მარტო ელექტროენერჯის მიმწოდებელზე, არამედ თვით მომხმარებელზე. მაგალითად, ელექტროენერჯის მიმწოდებელს შეუძლია მომხმარებლის მიერთების ადგილზე დაიჭიროს ელექტროენერჯის ხარისხის ისეთი მაჩვენებლები, როგორცაა ელექტრული დენის სიხშირე და ძაბვა, მაგრამ ფაზა და დენის ძალა განისაზღვრება მომხმარებლით.

ელექტროენერჯის ხარისხის შემცირებამ შეიძლება მიგვიყვანოს ელექტრომიმდებების მუშაობის რეჟიმების შესამჩნევ ცვლილებამდე და შედეგად სამუშაო მექანიზმების მწარმოებლობის შემცირებამდე, პროდუქციის ხარისხის გაუარესებამდე, ელექტრომოწყობილობის მუშაობის ხანგრძლივობის შემცირებამდე და ავარიების აღბათობის გაზრდამდე.

ელექტროენერჯის ხარისხის ამაღლებისა და კიდევ უფრო ზოგადი – ელექტრომომარაგების სისტემებში ელექტრომაგნიტური თავსებადობის უზრუნველყოფის პრობლემა მიეკუთვნება თანამედროვე ელექტროტექნიკის მნიშვნელოვან პრობლემებს. მათ გადაწყვეტაზე ბევრად არის დამოკიდებული ელექტრომომარაგების სისტემების სხვადასხვა დანიშნულების მომხმარებლების ელექტროენერჯის ეფექტურად გამოყენების ამაღლებისა და საიმედოობის უზრუნველყოფის პრობლემები. უკანასკნელ წლებში განსაკუთრებული აქტუალობა შეიძინა ელექტროენერჯის ხარისხის პრობლემამ დაბალი ძაბვის ელექტრულ ქსელებში. ეს პირველ რიგში თანამედროვე ელექტრომომარაგების სისტემებში გამოწვეულია ისეთი თანამედროვე ფართოდ გავრცელებული ელექტრომიმდებების მიერ, რომლებიც ცხადად და არსებითად ამახინჯებენ ქსელის ძაბვას. ამ მომხმარებლების მნიშვნელოვანი ნაწილი ქსელში გენერირებს უმაღლეს რიგის ჰარმონიკებს, რითაც სერიოზულად ამწვავებს ელექტროენერჯის ხარისხის სიტუაციას დაბალი ძაბვის ქსელებში [2].

ამიტომ არაწრფივი მომხმარებლებით გაჯერებული ელექტრული ქსელების პირო-

ბებში ელექტროენერჯის ხარისხის გაუარესების დომინირებული ფაქტორია დენებისა და ძაბვების არასინუსოიდურობა.

ელექტრომომარაგების სისტემებში არაწრფივი მახასიათებლის მქონე მოხმარებული დენის მოწყობილობების ჯამური სიმძლავრის ზრდა გარდაუვალი ტენდენციაა. ამასთანავე უკანასკნელ ხანებში შეინიშნება ასევე ისეთი ელექტროტექნიკური მოწყობილობების ნომენკლატურის გაფართოება, რომლებიც წარმოადგენენ უმაღლესი ჰარმონიკების დენების წყაროს. ისეთი ცნობილი არაწრფივი მოხმარებლების გვერდით, როგორცაა: ტელევიზორები, კომპიუტერები, მონიტორები, უფრო და უფრო ფართო გავრცელებას პოულობენ ახალი საყოფაცხოვრებო დენის ჰარმონიკების წყაროები, როგორებიცაა: მაღალსიხშირული ღუმელები, აუდიო და ვიდეო ტექნიკა, ასევე სისშირული ამძრავითა და უკოლექტრო ძრავებით აღჭურვილი სარეცხი მანქანები და ჰაერის კონდიციონერები, რომლებიც გამოდევნიან ტრადიციულ ასინქრონულ ძრავებიან ტექნიკას.

შედგებად სამამულო ელექტრომომარაგების ქსელებში ელექტროენერჯის ხარისხის პარამეტრები, განსაკუთრებით საყოფაცხოვრებო და საოფისე სფეროებში, ძალიან ხშირად არ შეესაბამება მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტებით დადგენილ ელექტრომაგნიტური თავსებადობის დონეს, მათ რიცხვში ევროპულ სტანდარტებს.

სამწუხაროდ, უნდა ვაღიაროთ, რომ პრაქტიკულად დღეისათვის ელექტროენერჯეტიკა არ აღმოჩნდა მზად დაბალი ძაბვის არაწრფივი ელექტრომიმღებებით გაჯერების ასეთი მუდმივად მზარდი ტენდენციისათვის.

დღეისათვის საქართველოში არ არსებობს და აუცილებლად საჭიროა მოქმედებაში შეყვანილი იქნეს ევროპული პროცედურების მსგავსი არაწრფივი მოხმარებლების ჩართვის წესები, ელექტროენერჯის ხარისხის დარღვევისათვის პირადი და ნაწილობრივი პასუხისმგებლობის განსაზღვრის ეფექტური მეთოდები, ასევე ელექტრულ ქსელებში ელექტროენერჯის ხარისხის ამაღლების შესაბამისი ღონისძიების გატარებისა და სხვადასხვა საშუალებების გამოყენების დასაბუთებული წესები.

სამეცნიერო კვლევების ჩატარების სფეროში არასინუსოიდური დენებისა და ძაბვების პარამეტრების ანალიზის ეფექტური მეთოდების შექმნის საქმეში შეინიშნება ცოდნის დეფიციტი, რომელსაც შეუძლია ელექტრომომარაგების ქსელების დასახელებული პრობლემების გადაწყვეტა.

დღესდღეობით საქართველოში ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების შესწავლის მიმართულებით კვლევით სამუშაოებს ელექტროენერჯის მოხმარების მონიტორინგის სისტემა SCADA-ს ბაზაზე აწარმოებს მხოლოდ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერჯეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის ენერჯეტიკული დანადგარებისა ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და ენერგოეფექტურობის სასწავლო სამეცნიერო ცენტრი (ხელმძღვანელი სრული პროფესორი თ.მუსელიანი).

ცხრილი 1-ში წარმოდგენილია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სისტემა SCADA-ს საარქივო მონაცემთა ბაზიდან ამობეჭდილი მონაცემების მიხედვით (სვეტები 2,3,4,5,6,9) განსაზღვრული ელექტრული ქსელის პარამეტრების მნიშვნელობები (სვეტები 7,8,10)

ცნობილია, რომ წრფივი დატვირთვის შემთხვევაში ცვლადი დენის წრედებში გვაქვს სამი სახის სიმძლავრე: აქტიური P, რეაქტიული Q და სრული S, რომელთა შორის დამოკიდებულება გამოისახება ფორმულით [3]:

$$S_{\text{რფ}} = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1)$$

მაგალითის სახით მოვახდინოთ ანალიზი ცხრილი 1-ის სტრიქონი 1-ის მონაცემების მიხედვით მიხედვით, საიდანაც გვაქვს:

ყველა ჰარმონიკის აქტიური სიმძლავრე $P = 60000$ ვტ;

ყველა ჰარმონიკის რეაქტიული სიმძლავრე $Q = 16600$ ვარ;

№, №	U, ვ	I, ა	P, ვტ	Q, ვარ	სარაწრფევა	სწრფევა	T, ვა	Cosφ, არას	Cosφ, სინგ ანგ.
1	372	155	60000	16600	99870	62254	78090	0,60	0,963
2	372	136,6	55000	14380	87830	56849	66950	0,63	0,967
3	372	121	50000	3000	79100	50090	61200	0,63	0,99
4	372	111,8	45000	12300	71480	46651	54160	0,64	0,964
5	372	96,6	40000	4220	62070	40222	47300	0,65	0,994
6	372	79,8	35000	8730	52100	36072	37600	0,65	0,97
7	372	66	30000	4960	43200	30407	30700	0,64	0,987
8	372	54,3	25000	6000	34920	25710	23600	0,65	0,97
9	372	41,7	20000	1500	26950	20056	18000	0,72	0,997
10	372	30,6	15000	1110	19590	15041	12500	0,67	0,997
საშ.	372	89,3	37500	72800	57740	38335,2	43010	0,65	0,977



(1) ფორმულის მიხედვით წრფივი დატვირთვის შემთხვევაში სრული სიმძლავრის მნიშვნელობა ტოლი იქნებოდა:

$$S_{წრფე} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{60000^2 + 16600^2} = 62254 \text{ ვა}$$

სინამდვილეში სისტემა SCADA აფიქსირებს სრული სიმძლავრის მნიშვნელობას $S_{არაწრფე} = 99870$ ვა-ს.

საქმე იმაშია, რომ არაწრფივი დატვირთვის დროს გარდა აქტიური, რეაქტიული და სრული სიმძლავრისა თავს იჩენს ე.წ. დამახინჯების სიმძლავრე (T), რომელიც გამოწვეულია დენისა და ძაბვის მრუდების ფორმის დამახინჯებით. დამახინჯების სიმძლავრე არის დამატებითი სიმძლავრე და წარმოადგენს რეაქტიული სიმძლავრის ნაწილს, რომელიც ახასიათებს სხვადასხვა სიხშირის ძაბვისა და დენის ურთიერთმოქმედებით განპირობებულ პროცესებს. ამ შემთხვევაში სრული სიმძლავრე გამოიანგარიშება ფორმულით [3]:

$$S_{არაწრფე} = \sqrt{P^2 + Q^2 + T^2} \quad (2)$$

საიდანაც დამახინჯების სიმძლავრე ტოლია

$$T = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} = \sqrt{99870^2 - 60000^2 - 16600^2} = 78090 \text{ ვა}$$

მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ დამახინჯების სიმძლავრე შეადგენს დატვირთვის სრული სიმძლავრის მნიშვნელოვან ნაწილს, კერძოდ 78 %-ს, რითაც დამატებით ტვირთავს ელექტრულ ქსელს ისე, რომ არ ასრულებს სასარგებლო მუშაობას.

ცხრილი 1-ის მიხედვით ნახ.1-ზე წარმოდგენილია აქტიური, რეაქტიული, სრული და დამახინჯების სიმძლავრეების დატვირთვის დენზე დამოკიდებულება შესაბამისად: $P = f(I)$; $Q = f(I)$; $S_{არაწრფე} = f(I)$; $T = f(I)$.

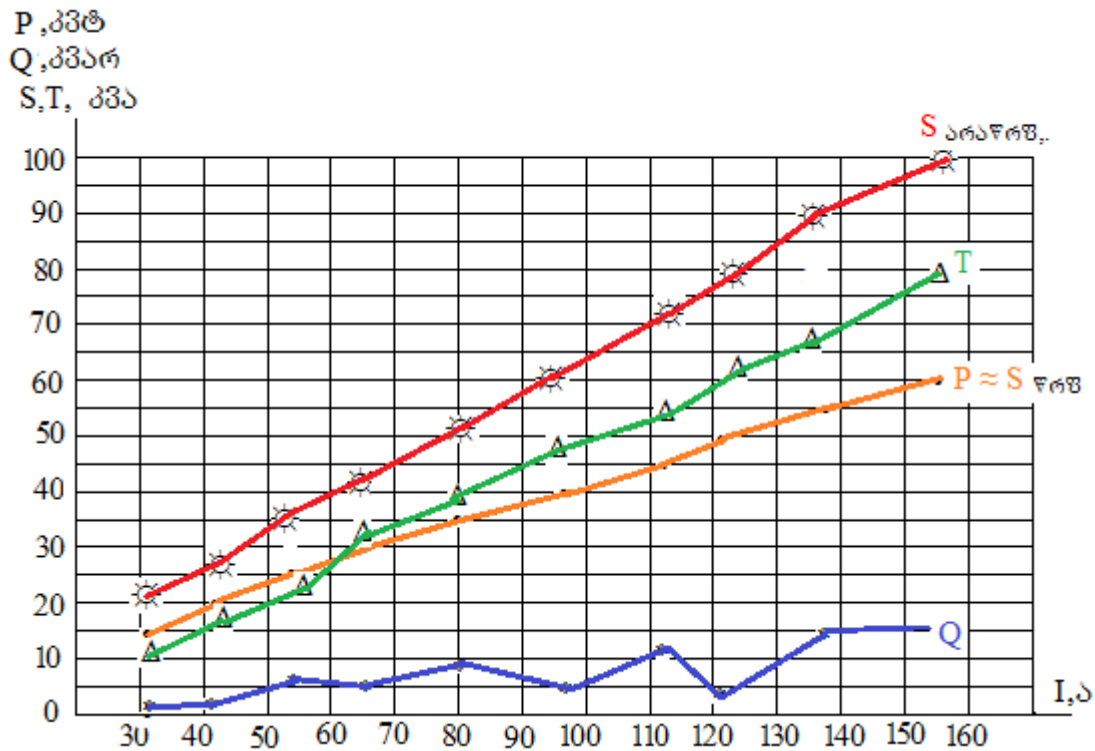
დამახინჯების სიმძლავრის წარმოშობა განაპირობებს სიმძლავრის კოეფიციენტის მნიშვნელოვნად შემცირებას. თუ დამახინჯების სიმძლავრის გარეშე სიმძლავრის კოეფიციენტი შეადგენს:

$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{S} = \frac{60000}{62254} = 0,963$$

დამახინჯების სიმძლავრის მოქმედებით სიმძლავრის კოეფიციენტის მნიშვნელობა მკვეთრად უარესდება:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P}{S} = \frac{60000}{99870} = 0,60$$

ამრიგად სისტემა SCADA –ს გამოყენებით დადასტურებულია, რომ არაწრფივი დატვირთვის გავლენით ელექტროენერგიის ხარისხის მაჩვენებლები უარესდება.



ნახ.1.

ლიტერატურა

1. Гост 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М. Издательство стандартов, 1998.
2. Шидловский А.К., Жаркин А.Ф. Высшие гармоники в низковольтных электрических сетях. – К.: Наукова думка, 2005. – 210 с.
3. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Часть 1. – М., Энергия, 1978.

IMPACTS OF NON-LINEAR LOADS ON THE QUALITY OF ELECTRIC POWER

T. MUSELIANI*, I. KATAMADZE**, M. BAKHTADZE*

*Georgian Technical University

**Akaki Tsereteli State University

Summary

At present, electric power is one of the important resources, which is consumed by people in different fields of their activities. Thus, with a view to the development of market relations in power industry, electric power can be considered not only as a physical phenomenon, but as a commodity, which is producing, purchasing and selling. Also as well as to every commodity, there are imposed specific requirements on the electric power.

Over the recent years, there is observed the extension of the range of those non-linear electrical equipments, which represent a source for higher-order harmonic currents and worsen the electric power quality parameters, and that causes additional losses in power networks.

Unfortunately, in practice for now, the power industry could then be found unready for such ever-growing tendencies of saturation with non-linear power-consuming units.

The paper dwells on a smallest part of research carried out on the basis of the Georgian Technical University's system SCADA, which was related to the issue of the quality of electric power, and in this research there is supported the existence of the distortion power caused by the impact of non-linear load, which worsens such indicator of electric power conservation, such as capacitance coefficient is.



НОВЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

ТВАЛЧРЕЛИДZE А., ЦХАКАЯ К.
 Государственный университет Акакия Церетели

Для описания электромеханического преобразования энергии в электрических машинах предлагается рассматривать взаимодействия электропроводных стержней, расположенных вдоль и поперек оси машины. Приведены основные соотношения для таких взаимодействий. В рамках стержневой модели рассмотрены явления намагничивания сердечников.

Для электрических машин, в которых осуществляется электромеханическое преобразование энергии, предложены разнообразные математические модели, адекватно описывающие процессы, происходящие в машине. Наиболее общее математическое описание процессов преобразования энергии в электрических машинах дают дифференциальные уравнения, которые справедливы для установившихся и переходных процессов. В основе этих уравнений лежат уравнения Максвелла и Кирхгофа. Наиболее удобная форма таких уравнений электрических машин была предложена Р. Парком [1].

Электромеханическое преобразование энергии происходит в воздушном зазоре электрической машины – в пространстве, где в основном сосредоточена энергия магнитного поля. Магнитное поле машины создается токами, протекающими в обмотках машины. Обмотки, как правило, располагаются в пазах, а магнитный поток замыкается как по стали, так и по воздуху. Поэтому на формирование поля оказывает определенное значение окружающая среда.

Для реальных областей электрических машин со сложными формами магнитных сердечников и контуров с токами приходится идти на ряд допущений, связанных с формой поверхностей, с распределением токов, со свойствами среды и законами движения. Тем не менее, адекватное математическое моделирование рабочих процессов электрических машин остается сложной, недостаточно форматизированной процедурой. Поиск новых подходов к математическому описанию электромеханического преобразования энергии в электрических машинах остается актуальной задачей.

Основная идея предлагаемого подхода заключается в стремлении описать электромеханическое преобразование энергии в электрических машинах как результат наложения электромеханического взаимодействия одинаковых элементов. В качестве таких элементов взяты электропроводные стержни, расположенные вдоль и перпендикулярно оси машины. С помощью таких стержней с токами и без токов моделируются не только все обмотки электрической машины (обмотка возбуждения, статорные обмотки, демпферные обмотки), но и круговые токи магнитных сердечников.

Уравнения Максвелла [2]:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}, \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0, \quad \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad c^2 \vec{\nabla} \times \vec{B} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}.$$

Если электрический заряд движется произвольным образом, то электрическое поле \vec{E} , которое он создает в некоторой точке 1 в настоящий момент времени t , зависит только от положения и движения заряда в более ранний момент времени t' , отстающий от t на интервал Δt , необходимый для того, чтобы электромагнитная волна, двигаясь со скоростью c , прошла расстояние r' от заряда до точки поля. Иными словами, чтобы знать электрическое поле в точке 1 в момент времени t , надо определить положение 2' заряда и его движение в момент $t' = t - \frac{r'}{c}$,

где r' - расстояние до точки 1 из положения заряда $2'$ в момент t' . r' - это так называемое «запаздывающее расстояние» от точки $2'$ к точке 1 (рис.1).

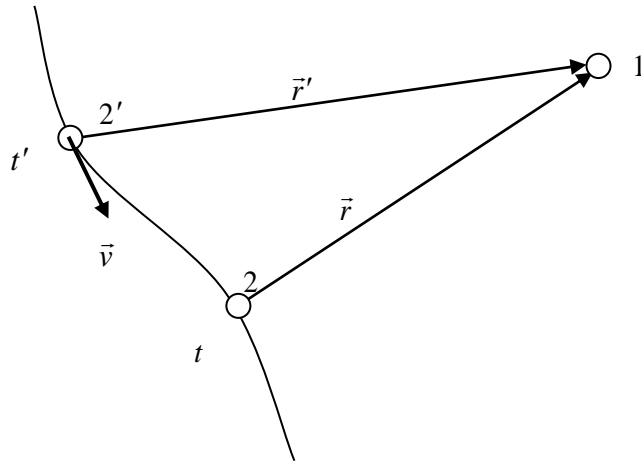


Рис.1.

Если во всех точках известна плотность зарядов $\rho(x, y, z, t)$ и плотность тока $\vec{j}(x, y, z, t)$ для распределенного заряда, то дифференцированием скалярного φ и векторного \vec{A} потенциалов:

$$\varphi(1, t) = \int_{V_2} \frac{\rho(2, t - \frac{r'_{12}}{c})}{4\pi\epsilon_0 r'_{12}} \cdot dV_2,$$

$$\vec{A}(1, t) = \int_{V_2} \frac{\vec{j}(2, t - \frac{r'_{12}}{c})}{4\pi\epsilon_0 c^2 r'_{12}} \cdot dV_2.$$

получаются поля \vec{E} и \vec{B} :

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}\varphi - \frac{\partial\vec{A}}{\partial t},$$

$$\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}.$$

В качестве примера использования этих соотношений в рамках стержневой теории рассмотрим индуцирование электрического поля в точке (1) элементом $i d\vec{l}'$ (2) токопроводящего стержня, расположенного перпендикулярно оси машины (рис.2). Будем предполагать, что стержни электрически нейтральны ($\rho \equiv 0$) и размеры их поперечных сечений достаточно малы ($\vec{j} dV_2 = i d\vec{l}'$). Тогда

$$d\vec{E}(1, t) = \frac{\partial\vec{A}}{\partial t} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{i' d\vec{l}'}{r'_{12}} \right).$$

Ограничиваясь линейным приближением (все функции времени на промежутке $[t', t] = \left[t - \frac{r'_{12}}{c}, t \right]$ с коэффициентом, равным первой производной функции по времени в текущий момент времени t), последнее соотношение переписется:

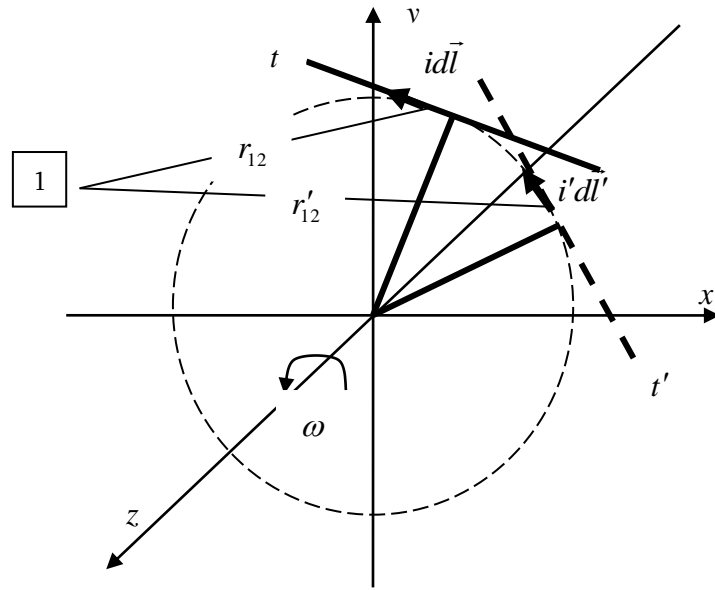


Рис.2.

$$d\vec{E}(1,t) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2} \frac{di}{dt} \frac{d\vec{l} - \vec{\omega} \times d\vec{l} \cdot \Delta t'}{r_{12} - \frac{dr_{12}}{dt} \cdot \Delta t'} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2} \left(i - \frac{di}{dt} \cdot \Delta t' \right) \frac{\vec{\omega} \times d\vec{l}}{r_{12} - \frac{dr_{12}}{dt} \cdot \Delta t'} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2} \left(i - \frac{di}{dt} \cdot \Delta t' \right) \cdot \left(d\vec{l} - \vec{\omega} \times d\vec{l} \cdot \Delta t' \right) \frac{\frac{dr_{12}}{dt}}{\left(r_{12} - \frac{dr_{12}}{dt} \cdot \Delta t' \right)^2}.$$

здесь в правой части первый член описывает появление в точке (1) электрического поля за счет изменения величины тока в стержне, второй член – за счет изменения ориентации стержня и третий член – за счет изменения расстояния r_{12} . Если в текущий момент времени t в точке (1) окажется стержень, имеющий ориентацию с составляющей вдоль направления вектора $d\vec{E}(1,t)$, то свободные заряды в этой точке, в том числе и неподвижные, могут начать перемещение (возникнет электрический ток).

Магнитопроводы электрических машин изготавливают из ферромагнетиков. Характерной особенностью ферромагнетиков является сложная нелинейная зависимость $\vec{J}(\vec{H})$ или $\vec{B}(\vec{H})$. На рис.3а дана кривая намагничивания ферромагнетика, намагниченность которого при $\vec{H} = 0$ тоже равна нулю, ее называют основной кривой намагничивания. Уже при сравнительно небольших значениях H намагниченность J достигает насыщения J_{lim} . магнитная индукция $B = \mu_0(H + J)$ также растет с увеличением H , а после достижения состояния насыщения B продолжает расти с увеличением H , по линейному закону. На рис.3б приведена основная кривая намагничивания на диаграмме $B - H$.

Ввиду нелинейной зависимости $B(H)$ для ферромагнетиков нельзя ввести магнитную проницаемость μ как определенную постоянную величину, характеризующую магнитные свойства каждого данного ферромагнетика. Однако по-прежнему считают, что $\mu = \frac{B}{\mu_0 H}$, при

этом μ является функцией H (рис.4). Магнитная проницаемость для ферромагнетиков может достигать очень больших значений, чем и вызвано их широкое применение в электрических машинах.

Кроме нелинейной зависимости для ферромагнетиков характерно также явление магнитного гистерезиса: связь между $\vec{J}(\vec{H})$ или $\vec{B}(\vec{H})$ оказывается неоднозначной, а определяется предшествующей историей намагничивания ферромагнетика.

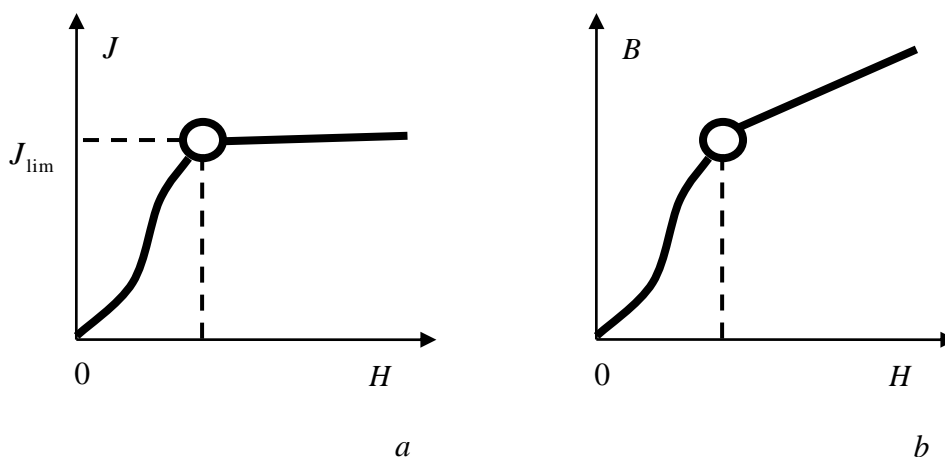


Рис.3. а - основная кривая намагничивания ферромагнетика на диаграмме $J - H$,
б - основная кривая намагничивания на диаграмме $B - H$.

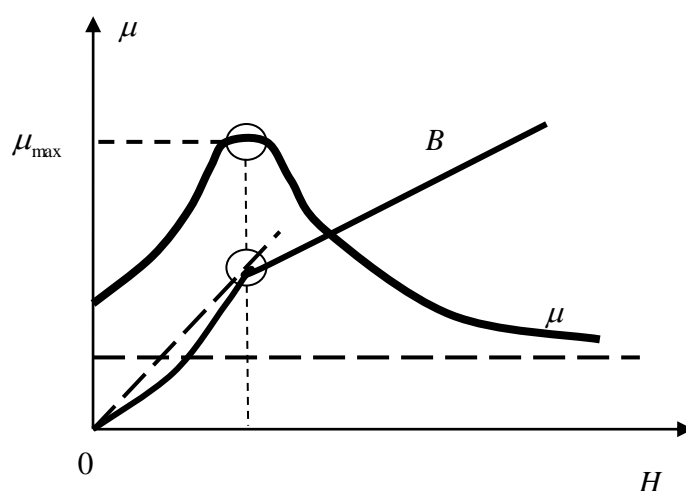


Рис.4. Магнитная проницаемость ферромагнетика μ как функция H

На рис.5 показана так называемая петля гистерезиса, получаемая при циклическом изменении H . В том случае, когда в точках 1 и 4 достигается насыщение, получается максимальная петля гистерезиса. Когда же в крайних точках (1 и 4) насыщения нет, получают аналогичные петли гистерезиса, но меньшего размера, как бы вписанные в максимальную петлю гистерезиса.

При перемагничивании ферромагнетик нагревается, при этом в единице объема выделяется теплота численно равная площади петли гистерезиса

$$Q_0 = \oint H \cdot dB.$$

Основная идея стержневой теории электрических машин заключается в стремлении описать электромеханическое преобразование энергии в электрических машинах как результат наложения

электроmechanического взаимодействия электропроводных стержней, расположенных вдоль и поперек оси машины. С помощью таких стержней с токами будут моделироваться круговые токи магнитных сердечников.

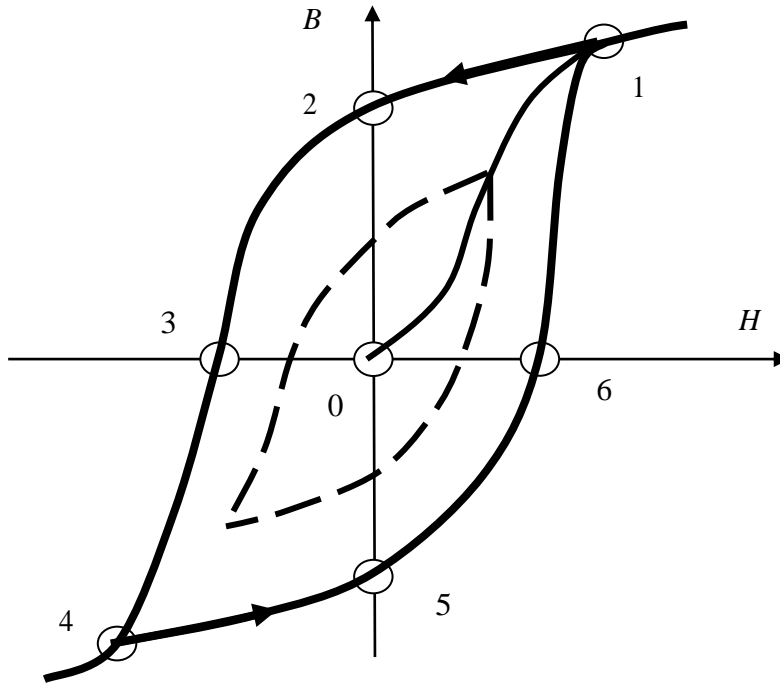


Рис.5. Петля гистерезиса ферромагнетика при циклическом изменении H .

Молекулярные токи будем представлять токами намагничивания I' , протекающими по контурам, содержащим пары стержней 1 и 2, расположенные вдоль оси электрической машины (рис.6). Электромагнитные и магнитомеханические явления описываются взаимодействием всех стержней и токов, моделирующих роторные, статорные, демпфирующие обмотки и внутренние токи в сердечниках. Чем больше будет взято пар стержней для моделирования внутренних токов, тем точнее можно описать явления в сердечнике и, вообще, в машине.

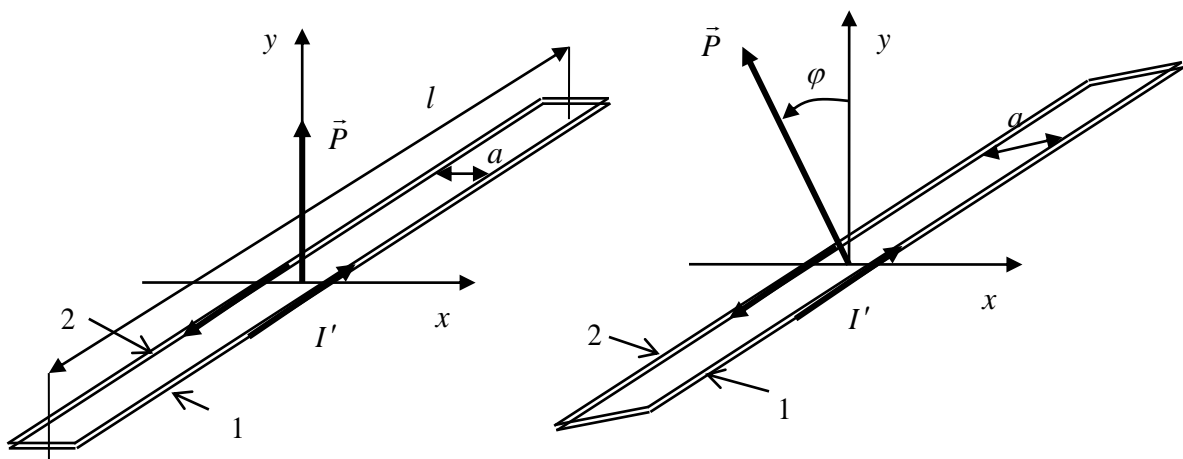


Рис.6. Представление молекулярных токов токами намагничивания I' в стержнях 1 и 2

Величина магнитного момента \vec{P} , создаваемый одним элементарным контуром (рис.4), зависит от тока намагничивания I' и расстояния между стержнями a (длина стержня l

фиксирована). Ориентацию вектора \vec{P} определяет угол φ (ось z расположена вдоль оси машины). Таким образом, расположение элементарного контура в пространстве определяется четырьмя параметрами: двумя фиксированными координатами оси контура (например, полярными координатами в плоскости xy) и двумя переменными параметрами a и φ .

$$\vec{B}' = \mu_0 \vec{J}.$$

Пусть магнитное поле $\vec{B}_0 = const$ заполняет все пространство в условиях вакуума. Известно [2], что если теперь заполнить пространство однородным изотропным непроводящим магнетиком, то намагниченность магнетика будет

$$\vec{J} = \frac{\mu - 1}{\mu_0} \cdot \vec{B}_0.$$

В объеме $\Delta V = l \cdot \Delta S$ намагниченность составит $J \cdot \Delta V = \frac{\mu - 1}{\mu_0} \cdot B_0 \cdot l \cdot \Delta S$. Такую же намагниченность мы должны получить при моделировании намагниченность элементарными контурами

$$P \cdot n_0 \cdot \Delta S = n_0 \cdot \Delta S \cdot I' \cdot a \cdot l,$$

где n_0 - количество элементарных контуров на единицу площади поперечного сечения ΔS .

Получаем важную вспомогательную формулу, которую запишем в виде

$$\frac{a}{B_0} = \frac{\mu - 1}{\mu_0 n_0 I'}.$$

В отсутствие внешнего поля ($B_0 = 0$) расстояние между стержнями $a = 0$, т.е. стержни 1 и 2 (рис.4) совпадают и текущие по ним токи нейтрализуют друг друга. При малых величинах магнитной индукции B_0 величина $\frac{a}{B_0} = const$, что можно обеспечить выбором $n_0 I'$. Таким

образом, при моделировании магнитопроводов сердечников, изменяя величину n_0 , необходимо соответствующим образом менять значения токов намагничивания I' в элементарных контурах.

Для адекватного описания вышерассмотренного поведения ферромагнетиков воспользуемся реологическими подходами [3]. Свяжем стержни 1 и 2 (рис.4), по которым текут токи намагничивания, механическими реологическими моделями материалов. Известны три промежуточные модели идеализированных материалов (таблица 1): идеально-упругое тело (Гука); идеально-вязкая жидкость (Ньютона); идеально-пластичное тело (Сен-Венана).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин. Москва: Высшая школа. 2001. - 327с.
 [2] Фейнман Р, Лейтон Р, Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Том 6. Москва: Мир, 1966. - 343 с.
 [3] Рейнер М. Реология. Москва: Наука. 1965. - 224 с.

NEW APPROACH TO THE CONSTRUCTION OF THEORY OF ELECTRICAL MACHINES

A. TVALCHRELIDZE, K. TSKHAKAIA

Akaki Tsereteli State University

Summary

For describing the electromechanical conversion of energy in the electrical machines there is proposed in a given article to examine the interactions of electroconductive rods located along and transverse to the axis of the machine. There are considered the fundamental relationships for these interactions. Within the framework of a rod model there are considered the magnetization phenomena of cores.



ტრანსფორმატორის ზეთის v/ρ და t/δ შორის კავშირის ტიპიკატურაზე დამოკიდებულება

ჩიხლაძე რ., ბურასააშვილი ზ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

განსაზღვრულია ტრანსფორმატორის ახალი, საექსპლუატაციო და ექსპლუატაციისთვის მომზადებულ ზეთებისთვის v/ρ სიდიდეები 20 და 50°C ტემპერატურაზე. დადგენილია პისაჟევსკ-ვალდენის კანონის მართებულობა ახალი, საუკეთესო ხარისხის ზეთებისათვის და მისი დარღვევის მიზეზები ექსპლუატაციისთვის უვარვის ზეთებისათვის. შემოთავაზებულია ტრანსფორმატორის ზეთების ხარისხის შეფასების მეთოდოლოგია v/ρ სიდიდის მიხედვით.

საექსპლუატაციო ზეთები v/ρ სიდიდის ტემპერატურის გამოკვლევების მიზნით დადგინდა მისი ცვალებადობა ნავთლული-220 ქვესადგურის ტ-3 ტრანსფორმატორის მუშაობის მაგალითზე ზეთის სხვადასხვა დამუშავებისას.

ტრანსფორმატორის ზეთის დინამიურ სიბლანტეს v , კუთრ მოცულობით წინაღობასა ρ და დიელექტრიკულ დანაკარგებს t/δ შორის კავშირი ზეთის ელექტრულ და არაელექტრულ თვისებებს შორის კავშირს ასახავს და ზეთის მდგომარეობის მახასიათებელია. ის ტრანსფორმატორის ზეთის ბუნებით არის განპირობებული. ამ კავშირის დადგენისას დაშვებულია, რომ ზეთის ρ და t/δ მხოლოდ მინარევებით არის განპირობებული და გამტარებლობის და დიელექტრიკული დანაკარგების სხვა მექანიზმებს ადგილი არ აქვთ [1], მაგრამ მხედველობაში მიღებული არ არის მინარევების თვისებები, კერძოდ მათი პოლარიზაციის სხვადასხვა მექანიზმების არსებობა, რომლებიც აღნიშნულ კანონზომიერებაზე გავლენას ახდენს [2].

ტრანსფორმატორის ზეთის v და ρ შორის კავშირი ლიტერატურაში პისაჟევსკ-ვალდენის კანონით არის ცნობილი და მართებულია ტრანსფორმატორის უაღრესად სუფთა, ახალი ზეთებისათვის [3]. ის აღნიშნულ პარამეტრებს დენის მატარებლების კონცენტრაციასთან (n_0), მათ რადიუსთან (r) და მუხტის სიდიდესთან (q) შემდეგი ფორმულით აკავშირებს.

(1)

$$\frac{v}{\rho} = \frac{n_0 \cdot q^2}{6\pi \cdot r}$$

თუ ტემპერატურის ცვლილებით n_0, r და q არ იცვლება, მაშინ v/ρ მუდმივი სიდიდეა და ტრანსფორმატორის სუფთა ზეთებისათვის ტიპიკატურაზე დამოკიდებული არ არის.

ზემოთმოყვანილი დაშვებებით გ.ი. საკანავმა ტრანსფორმატორის ზეთის t/δ და ρ ზეთის ფარდობით დიელექტრიკულ შეღწევადაობას ($\rho=2,25$) და გარეშე ველის სიხშირეს ($f=50$) დაუკავშირა. [4].

(2)

$$\rho \cdot \text{tg}\delta = \frac{18 \cdot 10^{11}}{\epsilon \cdot f} = 1,6 \cdot 10^{10}$$

ტრანსფორმატორის ზეთის ტემპერატურის 20°C- დან 90°C- მდე გაზრდით ρ სიდიდე სწორხაზოვნად 0,1- ით მცირდება ე.ი $\rho \cdot \text{tg}\delta$ მნიშვნელობა ტემპერატურის ამ დიაპაზონში, 4,5% ით იცვლება.

(1) და (2) ფორმულიდან გამომდინარე

(3)

$$\text{tg}\delta = \frac{n_0 \cdot q^2}{6\pi \cdot r} = \frac{1,6 \cdot 10^{10}}{v}$$

ამ გამოსახულებაში შემავალი ყველა სიდიდე გარდა სიბლანტისა v ტემპერატურაზე დამოკიდებული არ არის. ტემპერატურის გაზრდით v ექსპონენციურად მცირდება ე.ი. t/δ ექსპონენციალურად იზრდება.

აღნიშნული კანონზომიერება ტრანსფორმატორის ექსპლუატაციაში მყოფი ზეთებისთვის შესწავლილი არ არის. სავარაუდოდ ექსპლუატაციაში მყოფ ზეთებში ან ისეთ ზეთებში, რომლებშიც საექსპლუატაციო ზეთის ნორმის მოთხოვნებს არ აკმაყოფილებს ზეთის დაძველების პროდუქტები ელექტრული ველის მოქმედებით დისოციაციას განიცდიან [5], რაც t/δ ტემპერატურაზე დამოკიდებულებაზე აისახება.

ტრანსფორმატორის ზეთის v/p და t/δ – ტემპერატურაზე დამოკიდებულების შესწავლის მიზნით ტემპერატურის 20±90°C ინტერვალში ჩვენს მიერ გამოყენებული იყო ქვესადგურ “ნავთლული – 220” – ის ტ-3 ტრანსფორმატორიდან აღებული ექსპლუატაციაში მყოფი ზეთი, რომლის მახასიათებლის სიდიდე საექსპლუატაციო ნორმის მოთხოვნებს (ცხრილი) არ აკმაყოფილებდა.

კერძოდ ნორმას აღემატებოდა t/δ, ტენშემცველობის სიდიდე და მექანიკური მინარევების რაოდენობა, შესაბამისად ნორმაზე ნაკლები იყო გამრღვევი ძაბვის სიდიდე, ამასთანავე შეცვლილი იყო სხვა ძირითადი მახასიათებლებიც.

ამ მახასიათებლის მქონე ზეთებისთვის 20±90°C ინტერვალში დამუშავების გარეშე განსაზღვრა t/δ, v და ρ დამოკიდებულება ტემპერატურაზე. შემდეგ მექანიკური მინარევების საგან გაწმენდის მიზნით ზეთს თავისუფალი გადინებით ჩაუტარდა ფილტრაცია, მაგრამ ტენშემცველობა უცვლელი დარჩა ე.ი. არ გამოირიცხა ტენის გავლენა. გაფილტრული ზეთის მეორე ნაწილის ვაკუუმირების შემდეგ მისი ტენშემცველობაც მნიშვნელოვნად შემცირდა.

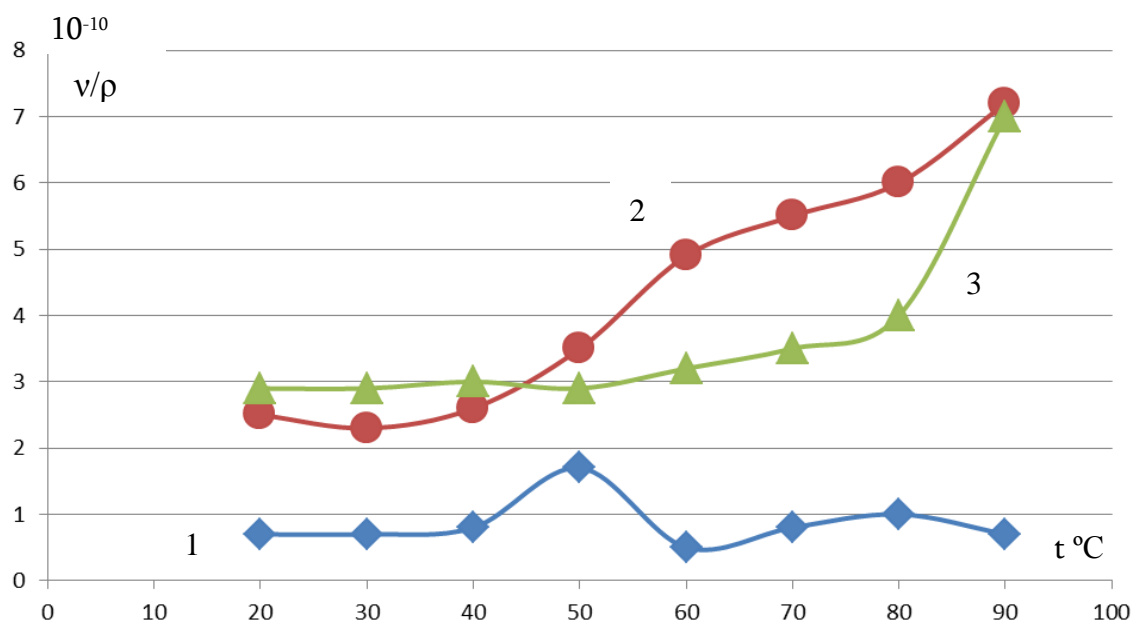
ტრანსფორმატორის ზეთის მახასიათებლები

	მახასიათებელი	ზღვრული ნორმა	საწყისი	ფილტრაცია	ფილტრაცია და ვაკუუმირება
1	დიელექტრიკული დანაკარგები t/δ _{90%}	<12	22	8	6,5
2	ტენშემცველობა გრ/ტ	<30	40	40	15
3	მექანიკური მინარევების კლასი	<XI	XIII	X	X
4	კუთრი წინაღობა 20°C	≥10 ¹²	2,7·10 ⁷	7,6·10 ¹⁰	8,5·10 ¹⁰
5	კუთრი წინაღობა 90°C	≥10 ¹¹	2·10 ⁸	0,3·10 ¹⁰	0,5·10 ¹⁰
6	კინემატიკური სიბლანტე 20°C სსტ	<28	17,5	17	17
7	გამრღვევი ძაბვა კვ/2,5მმ	>40	28	39	55

ყოველ ტემპერატურაზე მახასიათებლების განსაზღვრის 5 ცდა ტარდებოდა და მახასიათებლის სიდიდე საშუალო არითმეტიკულით განისაზღვრებოდა, ამასთანავე ცდის შედეგებს შორის განსხვავება ±15%-ს არ აღემატებოდა.

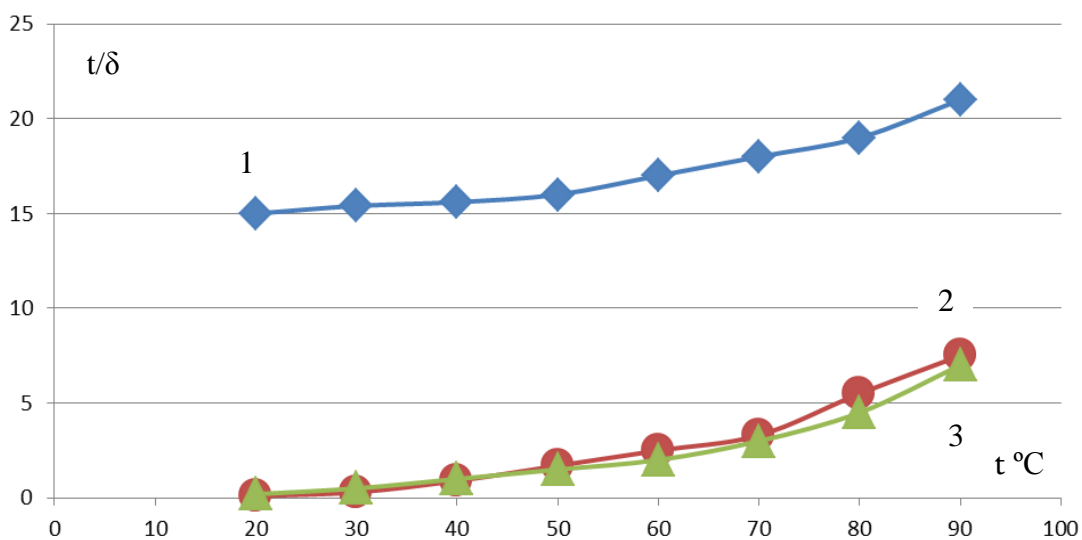
v/p და t/δ ტემპერატურაზე დამოკიდებულების გრაფიკები მოყვანილია სურ (№1 და №2) სადაც ჩანს რომ საწყის ეტაპზე 40°C- მდე ტემპერატურის გაზრდით v/p იზრდება აღწევს მაქსიმუმს, შემდეგ მცირდება და ბოლოს ისევ იზრდება, აღნიშნული ცვლილება სავარაუდოდ განპირობებულია t=50°C- ის ინტერვალში ბმული წყლის გახსნილ წყალში გადასვლით, რაც მკვეთრად ამცირებს კუთრ წინააღმდეგობას, ხოლო t=90°C- ის მაქსიმალულობაში ადგილი აქვს თავისუფალი წყლის აორთქლების დაწყებას, რის გამოც წინაღობა იზრდება.

ამასთანავე, v დამოკიდებულება t-ზე (სურათი 3) თითქმის ექსპონენციალურ სახეს ატარებს, რაც თეორიულ მოსაზრებას ეთანხმება და იმაზე მიგვითითებს, რომ გამტარებლობის მექანიზმი, რომელიც გავლენას ახდენს ρ-ს ტემპერატურაზე დამოკიდებულებაზე, გავლენას ვერ ახდენს v-ს ტემპერატურაზე დამოკიდებულების სახეზე.



სურათი №1

ქს ნავთლული 220-ის ტ-3 ტრ-ის ზეთის v/ρ –ს დამოკიდებულება ტემპერატურაზე

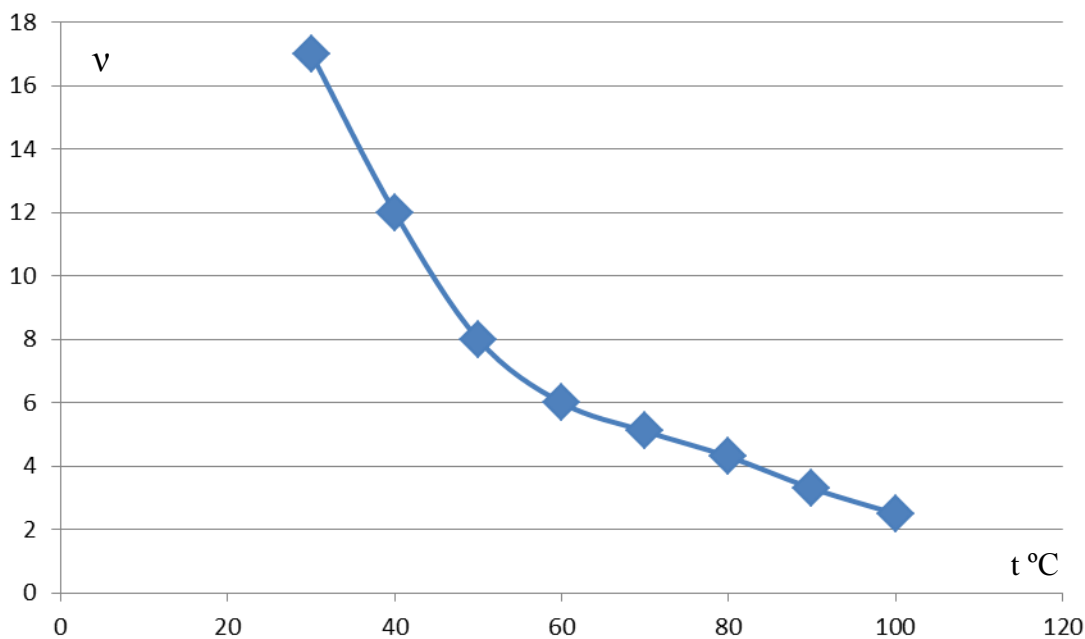


სურათი №2

ქს ნავთლული 220-ის ტ-3 ტრ-ის ზეთის t/δ –ს დამოკიდებულება ტემპერატურაზე

- 1 – დამუშავების გარეშე
- 2 – თავისუფალი გადინებით
- 3 თავისუფალი გადინებით ფილტრაცია და ვაკუუმირებით

ზეთის თავისუფალი გადინებით გაფილტვრის შემდეგ მექანიკური მინარევების რაოდენობა და t/δ საგრძნობლად შემცირდა, გაიზარდა გამრღვევი ძაბვა და კუთრი წინაღობა, მაგრამ ტენშემცველობას ცვლილება არ განუცდია (ცხრილი). ამასთანავე v/ρ ტემპერატურაზე დამოკიდებულების მრუდზე მკვეთრად გამოხატული მაქსიმუმები შემცირდა, მაგრამ ტენის არსებობის გამო, ამ დამოკიდებულებამ ექსპონენციალური სახე არ მიიღო. ასევე შემცირდა t/δ - სიდიდე და მისი ტემპერატურაზე დამოკიდებულების მრუდი ექსპონენციალურ დამოკიდებულებას მიუახლოვდა.



სურათი №3

ქს ნავთლული-220 - ის ტ-3 ტრ-ის ზეთის v - ს დამოკიდებულება ტემპერატურაზე.

ტენის გავლენის გამორიცხვის მიზნით გაფილტრული ზეთი ვაკუუმის ქვეშ $P=50$ მმ.ვწ.სვ 10 წუთის განმავლობაში დავამუშავეთ, რამაც ტენშემცველობა 40 გრ/ტ – დან 15 გრ/ტ –მდე შეამცირა, ამასთანავე მექანიკური მინარევების კლასი და რაოდენობა თითქმის უცვლელი დარჩა, მაგრამ საგრძნობლად გაიზარდა გამრღვევი ძაბვა, ხოლო სიბლანტეს ცვლილება არ განუცდია.

t/δ და v/ρ ტემპერატურაზე დამოკიდებულების მრუდებმა ექსპონენციალური სახე მიიღეს, რაც თეორიულ მოსაზრებას კარგად ეთანხმება, ამასთანავე ზეთის ყველა მახასიათებლის მნიშვნელობები საექსპლუატაციო ზეთის ნორმის მოთხოვნებს აკმაყოფილებს [6].

საბოლოოდ შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ტრანსფორმატორის ზეთის t/δ და v/ρ ტემპერატურაზე დამოკიდებულების მრუდებს, თუ ექსპონენციალური სახე არ აქვს ან ამ დამოკიდებულებაზე შეიმჩნევა მაქსიმუმის წერტილები, მაშინ ზეთის სხვა პარამეტრების ნორმასთან შესაბამისობის მიუხედავად ზეთი საექსპლუატაციო მოთხოვნებს არ აკმაყოფილებს და აუცილებელია ზეთს ვაკუუმური შრობა და ფილტრაცია ჩაუტარდეს.

განსაზღვრულია ტრანსფორმატორის ახალი, საექსპლუატაციო და ექსპლუატაციისთვის მომზადებულ ზეთებისთვის v/ρ სიდიდეები 20 და 50°C ტემპერატურაზე. დადგენილია პისაუვესკ-ვალდენის კანონის მართებულობა ახალი, საუკეთესო ხარისხის ზეთებისათვის და მისი დარღვევის მიზეზები ექსპლუატაციისთვის უვარგის ზეთებისათვის. შემოთავაზებულია ტრანსფორმატორის ზეთების ხარისხის შეფასების მეთოდოლოგია v/ρ სიდიდის მიხედვით.

საექსპლუატაციო ზეთები v/ρ სიდიდის ტემპერატურის გამოკვლევის მიზნით დადგინდა მისი ცვალებადობა ნავთლული-220 ქვესადგურის ტ-3 ტრანსფორმატორის მუშაობის მაგალითზე ზეთის სხვადასხვა დამუშავებისას.



ლიტერატურა

1. Шахнович М.И. синтетическую жидкости для электрических аппаратов знергия м.1972
2. ჩიხლაძე რ. ნაცვლიშვილი კ. ელექტროტექნიკური მასალები. თბილისი. 2007.
3. Липштейн Р.А. Шахнович М.И. Трансформаторное масло. М. 1983.
4. Сканави Г.И. Физика диэлектриков (область слабых полей) М.Госмехизда м.1949ю
5. ჩიხლაძე რ. იზოლაციის ელექტრული გამოცდა და დიაგნოსტიკა . თ. 2010
6. РД.34.45-51.300-97 Объем и нормы испытаний электрооборудования “Знас” мю 2002

ESTIMATION OF TRANSFORMER OIL ACCORDING TO THE v/p VALUE.

Chikhladze R, Guraspashvili G

Georgian Technical University

Summary

The v/p values are determined at $t=20$ and 50°C for new, exposure and preparatory of transformer oil for exploitation. Relevancy of Pisajevski-Valden law is determined new, high-quality oil and reasons of its breach for the oils, unsuited for the exploitation. A method of estimation the quality of transformer oil is proposed. With the purpose of research of a temperature of transformer oils for v/p value a work of transformer T-3 of substation “Navtlugi – 220” is studied at different processing of oil.

ტრანსფორმატორის ზეთის შეფასება რეფრაქციის კოეფიციენტის და სიმკვრივის ფარდობით

ჩიხლაძე ქ.რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

განხილულია ტრანსფორმატორის ახალი და საექსპლუატაციო ზეთების რეფრაქციის კოეფიციენტისა n და ρ სიმკვრივის შორის კავშირი. ცდის შედეგებით დადგენილია, რომ ტრანსფორმატორის ახალი ზეთისათვის n/p სიდიდე საექსპლუატაციო და ძლიერ დაძველებული ზეთის n/p სიდიდეს აღემატება. შემოთავაზებულია ზეთის მდგომარეობის და საექსპლუატაციო ვარგისობის n/p პარამეტრის საშუალებით შეფასება.

საკვანძო საკითხები: ტრანსფორმატორის ზეთი; რეფრაქციის კოეფიციენტი; სიმკვრივე.

ტრანსფორმატორის ზეთი თხევად ნეიტრალურ დიელექტრიკებს მიეკუთვნება. მასში მხოლოდ ელექტრული პოლარიზაცია ხდება [1]. ელექტრული პოლარიზაციის შემთხვევაში ერთსა და იმავე ტემპერატურაზე ფარდობითი დიელექტრიკული შეღწევადობა ϵ_r და სინათლის სხივის გარდატეხის (რეფრაქციის) კოეფიციენტი n ერთმანეთს შემდეგი ფორმულით უკავშირდება:

$$\epsilon_r \approx n^2 \tag{1}$$

ამ ორ სიდიდეს შორის განსხვავება ზეთში მინარეგების (მყარი, თხევადი, წყალი) და ზეთის დაძველების პროდუქტების არსებობით არის განპირობებული და მათ შორის სხვაობა ვერმანის კოეფიციენტის სახელით არის ცობილი [2].

$$\epsilon_r - n^2 = V_k \tag{2}$$

ვერმანის კოეფიციენტი ტრანსფორმატორის ზეთის მნიშვნელოვანი პარამეტრია და სტანდარტის მიხედვით ზეთის ხარისხის შესაფასებლად მისი განსაზღვრა აუცილებელია. რაც უფრო მაღალი ხარისხისაა ტრანსფორმატორის ზეთი, მით უფრო მცირეა ვერმანის კოეფიციენტი, ხოლო ექსპლუატაციისათვის უვარგისი ან ძლიერ დაძველებული ზეთებისთვის მისი სიდიდე 0.1-ს აღწევს.

აქედან გამომდინარე, ტრანსფორმატორის ზეთის შესაფასებლად ϵ_r და n ზუსტად უნდა განისაზღვროს. ამასთან, საჭიროა გამოვლინდეს ამ პარამეტრების კავშირი სხვა მახასიათებლებთან, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელი იქნება მათი განსაზღვრის სიზუსტის შემოწმება.

ტრანსფორმატორის ზეთის დაძველების შედეგად მისი ρ სიმკვრივე და გარდატეხის მაჩვენებელი იზრდება, ე.ი. მათ შორის გარკვეული დამოკიდებულება არსებობს. ამასთან n და ρ ტრანსფორმატორის ზეთის საიდენტიფიკაციო პარამეტრებია და მათ შორის ან მათი ვერმანის კოეფიციენტთან კავშირის დადგენა მნიშვნელოვანია. ამ მიზნის მისაღწევად გადავწყვიტეთ სხვადასხვა ზეთისთვის (ახალი, საქსპლუატაციო და ექსპლუატაციისთვის გამოუსადეგარი) რეფრაქციის კოეფიციენტის და სიმკვრივის სიდიდეების განსაზღვრა, და მათ შორის ემპირიული კავშირის დადგენა.

ერთი და იმავე ზეთისთვის $20 \pm 1^\circ C$ ტემპერატურაზე ორივე პარამეტრი მეათიათა-სედის სიზუსტით ირჯერ იზომებოდა და ცდის შედეგი ორი პარალელური გაზომვის საშუალო მნიშვნელობა იყო. პარალელური ცდის შედეგებს შორის სხვაობა $\pm 0,002\%$ -ს არ აღემატებოდა.

ტრანსფორმატორის ზეთის სინათლის სხივის გარდატეხის მაჩვენებელი სტანდარტის მიხედვით დაკალიბრებული რეფრაქტომეტრის, ხოლო სიმკვრივე, ნავთობპროდუქტების დენსიმეტრის საშუალებით (კგ/დმ³) განისაზღვრებოდა. შედეგები მოცემულია ცხრილში.

ტრანსფორმატორის ზეთის n და ρ მნიშვნელობები $20^\circ C$

	ახალი ზეთი			ექსპლუატაციაში მყოფი			ექსპლუატაციისათვის უვარგისი		
	n	ρ კგ/დმ ³	n/p	n	ρ კგ/დმ ³	n/p	n	ρ კგ/დმ ³	n/p
1.	1.4700	0.8510	1.7273	1.4824	0.8760	1.6922	1.4970	0.8860	1.6896
2.	1.4702	0.8597	1.710	1.4833	0.8763	1.6353	1.4975	0.9000	1.6639
3.	1.4705	0.8610	1.7079	1.4843	0.8776	1.6913	1.4992	0.8990	1.6676
4.	1.4705	0.8600	1.7099	1.4850	0.8812	1.6852	1.4994	0.8985	1.6688
5.	1.4727	0.8583	1.7158	1.4851	0.8780	1.6526	1.4997	0.8982	1.6696
6.	1.4728	0.8581	1.7163	1.4856	0.8802	1.6878	1.4998	0.8988	1.6688
7.	1.4730	0.8586	1.7156	1.4883	0.8833	1.6849			
8.	1.4733	0.8544	1.7244	1.4883	0.8845	1.6826			
9.	1.4740	0.8591	1.757	1.4877	0.8988	1.6552			
10.	1.4748	0.8621	1.7107	1.4901	0.8848	1.6841			
11.	1.4749	0.8608	1.7134	1.494	0.8836	1.6908			
12.	1.4751	0.8602	1.7148	1.4914	0.8874	1.6806			
13.	1.4754	0.8640	1.7076	1.4915	0.8870	1.6815			
14.	1.4754	0.8605	1.7146	1.4918	0.8892	1.6776			
15.	1.4757	0.8611	1.7137	1.4921	0.8897	1.6771			
16.	1.4764	0.8615	1.7137	1.4928	0.8876	1.6818			
17.	1.4765	0.8610	1.7148	1.4948	0.8952	1.6698			
18.	1.4766	0.8623	1.7124	1.4952	0.8962	1.6683			
19.	1.4779	0.8622	1.7141	1.4955	0.8922	1.6762			
20.	1.4771	0.8607	1.7111	1.4957	0.8925	1.6758			
21.	1.4776	0.8617	1.7147	1.4958	0.8911	1.6786			
22.	1.4779	0.8602	1.7181	1.4958	0.8988	1.6642			
23.	1.4779	0.8621	1.7143	1.490	0.8890	1.6760			
საშუალო	1.47457	0.8600	1.7160	1.49215	0.88899	1.6780	1.4988	0.8967	1.6715
	+0.022%	+46%	+0.72%	+0.5%	+1.24%	+0.75%	+0.07%	+0.37%	+1.5%
	-0.31%	-1.06%	-0.75%	-0.65%	-1.46%	-2.4%	-0.12%	-1.2%	-0.66%

როგორც ცხრილიდან ჩანს, სხვადასხვა მარკის ახალი ზეთის სიმკვრივის საშუალო მნიშვნელობა 0,8600 კგ/დმ³-ის, ხოლო რეფრაქციის კოეფიციენტი 1,47457-ის ტოლია.

მათი ფარდობა 1,7160-ს არ აღემატება და შედეგებს შორის განსხვავება $\pm 0,75\%$ -ზე ნაკლებია, ე.ი. საექსპლუატაციოდ მომზადებული ახალი ზეთისათვის n/p მნიშვნელობა დიდი სიზუსტით 1,7160-ის ტოლია.

ექსპლუატაციის განმავლობაში ზეთის დაძველების შედეგად მისი სიმკვრივე და რეფრაქციის კოეფიციენტი იზრდება, მაგრამ სიმკვრივის ზრდა უფრო მეტია, ვიდრე რეფრაქციის კოეფიციენტისა. ამის გამო n/p სიდიდე მცირდება და მისი მნიშვნელობა $\pm 2\%$ სიზუსტით 1,6780-ს შეადგენს. ეს იმას ნიშნავს, რომ ტრანსფორმატორის ზეთის დაძველების პროცესი შეგვიძლია n/p სიდიდით შევაფასოთ.

ექსპლუატაციიდან ამოღებულ ძლიერ დაძველებული ზეთის სიმკვრივისა და რეფრაქციის კოეფიციენტის მნიშვნელობების საექსპლუატაციო ზეთების შესაბამის პარამეტრებს მცირედ აღემატება.

შესაბამისად, n/p სიდიდე საექსპლუატაციო და ძლიერ დაძველებული ზეთებისთვის პრაქტიკულად ერთმანეთისგან არ განსხვავდება და შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ზეთი, რომელიც ძლიერ დაძველებულად ითვლება მახასიათებლების მიხედვით დაძველებული არ არის და მისი აღდგენა და საექსპლუატაციოდ გამოყენება შესაძლებელია.

თხევადი ნეიტრალური დიელექტრიკების ტემპერატურის ცვლილებით n და ρ ერთი და იმავე კანონზომიერებით და ტოლი სიდიდის ტემპერატურული კოეფიციენტით იცვლება. შესაბამისად, n/p სიდიდე ტემპერატურაზე დამოკიდებული არ არის. მაგრამ საექსპლუატაციო ზეთში არსებულმა მინარევებმა შესაძლებელია ეს კანონზომიერება შეცვალოს. ამ მოსაზრების შესამოწმებლად ახალი და საექსპლუატაციო ზეთებისთვის 30°C ტემპერატურაზე განისაზღვრა შესაბამისი მნიშვნელობები, რის შედეგად შეგვიძლია ვთქვათ, რომ გაზომვის ცდომილების ფარგლებში n/p ტემპერატურაზე დამოკიდებულება არ არის.

საბოლოოდ შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ტრანსფორმატორის ზეთის n/p სიდიდე ექსპლუატაციის განმავლობაში მცირდება და საექსპლუატაციო ზეთისთვის 1,6780 შეადგენს, ხოლო საექსპლუატაციოდ მომზადებული ახალი ზეთისთვის 1,7159 ტოლია და ახალი ექსპლუატაციაში მყოფი ზეთისთვის მისი სიდიდე ტემპერატურაზე დამოკიდებული არ არის. ამ პარამეტრის საშუალებით შესაძლებელია ზეთის მდგომარეობის შეფასება და მიგვაჩნია, რომ ტრანსფორმატორის ზეთის საექსპლუატაციოდ ვარჯისობის შესაფასებლად n/p სიდიდის გათვალისწინება აუცილებელია.

ამასთან, თუ ზეთის მდგომარეობის შეფასებისას n/p სიდიდე მიღებულ კანონზომიერებას არ შეესაბამება, მაშინ ზეთის სხვა მახასიათებლებით ანომალიურია ან n და ρ სიდიდეები არასწორად არის განსაზღვრული.

ლიტერატურა

- ჩიხლაძე რ., ნაცვლიშვილი კ. ელექტროტექნიკური მასალები. თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2007, 288გვ.
- Тареев Б.М., Физика диэлектрических материалов. М., Энергоиздат, 1982, 315 стр.

EVALUATION OF TRANSFORMER OIL WITH THE RATIO OF REFRACTION COEFFICIENT AND DENSITY

CHIKHLADZE K.

Georgian Technical University

Summary

There is considered connection between coefficient of refraction (n) and density (ρ) of transformer's fresh and running oil (in exploitation). According to the test results transformer measurement ratio n/p for fresh oil exceeds the n/p for in exploitation oil ratios. There is offered evaluation of oil conditions (standing) and maintenance validity in compliance with n/p parameters.

Key words: transformer oil; coefficient of refraction; density.



წყალგამაცხელებელი ბოილერის თბოტექნიკური ბამოცდა

ქეთელაური ბ. ჩხიკვაძე ქ. კიღურაძე ო.

საქართველო ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში მოცემულია წყალგამაცხელებელი საქვაბე აგრეგატის (ბოილერის) თბოტექნიკური საქსპლუატაციო ბამოცდის შედეგები ექსპრეს მეთოდის ბამოყენებით, რომლის მიზანია აგრეგატის ცალკეული თბური დანაკარგების ბამოვლენა, მათი მინიმუმამდე დაყვანა და მუშაობის ენერგოეფექტურობის ამადლება.

შესწავლის ობიექტს წარმოადგენს სტუ-ს მე-8 კორპუსის გათბობის სისტემის საქვაბის ორი ბუნებრივ აირზე მომუშავე Ecoflam NC-420 ტიპის წყლის გამაცხელებელი ბოილერი. ბოილერების თბოტექნიკური ბამოცდები ჩატარდა ნამწვი გაზების ანალიზატორის testo 335-ის ბამოყენებით.

თბოგენერატორის ექსპლუატაციის ბამოცდილება აჩვენებს, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში აგრეგატს შეიძლება გააჩნდეს გარკვეული დეფექტები, რომლებიც იწვევენ მისი ეკონომიურობისა და საიმედოობის გაუარესებას. დეფექტების ერთი ნაწილი აიხსნება ცუდად შესრულებული მონტაჟით, ხოლო მეორე ნაწილი – მოწყობილობათა ექსპლუატაციის დაბალი დონით. დეფექტების სრული ბამოვლენა შესაძლებელი ხდება მხოლოდ აგრეგატის თბოტექნიკური ბამოცდის საფუძველზე.

ბოილერის თბოტექნიკური საქსპლუატაციო ბამოცდის მიზანია ცალკეული თბური დანაკარგების ბამოვლენა და მათი მინიმუმამდე დაყვანა ან ლიკვიდაცია.

გაზომვის სიზუსტისა და სითბური ბალანსის შედგენის მეთოდის მიხედვით არჩევენ აგრეგატის ბამოცდის ორ კლასს: გაზომვის სიზუსტის პირველი კლასით ტარდება ბალანსური, საგარანტიო, სამეცნიერო – კვლევითი და სპეციალური ბამოცდები და გაზომვის შედეგების სიზუსტეს წაეყენება მაღალი მოთხოვნები, ხოლო გაზომვის სიზუსტის მეორე კლასით ტარდება იგივე სახის ბამოცდები, მხოლოდ გაზომვის შედეგების აბსოლუტურ მნიშვნელობებს არ წაეყენება მაღალი მოთხოვნები.

თბოტექნიკური ბამოცდების ჩატარების დროს ბოილერის მუშაობის ენერგოეფექტურობის დასადგენად ბამოიყენება სითბოს პირდაპირი ან შებრუნებული ბალანსების მეთოდები.

სითბოს პირდაპირი ბალანსის მეთოდის საკმაოდ რთული და შრომატევადი მეთოდია, რადგან საჭიროა აგრეგატში მიწოდებული და სასარგებლოდ ბამოყენებული სითბოთა რაოდენობების მაღალი სიზუსტით გაზომვა, მაშინ როცა სითბოს შებრუნებული ბალანსის მეთოდი შედარებით მარტივია, იგი არ საჭიროებს აგრეგატის მწარმოებლურობისა და სათბობის ხარჯის განსაზღვრას და მუშაობის ეფექტურობის დადგენა ამ მეთოდის მიხედვით ხდება ბოილერის მხოლოდ სითბოს დანაკარგების გაზომვის საფუძველზე.

გაზომვის სიზუსტის პირველი კლასით ბამოცდის დროს ბამოიყენება სითბოს პირდაპირი ბალანსის მეთოდი, ხოლო გაზომვის სიზუსტის მეორე კლასით ბამოცდის დროს კი- უფრო ხშირად გაზომვის სითბოს შებრუნებული ბალანსის მეთოდი.

ბოილერის მუშაობის თბოტექნიკური ანალიზის ჩატარებისათვის ბამოყენებულია გამარტივებული მეთოდიკა (პროფ. მ. რავიჩის მეთოდი), რომელიც საშუალებას იძლევა შედარებით მარტივი გაზომვების საფუძველზე შეფასდეს აგრეგატის ენერგოეფექტურობა.

მეთოდი ეყრდნობა გარკვეული კონსტანტების ბამოყენებას, რომლებიც უმნიშვნელოდ იცვლებიან სათბობის წვადი მასის ელემენტარული შემადგენლობის და აგრეთვე მისი ნაცრიანობისა და ტენიანობის მიხედვით.

ბოილერის ეფექტურობის შეფასებისათვის გამოყენებულია შემდეგი კონსტანტები [1] :

1. $t_{აქ}$ -სათბობის მსურველმწარმოებლურობა, ანუ მაქსიმალურ ტემპერატურა, რომელიც მიიღება სათბობის სრული დაწვით წვისათვის თეორიულად საჭირო ჰაერის რაოდენობის გამოყენების პირობებში, თუ სათბობისა და ჰაერის ტემპერატურა ტოლია 0°C და სითბოს არავითარ დანაკარგს ადგილი არა აქვს;
2. P-სითბოს რაოდენობა დაყვანილი 1 ნმ³ მშრალი წვის პროდუქტზე, რომელიც მიიღება სათბობის სრული დაწვით, თეორიულად საჭირო ჰაერის გამოყენების შემთხვევაში;
3. B-მშრალი წვის პროდუქტების მოცულობის ფარდობა ტენიანი პროდუქტების მოცულობასთან თეორიულად საჭირო ჰაერის პირობებში;
4. h- მშრალი წვის პროდუქტების მოცულობის ცვლილება (თეორიულთან შედარებით), მისი ჰაერით განზავებისა და არასრული წვის გამო;
5. C' -ჰაერით განუზავებელი წვის პროდუქტების ტემპერატურის $0^{\circ}\text{C} \div t_{გ.ა}$ ინტერვალში საშუალო სითბოტევადობის ფარდობა სითბოტევადობაზე ტემპერატურის ინტერვალში $-0^{\circ}\text{C} \div t_{აქ}$;
6. K- ტემპერატურის ინტერვალში $0 \div t_{გ.ა}$ 16მ³ ჰაერის საშუალო სითბოტევადობის ფარდობა ჰაერით განუზავებელი 16მ³ წვის პროდუქტების საშუალო სითბოტევადობასთან $0 \div t_{აქს}$ ტემპერატურის ინტერვალში;
7. l- ჰაერის მოცულობის ნამრავლი ჰაერის სითბოტევადობაზე გაყოფილი წვის პროდუქტების მოცულობისა და წვის პროდუქტების სითბოტევადობის ნამრავლზე.

წარმავალი აირებით სითბოს დანაკარგების (q_2) განსაზღვრისათვის გამოიყენება B, K, h, C' , L და $t_{აქს}$ კოეფიციენტებით შედგენილი გამოსახულება:

$$q_2 = \frac{t_{გ.ა} - Lt_3}{t_{აქს}} [C' + (h - 1)BK] \cdot 100\%, \quad (1)$$

სადაც $t_{გ.ა}$ და t_3 - არის ცდით განსაზღვრული წარმავალი აირების და ჰაერის ტემპერატურები შესაბამისად.

(1) ფორმულაში შემავალი კოეფიციენტი h- განისაზღვრება წარმავალი აირების შემადგენელი კომპონენტების ექსპერიმენტული განსაზღვრის საფუძველზე, ფორმულით:

$$h = \frac{CO_2^{აქ}}{CO_2' + CO' + CH_4'}, \quad (2)$$

სადაც $CO_2^{აქ}$ - არის წვის პროდუქტებში ნახშირორჟანგის მაქსიმალური რაოდენობა, %;

CO_2', CO', CH_4' - არის წვის პროდუქტებში ნახშირორჟანგის, ნახშირჟანგისა და მეთანის პროცენტული რაოდენობები. B, K, h, C' , L და $t_{აქს}$ კოეფიციენტების მნიშვნელობები, სხვადასხვა სათბობებისათვის, მოცემულია სპეციალურ ცხრილებში [1].

სითბოს დანაკარგები, გამოწვეული სათბობის არასრული ქიმიური წვით, განისაზღვრება როგორც წარმავალ აირებში წვადი კომპონენტების მოცულობების შესაბამის თბონარზე ნამრავლთა ჯამი. გამარტივებული მეთოდის გამოყენებით სათბობის არასრული ქიმიური წვით გამოწვეული სითბოს დანაკარგები (q_3) გამოითვლება ფორ-

მულით:

$$q_3 = \frac{Q_{\text{წ.პრ}} \cdot h}{P} \cdot 100\%, \quad (3)$$

სადაც $Q_{\text{წ.პრ}}$ - არის 1 ნმ³ მშრალ წვის პროდუქტებში არსებული წვადი კომპონენტების თბოუნარი, კჯ/ნმ³; h და P კჯ/ნმ³ – მახასიათებელი კოეფიციენტები.

$Q_{\text{წ.პრ}}$ გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$Q_{\text{წ.პრ}} = 0,01(CH_4' \cdot Q_{CH_4} + H_2' \cdot Q_{H_2} + CO' \cdot Q_{CO}), \quad (4)$$

სადაც CH_4' , H_2' , CO' არის წვის პროდუქტებში წვადი კომპონენტების შემცველობა, %; $Q_{CH_4} = 35825$ კჯ/ნმ³, $Q_{H_2} = 10810$ კჯ/ნმ³, $Q_{CO} = 12650$ კჯ/ნმ³, ამ კომპონენტების თბოუნარები.

ამრიგად, სათბობის არასრული ქიმიური წვით გამოწვეული სითბოს დანაკარგების განსაზღვრა შესაძლებელია სათბობის შემადგენლობის ცოდნის გარეშე, მხოლოდ წვის პროდუქტების ანალიზზე დაყრდნობით.

სათბობის გამოყენების ენერგოეფექტურობა (E) იანგარიშება ფორმულით:

$$E = 100 - (q_2 + q_3), \% \quad (5)$$

ბოილერის ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით:

$$\alpha = 1 + (h - 1) \cdot \frac{V_{\text{შრ.ა}}^0}{V_3^0}, \quad (6)$$

სადაც $\frac{V_{\text{შრ.ა}}^0}{V_3^0} = y$ - არის სათბობის სრული წვის დროს წვის პროდუქტების მშრალი აირების თეორიული მოცულობის ($V_{\text{შრ.ა}}^0$) შეფარდება ამ პირობებში წვისათვის საჭირო ჰაერის (V_3^0) რაოდენობასთან.

ბუნებრივი აირისათვის კოეფიციენტი $y = 0,9$.

ჩატარებულია სტუ-ს მე-8 კორპუსის საქვაბის ორი წყლის გამაცხელებელი ბოილერის მუშაობის თბოტექნიკური ანალიზი თბოტექნიკური გამოცდის გამარტივებული მეთოდის გამოყენებით.

ბოილერის ეფექტურობის განსაზღვრისათვის უნივერსალურ საზომ ხელსაწყოს წარმოადგენს ნამწვი აირების ანალიზატორი testo 335. ამ ხელსაწყოთი შესაძლებელია ნამწვი აირებში შემადგენელი კომპონენტების გაზომვა, მთელი რიგი მახასიათებელი პარამეტრების გამოთვლა და წვის პროდუქტების შედგენილობის ანალიზის საფუძველზე საბოლოოდ ბოილერის მ.ქ. კოეფიციენტის დადგენა.

კორპუსის გათბობის სიტემას ემსახურება ინდივიდუალური საქვაბე ორი Ecoflam NC -420 ტიპის წყლის გამაცხელებელი ბოილერის, თითოეული 455 კვტ მაქსიმალური თბური სიმძლავრით (დამოუკიდებელი საკვამლე მილებით). მუშა სხეულია მაღალი წნევის წყალი. დაწნევის ხაზში მაქსიმალური ტემპერატურაა 90°C. სათბობის (ბუნებრივი აირი) წნევა სანთურის წინ არის 210-240 მმ.წყ.სვ. ბუნებრივი აირის ხარჯი (ჯამური ორივე ბოილერზე) იზომება Elster-ის როტაციული ხაჯსაზომით, რომელსაც გააჩნია EK-233 ტიპის წნევისა და ტემპერატურის კორექტორი.

testo 335-ით გაზომილი მონაცემები №1 და №2 ბოილერის შემდეგ წვის პროდუქტებში ჟანგბადის, ნახშირორჟანგის, ნახშირჟანგის შემცველობები, ნამწვი აირების (წარმავალი აირების) ტემპერატურა, საქვაბეში ტემპერატურა და აბსოლუტური წნევის შესახებ მოცემულია ცხრილში1, ხოლო გაანგარიშებების საშუალო შედეგები ფორმულების

წყალგამაცხელებელი ბოილერის თბოტექნიკური გამოცდა

(1-6) გამოყენებით კი ცხრილში 2.

ცხრილი 1.

ექსპერიმენტული მონაცემები ბოილერი №1					ექსპერიმენტული მონაცემები ბოილერი №2				
O ₂ %	CO ppm	t _{წ.ა} °C	t _ჰ °C	Paბს პა	O ₂ %	CO ppm	t _{წ.ა} °C	t _ჰ °C	Paბს პა
11.14	1188	137.1	15	95768	11.02	108	163.2	13.8	95785
11.21	1163	137	14.8	95767	10,98	100	163,3	13,4	95784
11.14	1131	137.1	15.3	95765	10,99	97	163,3	12,9	95782
11.16	1101	137.4	15	95765	11,09	93	163,7	13,5	95772
10.71	1009	136.3	14.1	95742	11,09	96	163,4	13,1	95774
10.65	972	136.7	16.2	95737	11,03	98	163,4	13,8	95770
10.55	951	136.9	15.4	95735	11	101	162,8	13,7	95772
10.61	962	137	14.8	95735					
საშუალო სიდიდეები									
10.9	1059.6	136.9	15.1	95752	11.03	99.0	163.3	13.46	95776

ცხრილი 2.

გაანგარიშების შედეგები								
CO %	CO ₂ %	N ₂ %	h	α	q ₂ %	q ₃ %	q ₅ %	η %
საშუალო სიდიდეები ბოილერი №1								
0.11	5.68	83.3	2.0	1.9	8.9	0.6	0.94	89.5
საშუალო სიდიდეები ბოილერი №2								
0.01	5.61	83.4	2.1	1.99	11.22	0.06	0.91	87.8

წარმავალი აირების შედარებით მაღალი ტემპერატურისა (163 °C) და ჰაერის დიდი სიჭარბის კოეფიციენტის (=1.99) გამო ბოილერი №2 –ის ეფექტურობის კოეფიციენტი = 87.8%, რაც ნაკლებია აგრეგატის საპასპორტო მონაცემზე. მიახლოებით ანალიზური სურათია ბოილერი №1 –ის შემთხვევაშიც (ცხრ.2 და 3).

ბოილერების საბალანსო თბოტექნიკური გამოცდის საფუძველზე დადგინდა აგრეგატების შედარებით დაბალი ეფექტურობით მუშაობის ძირითადი მიზეზები: წვისათვის საჭირო ჰაერის ფაქტიური რაოდენობის დიდი სიჭარბე (არასწორი თანაფარდობა ”ბუნებრივი აირი-ჰაერი”); წვის პროცესის არადამაკმაყოფილებელი სურათი; წარმავალი აირების შედარებით მაღალი ტემპერატურა.

ჩატარებული ღონისძიებების მაგ. ჰაერის ფარსაკეტის საჭირო ღონემდე მიხურვით, რომელიც კონტროლირდებოდა წვის პროდუქტებში ჟანგბადის შემცველობით (ხელსაწყოთი testo 335-ით), დარეგულირდა სათბობის წვის პროცესი მინიმალურად საჭირო პრაქტიკული ჰაერის პირობებში, რამაც გამოიწვია ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის შემცირება (ნორმალურ სიდიდემდე), წარმავალი წვის პროდუქტების რაოდენობის შემცირება და შესაბამისად სითბოს დანაკარგების მინიმიზაცია.

გასამართი სამუშაოების ჩატარების შემდეგ ბოილერების გამცდის მონაცემები მოყვანილია ცხრილში 3, ხოლო გაანგარიშებების შედეგები კი ცხრილში 4.

ჩატარებული ღონისძიებების შედეგად ამღლდა ბოილერების ეფექტურობები 89.5 % -დან 93.4 %-დე (ბოილერი №1) და 87.8%-დან 93.5%-დე (ბოილერი №2).

ბოილერის თბოტექნიკური ანალიზის გამოყენებული ექსპრეს მეთოდი, გაზანალიზატორით testo 335, მარტივად უზრუნველყოფს აგრეგატების ეფექტურობის დადგენას საკმარისი სიზუსტით და მისი ამალღებისათვის საჭირო ღონისძიებების დასახვას და გატარებას.

ცხრილი 3.

გამართვის სამუშაოების ჩატარების შედეგ.

ექსპერიმენტული მონაცემები ბოილერი №1					ექსპერიმენტული მონაცემები ბოილერი №2				
O ₂ %	CO ppm	t _{წ.ა} °C	t _ჰ °C	Pაბს პა	O ₂ %	CO ppm	t _{წ.ა} °C	t _ჰ °C	Pაბს პა
3.6	865	135.1	21.2	957760	4.1	56	143.2	26.9	95775
3.62	816	130.9	20.8	95762	4.09	50	147.3	26.6	95794
3.58	805	134.0	20.9	95755	3.99	49	139.9	27.1	95783
3.55	789	135	20.7	95749	4.3	42	134.8	27.6	95756
3.49	779	134.8	20.2	95747	4.5	39	136.7	27.8	95784
3.5	699	133.9	18.9	95739	4.56	37	138.1	27.7	95779
3.6	689	129.8	17.9	95775	4.65	31	130.1	27.8	95771
3.7	678	132.8	17.4	95765					
საშუალო სიდიდეები									
3.58	765.0	132.8	19.8	95757	4.31	43.4	138.6	27.36	95777

ცხრილი 4.

გამართვის სამუშაოების ჩატარების შედეგ

გაანგარიშების შედეგები								
CO %	CO ₂ %	N ₂ %	h	α	q ₂ %	q ₃ %	q ₅ %	η %
საშუალო სიდიდეები ბოილერი №1								
0.08	9.79	86.6	1.2	1.2	5.4	0.3	0.94	93.4
საშუალო სიდიდეები ბოილერი №2								
0.004	9.38	86.3	1.26	1.23	5.54	0.02	0.91	93.5

ლიტერატურა

1. Равич М.Б. Топливо и эффективность его использования. Изд. «Наука». М. 1971
2. კიგურაძე ო. საქვაბე აგრეგატების თბოტექნიკური გამოცდა (დამხარე სახელმძღვანელო). 1982.
3. კიგურაძე ო. ლაბორატორიული პრაქტიკუმი ტექნოლოგიურ გაზომვებსა და ხელსაწყოებში. 1979.

**THERMAL TECHNICAL TESTING OF WATER HEATING BOILER
KETELAURI G., CHKHIKVADZE K., KIGURADZE O.**

Georgian technical University
Summary

The work represents water heating boiler's thermal technical exploitation testing results by using express method, which aims at revealing separate heat loss of aggregate, minimizing of mentioned loss and energy efficiency increase of the work. The method is based on the use of certain constants, those that slightly change by burnt fuel mass elemental composition as well as by its content of ash and humidity. Objects of study are two water heating gas consumer boilers (type - Ecoflam NC -420) of Georgian Technical University building # 8 heating system.

Boilers thermal technical examinations were carried out using a flue gas analyzer – "testo 335". It was ascertained that the boilers are working under profusion of high coefficient of air, which is reflected on their energy efficiency. After elimination of detected malfunction repeated measurement showed 4-5% increase of energy efficiency indicators.



ჰიდროტურბინების მ.ძ.კ.-ს განსაზღვრა აბრაზიული ცვეთის ბათვალისწინებით.

ლომიძე ი., ხელიძე ბ., შატაკიშვილი ლ., ქანთარია ა.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1

საქართველოს ჰესების უმრავლესობისათვის, რომლებიც მდინარეების სამთო და მთისწინა უბნებზეა განლაგებული და რომელთა წყალსაცავები უმეტესწილად დაღამულია, ხოლო თვითონ მდინარეები მყარი ნატანის სიუხვით გამოირჩევა, ჰიდროძალოვანი მოწყობილობის დეტალების აბრაზიული ცვეთის გავლენა მის ენერგეტიკულ მახასიათებლებზე მნიშვნელოვანია. ჰიდროაგრეგატის სამუშაო ზონის წარმოდგენა ანალიზურად – ფუნქციის სახით, დროის ფაქტორის გათვალისწინებით, მოიცავს ჰიდროაგრეგატის $\eta = f(N)$ მუშა მახასიათებლების დადგენას სხვადასხვა T დროის განმავლობაში, ფიქსირებული დროის ΔT ინტერვალისა და შესაბამისად გამოთქმული ელექტროენერჯის $\Delta \mathcal{E}$ რაოდენობის პირობებში. გაზომვებს შორის საწყისი ინფორმაციის მოძიება უნდა განხორციელდეს ჰესებზე შესაბამისი ნატურული დაკვირვებებისა და გაზომვების ჩატარების გზით ისე, რომ მან მთლიანად მოიცვას ჰიდროაგრეგატის მუშაობის წლიური ციკლი. შემოთავაზებულია ჰიდროაგრეგატის მ.ძ.კ.-ს კლების საშუალო ხვედრითი სიჩქარის გამოსახულება, ერთეულოვანი სიმძლავრისა და დაწვევისათვის $\%/(სტ.კვტ.მ)-ში$. ამგვარად, ნატურული დაკვირვებების შედეგები, საშუალებას მოგვცემს ვიმსჯელოთ მ.ძ.კ.-ს დროში ცვლილების და შესაბამისად ჰიდროტურბინის ცვეთის გავლენის შეფასების შესახებ ჰესის მიერ გამოთქმული ელექტროენერჯიასთან მიმართებაში.

საქართველოს ჰესების უმრავლესობისათვის, რომლებიც მდინარეების სამთო და მთისწინა უბნებზეა განლაგებული, ხოლო თვითონ მდინარეები მყარი ნატანის სიუხვით გამოირჩევა, ჰიდროძალოვანი მოწყობილობის დეტალების აბრაზიული ცვეთის გავლენა მის ენერგეტიკულ მახასიათებლებზე მნიშვნელოვანია.

აბრაზიული ცვეთა გამოწვეულია, როგორც მყარი ნაწილაკების დაჯახებით გამდინარე ნაწილის ზედაპირთან, ასევე მყარი ნაწილაკების გამდინარე ტრაქტის ზედაპირზე სრიალის შედეგად. ამ ფაქტორების ინტენსივობისგან დამოკიდებულებით ცალკეულ შემთხვევებში გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება გარკვეულ მათგანს.

ჰიდროტურბინების დეტალების ინტენსიური ცვეთა შეიძლება აიხსნას ზედაპირების გარსმდენი ნაკადის სიჩქარის მნიშვნელოვანი სიდიდით. ამასთან, არსებითი მნიშვნელობა აქვს არა წყლის საშუალო სიჩქარეს, არამედ იმ ადგილობრივ სიჩქარეს, რომელიც, საზოგადოდ, არსებობს ტურბულენტურ ნაკადში და, კერძოდ, აღიძვრება ცუდად გარსმდენ ზედაპირებთან კონტაქტში. ამასთან, გარდა სიჩქარის სიდიდისა, ცვეთის ინტენსივობაზე ზემოქმედებას ახდენს: შეწონილი ნაწილაკების კონცენტრაცია, მათი სიმსხო, სისაღე, ფორმა, აგრეთვე იმ მასალის ხარისხი, რისგანაც დამზადებულია ჰიდროტურბინის გამდინარე ტრაქტის ელემენტები [1]. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმ ზედაპირული ფენის ხარისხი, რაც უშუალო კონტაქტშია შეწონილ ნაწილაკთან. ჩამოთვლილი ფაქტორების ერთობლივად რაოდენობრივი აღრიცხვა ძალიან რთული მათემატიკური პრობლემაა, ვინაიდან თითოეული ეს ფაქტორი სხვადასხვა ბუნებისაა, ამასთან დროში ცვალებადია და განსაკუთრებულ ზემოქმედებას ახდენს ჰიდროტურბინის სხვადასხვა ნაწილის ცვეთაზე [2,3]. ამდენად, აუცილებელია ჰიდროტურბინის გამდინარე ნაწილის აბრაზიული ცვეთის ინტენსივობის რაოდენობრივი დახასიათებისათვის ისეთი ინტეგრალური კრიტერიუმის შემუშავება, რომელიც გაითვალისწინებს ცვეთის ინტენსივობის დამოკიდებულებას ყველა ზემოაღნიშნულ ფაქტორზე. ასეთ მახასიათებელს წარმოადგენს ჰიდროტურბინის მ.ძ.კ., რომელიც არსებითად განსაზღვრავს მის სიმძლავრესა და გამოთქმულს.

ცნობილია, რომ ჰიდროაგრეგატის სიმძლავრე, მისი მუშაობის ოპტიმალურ რეჟიმებ-

ში $0,5N_{\max} \leq N \leq N_{\max}$ ინტერვალშია, რომელშიც ძვეს მაქსიმალური მ.ქ.კ.- η_{\max} , რომელსაც დაახლოებით $0,75N_{\max}$ შეესაბამება. ჰიდროაგრეგატის სამუშაო ზონის წარმოდგენა ანალიზურად – ფუნქციის სახით, დროის ფაქტორის გათვალისწინებით, მოიცავს ჰიდროაგრეგატის $\eta = f(N)$ მუშა მახასიათებლების დადგენას სხვადასხვა T დროის განმავლობაში, ფიქსირებული დროის ΔT ინტერვალისა და შესაბამისად გამომუშავებული ელექტროენერჯის $\Delta \Xi$ რაოდენობის პირობებში. გაზომვებს შორის საწყისი ინფორმაციის მოძიება უნდა განხორციელდეს ჰესებზე შესაბამისი ნატურული დაკვირვებებისა და გაზომვების ჩატარების გზით ისე, რომ ჰიდროაგრეგატის მუშაობის წლიური ციკლი იქნეს მოცული.

ამგვარად, ნატურული დაკვირვებების შედეგები, საშუალებას მოგვცემს ვიმსჯელოთ მ.ქ.კ.-ს დროში ცვლილების და შესაბამისად ჰიდროტურბინის ცვეთის გავლენის შეფასების შესახებ ჰესის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯისთან მიმართებაში.

ამ ტიპის ნატურული ექსპერიმენტების ჩატარების დროს, ყველა საკვლევი ობიექტისათვის, უნდა იყოს უზრუნველყოფილი კვლევის მეთოდის და გამოყენებული გამზომი აპარატურის იდენტურობა, რაც საშუალებას მოგვცემს მინიმუმამდე დავიყვანოთ ფარდობითი ცდომილება სხვადასხვა ობიექტების მახასიათებლების შედარებისას. ამასთან უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ჰესის თითოეული აგრეგატის დაკვირვების უზრუნველყოფა წლის განმავლობაში იდენტური უნდა იყოს, რაც საშუალებას მოგვცემს ერთ აგრეგატზე ჩატარებული ნატურული კვლევების შედეგები განვაგრძოთ სხვა აგრეგატებზე.

ჩატარებული გაზომვები საშუალებას მოგვცემს, ტურბინის მიმმართველი აპარატის გაღების ცვალებადობის მიხედვით დადგინდეს:

$N = f_1(a_0)$ - გენერატორის აქტიური სიმძლავრის ცვლილების მრუდი;

$\Delta h = f_2(a_0)$ - სპირალურ კამერაზე დაყენებული დიფერენციალური მანომეტრის მუშა სითხის (ვერცხლისწყალი) დონის ვარდნილის ცვალებადობის მრუდი;

$h_1 = f_3(a_0)$ - ტურბინის წინ მანომეტრული წნევის ცვალებადობის მრუდი;

$\nabla_{\text{კპ}} = f_4(a_0)$ - ქვედა ბიეფში წყლის დონის ცვალებადობის მრუდი;

მ.ქ.კ განისაზღვრება დამოკიდებულებიდან:

$$\eta = \frac{N}{9.81 \cdot Q \cdot H} \quad (1)$$

ამ მონაცემების საფუძველზე შეიძლება აიგოს:

$\eta = f_5(a_0)$ - ჰიდროაგრეგატის მ.ქ.კ-ს ცვალებადობის მრუდი ტურბინის მიმმართველი აპარატის გაღების მიხედვით;

$\eta = \varphi_1(N)$ - ჰიდროაგრეგატის მ.ქ.კ-ს ცვალებადობის მრუდი გენერატორის სიმძლავრის მიხედვით;

თუ გავითვალისწინებთ ორ მეზობელ გაზომვას შორის დროის Δt_i ინტერვალს, სთ, მაშინ $\eta = f_5(a_0)$ და $\eta = \varphi_1(N)$ გრაფიკები საშუალებას მოგვცემს ხარისხობრივად შევაფასოთ $\Delta \eta_j$ - მ.ქ.კ-ს შემცირება დროში. ამასთან, აუცილებლად მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული მოქმედი დაწნევის H_{i-} -ის მნიშვნელობა გაზომვის თითოეულ ეტაპზე.

ამავე დროს, ორ მეზობელ გაზომვას შორის, უნდა გაირკვეს მოქმედი დაწნევის მანევრებლები, ხოლო გაზომვებს შორის დროის ინტერვალში ჰესის გამომუშავების $\Delta \Xi_i$

და მისი შესაბამისი საშუალო სიმძლავრის $N_j = \frac{\Delta\Theta_j}{\Delta T_j}$, კვტ, სიდიდე.

უნდა აღინიშნოს რომ, როცა გაზომვის ერთსა და იმავე ინტერვალში მოქმედი დაწნევა ცვალებადია, მაშინ $\eta = \varphi_1(N)$ გრაფიკების აბსოლუტური მნიშვნელობების შესაფასებლად გაზომვის ეტაპის მიხედვით N სიმძლავრე შეიძლება გაანგარიშებული იქნეს საანგარიშო დაწნევისათვის ჰიდროტურბინების მსგავსების დამოკიდებულებით:

$$N_{დაყ} = N (H_{საანგ} / H)^{1.5} \quad (2)$$

სიმძლავრის დაყვანილი $N_{დაყ}$ მნიშვნელობის მიხედვით შეიძლება აიგოს $\eta = \varphi_2(N_{დაყ})$ ჰიდროაგრეგატის მუშა მახასიათებელი $H_{საანგ}$ დაწნევის მნიშვნელობისათვის.

$\eta = f_5(\alpha_0)$ და $\eta = \varphi_1(N)$, გრაფიკებისგან განსხვავებით $\eta = \varphi_2(N_{დაყ})$ ჰიდროაგრეგატების შედარებითი მუშა მახასიათებლები შესაძლებლობას გვაძლევს რაოდენობრივად შევაფასოთ ტურბინის ცვეთის გავლენა მ.ქ.კ.-ს კლებაზე დროის მიხედვით. ზემოთ მოყვანილი სიდიდეების დადგენის შემდეგ შესაძლებელია დადგინდეს ჰიდროაგრეგატის მ.ქ.კ.-ს კლების საშუალო ხვედრითი სიჩქარე, ერთეულოვანი სიმძლავრისა და დაწნევისათვის %/(სთ.კვტ.მ):

$$\Theta = f(T, N, H) = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m \frac{\Delta\eta_{j-1}}{\Delta T_{j-1} N_{j-1} H_{j-1}}, \quad (3)$$

სადაც Θ არის ჰიდროაგრეგატის მ.ქ.კ.-ს კლების საშუალო ხვედრითი სიჩქარე;

m - გაზომვების რიცხვი;

j - გაზომვის ნომერი.

აბრაზიული ცვეთის რაოდენობრივი მახასიათებლების პროგნოზირებისათვის აუცილებელია მოქმედი ჰესების ტურბინებზე სისტემატიური კონტროლი და ჰიდროაგრეგატების პერიოდული რემონტის ჩატარება რაციონალურ ვადებში, რაც ინდივიდუალური იქნება კონკრეტულ პირობებში მომუშავე ჰიდროტურბინებისათვის.

ლიტერატურა

1. ლომიძე ი., ნამგალაძე დ. “არასტაციონარული რეჟიმის გავლენა ენერგობიექტების გამდინარე ნაწილის ცვეთაზე“ სტუ-ს შრომები №2(468) 2008, გვ.30-33
2. Орахелашвили М.М. Износостойкость реактивных гидротурбин, М., Госэнергоиздат, 1960 г., 112 с.
3. Дульнев В.Б. Абразивный износ радиально-осевых гидротурбин и методы борьбы с ними. М., Л., Государственное энергетическое издательство. 1962.

DEFINITION OF HYDRAULIC TURBINES POWER EFFICIENCY CONSIDERING THE ABRASIVE WEAR

LOMIDZE I., KHELIDZE G., SHATAKISHVILI L., QANTARIA A.

Georgian Technical University

Summary

Impact of the abrasive wear of the details of water power devices for the most of Georgian HPPs located at mine districts and the front sections of mountain of rivers, the reservoirs of which are mainly silted but the rivers are distinguished with the abundance of solid sediment is more important than its power properties. Presentation of operating zone of the hydraulic unit analytically – in view of function, considering the time factor, includes the determination of $\eta = f(N)$ running qualities of hydraulic unit during the different T time, in the conditions of fixed time ΔT interval and accordingly $\Delta\Theta$ number of generated electricity. Searching the initial information among measurements should be carried out through relevant natural observations and measurements of HPPs so to cover annual cycle of hydraulic unit operation completely. Image of average specific speed of reducing the power efficiency of the hydraulic unit for per unit capacity and pressure % (hr. kw.m) has been specified. Thus, results of natural observations shall give us possibility to talk about changing the power efficiency in time and accordingly assessment of the effect of hydraulic turbine wear in regard with electricity generated by HPP.



**ჰიდრო აბრეგატების ავტომატური მართვის სისტემის
 ბანვითარება და ბანხორციელება Siemens Simatic S7-ის ბაზაზე**

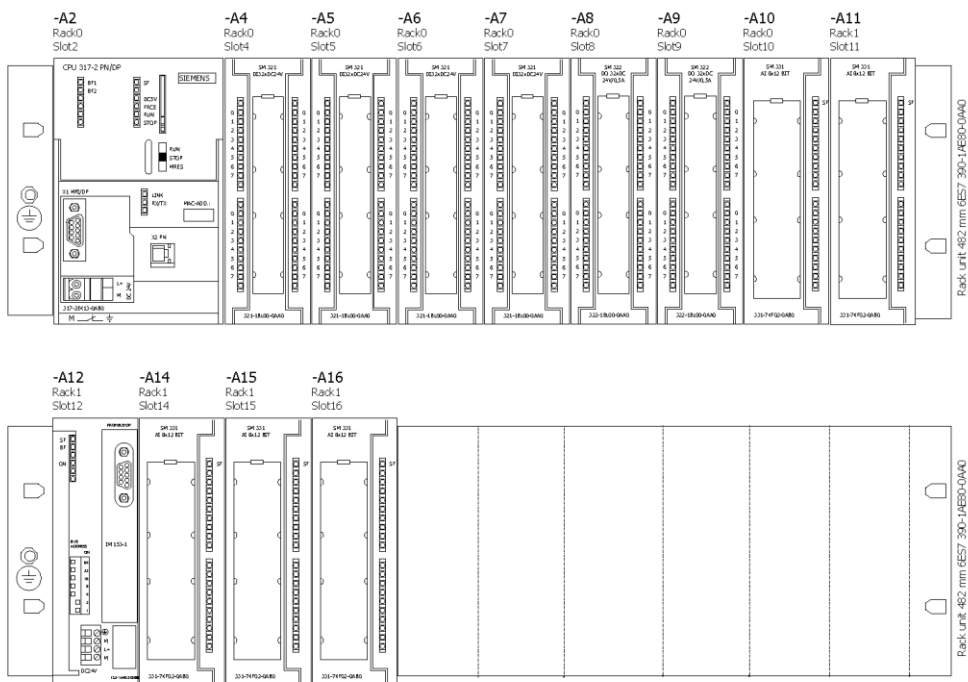
სახალელი ღ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში მოცემულია მოკლე მიმოხილვა ჰიდრო აგრეგატების ავტომატური მართვის სისტემის განვითარება და განხორციელება Siemens Simatic S7-ის ბაზაზე. მათი რეალურ საექსპლუატაციო გარემოში გამოყენებით დაგროვილი გამოცდილების განხორციელება. მოყვანილია სხვადასხვა სირთულის ავტომატური მართვის სისტემების მაგალითები.

მოგვსენებათ რომ საქართველოს ენერჯო სისტემის მომარაგება ძირითადად ხორციელდება ჰიდრო ელექტრო სადგურების მეშვეობით, ამიტომ ჰიდრო აგრეგატების უწყვეტი და შეუფერხებელი მუშაობა მნიშვნელოვანია, აქედან გამომდინარე ავტომატური მართვის სისტემის ძირითადი ამოცანაა (ჰიდრო აგრეგატის გაშვება-გაჩერების გარდა), მოახდინოს ჰიდრო აგრეგატის მუშაობის დროს მიმდინარე პროცესების მონიტორინგი და კონტროლი ავარიების თავიდან აცილების მიზნით.

ავტომატური მართვის სისტემა წარმოადგენს მიკროპროცესორული კონტროლერების ბაზაზე აგებულ (მაგალითად: Siemens S7 300) დასრულებულ სისტემას. მისი დანიშნულებაა ჰიდრო აგრეგატის და უზრუნველყოფის სისტემების საექსპლუატაციო კონტროლი და დიაგნოსტიკის პროცესების ავტომატიზაცია, აგრეგატის სწრაფი გაშვება-გაჩერება.



სისტემაში გამოიყენება 2 პროცესორი, პირველი:

- ჰიდრო აგრეგატის ტემპერატურული კონტროლისათვის;
- ჰიდრო აგრეგატის მუშაობის დროს მიმდინარე პროცესების კონტროლისათვის (წნევები, დონეები, ნაკადები, პოზიციები და ა.შ.);
- აგრეგატების ელექტრული პარამეტრების კონტროლისათვის;

- რელეური დაცვის კონტროლისათვის;
- ტირისტორული აღზნების მართვისათვის;
- ჰიდრო აგრეგატის სინქრონიზაციისთვის
- ჰიდრო აგრეგატის მუშაობის დროს მიმდინარე პროცესების დამხმარე მოწყობილობების მართვისათვის (სარქველები, ტუმბოები და ა.შ.);
- ნკვ ძაბვის მოწყობილობების მართვისათვის
ხოლო მეორე;
- ტურბინის რეგულატორის მართვისათვის (მიმმართველი აპარატის და მუშა თვლის გაღება-დაკეტვა);
- ჰიდრო აგრეგატის ბრუნთა რიცხვის კონტროლისათვის (ე.წ. გაქცევის თავიდან ასაცილებლად);
გარდა ზემოთ ჩამოთვლილისა მართვის სისტემა გამოყენება:
- გაზომილი და რეგისტრირებული პარამეტრების დახარისხებისა და შენახვისათვის;
- მონაცემთა არქივირებისათვის და ძებნის უზრუნველყოფისათვის;
- მომსახურე პერსონალის საცნობარო ვიზიალური და ხმოვანი სიგნალებით უზრუნველყოფისათვის;
- მომსახურე პერსონალის ყურადღების კონტროლისათვის.
- ჰიდრო აგრეგატის ნორმალური გაჩერებისთვის;
- ჰიდრო აგრეგატის ავარიული გაჩერებისათვის (ავარიული წრედის გამოყენებით)

მართვის სისტემის კარადაზე განლაგებულია 3 ოპტიკური სიგნალიზაციის ნათურა: ჰიდრო აგრეგატი მუშაობს (მწვანე ნათურა), უწესრიგობა (ყვითელი ნათურა) და ავარიული გაჩერება (წითელი ნათურა). ასევე კარადაზე განლაგებულია ე.წ. "სერვისის რეჟიმის" ჩამრთველი, რომელიც ახდენს ყველა დამხმარე მოწყობილობების ხელით და სერვისულ რეჟიმში გადაყვანას, რაც ასევე აისახება პროგრამულ გარსში. ასევე განლაგებულია ავარიული გაჩერებისა და დებლოკირების დილაკები. გარდა ზემოთ თქმულისა კარადაზე გვხვდება "თაჩ პანელი" (HMI), რომელიც წარმოადგენს მართვის სისტემის ალტერნატიული მართვის საშუალებას, მართვის ფარზე არსებული კომპიუტერის მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში.

კარადის კვება ხორციელდება 3 დამოუკიდებელი წყაროდან: 110/220ვ მუდმივი, 230ვ ცვლადი და 230ვ ცვლადი UPS-დან. 24ვ მუდმივი ჯგუფდება 2 კვების წყაროდან (110/220ვ მუდმივი და 230ვ ცვლადი). ყველა კვების დაკაღვა აისახება მართვის სისტემაში. მართვის კარადის შიდა გაყვანილობა და გაწყობა იყოფა ძაბვის 2 ჯგუფად, 60ვ-ზე მაღალი და 60ვ-ზე დაბალი. თითოეული ჯგუფი სხვადასხვა საკაბელო არხებშია მოთავსებული.

შიდა ლოკალური მართვის კომუნიკაცია დაფუძნებულია ე.წ. Ethernet-ზე, ხოლო ქსელი ფიზიკურად კი შედგება ინდუსტრიული Ethernet switch-ებისაგან. ყველა მოწყობილობა შეესაბამება IEC60870-5-104 სტანდარტს ან Modbus RTU IEC60870-5-103 სტანდარტის მიხედვით. საკომუნიკაციო ხაზები დუბლირებულია შეფერხებითი მუშაობის თავიდან ასაცილებლად.

მართვის სისტემაში შემავალი და გამავალი თითოეული სიგნალებისათვის გამოყენებულია იზოლირებული 24ვ ან საერთო „მინუსი“ (0ვ), მზომი მოდული არის გაღვანურად იზოლირებული. ანალოგური სიგნალების სიზუსტის კლასი 0.1%ზე მეტია. ყველა შემავალი და გამავალი სიგნალების ოდენობა 20%ის რეზერვითაა აღებული.

ავარიული გაჩერების წრედი, იკვებება 110/220ვ მუდმივი კვების წყაროდან და ეს წრედი შესრულებულია EN 954-1 და EN 292 სტანდარტების მიხედვით. იგი აქტიურდება 3 დილაკიდან (მართვის კარადის ყუთზე, სატურბინოსა და მართვის ფარზე), მართვის

სისტემიდან, ტურბინის რეგულატორიდან, დაცვებიდან, აღზნებიდან და გაქცევის რელედან (როცა ბრუნი 130%-ზე მეტია). ავარიული წრედი ააქტიურებს მიმართველის მიკეტვას, ავარიული ფარის ჩაშვებას გენერატორის ამომრთველის გამორთვას და აღზნების მოხსნას.

მსგავსი ტიპის ავტომატური მართვის სისტემები დამონტაჟებულია და გამართულად მუშაობს გუმათი 1-ის პირველ და მე-3 ჰიდრო აგრეგატებზე, ასევე გუმათი 2-ის მე-5, მე-6 და მე-7 აგრეგატებზე. შედარებით უფრო მარტივი მონიტორინგის სისტემებია გამოყენებული შაორის პირველ და მე-2 აგრეგატებზე, ასევე ზაჰესის მე-4 და მე-6 აგრეგატებზე, რომლებიც მხოლოდ აგრეგატის მუშაობის პროცესზე ახდენენ მონიტორინგს.

სისტემა დაპროგრამებულია IEC 61131-3 სტანდარტის მიხედვით, გარდა გამონაკლისი შემთხვევებისა (მაგ. ტურბინის რეგულატორი) პროგრამული გარსი, რომელიც განხორციელებულია Control Web 6.1-ში უზრუნველყოფს მომსახურე პერსონალის ვიზუალურ და ხმოვან ინფორმირებას საჭიროების შემთხვევაში. სისტემა იძლევა ყველა სენსორის სტატუსისა და ამპრავის მიმოხილვის უფლებას, რომლებიც დაკავშირებული არიან Siemens S7 300 კონტროლის სისტემასთან.

მომსახურე პერსონალის ინფორმირება ხდება შემდეგ შემთხვევებში: ტექნოლოგიური პროცესის ინფორმაციული, გამაფრთხილებელი და საგანგაშო შეტყობინებების დროს და მონიტორინგისა და მართვის სისტემის აპარატურულ უზრუნველყოფაში შეფერხებების არსებობის დროს.

შეტყობინებების გამაფრთხილებელი და განგაშის ვიზუალური და ხმოვანი სიგნალი “მიბმულია” პრაქტიკულად ყველა საკონტროლო წერტილის პარამეტრზე და ამოცემული ხმოვანი სიგნალის ტიპი დამოკიდებულია ამ კონკრეტული პარამეტრის დანაყენების სახეზე: გამაფრთხილებელი (ყვითელი), განგაშის (წითელი). მონიტორინგისა და მართვის სისტემის ტექნიკური საშუალებების მწყობრიდან გამოსვლის ვიზუალური შეტყობინებებისათვის განსაკუთრებული ფერი არ გამოიყენება, მაგრამ შესაბამის ფანჯრებში კეთდება სათანადო აღნიშვნები.

პროგრამული გარსის მიერ მოცემული ხმოვანი და ვიზუალური შეტყობინებანი (გამაფრთხილებელი, განგაშის და მაკონტროლებელი) იარსებებს მანამ, სანამ არ აღმოიფხვრება მისი გამომწვევი მიზეზები. ის შეტყობინებანი, რომლებიც დაკავშირებულია ტექნოლოგიურ პროცესთან, შესაძლებელია შეწყვეტილი იქნას მომსახურე პერსონალის მიერ ტექნოლოგიური პროცესის კორექტირების გზით, მაგრამ იმ შემთხვევაში თუ ვერ მოხდა ამ პროცესის კორექტირება გარკვეული პერიოდის განმავლობაში ხდება ჰიდრო აგრეგატის ავარიული გაჩერება. მაგალითად გენერატორის საკისრის ტემპერატურამ თუ მიღწია გამაფრთხილებელ დანაყენს და ტემპერატურის ზრდა კვლავ გაგრძელდა და გაუტოლდა განგაშის დანაყენს, ამ შემთხვევაში უკვე მოხდება ჰიდრო აგრეგატის ავარიული გაჩერება.

უწესრიგობების არქივიზაციისათვის გამოიყენება შემდეგი სახის არქივები:

- სრული არქივი ცხრილების სახით;
- არქივი გრაფიკების სახით;

სრული არქივის ცხრილში წარმოდგინილია ის მონაცემები და სიგნალები რომლებიც გასცდნენ დანაყენების ზღვარს ან სხვა გამაფრთხილებელი თუ საგანგაშო სიგნალები, რომელიც დაღაგებულია თარიღისა და დროის საათების მიხედვით.

არქივი გრაფიკების სახით ეყრდნობა მონაცემთა სრული არქივის ცხრილებს, ამიტომ გრაფიკის ან ჰისტოგრამის დროითი ღერძი დაგრადუირებულია სრული საათის მიხედვით. გრაფიკი ასახავს მხოლოდ შესაბამისი თარიღის 24-სთ-იან მონაცემებს.

სრული არქივი არ ინახავს “ნორმალური სიტუაციის” მონაცემებს მთლიანად, მაგრამ ზოგიერთ შემთხვევაში საჭირო ხდება იმ ნორმალური სიტუაციის ანალიზი, რო-



მელმაც განაპირობა ექსტრემულური სიტუაციის დადგომა. ამ მიზნით ცალკე არქივის სახით ინახება ბოლო სამი დღე-ღამური სრული მონაცემები. არქივი აგებულია პრინციპით: მიმდინარე დროის ბოლო სრული საათიდან წინა 72 საათი.

ფუნქცია “პერსონალის კონტროლი” განკუთვნილია მორიგე-ოპერატორის ყურადღების კონტროლისათვის. ამ მიზნით წინასწარ დაყენებულ დროით დისკრეტში პროგრამული გარსი იძლევა ხმოვან და ვიზუალურ შეტყობინებას, რომელიც იარსებებს მანამ, სანამ მორიგე-ოპერატორი მონიტორინგის კომპიუტერის კლავიატურაზე არ დააწვება გარკვეულ კლავიშას. იმავედროულად არქივში ფიქსირდება სიგნალის მოცემის დრო და მორიგე-ოპერატორის რეაქციის დრო.

ლიტერატურა

1. Hans Berger. Automating with SIMATIC: Integrated Automation with SIMATIC S7-300/400: Controllers, Software, Programming, Data Communication, Operator Control and Process Monitoring. - John Wiley & Sons, 2004. – 221 p.
2. Bernd Langhans, Josef Scharvogel. PCS 7 Builds Up Steam // Process News, 2003, №3, pp. 10-12.
3. ლევან იმნაიშივილი. ციფრული სისტემების სინთეზის პრინციპების დამუშავება მრავალფუნქციურობის ბაზაზე. // დისერტაცია, თბილისი: 2006. – 174გვ.

**DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM
 BASED ON SIEMENS SIMATIC S7 FOR HYDRO UNITS**

L. SACHALELI
 Georgian Technical University
Summary

This article provides a brief overview of the Development and implementation of automatic control system based on Siemens Simatic S7 for Hydro units. Their real-life setting, using the experience to generalize. There are various examples of the complexity of automatic control systems.

ჰიდრო ენერგოაგრეგატების დინამიკის ზოგიერთი საკითხები

ნ.კოკალიანი, ო.შაუთიძე
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

განხილულია ჰიდროაგრეგატის დინამიკის ზოგიერთი საკითხები. გაანალიზებულია მომქმედ ზალთა სისტემა და გენერირებული ვიბრაციული ველის სახე.

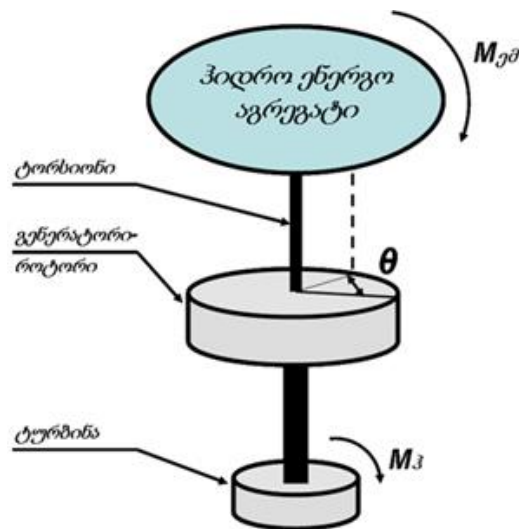
დღეისათვის საქართველოში ინტერესი ჰიდროენერგეტიკის განვითარებისადმი ძალიან მაღალია. ჰიდრო ენერგოაგრეგატების მუშაობის ეფექტურობა, ოპტიმიზაცია და საიმედოობა მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია მის ვიბრაციულ მდგომარეობაზე. მომატებული ვიბრაცია არის არსებული დეფექტების ობიექტური მაჩვენებელი. იგი იწვევს დაჩქარებულ ცვეთას და საპასუხისმგებლო ელემენტებისა და კვანძების მწყობრიდან დროზე ადრე გამოსვლას. ამ მდგომარეობის გამოსწორება კი დაკავშირებულია დიდ მატერიალურ ხარჯებთან.

ჰიდრო ენერგოაგრეგატებში მიმდინარე ფიზიკური პროცესები - რთული პროცესებია და ისინი არ არიან ბოლომდე შესწავლილი. კერძოდ დინამიური პროცესები და საერთოდ ჰიდრო ენერგოაგრეგატების დინამიკა ნაკლებად შესწავლილი დარგია. ლი-

ტერატურაში მცირეა იმ ნამუშევართა რაოდენობა, რომლებიც ეძღვნება ჰიდრო ენერგო-აგრეგატების დინამიურ ქცევას. ამის გამო ჰიდროტურბინები ძირითადად იხილება როგორც სტატიკური ობიექტები.

ჰიდრო ენერგოაგრეგატი, როგორც ენერგოსისტემა, შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც უზარმაზარი მქნევარა, რომელიც ბრუნავს მუდმივი სიხშირით. ჰიდროენერგატორი აქ მოდელირებულია მქნევართი, რომელიც შედგება გენერატორის როტორისაგან და მუშა თვალისაგან (ტურბინისაგან). ჰიდროენერგატორის ენერგოსისტემასთან კავშირის მექანიკურ მოდელად შეიძლება მივიჩნიოდ დრეკადი ტორსიონი, რომლის გრეხითი სიხისტე არის m_c . ტორსიონის გრეხის კუთხე θ განსაზღვრავს ჰიდროენერგატორის მუშაობის რეჟიმს. თუ $\theta > 0$ მაშინ ხდება ელექტროენერგიის გამომუშავება (გენერატორის რეჟიმი), თუ $\theta < 0$ მაშინ ხდება ენერგიის მოხმარება (ძრავის რეჟიმი).

ქვემოთ წარმოდგენილია ჰიდრო ენერგოაგრეგატის ელექტრომექანიკური მოდელი (ნახ.1).



ნახ.1. ჰიდრო ენერგოაგრეგატის ელექტრომექანიკური მოდელი

ზოგადად აგრეგატის როტორის მოძრაობის განტოლებას აქვს შემდეგი სახე

$$\frac{J}{k} \frac{d^2 \theta}{dt^2} + D \frac{d\theta}{dt} + m \theta = M_{\beta} \quad (1)$$

ეს არის ჰარმონიული ოსცილიატორის განტოლება, რომლის საკუთარი სიხშირე ω_0

და Q - ფაქტორი (ვარგისიანობა) უდრის:

$$\omega_0 \approx \sqrt{\frac{m_c k}{J}} \quad Q \approx \omega_0 \frac{J}{kD} = \frac{1}{D} \sqrt{\frac{m_c J}{k}}$$

ამგზნები მომენტის მოქმედებისას სინქრონული მანქანა ასრულებს მიღწევად რხევებს, რომელსაც სინქრონულ რხევებს უწოდებენ. ამ დროს ირხევა კუთხე θ . შესაბამისად იცვლება ელექტრული მომენტი და გენერატორის სიმძლავრე. აგრეგატის სინქრონული რხევის სიხშირე ჩვეულებრივად მცირეა და არის დიაპაზონში 0.5 – 3 ჰც.

(1)-ლ განტოლებაში შემდეგი აღნიშვნებია:

J - როტორის ინერციის მომენტია, ω - ბრუნვის სიხშირეა, M_{θ} - ელექტრული მომენტია, M_{β} - ჰიდრავლიკური მომენტია, M_{θ} - ელექტრომაგნიტური მომენტია,

რომელიც უდრის

$$M_{\theta} \approx \frac{3U E_0}{\omega x_{gd}} \cos \theta * \theta = m_b * \theta \quad (2)$$

კუთხე θ - არის დატვირთვის კუთხე ე.დ.ს. (E_0) – სა და ძაბვის (U) ვექტორებს შორის, x_{gd} - დაყვანილი სინქრონული წინააღმდეგობაა, m_b - ხვედრითი მასინქრონიზირებადი მომენტი და უდრის

$$m_b \approx \frac{3U E_0}{\omega x_{gd}} \cos \theta$$

გენერატორში არის მადემფერებელი გრაგნილი, რომელიც ამცირებს როტორის რხევებს აგრეგატის მიმართ. ამ გრაგნილის ელექტრომაგნიტური მომენტი უდრის:

$$M_g = \frac{k3U^2}{\omega r_2'} S = \frac{3U^2}{\omega^2 r_2'} \frac{d\theta}{dt} = D \frac{d\theta}{dt}$$

სადაც S – არის როტორის სრიალი, k - პოლიუსების წყვილთა რიცხვი, ხოლო r_2' - სრილის დაყვანილი წინააღმდეგობაა.

ძირითადი დინამიური ძალები, რომლებიც მოქმედებენ ჰიდრო ენერგოაბრეგატში არიან:

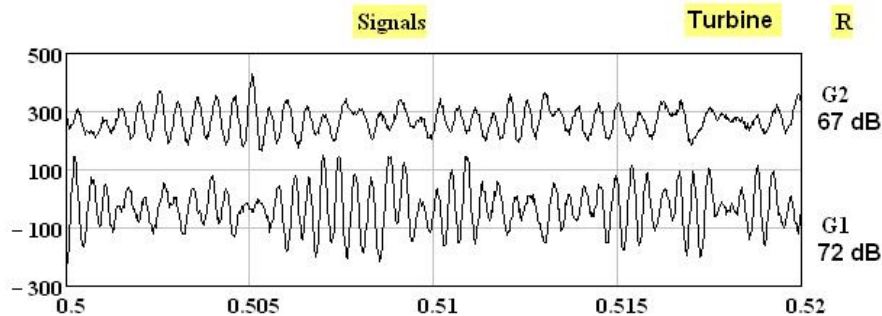
- მექანიკური ბუნების (ცენტრიდანული, კინემატიკური, პარამეტრული, ხახუნის ძალები, დარტყმები);
- ელექტრომაგნიტური ბუნების (მაგნიტური, ელექტროდინამიური, მაგნიტოსტრიქციული);
- ჰიდროდინამიური ბუნების (ამწე ანუ გარსშემოდინების ძალები, ხახუნის ძალები, წნევის პულსაციები).

ეს დინამიური ძალები არიან დეტერმინირებული (ხშირად პერიოდული) და შემთხვევითი.

მათი ერდროული ზემოქმედების შედეგად ჰიდრო ენერგოაბრეგატები განიცდიან რთულ წრფივ და არაწრფივ რხევებს და გენერირდებიან რთული ვიბრაციული ველეები. ადგილი აქვს თანაზომადი სიდიდის რხევებს სამივე მიმართულებით - როტორის რადიალური მიმართულებით, ტანგენციურ და გრძივ მიმართულებებით.

ჰიდრო ენერგოაბრეგატების რხევების თეორიული ანგარიში მათი სირთულის გამო დღესდღეობით შეუძლებელი ამოცანაა, არადა ენერგოაბრეგატების მუშაობის პროცესში მათი ტექნიკურ მდგომარეობათა უწყვეტი განსაზღვრა და დიაგნოსტიკა ითხოვენ ვიბრაციული მახასიათებლების დეტალურ ცოდნას დროის ყოველ მონაკვეთში.

მხოლოდ ექსპერიმენტული გაზომვებით შესაძლებელია მათი შესწავლა და ანალიზი. ქვემოთ (ნახ.2) წარმოდგენილია ვიბრაციული სიგნალების ფორმის მაგალითები.



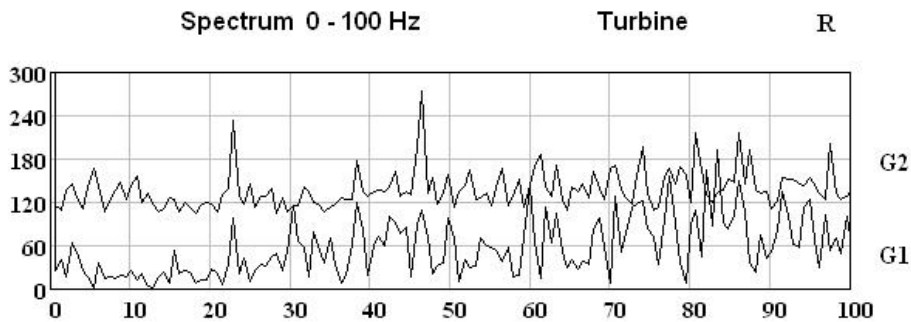
ნახ.2. ვარციხე ჰეს-ის ტურბინების G1 და G2 ვიბროაჩქარების სიგნალები რადიალური მიმართულებით

ეს სიგნალები მოხსნილია ორივე გენერატორების ერდროული მუშაობის დროს და მათი რხევები სინქრონიზირებულია (რასაც ხშირად აქვს ადგილი პრაქტიკაში (5)), რადგან მანძილი გენერატორებს შორის მცირეა და ადგილი აქვს ვინრაციულ ურთიერთ ზემოქმედებას.



ნახ.2. ვარცხე ჰეს-ის ტურბინების G1 და G2 ახლო განლაგება სამანქანო განყოფილებაში

ასეთი სიგნალების დამუშავების ძირითად მეთოდს რჩება მათი სპექტრალური ანალიზი, რაც გვაძლევს შესაძლებლობას შევიქმნად სრული წარმოდგენა, სურათი ჰიდრო ენერგოაგრეგატებში მიმდინარე რხევითი პროცესების შესახებ. ქვემოთ წარმოდგენილია ორივე გენერატორების სპექტრალური ანალიზის შედეგები.



ნახ.3. გენერატორების სპექტრალური ანალიზის შედეგები.

სპექტრების დეტალური შედარება ერთმანეთთან, შედარება ადრინდელ გაზომვების შედეგებთან, მათი ანალიზი, შესაძლო დეფექტების სიმპტომების შედარება ანალიზის შედეგებთან და დასაშვებ სიდიდეებთან იძლევა საბოლოო ჯამში ჰიდრო ენერგოაგრეგატების ტექნიკურ მდგომარეობათა დიაგნოსტიკის და მომავალი მუშაობის პროგნოზის შესაძლებლობებს.

ლიტერატურა

1. M.P.Norton, D.G.Karczub “Fundamentals of Noise and Vibration analysis for engineers”, Cambridge University Press, 652 p.
2. Тарасов В.Н. «Вибрация и динамическая устойчивость гидроагрегата» ООО «Диамех 2000», http://www.diamech.ru/files/dinamicheskaya_ustoychivost_gidroagregatov.pdf
3. Блехман И.И. «Синхронизация динамических систем», М.: Наука, 1971. 894 с.
4. Копалиани Н.К., Гиорхელიძე Н.Н. «Измерение Вибраций Гидро энергоагрегатов Г1 и Г2, Варციხე, 28 марта 2011 года» Отчет, 17 с., 2011г.



5. ნ.კოპალიანი, ო.შაუტიძე, გ.გორგოძე “მდღისხშირული ვიბრაციული სიგნალების შემომვლელის სპექტრალური ანალიზის გამოყენება ჰიდრო ენერგოაგრეგატების ტექნიკურ მდგომარეობათა ვიბრაქუსტიკური დიაგნოსტიკის მიზნებისათვის” - საერთაშორისო სამეცნიერო-მეთოდური კონფერენცია “ენერგეტიკა: რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები” ქუთაისი, 21-22 მაისი, 2010.

SOME ISSUES RELATED TO HYDRO POWER GENERATING UNIT DYNAMICS

N. Kopaliani, O. Shautidze
 Akaki Tsereteli State University
Summary

In work some questions of dynamics a hydro of power units are considered, in particular, are given electro-mechanical model a hydra of the power unit and the equation of the main fluctuations of a rotor, as electromechanical system. The system of operating forces and type of the generated vibration fields are analyzed. If two (or more) generators are located on close distances in machine offices, synchronization of fluctuations as a result of their interaction takes place. And at last, the hydra of power units and forecasting of their future work on the basis of the spectral analysis are pointed to opportunities of diagnostics of technical conditions.

МЕХАНИКА ЗАИЛЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА ЛАДЖАНУРСКОЙ ГЭС

О. Д. ШАУТИДЗЕ, Д. В. НОСЕЛИДЗЕ, Ш. А. МОМЦЕМЛИДЗЕ
 Государственной университет Акакия Церетели

Рассматриваются темпы намыва водохранилища за двадцатилетний период с начала эксплуатации (1960-1986 гг). За этот период водохранилище намыло наносами в количестве $10,3 \cdot 10^6$ м, что в процентном отношении составляет около 42 % полного объема - прогнозируемый $9,6 \cdot 10^6$ м³. Промывы водохранилища через промывные галереи не дали ощутимых результатов. Рекомендуется очистка водохранилища осуществлять мощными землесосными установками.

Водохранилище вступило в строй в 1960 г. Оно образовано арочной плотиной высотой 70 м. Полный объем водохранилища составляет 24,6 млн. м³, а полезный- 17,6 млн. м³. Верховая часть водохранилища протяженностью до 2,5 км. имеет ширину зеркала воды при НПУ 500-600 м, низовая же часть протяженностью до 0,5 км, расположена в узком каньоне [рис.1].

Река Ладжанури характеризуется среднегодовым расходом воды 10,6 м³/с. Сток взвешенных наносов исчислен в объеме 120 тыс. м³ в год, а донных в 40 тыс. м³.

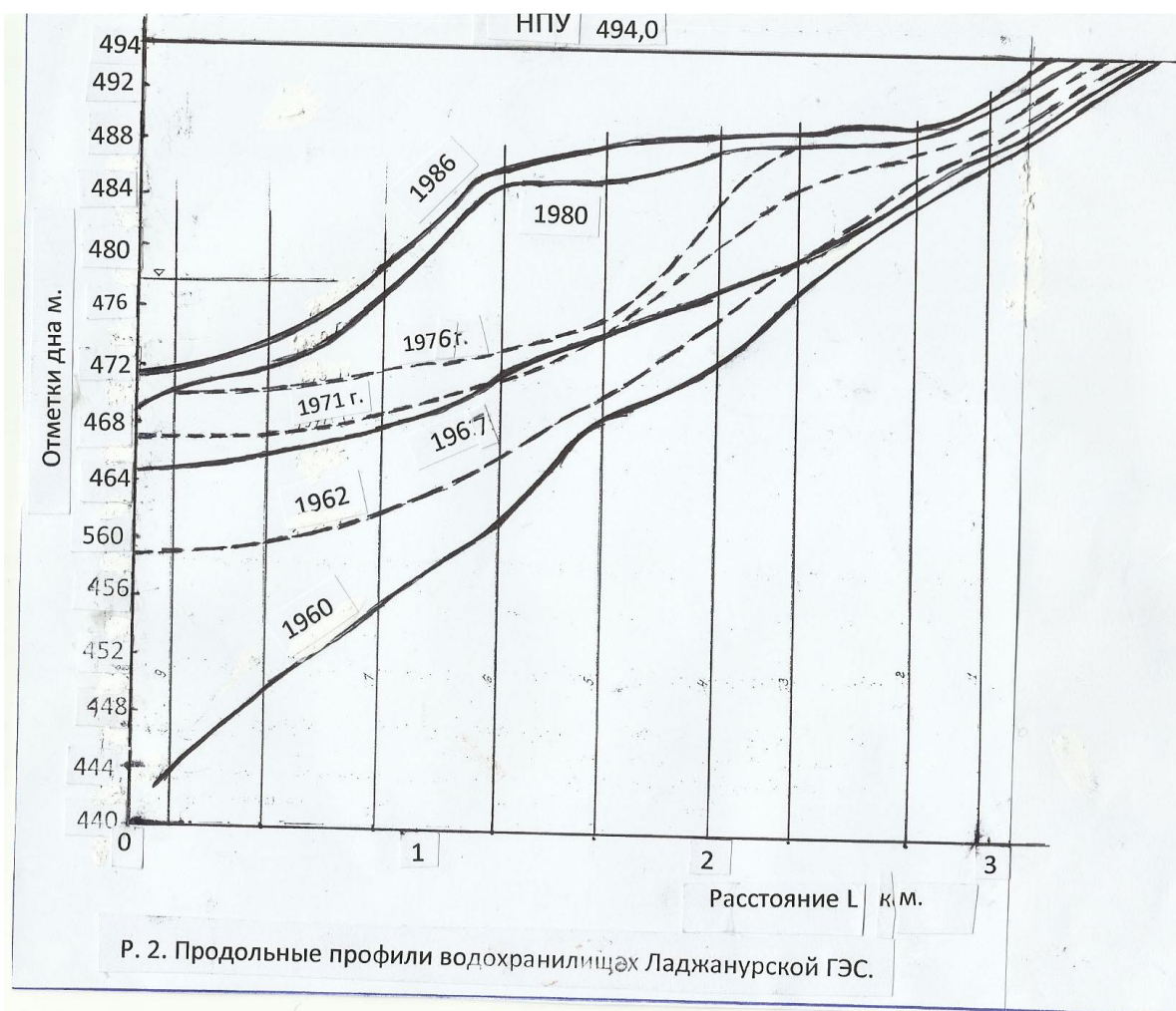
Кроме стока Ладжанури, в водохранилище поступает вода из р. Цхенисцкали с помощью Цагерского водохранилища в количестве максимум 60 м³/с. С этой водой в водохранилище дополнительно поступает еще 210 тыс. м³ взвешенных наносов, а весь сток наносов составляет 370 тыс.м³.

Исследования заиления водохранилища к концу 7-го года эксплуатации показали, что наносные отложения в самой узкой части бьефа имеют среднюю высоту 20 м, а в нижней половине широкого участка их толщина составляет около 14 м [рис. 2].

Голично-гравийные наносы и даже мелкий булыжник в течение одного года с верховых участков продвинулись на 100 м вглубь верхнего бьефа грядой мощностью 1 м.

На основе полевых экспедиционных материалов и топсъемок нами выполнен расчет заиления водохранилища наносами за период, т.е. с начала пуска водохранилища в эксплуатацию (1960 г) по 1986 г. за двадцатилетнюю эксплуатацию в водохранилище осело $10,3 \cdot 10^6$ м³ наносов, что составляет около 42 % общего объема водохранилища. Выше нами приведены данные

среднегодового твердого стока р. Ладжанури и Цхенисцкали, который в сумме составляет 370 тыс. м³, что за период эксплуатации водохранилища (26 лет) составляет $9,6 \cdot 10^6$ м³.



Как видно, прогнозируемая величина твердого стока хорошо отражает естественный процесс. Для иллюстрации приведены характерные поперечные профили в выбранных створах водохранилища за все периоды исследования [рис. 3.4.5]

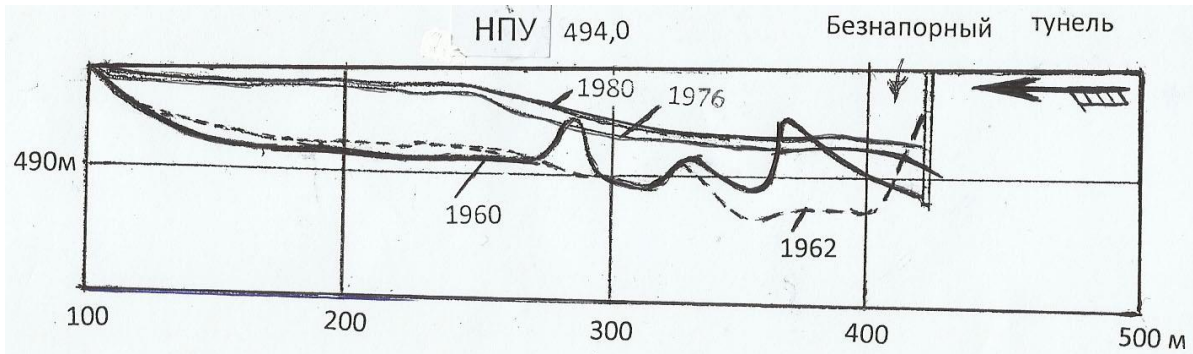


Рис. 3. Поперечные профиль водохранилища Ладжанурской ГЭС в створе 1-1.

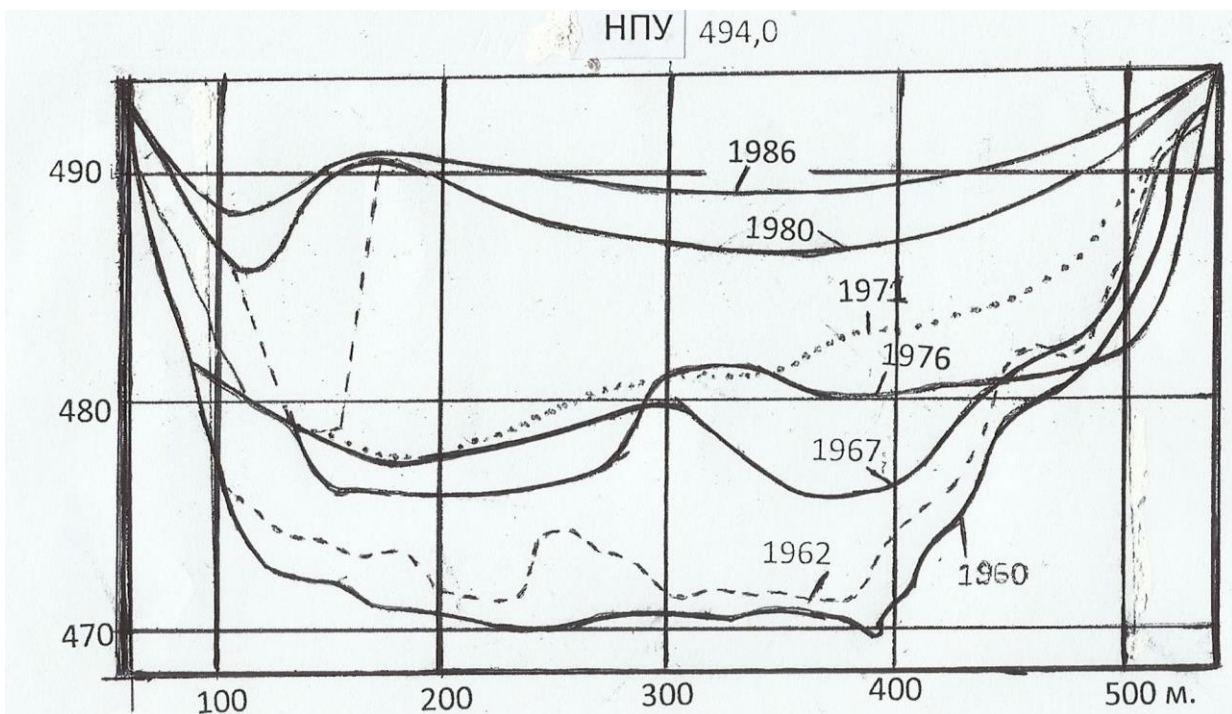
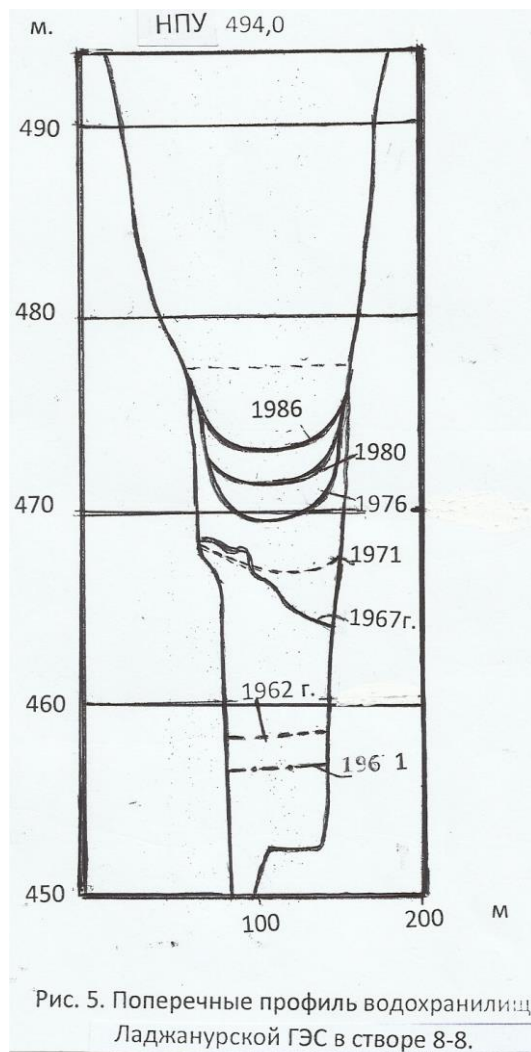


Рис. 4. Поперечные профиль водохранилища Ладжанурской ГЭС в створе 5-5.

Предполагалось производить промывы отложений через донные промывные галереи глубоко расположенного водоприемника. В определенных условиях заиления эти промывы дадут нужную эффективность смыва на некотором расстоянии от водоприемника.

В 1966г. был проведен 30- минутный промыв при уровне, сниженном на 3 м против НПУ. Промеры, проведенные спустя 2 месяца, показали, что высота отложений в зоне водоприемника и плотины близка к значениям 1965г., а на вышележащей части отложения последующего года залегают на высоту более чем на 1,5 м. Таким образом, следует, что смыв через промывные галереи был ощутим на небольшом участке.

Опыт 1967 г. показал, что промывы и при полностью спущенном уровне воды нерационален: за 45 часов было смыто около 250 тыс. м³ отложений, т.е. немного более 5 тыс. м³/ч, что невыгодно в связи с потерей полезной воды.



Для очистки хотя бы только узкой части бьефа потребуется, вероятно, изготовить специальную землесосную установку.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Виноградова Н. Н., О точности прогноза заилиения водохранилища. «гидротехническое строительство», 1966, № 9.
2. Гвелесиани Л. Г. и Шмальцель Н. П., Горные водохранилища гидроэлектростанций, Известия ТНИСГЭИ, 1964, т. 15.
3. Гвелесиани Л. Г. и Шмальцель Н. П., Опыт эксплуатации Ладжанурской ГЭС, «гидротехническое строительство», 1966, т.10.

MECHANICS SILTING OF LAJANURI HYDRO- ELECTRIC POWER STATION RESERVOIR

O. D. SHAUTIDZE;, J. V. NOSELIDZE;, SH, A. MOMTSEMLIDZE

Akaki Tsereteli State University

Summary

Silting rates of reservoir have beer examining since exploitation during 26 years period (1960- 1986). During this period, the reservoir was silted by hardsedimentmaterial, quantities $10,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. which amounts to 42 % of full scale, $9,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ of prognoses. Cleaning the reservoir from the washer Galleries hasn't caused significant results. It's recommended to clean the reservoir from sediment with special powerful land suction machines.



კაშხალიანი ჰიდროკვანძების თვითგამწმენდის პერსპექტივები

1

ბებუჩაძე ა.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომი ეძღვნება გარემოსდაცვითი პრობლემის გადაწყვეტას, კერძოდ წყალსაცავებში მდინარეთა ნატანების შეკავების პრევენციას.

შემოთავაზებულია კაშხალიანი წყალსატევების თვითგამწმენდის კოცეპცია, რომელიც გამოირიცხავს მნიშვნელოვან ენერგოდანახარჯებს და უზრუნველყოფს ჰიდრო-ელექტროსადგურების საქსპლოატაციო პირობების გაუმჯობესებასა და მათი ხანგამძლეობის გაზრდასაც. ასევე, ხელს შეუწყობს წყალსაცავის ფაუნის, კერძოდ, ლიფსიტების დაცვას, ხოლო ქვედა ბიეფში სავარგულების მოსავლიანობის გაზრდას.

პრობლემის აქტუალობა

ჰიდროელექტროსადგურების ექსპლუატაციის გამოცდილებამ აჩვენა, რომ მთის პირობებში მდინარეთა ენერჯია საკმაოდ მაღალია და მდგრადი, ხოლო ნატანი უმეტეს შემთხვევაში არის ძალიან დიდი მოცულობის, წყალსაცავების ფუნქციონირების ვადა ძალიან ხანმოკლეა. მთლიანად ამოივსო ზაჰესის მარეგულირებელი წყალსაცავი, თითქმის სრულიად მოიღამა რიონის კასკადი, რამდენიმე მეტრი სისქის ნალექი გაჩნდა ჟინვალის წყალსაცავის მარჯვენა უბეში თეთრი არაგვის მხრიდან. ამ უკანასკნელის მოლაშვას დიდად შეუწყო ხელი 1987 წლისა და შემდგომმა მძლავრმა ღვარცოფებმა, რომლებიც ფასანაურის მახლობლად ჩოხელთას ხევში წარმოიშვა და კატასტროფული შედეგით დამთავრდა. აღნიშნული ღვარცოფის ჩასახვის კერის ადგილზე გამოკვლევამ ნათელი იხ მდგომარეობა, რომ ქვატალახის ნაკადები იქ კვლავ მოსალოდნელია. უკანასკნელი წლების განმავლობაში წყალსაცავების ნატანებით გარკვეულ სიმაღლეზე ამოვსებამ შეაფერხა ჰიდროელექტროსადგურების მუშაობა და მოსახლეობა სერიოზული საშიშროების წინაშე დააყენა. ამიტომ, როგორც ჰიდროელექტროსადგურების ფუნქციონირებისათვის, ისე ქვედა ბიეფში ფაუნისა და ნაპიდაცვისათვის, უდიდესი მნიშვნელობა აქვს წყალსაცავიდან ქვედა ბიეფში მდინარის ნატანის ტრანსპორტირებას.

ახალი მთავრობის მოსვლის შემდეგ უფრო გააქტიურდა მსჯელობა ხუდონჰესის აშენება-არშენების შესახებ. ბიძინა ივანიშვილის გუნდი დიდი ჰესების მშენებლობის წინააღმდეგია, ხუდონჰესი კი საქართველოს პირობებში არათუ დიდი, არამედ გიგანტური ჰესია. ეკოლოგების მტკიცებით, ხუდონზე კაშხლის აგება, კატასტროფამდე მიიყვანს მთელი რეგიონის ეკოსისტემას [1].

პრობლემის არსი:

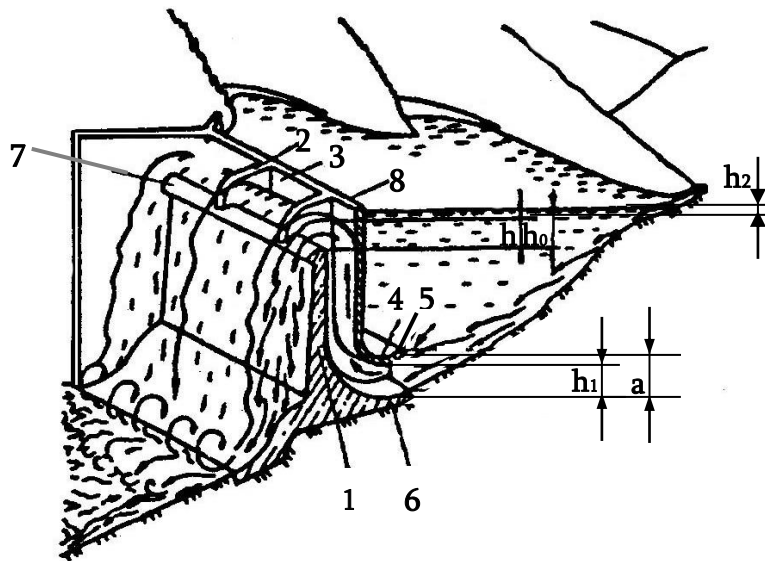
საქართველოში ჰესების სავალალო მდგომარეობა კიდევ უფრო გამოკვეთს მდინარის ნატანით წყალსაცავის დასილვის პრობლემის აქტუალობას [2]. მისი გადაჭრის სიძნელე მდგომარეობს იმაში, რომ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ფსკერული ნატანისაგან გამწმენდი დღემდე ცნობილი მოწყობილობები კონსტრუქციულად რთულად არიან გადაწყვეტილნი და ფუნქციონერებისათვის საჭიროებენ დიდ ენერგოდანახარჯებს, რის გამო ინტენსიური გამოყენებისათვის ისინი არარენტაბელური არიან. გარდა ამისა, საქართველოს ჰიდროენერგეტიკის პრაქტიკაში ცნობილია დასილული ნატანისაგან ჰიდროკვანძების ჰიდრაულიკური წარეცხვის ხერხები, რომლებიც ხორციელდება ფარის ქვედა ხერხის პერიოდული გახსნით [3]. მაგრამ ფარის ქვედა ხერხის გახსნით ზედა ბიეფის ჰიდრაულიკური წარეცხვა იწვევს წყალსაცავში დონის სწრაფ დაწევას რის გამოც შეუძლებელი ხდება ამ ხერხით ინტენსიურად სარგებლობა და ამდენად, ხანგძლივი დროის განმავლობაში დაღეჭილი ნატანის სრულყოფილად ტრანსპორტირება, რითაც არის გამოწვეული საქართველოს ჰიდროელექტროსადგურებზე დღევანდელი სავალალო

მდგომარეობა. აგრეთვე, წყალსაცავებში ნატანის შეკავებას თან ახლავს შესაბამის მდინარეთა შესართავებთან ზღვის სანაპირო ზოლში მყარი ნატანის დეფიციტი და ამის შედეგად სანაპირო ზოლის ინტენსიური წარეცხვა, რაც საბოლოოდ იწვევს ეკოლოგიური წონასწორობის გლობალურ რღვევას.

დღეისათვის ჰიდროტექნიკოსები კაშხლების მშენებლობით გამოწვეულ მყარი ნატანის დეფიციტს ავსებენ ზღვის სანაპირო ზოლში ინერტული მასალების შეტანით, რაც დაკავშირებულია უზარმაზარ ხარჯებთან.

პრობლემის გადაწყვეტა:

შემოთავაზებულია ნატანისაგან წყალსაცავის თვითგამწმენდი კაშხალი [4], რომელიც შეიცავს ძირითადი კედლიდან 1 ზედა ბიეფის მხარეს მოთავსებულ და მასთან გრძივი ტიხრებით 2 დაკავშირებულ, ხოლო ფსკერისაგან მცირე მანძილით დაცილებულ ფარს 3, რომელსაც ქვედა ნაწილში აქვს ძირითადი კედლის 1 ფუძისაკენ დაშვებული და მისგან დაშორებული რკალიანი 4 პროფილი ($a > h_1$), ხოლო ფარის 3 ქიმი 8 მდებარეობს წყალგადაშვები ქიმის 7 დონეზე მაღლა (სადაც, a – წყალმიმღები კონფუზორის მაქსიმალური დაშორებაა ფსკერიდან, ხოლო h_1 – ფარსა 3 და კედელს 1 შორის მანძილი).



ნახ.1. ნატანისაგან წყალსაცავის თვითგამწმენდი კაშხალი

შემოთავაზებული კაშხალი მუშაობს შემდეგნაირად: ძირითადი კედლის 1 წყალგადასაშვები ქიმის 7 დონიდან წყალსაცავის დონემდე გარკვეული სიმაღლის წყლის სვეტი ზიარი ჭურჭლის წესით უზრუნველ-ყოფს ზედა ბიეფიდან ქვედა ბიეფისაკენ წყალგადაშვებ ქიმზე 7 ნაკადის გადადინებას. ძირითადი კედლის 1 ფუძის თარაზულ უბანთან 6 ფარის 3 ქვედა რკალის 4 მიერ წარმოქმნილი წყალმიმღების დიფუზორის გავლით, რის შედეგადაც ზედა ბიეფში წარმოიქმნება წყალქვეშა დინება რაც იწვევს წყალსაცავის ფსკერის ჰიდრაულიკური წარეცხვის უწყვეტ პროცესს. ამ დროს სინქარე ინგარიშება ფარის 3 ქვემოთ ნაკადის გადადინების სა-ყოველთაოდ ცნობილი პირობიდან:

$$V = \varphi \sqrt{2gh_2} \tag{1}$$

სადაც, h_2 – წყლის სვეტის სიმაღლეა წყალგადასაშვებ ქიმზე 7 გადადინებული ნაკადის სიღრმის ნახევრიდან წყალსაცავის თავისუფალი ზედაპირის დონემდე

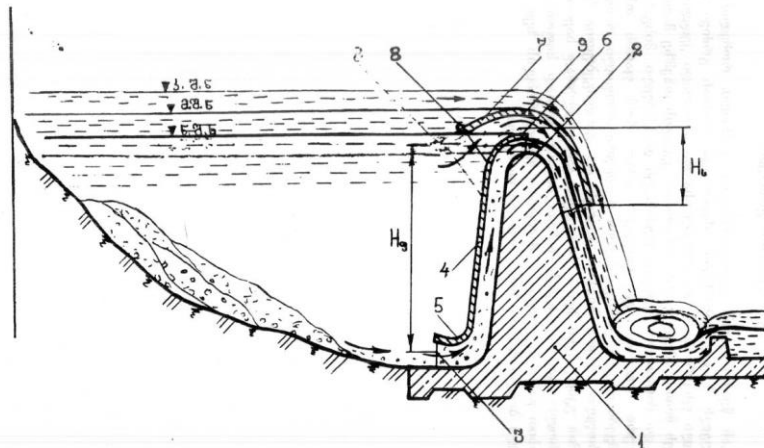
$(h_2 = h - h_0);$

g – თავისუფალი ვარდნის აჩქარება;

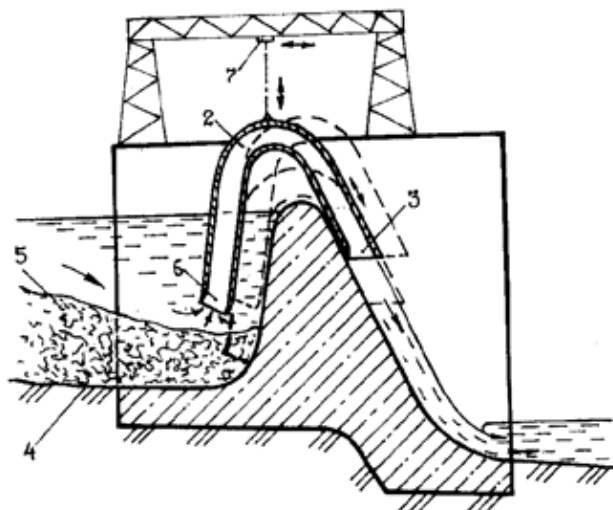
φ – სიჩქარის კოეფიციენტი და დამოკიდებულია კვეთის ფორმაზე.

როგორც ფორმულიდან (I) ჩანს წყალგადასაშვები ქიმის 7 ნიშნულიდან ზედა ბიეფში წყლის შეტბორვის სიმაღლე არავითარ შემთხვევაში არ არის დამოკიდებული კაშხალის ძირითადი კედლის I სიმაღლეზე.

ნატანისაგან წყალსაცავის თვითგამწმენდ მოწყობილობაში [5] ფარის 4 თხემს 6 აქვს წყალგადასაშვები თხემის 2 კონცენტრული რკალისებრი პროფილი, რომლის ზედა ბოლო მიმართულია ქვედა ბიეფის მხარეს და განლაგებულია წყალგადასაშვები თხემის 2 უკიდურეს ზედა მსახველის პარალელურად საერთო შვეულ სიბრტყეში, ხოლო ფარის 4 თხემის 6 ზემ ოთ განთავსებულია დამატებითი ფარი 7, რომლის ზედა ბიეფისკენ მიმართული ბოლო 8 ფარის 4 ზედა ბოლოს დონეზეა და წყლის დონის ჭარბი მატებისას, ის მუშაობს როგორც სიფონი, რის შედეგადაც შესაძლებელი ხდება ზედა ბიეფის შეტბორვის თავიდან აცილება და ფსკერული ნაკადის ინტენსივობის მდგრადობის შენარჩუნება.



ნახ.2. ნატანისაგან წყალსაცავის თვითგამწმენდი მოწყობილობა



ნახ.3. დაგროვილი ნატანისაგან წყალსაცავის გამწმენდი მოწყობილობა

დაგროვილი ნატანისაგან წყალსაცავის გამწმენდ მოწყობილობაში [6] წყალგადასაშვებ კედელზე 1 თავისუფლად არის გადადებული სიფონი 2, რომლის აღმავალი შტოს 6 ბოლო განთავსებულია წყალსაცავის ფსკერთან. სიფონს 2 აქვს კედლის 1 გას-

წვრივ გადაადგილების შესაძლებლობა გადამაადგილებელი საშუალების, მაგალითად ხიდურა ამწის 7, მეშვეობით.

ამ გამოგონების ტექნიკური შედეგია ფუნქციური შესაძლებლობების გაფართოება, რაც მდგომარეობს მანამდე დაგროვილი შლამისაგან არსებული ჰიდროელექტროსადგურების ამოწმენდის შესაძლებლობაში.

ექსპლუატაციის სიაღვილე:

შემოთავაზებული გამოგონება ოპერატიული ჩარევისა და მუშაობის რეჟიმის რეგულირების აუცილებლობის გარეშე (თუმცა არც ამას გამორიცხავს) უზრუნველყოფს წყალსაცავის ფსკერიდან ნატანშემცველი ნაკადის უწყვეტ გაწოვას ჰიდროკვანძის ზედა და ქვედა ბიეფების დონეთა სხვაობაზე გავლენის მოუხდენლად, რითაც შენარჩუნებულია ქვედა ბიეფში ნატანშემცველი ნაკადის ეკოლოგიური წონასწორობა და თავიდან აცილებულია წყალსაცავის დასიღვის საფრთხე, ყოველივე ამისათვის კი გამოყენებულია დინების ბუნებრივი ენერჯია. კერძოდ ახალი ტექნიკური გადაწყვეტა საშუალებას იძლევა ჰქვსმა არ გაატაროს ტერბინებში ენერჯის შესაბამისი მოცულობითი ხარჯის ე.წ. სანიტარული წილი და წყლის ნაკადი უშუალოდ იქნება გამოყენებული აღიშნული ტურბინების დამატებითი ექსპლუატაციისა და ეკოლოგიური წონასწორობის საკომპენსაციოდ გასატარებელ სხვა დონისძიებებზე პერსონალის მოცდენის გარეშე.

შემოთავაზებული მოწყობილობების კონსტრუქციები არ შეიცავენ მოძრავ შეერთებებს რითაც მისი ხანგამძლეობა შეესაბამება ძირითადი საბაზო ჰიდროტექნიკური ნაგებობის ხანგამძლეობას, ხოლო რაც შეეხება მისი ფუნქციონირების საიმედოობას, **დამზადებული და გამოცდილია სადემონსტრაციოდ გადასატანი მოქმედი სამაგიდო მაკეტი.** კერძოდ, მაკეტში თვალსაჩინოდ მიმდინარეობს რეზერვუარის ფსკერიდან ქვიშისა და თიხის წარეცხვისა და წყალგადასაშვებ ქიმზე მათი ტრანსპორტირების პროცესი. წყალგადასაშვებ ქიმზე გადასატენი მყარი ნაწილაკების სატრანსპორტოდ საჭირო წყლის ნაკადის აუცილებელი მინიმალური სიჩქარე შეეუღლი მიმართულებით იანგარიშება ფორმულით:

$$V_t = \sqrt{2\Delta\rho g d / 3k} \tag{2}$$

სადაც, V_t – გადატანილი მყარი ნაწილაკის სატრანსპორტოდ საჭირო ნაკადის მინიმალური სიჩქარეა შეეუღლი მიმართულებით;

- $\Delta\rho$ – მყარი ნაწილაკის და წყლის სიმკვრივეთა სხვაობაა;
- d - მყარი ნაწილაკის განიკვეთის საშუალო დიამეტრია;
- K - მყარი ნაწილაკის შუბლა წინააღმდეგობის კოეფიციენტი;

როცა $V_t = V$, მაშინ შესრულდება პირობა $\Delta\rho d = 3kh_2 \varphi^2$; ხოლო, როცა იგივე სიმკვრივის ($\rho = const$) მყარი ნაწილის დიამეტრი მეტია მოქმედ მაკეტში ქიმზე გადატანილი ნაწილაკის დიამეტრზე ($d > d_0$), მაშინ მიიღება თანაფარდობა (V_t/V), საიდანაც [2]:

$$\frac{d}{d_0} = \frac{h_2}{h_{02}} \tag{3}$$

სადაც, ქიმზე გადატანილი ნაწილაკის დიამეტრია.

d_0 – მაკეტში ქიმზე გადატანილი ნაწილაკის განიკვეთის საშუალო დიამეტრია.

h_{02} – მოქმედი მაკეტის წყალგადასაშვებ ქიმზე 7, გადადინებული ნაკადის სიღრმის ნახევარსა და ზედა ბიეფს შორის დონეთა სხვაობაა.

უკანასკნელი თანაფარდობა (3) მიუთითებს, რომ წყალგადასაშვები ქიმის ნიშნულიდან ზედა ბიეფში წყლის შეტბორვის სიმაღლე პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებაშია ნაკადით ხსენებულ ქიმზე გადასატანი მყარი ნაწილაკის საშუალო დიამეტრთან.

აღნიშნულიდან გამომდინარეობს ლოგიკური დასკვნა იმისა, რომ როდესაც ფორ-

მულის (2) შესაბამისად შეეუფლები მიმართულებით გადასატანი მყარი ნაწილაკის სატრანსპორტო სინქარე მიიღწევა კაშხალის ძირითად აღმავალი ნაკადის კვეთის ფართის შერჩევით, ანუ რაც იგივეა: როცა აღნიშნული მყარი ნაწილაკის ტრანსპორტირება შეეუფლები მიმართულებით ხორციელდება, დაცულია კანონზომიერება ფორმულის (3) მიხედვით, მაგალითად [2]: ზემოხსენებული მოქმედ მაკეტში მიღწეულია ქვიშის წვრილმარცლოვანი ნაწილაკების ($d_0=0,1.....1.0$ მმ) ტრანსპორტირება რეზერვუარის ფსკერიდან მინიმალური დაწნევით $h_{02}=0.01$ მ (ნახ.1); ხოლო ფორმულიდან (3) კი გამომდინარეობს, რომ იგივე სიმკვრივის ($\rho = const$) საკმაოდ მოზრდილი კენჭების ($d=10$ მმ, ანუ $\frac{d}{d_0}=10.....100$)

ტრანსპორტირებას დაწნევა არ გადააჭარბებს 0.1 მ-ს, რის გამოც შესაძლებელია თხელ კედლიანი ფარის ან სიფონის დამზადება კომპოზიტური მასალებისგან.

დასკვნები:

წყალსაცავების თვითგამწმენდის კონცეპცია ხსნის ზღვების სანაპიროებზე ინერტული მასალების შეტანის პრობლემას. ხელს უწყობს ჰიდროელექტროსადგურების საექსპლოატაციო პირობების გაუმჯობესებასა და მათი ხანგამძლეობის გაზრდას; კერძოდ, წყალქვეშა დინება არა მარტო წარეცხავს წყალსაცავის ფსკერს, არამედ თავიდანვე გადაიტანს რა ნატანის ღამსა და ქვიშას, გამორიცხავს მათ მოხვედრას წყლის ზედა ფენებში, რის შედეგადაც ტურბინებს მიეწოდება სუფთა წყალი, რითაც მკვეთრად შემცირდება მათი აბრაზიული ცვეთა. ხოლო, ფსკერის ხანგრძლივი და უწყვეტი წარეცხვებით შენარჩუნებული იქნება წყალსაცავის სასარგებლო მოცულობა, რითაც გაიზრდება მისი საექსპლოატაციო რესურსი. ასევე, გამოირიცხება ეკოლოგიური წონასწორობისა და ჰესების სანიტარული ნორმების დაცვისათვის ენერჯის დამატებით გამომუშავება, რითაც შემცირდება ჰესებზე მანქანა-დანადგარების ცვეთა.

წყალსაცავების თვითგამწმენდა გახდება ეფექტური გარემოსდაცვითი ღონისძიება, რადგან უზრუნველყოფილი იქნება წყალსაცავის ფაუნის, ლიფსიტების დაცვა, რომლებიც ემსახურებიან წყალსაცავების ბიოლოგიურ დასუფთავებას; კერძოდ, ამ დროს წარმოიშობა წყალქვეშა დინებები, ხოლო ლიფსიტებს, რომლებსაც აქვთ სუსტი ძვლოვანი სტრუქტურა და არ შეუძლიათ დიდ სიღრმეში ჩასვლა, არ ექნებათ წყალქვეშა დინებებში მოხვედრის შესაძლებლობა; ქვედა ბიეფში ნატანშემცველი ღამის გაწონასწორებული მიწოდებით კი განოციერდება მდინარეთა მიმდებარე სავარგულები და გაიზრდება მოსავლიანობა.

ლიტერატურა:

- 1 ეკოლოგიური კატასტროფა სახელად ხუდონჰესი. http://www.for.ge/view.php?for_id=18057&cat=1
- 2 ნატანისაგან ჰიდროელექტროსადგურის წყალსატევის თვითგამწმენდი კაშხალი. ყიფიანი გ.ო., გეგუჩაძე ა.ჭ. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. "ენერჯეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები", ა.წერეთლის სახ. უნივერსიტეტი და აშშ საერთაშორისო განვითარების სააგენტი (USAID). ქუთაისი, 21-22.05.2010წ. გვ. 138-143
- 3 იულონ გაბრიჩიძე. წყალსაცავის ნატანისაგან გამწმენდი მოწყობილობა. საქართველოს პატენტი (11) 2002 2621, (51) გსკი E02B8/02, გამოქვეყნების თარიღი 02-15/00, (45) ბიულ. №12, 2002წ., (76), (54).
- 4 არჩილ გეგუჩაძე. ნატანგამწოვი კაშხალი. საქართველოს პატენტი P1996 384, გსკი E02B8/02, გამოქვეყნებულია 1996-07-01.
- 5 არჩილ გეგუჩაძე. საქართველოს პატენტი P1997973, გსკი E02B8/02, გამოქვეყნებულია 1997-05-15, , ნატანისაგან წყალსაცავის თვითგამწმენდი კაშხალი.
- 6 არჩილ გეგუჩაძე. ნატანისაგან წყალსაცავის ფსკერის თვითგამწმენდი მოწყობილობა. საქართველოს პატენტი P20002246B, გსკი E02B8/02, გამოქვეყნებულია 2000-06-10.



PROSPECTS OF SELF-CLEANING OF DAM HYDRO INSTALLATIONS

GEGUCHADZE A.CH.

Akaki Tsereteli State University

Summary

This article relates to hydrotechnical structures, particularly to invention, which should be applied on the dams for wash off the river sediments from the reservoirs of water-power stations by means of direct use of the river power in kind of underwater stream.

The structure of a dam does not comprise movable joints and does not require power inputs during operation since it comprises the shield distanced from the water reservoir bottom and dam. The shield will undergo the influence of high loads and consequently it can be made of light and inexpensive composite materials. Also it is possible to apply it for of existing dams.

The concept of self-cleaning water-reservoirs also is useful for the improvement of operational conditions of water-power stations and rise of durability of their resource as it prevents access of river sediments to turbines and promotes to keep a constancy of a volume of the water reservoir.

რეოლოგიური მოდელის კვლევა, ნავთობის ჰიდროდინამიკური პარამეტრების განსაზღვრისათვის

გაგუჩაძე ა.ჩ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია კესონ-შულმანის ანომალური რეოლოგიური მოდელის მქონე ნავთობის ჰიდროდინამიკური და რეოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრის შესაძლებლობები. გამოყენებულია კესონ-შულმანის რეოლოგიური მოდელი, რომელიც გათვალისწინებულია სადაწნო მოძრაობის აღმწერ ჰიდროდინამიკურ განტოლებებში. ამის შემდეგ დასახულია რეოლოგიური და ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების განსაზღვრა შებრუნებული ამოცანის ამოხსნის მეთოდით. მაგალითად რობინს-მონროს მეთოდით.

რეოლოგია – მეცნიერება დეფორმაციებისა და დენადობის შესახებ – ცალკე მეცნიერებად გამოიკვეთა არც თუ ისე დიდი ხნის წინ. ამ დროის განმავლობაში რეოლოგიურმა მეთოდებმა ფართე გამოყენება ჰპოვა ნავთობებისა და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირებისას სხვადასხვა ტექნოლოგიური ამოცანების ამოხსნისას [1]. სიტყვა “რეოლოგია” წარმოიშვა ბერძნული “ρεω“- საგან, რაც დენადობას ნიშნავს. თუ სასრული ძალების მოქმედებისას სხეულის დეფორმაცია დროში იზრდება უწყვეტად და შეუქცევადად, ეს ნიშნავს, რომ ადგილი აქვს დენადობას. პლასტიკური დინება წარმოიქმნება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ძალები გადააჭარბებენ გარკვეულ ზღვარს, რომელსაც დენადობის ზღვარი ეწოდება. სწორედ ასეთ შემთხვევას აქვს ადგილი ნავთობებისა და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირებისას [2].

რეოლოგიაში არსებობს რამოდენიმე მოდელი, რომელთა საშუალებით აღიწერება პლასტიკური ნივთიერების დენადობა (მხები ძაბვის დამოკიდებულება დეფორმაციის ფარდობით სიჩქარეზე), კერძოდ კელვინის (ფოიხტის), მაქსველის, ბინგამის, შევდოვის, კესონ – შულმანის და სხვათა მოდელები [3]. ნებისმიერ ამ მოდელთაგანს გააჩნია არსებობის უფლება ნავთობსა და ნავთობპროდუქტებთან მიმართებით, რადგანაც ამ ნივთიერებათა შემაღვანელობის ცვლილების დიაპაზონი მეტად ფართეა, ხოლო ფიზიკური პარამეტრები შეესაბამებიან ცვლილების ფართე სპექტრს.

მოდელები [4] საშუალებას იძლევა, პრაქტიკისათვის საკმარისი სიზუსტით, აღწე-

როს ბლანტი ნავთობებისა და ნავთობპროდუქტების მოძრაობა მილსადენებში. შესას-
წავლი პროცესის აღმწერი მოდელის შექმნა წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მო-
მენტს მისი გამოკვლევისას, რადგანაც მოდელები აღწერენ რეალურ მდგომარეობას

მხოლოდ მიახლოებით და პარამეტრების გარკვეულ არეში.
რთული, არანიუტონისებრი სისტემების აღწერისათვის გამოიყენება კესონ-შულმა-
ნის განზოგადოებული თანაფარდობა:

$$\tau^n = \tau_0^n + \left(k \dot{\gamma} \right)^m, \tag{1}$$

აქ τ - ძაბვაა; τ_0 - საწყისი წანაცვლების ძაბვაა, ხოლო $\dot{\gamma}$ - დეფორმაციის სიჩქარე. n
და m არის მთელი დადებითი რიცხვები (როგორც წესი $n = m = 2$ -ს ან 3-ს); k - პლას-
ტიკური სიბლანტის ანალოგია.

მილსადენების კვლევის ჰიდროდინამიკური მეთოდები ნავთობისა და ნავთობპრო-
დუქტების ტრანსპორტირებისას გამოიყენება ტექნოლოგიური პროცესების მართვისას
რეოლოგიური მოდელისა და ნაკადის სტრუქტურის ცვლილების საშუალებით. მოდე-
ლის შექმნა საშუალებას იძლევა პრაქტიკისათვის საკმარისი სიზუსტით აღიწეროს არა-
ნიუტონისებრი სითხეების (ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების) მოძრაობა მილსადენებ-
ში.

ტექნოლოგიური პროცესების ჰიდროდინამიკური მოდელებით აღწერისას აუცილე-
ბელია დავადგინოთ ამ პროცესების პარამეტრები ცდების საფუძველზე. ამ დროს საქმე
გვაქვს შებრუნებულ ამოცანებთან, რომელთა ამოსახსნელად გამოიყენება რეგულარიზა-
ციის მეთოდები. ასეთი ტიპის შებრუნებული ამოცანები საშუალებას იძლევიან შევადა-
როთ ერთმანეთს მილსადენების მდგომარეობა დროის სხვადასხვა მომენტებში, რაც თა-
ვისთავად ქმნის წინამძღვრებს შესაძლო ავარიების დიაგნოსტირებისათვის. დიაგნოსტი-
რების და პროგნოზირების საკითხები ურთიერთდაკავშირებულია. გაზომვების სიზუსტი-
დან და ჰიდროდინამიკური მოდელის სრულყოფიდან გამომდინარე, პროგნოზირება შეიძ-
ლება განხორციელდეს სამ დონეზე (აღტერნატიული, თვისობრივი და რაოდენობრივი).
საჭიროა აღინიშნოს, რომ ნებისმიერ პროგნოზირებას ალბათური ხასიათი გააჩნია, ამი-
ტომ მიღებული შედეგები კომპლექსურად უნდა განიხილებოდეს.

სითხის არასტაციონარული იზოთერმული მოძრაობა მილებში აღიწერება დიფე-
რენციალურ განტოლებათა შემდეგი სისტემით [5]:

$$\begin{cases} -\frac{\partial p}{\partial x} = \rho \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{2}{R} \tau_R; & t > 0; & 0 < x < L. \\ -\frac{\partial p}{\partial t} = c^2 \rho \frac{\partial v}{\partial x}. \end{cases} \tag{2}$$

სადაც p და v - შესაბამისად არის მილის კვეთში ადგილობრივი წნევისა და სიჩქა-
რის გასაშუალოებული მნიშვნელობები; c - მილსადენში დრეკადი ტალღების გავრცე-
ლების სიჩქარე; R და L - მილის რადიუსი და სიგრძე. (2) განტოლებათა სისტემის ჩა-
საკეტად გამოვიყენოთ განტოლება (1), რომელშიც შედის დეფორმაციის სიჩქარე

$\dot{\gamma} = -\frac{\partial v}{\partial r}$. სიდიდე τ წრფივადაა განაწილებული რადიუსის გასწვრივ:

$$\tau = \tau_R \frac{r}{R}; \quad 0 \leq r \leq R. \tag{3}$$

სადაც τ_R - მხები ძაბვაა მილის ზედაპირზე, ხოლო

$$\dot{\gamma} = \dot{\gamma}_R \frac{r}{R}. \tag{4}$$

სადაც γ_R^* - არის დეფორმაციის სიჩქარე, როდესაც $\mathbf{r} = \mathbf{R}$.

მაშინ, თუ გავითვალისწინებთ პირობას $\mathbf{v}(\mathbf{R}, \mathbf{x}, t) = \mathbf{0}$, მივიღებთ:

$$-\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial \mathbf{r}} = \gamma_R^* \frac{\mathbf{r}}{\mathbf{R}}; \quad (5)$$

$$d\mathbf{v} = -\gamma_R^* \frac{\mathbf{r}}{\mathbf{R}} d\mathbf{r}; \quad (6)$$

$$\int_v^p d\mathbf{v} = -\frac{\gamma_R^*}{\mathbf{R}} \int_r^R \mathbf{r} d\mathbf{r}; \quad (7)$$

$$-\mathbf{v} = -\frac{\gamma_R^*}{\mathbf{R}} \left(\frac{\mathbf{r}^2}{2} \right) \Big|_r^R; \quad (8)$$

$$\mathbf{v} = \frac{\gamma_R^*}{2\mathbf{R}} (\mathbf{R}^2 - \mathbf{r}^2). \quad (9)$$

ამიტომ საშუალო (კვეთის მიხედვით) სიჩქარე ტოლი იქნება:

$$\begin{aligned} \bar{\omega} &= \frac{2}{\mathbf{R}^2} \int_0^R \mathbf{r} \mathbf{v} d\mathbf{r} = \frac{2\gamma_R^*}{2\mathbf{R}\mathbf{R}^2} \int_0^R \mathbf{r} (\mathbf{R}^2 - \mathbf{r}^2) d\mathbf{r} = \frac{\gamma_R^*}{2\mathbf{R}^3} \int_0^R (\mathbf{r}\mathbf{R}^2 - \mathbf{r}^3) d\mathbf{r} = \frac{2\gamma_R^*}{2\mathbf{R}^3} \left(\mathbf{R}^2 \frac{\mathbf{r}^2}{2} - \frac{\mathbf{r}^4}{4} \right) \Big|_0^R = \\ &= \frac{\gamma_R^*}{2\mathbf{R}^3} \left(\frac{\mathbf{R}^4}{2} - \frac{\mathbf{R}^4}{4} \right) = \frac{\gamma_R^*}{2\mathbf{R}^3} \frac{\mathbf{R}^4}{4} = \gamma_R^* \frac{\mathbf{R}}{8}. \end{aligned} \quad (10)$$

(2) განტოლების დიფერენცირებით მივიღებთ:

$$-\frac{\partial}{\partial \mathbf{x}} \left(\frac{\partial \mathbf{p}}{\partial t} \right) = \frac{\partial^2 (\rho \bar{\omega})}{\partial t^2} + \frac{2}{\mathbf{R}} \frac{\partial \tau_R}{\partial t}. \quad (11)$$

შევიტანოთ $\tau_R = \tau \frac{\mathbf{R}}{\mathbf{r}}$ (11)-ში, მივიღებთ;

$$-\frac{\partial}{\partial \mathbf{x}} \left(\frac{\partial \mathbf{p}}{\partial t} \right) = \frac{\partial^2 (\rho \bar{\omega})}{\partial t^2} + \frac{2}{\mathbf{R}} \frac{\partial}{\partial t} \left(\tau \frac{\mathbf{R}}{\mathbf{r}} \right); \quad (12)$$

$$-\frac{\partial}{\partial \mathbf{x}} \left(\frac{\partial \mathbf{p}}{\partial t} \right) = \frac{\partial^2 (\rho \bar{\omega})}{\partial t^2} + 2 \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\tau}{\mathbf{r}} \right). \quad (13)$$

დავადგინოთ რას უდრის წარმოებულ $2 \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\tau}{\mathbf{r}} \right)$ კესონ-შულმანის რეოლოგიური

მოდელის არსებობისას:

განვიხილოთ ეს მოდელი, როდესაც $\mathbf{n} = \mathbf{m} = \mathbf{2}$. მაშინ

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + \sqrt{\mathbf{k} \gamma^*}. \quad (14)$$

ავიყვანოთ (14) კვადრატში

$$\tau = \tau_0 + \mathbf{k} \gamma^* + 2\sqrt{\mathbf{k} \gamma^* \tau_0}. \quad (15)$$

აღვნიშნოთ $\mathbf{A} = 2\sqrt{2\eta_{pl}\mathbf{k}}$ და $\tau_0 = 2\eta_{pl}\gamma$, მაშინ

$$\tau = 2\eta_{pl}\gamma + \mathbf{k} \gamma^* + \mathbf{A} \sqrt{\gamma \gamma^*}. \quad (16)$$

$$2 \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\tau}{r} \right) = 2 \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{2\eta_{pl}\gamma + k\gamma + A\sqrt{\gamma\gamma^*}}{r} \right) = 4\eta_{pl} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\gamma_R}{R} \right) + 2k \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\gamma_R}{R} \right) + 2A \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\sqrt{\gamma\gamma^*}}{r} \right) =$$

$$\frac{16\eta_{pl}\omega}{R} \frac{\omega}{R} + \frac{2k}{R} \frac{4}{R} \frac{\partial \omega}{\partial t} + 2A \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\sqrt{\gamma_R \frac{r^*}{R} \gamma \frac{r}{R}}}{r} \right) = \frac{16\eta_{pl}\omega}{R^2} + \frac{8k}{R^2} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{2A}{R} \frac{\partial}{\partial t} \sqrt{\gamma_R \frac{4\omega}{R}} =$$

$$= \frac{16\eta_{pl}\omega}{R^2} + \frac{8k}{R^2} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{4A}{R\sqrt{R}} \frac{\partial}{\partial t} \sqrt{\gamma_R \omega}. \quad (17)$$

გამოვიყენოთ $\frac{\partial}{\partial t} \sqrt{\gamma_R \omega}$:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\sqrt{\gamma_R \omega}) = \sqrt{\gamma_R} \frac{\partial}{\partial t} (\sqrt{\omega}) + \sqrt{\omega} \frac{\partial}{\partial t} (\sqrt{\gamma_R}) = \sqrt{\gamma_R} \frac{1}{2\sqrt{\omega}} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\sqrt{\omega}}{2} \frac{1}{\sqrt{\gamma_R}} \frac{\partial \gamma_R}{\partial t} =$$

$$= \frac{\sqrt{\gamma_R}}{2\sqrt{\omega}} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\sqrt{\omega}}{2\sqrt{\gamma_R}} \frac{\partial \omega}{\partial t} = \frac{\sqrt{\gamma_R}}{2\sqrt{\omega}} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{2\omega^{3/2}}{R\sqrt{\gamma_R}}. \quad (18)$$

შევიტანოთ (18)-ი, (17)-ში, მივიღებთ:

$$2 \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\tau}{r} \right) = \frac{16\eta_{pl}\omega}{R^2} + \frac{8k}{R^2} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{4A}{R\sqrt{R}} \left(\frac{\sqrt{\gamma_R}}{2\sqrt{\omega}} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{2\omega^{3/2}}{R\sqrt{\gamma_R}} \right) = \frac{8k}{R^2} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{4A}{R\sqrt{R}} \frac{\sqrt{\gamma_R}}{2\sqrt{\omega}} \frac{\partial \omega}{\partial t} +$$

$$+ \frac{4A}{R\sqrt{R}} \frac{2\omega^{3/2}}{R\sqrt{\gamma_R}} = \frac{8k}{R^2} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{2A}{R} \frac{\sqrt{\gamma_R}}{\sqrt{R\omega}} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{8A}{R^2\sqrt{\gamma_R R}} \omega^{3/2}. \quad (19)$$

ამის შემდეგ შესაძლებელია გადავიდეთ რეოლოგიური და ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების განსაზღვრაზე შებრუნებული ამოცანის ამოხსნის მეთოდით. კერძოდ თუ ცნობილია პროცესის რეალიზაციები შესაძლებელია გამოვიყენოთ სტოქასტიკური აპროქსიმაციის, მაგალითად რობინს-მონროს მეთოდი, რის შედეგად უკვე ამოხსნას ექვემდებარება თანმდევი ამოცანები, მაგალითად ნავთობის ფილტრაცია გრუნტში.

ლიტერატურა

1. Noll W. Handbuch der Physik. Berlin. 1960. – 137 p
2. Gochitashvili T., Namgaladze D., Lomidze I. Pipeline Transport of Caspian Petroleum Through the Caucasian Corridor of Energy Sources and Method of Definition Rheological Parameters of oil//Engineering Foundation Conference-Rheology in the Mineral Industry 11, March 14-19, 1999, Oahu, Hawaii, USA, pp 23-37
3. Рейнер М. Реология. М., Наука. 1965.- 321 с
4. Губин В.Е. Ламинарное течение вязкой жидкости в начальном участке каналов и труб. В кн. Трубопроводный транспорт нефти.// ВНИИСПТнефть. Вып. 28. 1977. сс 47-55
5. Чарный И.А. Движение реальной жидкости в трубах. М., Недра. 1975. – 253 с

RESEARCH OF RHEOLOGICAL MODELS TO DETERMINE OIL HYDRODYNAMIC PARAMETERS

MAMMADOV A.F.

Georgian Technical University

Summary

This work deals with the determination of oil hydrodynamic and rheological parameters of rheological model of Cesson-Shulman. We use Cesson-Shulman rheological model and it is considered in the hydrodynamic equations describing rising pipe movements. After this we are planning solving of the task by the opposite method. In particular, by using the method of Robins-Monro.



მომავლის ენერგეტიკა

ბელზვიძე პ.პ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია პლაზმური ანძების მეშვეობით იონოსფერული წრიული დენის (კოსმოსური გენერატორის) სასარგებლო დატვირთვაზე ჩართვის იდეა.

კაცობრიობის განვითარების მთელი ისტორია მჭიდროდაა დაკავშირებული ენერგეტიკულ სიმძლავრეთა განვითარების საკითხთან. დღეისათვის ადამიანის ხელში არსებული ენერგეტიკული რესურსებიდან პირველ ადგილზეა ელექტროენერჯის გამოყენება, მისი მიღების, გადაცემის და მეურნეობის სხვადასხვა დარგებსა თუ ყოფა-ცხოვრებაში გამოყენების მოხერხებულობის გამო. არავის ეჭვი არ ეპარება იმაში, რომ ელექტროენერგეტიკის სიმძლავრეთა ზრდა არის ძირითადი საფუძველი კაცობრიობის განვითარების გზაზე მატერიალური თუ სულიერი ცხოვრების დონის ამაღლებისათვის.

ელექტროენერჯის მასიური წარმოება ამჟამად ემყარება ჰიდრორესურსების, ძირითადად კი ბუნებრივი სათბობის (ნავთობი, აირი, ნახშირი, ბირთვული სათბობი) გამოყენებას, რაც სათბობის მარაგის ამოწურვასთან ერთად წარმოშობს ეკოლოგიურ და სხვა პრობლემათა მთელ ჯგუფს (მომავალში კაცობრიობას ემუქრება ნამდვილი კატასტროფა-ენერგეტიკული შიმშილი). ამიტომ მეცნიერების ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებად ითვლება ბუნებრივი გზით განახლებადი ენერჯის გამოყენების ეფექტური გზების ძიება.

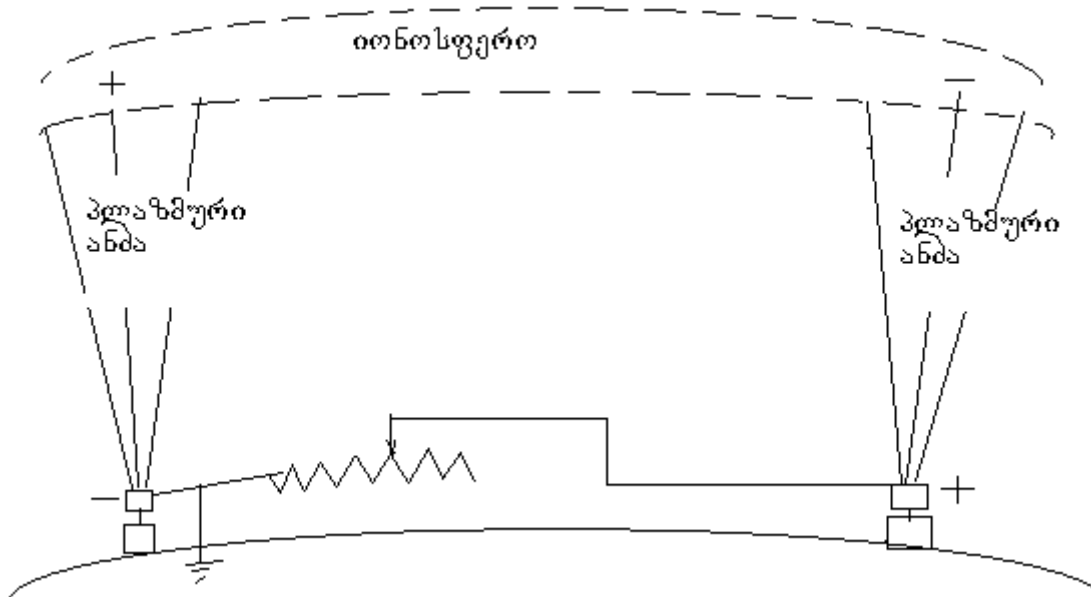
საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ თავისი უნიკალური მდებარეობით დედამიწა იმყოფება ენერგეტიკული ოკეანოს ფსკერზე, ამიტომ მომავლის ენერგეტიკაზე საუბრისას ერთ-ერთ საინტერესო მიმართულებას წარმოადგენს დედამიწის ირგვლივ არსებული იონოსფერული პლაზმის საფუძველზე წარმოქმნილი იონოსფერული წრიული დენის გამოყენების საკითხი.

50-100 კმ სიმაღლეზე არის განფენილი, დედამიწის ირგვლივ, იონოსფერო ანუ ელექტროდენის გამტარი გარემო, რომელიც შეიცავს თავისუფალ ელექტრონებსა და იონებს. სიმაღლის მიხედვით კონცენტრაციის ცვლილება ძირითადად განპირობებულია დღეღამური ციკლებით, დღისით იონოსფერო იწყება 50-60 კმ ხოლო ღამით 80-85 კმ-დან (დღიდან ღამეში გადასვლისას კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად მცირდება).

ატმოსფეროს ზედა ფენების მაიონიზირებელ წყაროს წარმოადგენს მზის ულტრაიისფერი და რენტგენის გამოსხივება და აგრეთვე კოსმოსიდან უწყვეტად შემოდინებული ნაწილაკების ნაკადი. იონოსფეროს გამტარებლობა დაახლოებით ტოლია რამოდენიმე მმ სისქის ლითონის გამტარებლობის. ითვლება, რომ ეს დენი წარმოადგენს დედამიწის მაგნიტური ველის მიმართ მართობული მიმართულებით დამუხტული ნაწილაკების მოძრაობის შედეგს.

იონოსფერული წრიული დენის ე.წ. „კოსმოსური ელექტროსადგურის“, დედამიწაზე არსებულ „მომხმარებელთან“ დაკავშირების გზების ძიება არის თანამედროვეობის ძირითადი პრობლემა.

ამ პრობლემის გადაწყვეტის ერთ-ერთ რეალურ გზად მიჩნეულია [1] ე.წ. პლაზმური „ანძის“ გამოყენება. პლაზმური არხის საშუალებით რეალიზებული პლაზმური „ანძის“ ერთ-ერთ სახეობას წარმოადგენს რელატივისტური ელექტრონული კონების ტრანსპორტირების პრობლემები, როგორც ვაკუუმურ გარემოში ისე ატმოსფეროში [1-5].



იონოსფერული წრიული დენის დედამიწაზე არსებულ დატვირთვისთან ჩართვის სქემა

ლიტერატურა

1. გელხვიძე პ.კ; გელხვიძე ნ.პ.-მომავლის ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები //ЩИТАЙУЙУ ФДШНЙКЦТЙ ЦНЙЕДТУЙФДФЙУ ЫТПМДБЙУ КТДБЦЛЙ №1(10), 2002;გვ.43-44.
2. Гелхвиидзе П.К. Транспортировка РЭП с предельным током //Сообщ. АН ГССР.140. №1, 1990,с.45
3. Гелхвиидзе П.К.,Иванов В.С., и др. Сильноточный электронный пучок микросекундной длительности - //Крат.сообщ. по физике, №11, 1986, с.19.
4. Гелхвиидзе П.К.,» Об одной системе с виртуальным катодом //Научные труды» Кутаисского технического университета, №2, 1996, с.165.
5. Полетавкин П.Г.-Космическая энергетика, «Наука», М.1981,с.150

ENERGY OF THE FUTURE

GELKHVIDZE P.K

Akaki Tsereteli State University.

Summary

This issue considers the idea of connecting ionospheric cyclic flow /space generator/ to useful load by mean of plasmic posts (relative electronic beams).



სექცია №2 ენერგოეფექტურობა და განახლებადი
 ენერჯის წყაროები

ენერგოეფექტურობის მართვის მეთოდოლოგიური საფუძვლები

**კოტორაშვილი ე.ა., არაბიძე ბ.ო., ვეზირიშვილი ო.შ ვეზირიშვილი
 ნოზაძე ძ.ო.**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2

განზოგადოებულია საქართველოს სოფლის მეურნეობის სხვადასხვა დარგში ენერგოდამზოგავი სისტემების გამოყენების სამამულო და უცხოური გამოცდილება. მოყვანილია ენერგოდამზოგავი სისტემების ინჟინრული სქემები და განსაზღვრულია მათი დანერგვის ეფექტიანობის ზღვრები. შემოთავაზებულია ენერგოდამზოგავი ტექნოლოგიების ფართოდ დანერგვისათვის საწარმოთა ეკონომიკური სტაბილურობის მექანიზმი. წარმოდგენილია ენერგოდამზოგვის ფუნქციონალური სტრუქტურა.

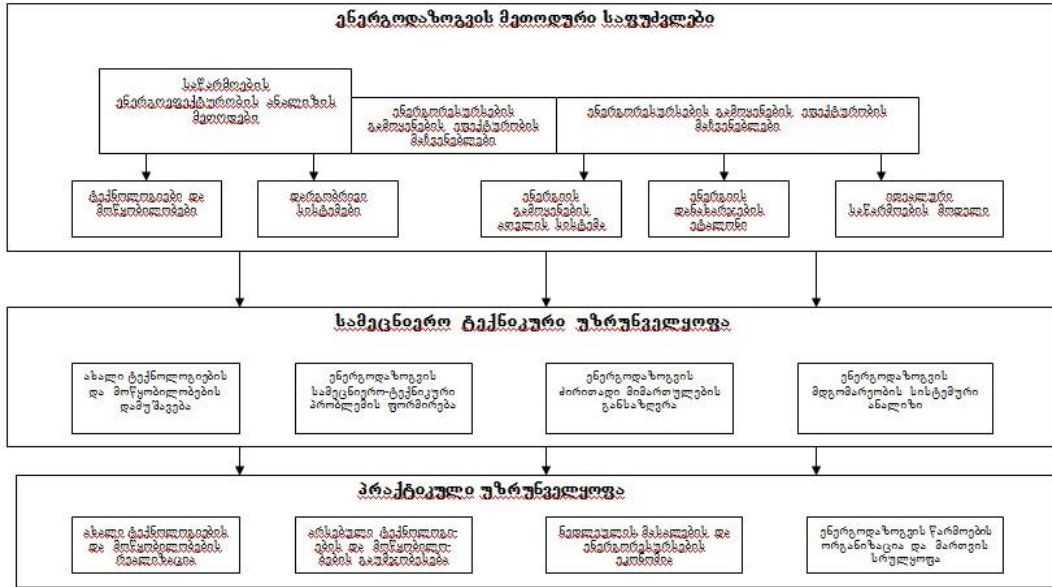
წარმოების ეფექტიანობის ამაღლება, სათბობისა და ენერჯის სრული გამოყენება, მათი დაზოგვა და უნარჩენო ტექნოლოგიების დანერგვა დღევანდელი აქტუალური პრობლემაა. მისი მართებული და მასშტაბური გადაწყვეტა მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ჩვენს აწმყოსა და მომავალს. ენერგოეფექტურობის ამაღლება უნდა გახდეს ქვეყნის ენერგეტიკული პოლიტიკის განმსაზღვრელი ფაქტორი. ენერგორესურსების ეფექტიანი გამოყენება დიდად არის დამოკიდებული საწარმოთა ენერგოაღჭურვილობის დონეზე, რომელიც განსაზღვრავს მათ სრულ გარდაქმნას. დღეს, საქართველოს საწარმოების ენერგოაღჭურვილობა მნიშვნელოვნად ჩამორჩება განვითარებულ ქვეყნებს. ამასთან, ერთეულ წარმოებულ პროდუქტზე 35–40%-ით მეტია ენერჯის ხარჯიც. ეს გარემოება განაპირობებს ახალი მეთოდების გამოყენებას, შრომის მწარმოებლურობის გაზრდა და უკუგების ამაღლება. სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების ეკონომია მიიღწევა მეცნიერულ-ტექნიკურ სიახლეთა წარმოებაში ფართოდ დანერგვით. ამ მხრივ, მეტად მნიშვნელოვანია ენერგოდამზოგვის ფუნქციონალური სტრუქტურის ფორმირება (იხ. სქემა), რომელიც სამი მიმართულებით ვლინდება.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული, ენერგოდამზოგვის ფუნქციონალური სტრუქტურა დაფუძნებულია ტერიტორიული დაგეგმვის სისტემური პროგრამულ-მიზნობრივი მეთოდის გამოყენებაზე. იგი შედგება რამდენიმე ეტაპისაგან:

- ენერგოდამზოგვის თეორიული და მეთოდური საფუძვლების შექმნა;
- მათი სამეცნიერო-ტექნიკური უზრუნველყოფა და სისტემური ანალიზი;
- ოპტიმალური პრაქტიკული გეგმის განსაზღვრა მეურნეობის ცალკეულ დარგებში, ენერგოდამზოგავი სისტემების ფართომასშტაბური დანერგვით ენერგოეფექტურობის ამაღლება.

ჩვენს მიერ განზოგადოებულია საქართველოს მეურნეობის სხვადასხვა დარგში ენერგოდამზოგავი სისტემების გამოყენების სამამულო და უცხოური გამოცდილება. მოყვანილია ენერგოდამზოგავი სისტემების ინჟინრული სქემები და განსაზღვრულია მათი დანერგვის ეფექტიანობის ზღვრები. შემოთავაზებულია ენერგოდამზოგავი ტექნოლოგიების ფართოდ დანერგვისათვის საწარმოთა ეკონომიკური სტაბილურობის მექანიზმი, რომელმაც უნდა აიძულოს საწარმოები გადააიარაღონ ისინი პროგრესული ტექნოლოგიების გამოყენებით.

ენერგოდაზოგვის ფუნქციონალური სტრუქტურა



საბაზრო ეკონომიკის პირობებში, გადამწყვეტ მნიშვნელობას იძენს ენერჯის დაზოგვის წახალისებელი სატარიფო პოლიტიკა. ამასთან საჭიროა, ადეკვატური კანონმდებლობა, რომელიც ადმინისტრაციული მხარდაჭერის პირობებში, მომხმარებლის მიერ გამოყენებული ენერჯის სრული ღირებულების გადახდა ან ენერჯომომარაგების გამორთვას უზრუნველყოფს. პროცესის რეგულირებამ სახელმწიფო ორგანოების მიერ საგადამხდელო და საკრედიტო სისტემის შემოღების გზით, შეიძლება მეტად მნიშვნელოვანი შედეგი მოგვცეს – მიგვიყვანოს ენერჯოდაზოგვი ტექნოლოგიების ფართოდ დანერგვამდე, რაც ესოდენ მნიშვნელოვანია საქართველოს ენერჯეტიკის განვითარებისათვის.

ახალი საბაზრო ურთიერთობის პირობებში აუცილებელია ენერჯორესურსების მოხმარების მკვეთრად შემცირება და მისი გამოყენების ეფექტიანობის ამაღლება, რაც მოითხოვს სტრატეგიულ ღონისძიებათა შემუშავებას და დანერგვას, როგორც ენერჯორესურსების წარმოების, ასევე მიწოდებისა და მოხმარების ყველა სფეროში. სამწუხაროდ, საქართველო ჩამორჩა დასავლეთის ქვეყნებს ენერჯის ეფექტურად გამომყენებელი ტექნიკის განვითარებაში და ენერჯოდაზოგვის წახალისებაში. მას არ გააჩნია ენერჯოეფექტურობის სტანდარტები და ა.შ.

ენერჯოეფექტურობის ამაღლების სტრატეგია მოიცავს ორ პერიოდს: მოკლე და გრძელვადიანს. პირველ პერიოდში შესაძლებელია განხორციელდეს ისეთი სახის ღონისძიებები, რომლებიც არ მოითხოვენ დიდ კაპიტალდაბანდებებს. ეს ღონისძიებები 15-20% ენერჯის დაზოგვის საშუალებას იძლევა. გრძელვადიან პერიოდში აუცილებელია ტექნოლოგიურ განახლებათა იდენტიფიკაცია და დაგეგმვა, რომლებიც მოითხოვენ შესაბამის ინვესტიციებს, რაც უზრუნველყოფს ნაციონალურ პროდუქტებზე ენერჯორესურსების ხვედრითი ხარჯის შემცირებას და მოწინავე ქვეყნების მაჩვენებლებთან მათ მიახლოებას. ამ შემთხვევაში მიღწეული ენერჯოდაზოგვა 30-45% იქნება.

მრეწველობის დარგებში ენერჯოეფექტურობის მენეჯმენტისა და თანამედროვე ენერჯოეფექტური ტექნოლოგიების ფართოდ დასანერგად აუცილებელია, შეიქმნას დამოუკიდებელი არასამთავრობო ენერჯოეფექტურობის ცენტრი, რომლის მიზნები და მო-

ვალეობები იქნება:

ენერგორესურსების წარმოებასა და მოხმარებაში მაღალეფექტურია სამეცნიერო-ტექნოლოგიური ენერგოდამზოვი ღონისძიებების შემუშავება და გატარება ერთეულ პროდუქტზე ენერგორესურსების კუთრი ხარჯის შემცირების და მოწინავე ქვეყნების მაჩვენებლებთან მიახლოების უზრუნველყოფით; ენერგეტიკული დიაგნოსტიკა და აუდიტი; ენერგეტიკული სისტემის ტექნიკური და ფინანსური მაჩვენებლების მონიტორინგი; სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების ეფექტიანი გამოყენების სადემონსტრაციო პროექტების შექმნა და პრაქტიკული რეალიზება; კადრების კვალიფიკაციის ამაღლების სწავლება და სემინარები; სამრეწველო ობიექტების ენერგეტიკული მუშაობის პასპორტიზაცია; ტექნოლოგიურ განახლებათა იდენტიფიკაცია და დაგეგმვა; ტექნიკური დახმარება გამართვასა და ექსპლუატაციის გაუმჯობესების სფეროში; ენერგოეფექტურობის ამაღლების საკითხებზე მოსახლეობის საგანმანათლებლო კომპანიების მოწყობა მასობრივი ინფორმაციის ორგანოების მეშვეობით; სათანადო ტელე-რადიო პროგრამების მომზადება; ყოველკვარტალური ტექნიკური გამოცემა ენერგოეფექტურობაზე და მისი უფასო გავრცელება; ენერგოდამზოგავი მოწინავე ტექნოლოგიების მონაცემთა ბანკის შექმნა და გავრცელება; კომპიუტერული პაკეტი-პროგრამების შექმნა; ინვესტიციების დაფინანსების შესაძლო გადაწყვეტილებების კვლევა და ინდუსტრიული პარტნიორის მოძებნა; ენერჯის გამოყენების ეფექტურობის გაუმჯობესებისა და მომავალში მისაღწევი ღონეების შემოთავაზება; რჩევა – შეთანხმებული მიზნების მიღწევისათვის საჭირო სტრატეგიის შესახებ; პრიორიტეტული ინვესტიციების გეგმა და ტექნიკური დახმარების პროგრამის დამუშავება და წარდგენა ქართველი და უცხოელი ინვესტორებისათვის; ენერგოეფექტურობის პოლიტიკის კანონების წესების და სტანდარტების პროექტების მომზადება.

ზემოთჩამოთვლილი ღონისძიებების განსახორციელებლად ენერგოეფექტურობის ცენტრი ამყარებს საქმიან ურთიერთობებს ანალოგიურ ორგანიზაციებთან, კერძო და იურიდიულ პირებთან, როგორც საქართველოში, ასევე საზღვარგარეთ. მოქმედი კანონმდებლობით, იგი ქმნის საწარმოებს, სამეურნეო ანგარიშიან ორგანიზაციებს, ფილიალებს როგორც საქართველოში, ასევე საზღვარგარეთ, რომელთა შემოსავალი მოხმარდება ცენტრის მიზნების განხორციელებას.

ენერგოეფექტურობის ცენტრში იმუშავებენ მაღალკვალიფიციური სპეციალისტები, ძირითადად სამეცნიერო ინსტიტუტებიდან გამოთავისუფლებული კადრები. მათი ჩართვა ენერჯის ეფექტური გამოყენების დარგში მეტად სასარგებლო საქმედ მიგვაჩნია. მაღალი სამეცნიერო პოტენციალის სპეციალური ცოდნის შეერთება თანამედროვე კომპიუტერულ ტექნოლოგიასთან, პროგრამირებასთან მოგვცემდა სრულიად ახალი სახის “პროდუქციას”, რომელიც ძალზე ეფექტურად გამოიყენება პროგრამულ კონსტრუირებაში, საინჟინრო გათვლებში, მართვის ოპტიმიზაციაში და სხვა დარგებში. ეს ინტელექტუალური პროდუქცია საკმაოდ ძვირადღირებულია მსოფლიო ბაზარზე. ამ სახის პროდუქციის გამოშვების ათვისება მსოფლიო ინტელექტუალურ ბაზარზე გასვლას და იქ დამკვიდრებას ნიშნავს. მსგავსი ენერგოეფექტურობის ცენტრები უკვე შექმნილია რუსეთში, უკრაინაში, სომხეთში, ასევე ევროპასა და სხვა ქვეყნებში. ამჟამად, ამ არასამთავრობო ენერგოეფექტურობის ცენტრის შექმნა საქართველოში უდაოდ ხელს შეუწყობს ენერგოეფექტურობის ამაღლებას, ენერგეტიკის სექტორის რაციონალური მენეჯმენტის მიღწევას და უცხოურ-ქართული მრავალმხრივი ორგანიზაციების ჩამოყალიბებას, რაც ესოდენ მნიშვნელოვანია საქართველოს ენერგეტიკის აღმავლობასა და ადამიანთა მატერიალურ - საყოფაცხოვრებო ღონის შემდგომი ამაღლებისათვის.

2



ლიტერატურა:

1. ვეზირიშვილი ო. შ. საქართველოს ენერგეტიკული რესურსები და მათი ათვისება// თბილისი, 2006. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი 90 გვ.
2. ვეზირიშვილი ქ. ო. ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების პერსპექტივები// ენერჯია, თბილისი, 2011. №2, გვ. 21-23.
3. ჩხაიძე ბ.შ. ენერჯის განახლებადი წყაროები//თბილისი, 2011. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი 114 გვ.
4. არაბიძე გ.ო., კოტორაშვილი ე.ა., ვეზირიშვილი ქ.ო. არატრადიციული ენერჯის წყაროების გამოყენება საქართველოს განვითარებისთვის// ინტელექტუალი, თბილისი, 2012. №21, გვ. 171-179.

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT
KOTORASHVILI E.A., ARABIDZE G.O., VEZIRISHVILIO.SH., VEZIRISHVILI-NOZADZE K.O.

Georgian Technical University

Summary

Local and foreign experience in using energy efficient systems in different branches of Georgian agriculture is generalized. Engineering schemes of energy efficient systems is provided and the limits of their implementation efficiency are determined. Economic stability mechanisms for widespread adoption of energy efficient technologies for industries are suggested. Functional structure of energy savings is presented.

ენერგოეფექტურობა და მისი უზრუნველყოფის პერსპექტივები

ბარათაშვილი ე.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ენერგოეფექტურობის უზრუნველსაყოფად საკმარისი არაა, მხოლოდ ტექნიკური მეთოდებისა და სათანადო ტექნოლოგიების მოძიება და მათი პორაქტიკაში დანერგვა, სათანადო შედეგის უზრუნველყოფის მიზნით სასურველია ორგანიზაციაში დანერგილი იქნას ენერგომენეჯმენტის საერთაშორისო სტანდარტის ნორმები, სტატიაში განხილულია სტანდარტის მოთხოვნები და მათი დანერგვისა და სათანადო შედეგების მიღწევის შესაძლებლობები.

საყოფაცხოვრებო პირობებში და ეკონომიკის ყველა დარგში ენერგო ეფექტურობის უზრუნველყოფა დღევანდელობის აქტუალური პრობლემაა. ამ მიმართულებით, ტრანსპორტში, მშენებლობაში, სოფლის მეურნეობასი და მეურნეობის სხვა დარგებში ინერგება ახალი მეთოდები და ტექნოლოგიები რომელიც უზრუნველყოფს წარმოებულ პროდუქციის ან გაწეული მომსახურების ენერგო ტევადობის შემცირებას და სხვადასხვა პროცესების ენერგოეფექტურ რეჟიმში მუშაობას. ენერგოეფექტურობა-ტექნიკური მაჩვენებელია რომელიც აღწერს წარმოებაში ენერჯის ეფექტურად გამოყენების შესაძლებლობას. ენერგოეფექტურობის ძირითადი ინდიკატორი პროდუქციის ან საწარმო პროცესის ენერგოტევადობაა. ენერგოდაზოგვა საწარმოში ენერგორესურსების ეფექტურად გამოყენების მიზნით გადარებული ღონისძიებების ერთობლიობაა, რომლის უზრუნველყოფის მიზნით მართვისა თუ წარმოების ეტაპზე ჩართული არიან ეკონომისტები, იურისტები, ინჟინრები. მნიშვნელოვანია რომ ქვეყნის მრეწველობის ენერგოეფექტურობის 1% გაზრდა იწვევს ერთიანი შიგა პროდუქტის 0,35-0,4% ზრდას. ენერგოეფექტურობს საერთო მაჩვენებლის გაუმჯობესების მიზნით მნიშვნელოვანია უზრუნველყოფილი იქნას საწარმოო და საცხოვრებელი შენობების, წარმოების და საყოფაცხოვრებო პირობებში, გამოყენებული მოწყობილობების ენერგოეფექტურობა. ტექნიკურ გადაწყვე-

ტასთან ერთად ენერგოეფექტურობის უზრუნველყოფის მიზნით მნიშვნელოვანია მართვის დონეზე იქნას მიღებული სათანადო გადაწყვეტილებები. საყურადღებოა რომ ენერგოეფექტურობის უზრუნველყოფის მიზნით მიღებული იქნა მართვის საერთაშორისო სტანდარტი iso 50001:2011. (Energy management systems – Requirements with guidance for use). სტანდარტის ძირითადი იდეა ენერგომენეჯმენტის უზრუნველყოფაა. ამ შემთხვევაში ემს (ენერგომენეჯმენტის სისტემა) სრულყოფის მიზნით გამოიყენება სტანდარტის მიხედვით შემუშავებული მეთოდოლოგია PDCA (Plan-Do-Check-Act) მეთოდოლოგიის დანერგვით შესაძლებელია 25-28%-ით შემცირება. ის იძლევა პრობლემის სისტემური მიდგომის შესაძლებლობას.

კერძოდ: 1. ენერგოეფექტურობაზე მოქმედი ყველა ფაქტორის ანალიზი მათი ეფექტურად რეალიზაციის მიზნით.

2. ენერგომენეჯმენტის გაუმჯობესების მიზნით ბიზნეს-პროცესების სრულყოფა.

3. ენერგომენეჯმენტის უწყვეტი და დაგეგმილი პროცესის სისტემური მართვა.

4. საერთაშორისო სტანდარტების მოთხოვნების შესწავლა და მათ დანერგვაზე ზრუნვა.

ასე რომ წარმოების ენერგოეფექტურ რეჟიმში მუშაობის უზრუნველყოფის მიზნით iso 50001:2011-სა და შესაბამისი მეთოდის PDCA მეშვეობით წარმოებს ენერგო აუცილებელია ორი ტექნიკური და მართვის კომპონენტის დაგეგმვა რეალიზაცია. მოხმარების ძირითადი მაჩვენებლების, ენერგო მოხმარების მახასიათებლების ენერგოეფექტურობის პარამეტრების იდენტიფიკაცია, საკანონმდებლო და სხვა ტიპის მოთხოვნების შესრულების შესაძლებლობის შესწავლა. სტანდარტის დანერგვის ძირითადი იდეა შემუშავებული იქნას ენერგეტიკის მენეჯმენტის უზრუნველყოფის დონისძიებათა სისტემა, რომლის მეშვეობითაც წარმოებს სიტუაციის მოკვლევა, ინფორმაციის ანალიზი, დასახული მიზნის რეალიზაციის გეგმის შემუშავება და მისი მონიტორინგი. სტანდარტის საკვანძო ელემენტებია:

- წარმოების ენერგეტიკული პოლიტიკა,
- ენერგომენეჯმენტის მიზნები და ამოცანები,
- მიზნებისა და ამოცანების რეალიზაციის გეგმა,
- ენერგო მენეჯმენტის ჯგუფის სათანადო რესურსებით და უფლებამოსილებით უზრუნველყოფა,
- ორგანიზაციის პერიოდული ენერგოანალიზი,
- ენერგოეფექტურობის განმსაზღვრელი ინდიკატორების მოთხოვნათა დანერგვა,
- ენერგო მოხმარების კონტროლი,
- ენერგო მენეჯმენტის მოთხოვნების შესაბამისად გაზომვებისა და კონტროლის მექანიზმის დანერგვა,
- ემს პერიოდული ანალიზი,

სტანდარტის დანერგვის მეშვეობით შესაძლებელი იქნება:

- ენერგო მოხმარების და ეფექტურობის განსაზღვრისას გამჭვირვალებისა ობიექტურობის უზრუნველყოფა:
- ენერგო მოხმარებისას მაქსიმალური ეფექტის უზრუნველყოფა ამ მიმართულებით მოხმარებული რესურსების შემცირებით,
- პროდუქციისა და მომსახურების კონკურენტუნარიანობის გაზრდა,
- ორგანიზაციის აქტივების კაპიტალიზაციის გაზრდა.

ემს დანერგვის მეთოდიკა არაა მკაცრად რეგლამენტირებული და ის შეიძლება შერჩეულ იქნას ყველა ორგანიზაციისათვის ინდივიდუალურად, კონკრეტულ შემთხვევასი მას შეიძლება ქონდეს ასეტი სახე:

1. ემს-ის სტრუქტურის ფორმირება,

2. ორგანიზაციაში ამჯამად არსებული ემს-ის ანალიზი,
3. iso 50001:2011 მოთხოვნათა სწავლების მიზნით ორგანიზაციის შესაბამის განყოფილებების ხელმძღვანელების გადამზადება,
4. ორგანიზაციის ემს-ის კონცეპტუალური მოდელის შემუშავება,
5. ემს –ის არსებული მოდელის ეფექტურობის გაზრდის ღონისძიებათა ერთობლიობის გეგმის შედგენა,
6. ემს-ის ეფექტურად მართვისათვის საჭირო დოკუმენტების ნუსხის შედგენა,
7. ემს –ის ახალ სისტემაზე გადასვლისათვის საწირო განკარგულებების მომზადება და გამოცემა,
8. ემს –ის ახალი სისტემის დანერგვისას მიღწეული შედეგების სისტემური მონიტორინგი.

ემს –ის სისტემის iso 50001:2011—ის მოთხოვნათა შესაბამისად დანერგვისთვის თანამშრომლობის გადამზადება მიმდინარეობს შემდეგი ძირითადი მიმართულებით: 1.სასტარტო ღონისძიებები, 2.ენერგოეფექტური სისტემის დანერგვა და მართვა: 3.ენერგოეფექტურობის გაზრდის შესაძლებლობების რანჟირება და მათი პრაქტიკაში დანერგვის ღონისძიებების განსაზღვრა, 4.ენერგოანალიზის პრინციპები, 5. ემს –ის გაუმჯობესების და მაღალ დონეზე შენარჩუნების უზრუნველყოფის ღონისძიებები, 6. ემს –ის კონტროლი, 7.სისტემის ერთიანი მართვის უზრუნველყოფის მექანიზმები.

ISO 50001:2011—ის მოთხოვნათა შესაბამისად ემს –ის გაუმჯობესება და მართვა უზრუნველყოფს ენერგოეფექტურობის ზირითადი პარამეტრების გამოვლენას და მათ მაქსიმალურ ოპტიმიზაციას ენერგო დანახარჯების სისტემურად შემცირების უზრუნველყოფით. სისტემის დანერგვა ნებისმიერ ორგანიზაციაში პირველივე წელს უზრუნველყოფს ენერგო მოხმარების 5-10%-ით შემცირებას. ჩატარებული სამუშაოების ანალიზი და არსებული პრაქტიკა იძლევა შემდეგი დასკვნის გაკეთების შესაძლებლობას: 1.ენერგომენეჯმენტის თანამედროვე საერთაშორისო სტანდარტი საქმიანობის ყველა სფეროში იძლევა კონკურენტუნარიანობის ამაღლების საშუალებას, 2.სტანდარტი ISO 50001:2011 ითვალისწინებს ენერგომენეჯმენტის მსოფლიო პრაქტიკაში არსებულ ყველა საუკეთესო გამოცდილებას, 3. ISO 50001:2011—ის მოთხოვნების პრინციპები მეთოდები მსოფლიოს ყველა ბიზნეს ლიდერი ორგანიზაციების მიერაა აღიარებული 4.სწავლების თანამედროვე მეთოდიკა ISO 50001:2011—ს დანწერგვის ოპტიმალურ და ოპერატიულ დანერგვის საშუალებებს იძლევა, 5.საერთაშორისო პრაქტიკას უკვე დაგროვილია ენერგომენეჯმენტის დანერგვის როგორც ენერგოეფექტურობის მიღწევის სათანადო პოზიტიური გამოცდილება.

ლიტერატურა

1. ["Kyoto Protocol: Status of Ratification"](#) (PDF). [United Nations Framework Convention on Climate Change](#). 2009-01-
2. ISO 50001:2011 <http://www.iso.org>
3. Eurostat (2007). <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
4. Wuppertal Institute (2005). <http://www.thepep.org/ClearingHouse/docfiles/Wuppertal.05-06.pdf>

ENERGY EFFICIENCY AND PROSPECTS FOR THEIR SUPPORTING

M. BARATASHVILI

Akaki Tsereteli State University

Summary

Effective management of energy resources is a contemporary challenge. Using of technical methods and novelties is not enough for achieving the energy efficiency, and it is no less important such management of this process as to ensure the maximal energy conservation. Energy management can be ensured by following the international standard. The paper dwells on the efficient use of this standard as well as on possibilities of energy resources management by means of its use.



**განახლებადი ენერჯის წყაროების კოტენციალის
 ბარდაქმნა სტირლინგის ძრავის ბაზაზე**

ჯაფხანაშვილი ნ.ბ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ეკოლოგიური და ენერგეტიკული პრობლემების გადაწყვეტის კუთხით ერთერთი ყველაზე პერსპექტიულ მიმართულებად მიხნეულია ენერგოგარდამქმნელი სისტემების დამუშავება და დანერგვა სტირლინგის ციკლით მომუშავე თბური ძრავის ბაზაზე.

კვლევის მიზანია თხევად დგუშიან სტირლინგის ძრავის სრულყოფა და მისი ეფექტურობის გაუმჯობესება.

გლობალურ პრობლემებს შორის, რომელიც დღეს მსოფლიოს წინაშე დგას და მოითხოვს სწრაფ გადაწყვეტას, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ბუნებრივი რესურსების შემცირების შედეგად გამოწვეული ენერგეტიკული კრიზისი და გარემოს ეკოლოგიური დაბინძურება. ამდენად, წინა პლანზე დგება ისეთი ახალი ტექნოლოგიების შექმნა, რომლებიც ეფექტურად გამოიყენებენ განახლებად წყაროებს და ამავე დროს არ დააბინძურებენ გარემოს.

ეკოლოგიური და ენერგეტიკული პრობლემების გადაწყვეტის კუთხით ერთ-ერთი ყველაზე პერსპექტიულ მიმართულებად მიხნეულია ენერგოგარდამქმნელი სისტემების დამუშავება და დანერგვა სტირლინგის ციკლით მომუშავე თბური ძრავის ბაზაზე.

სტირლინგის ძრავი არის უნიკალური თბური მანქანა იმდენად, რამდენადაც მას გააჩნია მაღალი თერმოდინამიკური ეფექტურობა და ყველაზე ეკოლოგიურია სხვა ძრავებთან შედარებით. სტირლინგის ძრავის გამორჩეულობა სხვა ძრავებთან შედარებით არის აგრეთვე მისი უნივერსალობა თბური ენერჯის წყაროს გამოყენების თვალსაზრისით. ეს წყარო შეიძლება იყოს ნებისმიერი თბური ენერჯია შესაბამისი ტემპერატურით, როგორცაა მაგალითად – მზის ენერჯია, აკუმულირებული თბური ენერჯია, წვის პროდუქტების ენერჯია და ა. შ. [1].

ამჟამად შემუშავებულია დიდი რაოდენობით სტირლინგის ძრავის სქემები და ცალკეული კვანძების კონსტრუქციები. ამ ძრავებს შორის გამორჩეული ადგილი უკავია თხევად დგუშიან ძრავებს ე.წ. ფლუიდაინის ტიპის. თხევად დგუშიანი სტირლინგი მუშაობს ჩვეულებრივი სტირლინგის ძრავისგან განსხვავებულად. მექანიკური დგუშების გადაადგილების იმიტაცია ძრავში ხდება სითხის სვეტების საშუალებით.

ფლუიდაინის ტიპის ძრავები თავის დროზე შეიქმნა ინგლისში ატომური ენერჯის ცენტრში [2], სადაც ჩატარებული იქნა დიდი სამუშაოები როგორც თეორიული ისე ექსპერიმენტული მიმართულებით. სამწუხაროდ, დეტალური ინფორმაცია ამ სამუშაოებზე არ მოიპოვება. შემდგომში სხვადასხვა ქვეყნებში გავრძელებული იქნა ამ ძრავებზე კვლევები, რის საფუძველზეც შეიძლება გარკვეული დასკვნების გაკეთება. აღსანიშნავია, რომ გამოქვეყნებული შრომების უმეტესობა ეძღვნება ამ ტიპის ძრავების გამოყენებას როგორც წყლის გადამქაჩ ტუმბოებს.

ფლუიდაინის ტიპის ძრავებს შეუძლია მუშაობა როგორც “სველ” ისე “მშრალ” რეჟიმებში. პირველ შემთხვევაში არსებობს კონტაქტი ე.წ. დისფლუიდაინის ფუნქციის მქონე სითხის სვეტსა და მუშა სხეულს შორის. მეორე შემთხვევაში სითხის ზედაპირი და მუშა სხეული გაყოფილია ინერტული აირით ან ტივტივით. “სველ” რეჟიმში მუშაობისას ცხელ მხარეს არსებული ცილინდრში ხდება გარკვეული რაოდენობის სითხის აორთქლება, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ციკლში წნევის ცვლილებას, ვიდრე ეს აირადი მუშა სხეულის ე.წ. “მშრალი” რეჟიმის დროს ხორციელდება. შესაბამისად, იზრდება ციკლში განვითარებული სიმძლავრე “მშრალ” რეჟიმთან შედარებით, მაგრამ ორთქლარმოქმნის პროცესის არსებობის შემთხვევაში საჭიროა ბევრად მეტი სითბოს მიწოდება გამაცხელებელი თბომცვლელისგან იმისათვის, რომ მოხდეს ორთქლადქცევის ფარული

2

სითბოს დამატებით დაბალანსება. შედეგად, საერთო მ.კ.კ. მიიღება საკმაოდ დაბალი – არაუმეტეს 1%-ისა. თუ გამოირიცხული იქნება ორთქლადქცევა, მიუხედავად კუთრი სიმძლავრისა და მიწოდებული ენერჯის შემცირებისა, შესაძლებელია მ.კ.კ. იგივე ტემპერატურულ დიაპაზონში გაიზარდოს 10%-მდე.

იმ დროს, როდესაც “სველ” ფლუიდაინს შეუძლია იმუშაოს ცხელ ზონაში საკმაოდ შეზღუდულ მაქსიმალურ ტემპერატურაზე $80 \pm 100^{\circ}\text{C}$, “მშრალ” ვარიანტში შესაძლებელია მაქსიმალური ტემპერატურის გაზრდა $300 \pm 400^{\circ}\text{C}$ -მდე და უფრო მეტად გამოყენებული მასალების სიმტკიცედან გამომდინარე, რაც თავის მხრივ მნიშვნელოვნად გაზრდის მ.კ.კ.-ს.

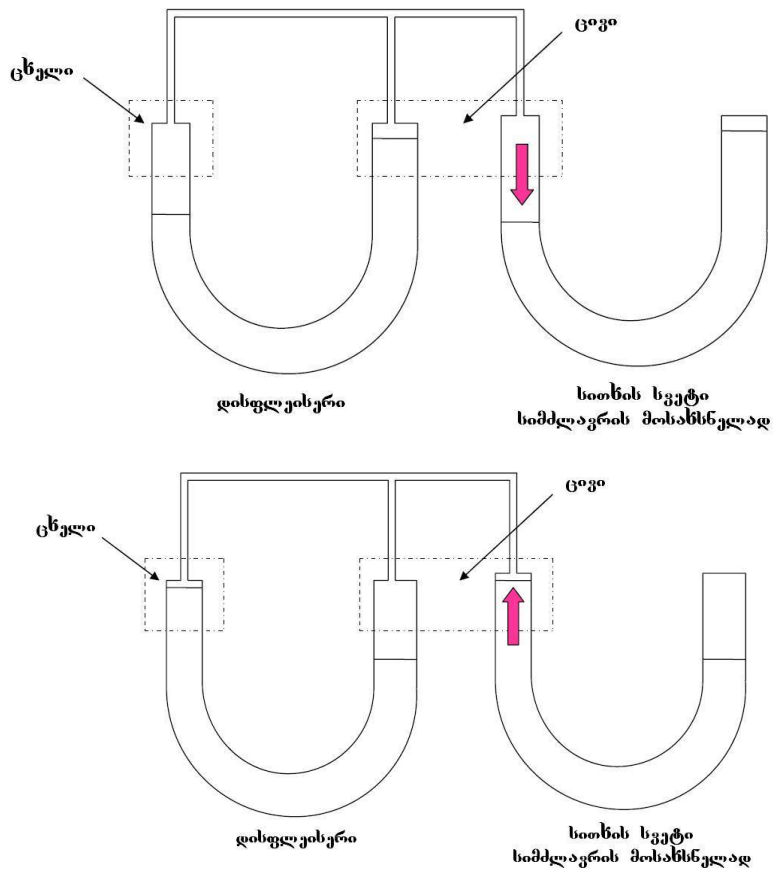
ფლუიდაინის სისტემა შეიცავს თბომცვლელებს, რეგენერატორს (ან მის გარეშე), სვეტის რეგულირებას და თხევად დისფლუისერს.

რეგენერატორი არის სტირლინგის ძრავის ერთერთი ძირითადი ელემენტი. იგი სტირლინგის ძრავს განასხვავებს სხვა გარე წვის ძრავებისგან. რეგენერატორი შთანთქავს და გამოყოფს აკუმულირებულ სითბოს თერმოდინამიკური ციკლის მიმდინარეობისას. რეგენერაციის შედეგად გაცხელება-გაცივების პროცესში უფრო ნაკლები სითბოა საჭირო სითბოს წყაროდან მუშა სხეულზე დასამატებლად. პრაქტიკაში არსებობს განსხვავებული გზები რეგენერატორის შესრულების, მათი უმეტესობა იყენებს მნიშვნელოვან ზედაპირის ფართობს იმისთვის რომ გაზარდოს სითბოს აკუმულაცია, მაგრამ ამავე დროს მას უნდა გააჩნდეს მინიმალური აეროდინამიური წინაღობა. პრაქტიკულ ძრავებში, ხშირად არის მნიშვნელოვანი კომპრომისი რეგენერატორის მოქმედებით მიღებულ ეფექტურობის გაზრდასა და ნაკადის დანაკარგებს შორის. მუშა სხეულის დინების დიდი წინააღობის შემთხვევაში ძრავის ეფექტურობა ძალიან მცირდება, რაც იწვევს გამომუშავებული სიმძლავრის დანაკარგებს. მცირე სიმძლავრის ძრავებისთვის ეს დანაკარგები შესაძლოა იმდენად მაღალი იყოს, რომ უაზრო გახდეს რეგენერატორის პოტენციური სარგებელი. ამასთან, რეგენერატორში გადასასვლელი შეიძლება დაემატოს ძრავის მკვდარ მოცულობებს, ეს კი დამატებით ამცირებს გამომუშავებულ სიმძლავრეს და ეფექტურობას.

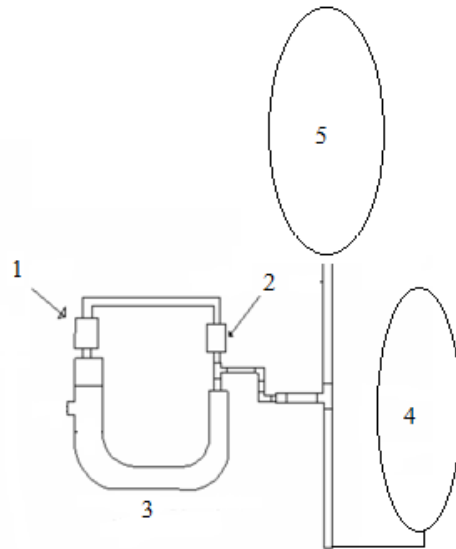
წნევის ციკლური და ფაზური კუთხის ცვლილება “სველ” ფლუიდაინში განსხვავდება ჩვეულებრივი სტირლინგის ძრავის მახასიათებლებისგან, იმ დროს როდესაც “მშრალ” ფლუიდაინში ეს მახასიათებლები ანალოგიურია მრუდმხარა-ბარბაცა მექანიზმიანი სტირლინგის ძრავისა. სითხის მენისკის გადაადგილება ექვივალენტურია მყარი დგუშის მოძრაობისა და იცვლება თითქმის სინუსოიდალური კანონით.

თხევადი დგუშის ძირითადი უპირატესობა ნათლად არის გამოხატული მისი დამზადების სიმარტივეში. თხევადი დგუში არ საჭიროებს ცილინდრების დიდი სინუსტით დამზადებას, რაც მას მნიშვნელოვან უპირატესობას ანიჭებს ჩვეულებრივ მყარ დგუშიან სტირლინგის ძრავებთან შედარებით. ჩვეულებრივ მყარ დგუშიან სტირლინგის ძრავებში საჭიროა მინიმალური ღრეწოთი დგუშის მორგება ცილინდრში, რათა მუშა სხეულის გადაპარვები ერთი არიდან მეორეში მაქსიმალურად შემცირდეს. ამ მოთხოვნებს კი სერიოზულ პრობლემებთან მივყვართ მაღალი წნევის ქვეშ მყოფი და მაღალი ტემპერატურის მქონე ცილინდრის შემთხვევაში.

სტირლინგის ძრავი, როგორც ცნობილია, წარმოადგენს გარე წვის ძრავს მაღალ წნევაზე ჰერმეტიკულად ჩაკეტილი მუშა სხეულით. ძრავიდან ენერჯის მოხსნა ხორციელდება კარტერიდან გარე ამძრავთან დამაკავშირებელი ლილვის საშუალებით. ვინაიდან ლილვზე კარტერის მხრიდან მოქმედებს მაღალი წნევა, ხოლო მეორე მხარეზე ატმოსფერული წნევა, ცხადია სისტემის ჰერმეტიკულობისთვის საჭიროა ლილვის მაღალ დონეზე შემჭიდროება, რაც ამუამადაც გადაუწყვეტელ პრობლემას წარმოადგენს. ფლუიდაინის სისტემის უპირატესობაა აგრეთვე ის, რომ ძრავი და ტუმბო შესაძლებელია გაკეთდეს, როგორც ერთიანი სისტემა. თხევადი გამომავალი დგუში თავიდან გვაცილებს მექანიკური მოძრაობის გარეთ გადაცემის აუცილებლობას და სისტემა სრულდება ჰერმეტიკულად ჩაკეტილ არეში (ნახ.2).



ნახ.1 ფლუიდაინის თხევად დგუშიანი ძრავის მუშაობის პრინციპი.



ნახ.2 ფლუიდაინის სისტემის ძრავი ტუმბოს ფუნქციით.

1-გამაცხელებელი; 2-რეგენერატორი; 3-დისფლუისერი; 4,5-მაღალი წნევის მოცულობები.

სტირლინგის ძრავის მექანიკურ დგუშიან ვარიანტთან შედარებით კიდევ ერთი უპირატესობა თხევად დგუშიანი ფლუიდაინის ძრავას აქვს ის, რომ იგი უხმაუროდ მუშაობს.

თხევადდგუშიანი ფლუიდაინის ძრავს აქვს ნაწილები, რომლებიც არ ბრუნავს და არ სრიალებს და შესაბამისად არანაირი მექანიკური ხახუნი არ გააჩნია. მასში გაგვან-

ნია მხოლოდ დანაკარგები, რომლებიც დაკავშირებულია სითხის სვეტების მოძრაობისას. ფაქტიურად ძირითადი დანაკარგები, რომელიც ამცირებს ფლუიდაინის სისტემის ეფექტურობას, არის დანაკარგები სიბლანტეზე. მოძრავი (მოქანავე) სითხე უნდა იყოს საკმარისად დაბალი სიბლანტის.

სხვადასხვა ქვეყნებში თანამედროვე მაღალეფექტური სტირლინგის ძრავის შექმნის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ მუშა პროცესების ზუსტი მათემატიკური მოდელირებისა და ძირითადი კვანძების ოპტიმალური კონსტრუქციების შექმნის გარეშე საცდელი მანქანების დაყვანა შეიძლება გაიწელოს მრავალწლიან ექსპერიმენტულ კვლევებში.

ცალკეული კვანძების კონსტრუქციული შესრულების სირთულეები (შემჭიდროების პრობლემები, სიმძლავრის რეგულირება და ა. შ.) დამოკიდებულია გამოყენებულ მუშა სხეულის თვისებებზე. პრობლემატურია ძრავებში გამოყენებული მაღალტემპერატურული თბომცვლელის (გამახურებლის) მასალების და მათი შედუღების საკითხების გადაწყვეტა. ცალკე საკითხია რეგენერატორის შესრულების პრობლემა, რომელსაც უნდა ჰქონდეს მცირე ჰიდრაულიკური წინაღობა და მეორეს მხრივ, მაღალი სითბოტევადობა მცირე მკვდარი მოცულობით.

ამდენად, ასეთი მანქანების წარმატებული განხორციელებისათვის საჭიროა როგორც მაღალი მეცნიერული დონის კვლევები, ასევე თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება. ვითვალისწინებთ რა, სტირლინგის მანქანების პერსპექტიულობას ჩვენს მიერ უკანასკნელ წლებში ჩატარებული იქნა რიგი თეორიულ-ექსპერიმენტული კვლევები, რომლის შედეგად მიღებული იქნა ახალი მეთოდოლოგია სტირლინგის ციკლით მომუშავე თავისუფალ დგუშიანი მანქანის ანგარიშისა და პროექტირებისათვის. იმისათვის, რომ მანქანის ზომები მოცემულ სიმძლავრეზე იყოს მისაღები და მუშა სხეულის გარე და შიგა თბოცვლა განხორციელდეს ეფექტურად, საჭიროა ციკლის საშუალო წნევა იყოს ატმოსფერულზე მნიშვნელოვნად მაღალი. ახალი მიდგომები ითვალისწინებს ტექნიკურ გადაწყვეტებს როგორც დისფლემისერის ამძრავის, ასევე შემამჭიდროებელი კვანძების შესაქმნელად.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ ენერჯის გარდამქმნელ სისტემაში არ იქნება გამოყენებული სპეციალური ძვირადღირებული და ტექნიკურად რთული მზის კონცენტრატორი, მის ფოკუსში განლაგებული სტირლინგის ძრავით. ასეთი შეთანწყობა არა სასურველია მთელი კონსტრუქციის გართულების გამო. ირიბი გაცხელების სქემას გააჩნია სწორედ ის უპირატესობა, რომ შესაძლებელია გამოყენებული იქნას დამატებით სხვა ენერჯის წყაროები (მაგ. ბიონარჩენების მდუღარე ფენაში წვის შედეგად მიღებული ენერჯია და სხვა).

ლიტერატურა

1. Уокер Г. Двигатели стирлинга. М.: Машиностроение, 1985. 408 с.
2. Г.Ридер, Ч. Хупер. Двигатели стирлинга. Пер. с англ. –М.: Мир, 1986.-464 с.

REALIGNMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES ON THE BASIS OF STIRLING'S ENGINE

N. JAVSHANASHVILI
Georgian Technical University

Summary

Among global problems most important one is energy crises and ecological pollution of environment as a result of reduction of natural resources in the world and it needs quick solution. Thus it is first priority to create new technologies which will effectively utilize renewable energies and the same time they won't pollute environment.

By vision of ecological and energy problems solution there is consider that one of the most perspective direction is process and instillation of energy conversion systems based on heat engine working according to stirling cycle.



ქარის ენერჯის ბარდაქმნის პროცესების ფიზიკური საფუძვლები

კოხრეიძე ბ*; ნაშაძე ს*; **უსაბაძე შ**;** კოხრეიძე დ*; **ბობინაშვილი ნ*.**

* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;
 ** აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ქარის წარმოშობის ფიზიკური საფუძვლები და ნახვევებია საქართველოს ქარის ზონები. აღწერილია ტემპერატურის ცვალებადობის შედეგად აღძვრული ზღვის სანაპირო ქარების „ბრიზების“, „მუსონების“ და „მატერიალური მუსონების“ მოძრაობის მიმართულებები. ნაშრომში აგრეთვე განხილულია ენერგეტიკაში ეკოლოგიურად უსაფრთხო და განახლებადი ენერჯის წყაროს მიკუთვნებული ქარის ენერჯის სიმძლავრეები, არსებობის სიმძლავრეები და სიჩქარეები. ჩატარებულია ქარის ძრავების კლასიფიკაცია მუშაობის პრინციპის მიხედვით. განსაზღვრულია ქარის ძრავის ფრთის ზედაპირის მუშაობის ფორმულა ქარის ძალის შემოქმედებისას.

2

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 [1].

დედამიწის ზედაპირის ეკვატორზე დევს წყნარი ზონა სუსტი ცვალებადი ქარებით. წყნარი ზონის ჩრდილოეთით და სამხრეთით განლაგებულია ზონები, რომლებიც დედამიწის დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ ბრუნვის გამო გადაიხრებიან დასავლეთისაკენ. ამის გამო ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში მუდმივი ქარები შემოდინან ჩრდილოაღმოსავლეთიდან, ხოლო სამხრეთ-ნახევარსფეროში კი სამხრეთ-აღმოსავლეთიდან.

დედამიწის ზედაპირის რელიეფის განსაკუთრებული ადგილობრივი პირობები (ზღვები, მთები და სხვა) იწვევენ ადგილობრივ ქარებს.

დღისითა და ღამით ტემპერატურის ცვალებადობის შედეგად აღძვრებიან ზღვის სანაპირო ქარები, რომლებსაც უწოდებენ „ბრიზებს“.

დღისით, მზიან ამინდში ხმელეთი ძლიერ ხურდება, ვიდრე ზღვის ზედაპირი, ამიტომ გახურებული ჰაერი ხდება ნაკლებად მკვრივი და აიწევა ზემოთ. ამასთან ერთად ზღვის უფრო ცივი ჰაერი მიისწრაფვის ხმელეთისაკენ და ქმნის ზღვის სანაპირო ქარს. ხმელეთის ზემოთ აწეული ჰაერი მიედინება ზღვის მხარეს ზედა ფენებში და ნაპირიდან რაღაც მანძილზე ეშვება ქვემოლ[2].

ამგვარად, აღძვრება ჰაერის ცირკულაცია ზღვის სანაპიროზე ქვემოლ მიმართულებით და ხმელეთიდან ზღვისკენ ზემოლ მიმართულებით. ღამით ხმელეთის ზემოლ ჰაერი ძლიერ ცივდება, ვიდრე ზღვის ზემოლ, ამიტომ ცირკულაციის მიმართულება იცვლება: ზღვაზე ჰაერი მოძრაობს ქვემოლ, ხოლო ზღვიდან ხმელეთზე ზემოლ. ასეთი ქარის („ბრიზების“) გავრცელების ზონაა დაახლოებით 40კმ ზღვის მხარეს და 40 კმ ხმელეთის მხარეს. ქარის სიმძლავრე ჩვენს განედზე აღწევს 200 - დან 300 მ-დე. ტროპიკული ქვეყნებში „ბრიზები“ შეიმჩნევა დაახლოებით წლის ყველა დროში, ხოლო ზომიერ სარტყელში მხოლოდ ზაფხულობით ცხელ ამინდში. „ბრიზები“ შეიძლება არსებობდეს ზაფხულობით შავი და კასპიის ზღვის სანაპიროებზე.

დიდი ზღვებისა და ოკეანეების სანაპირო რაიონებში ტემპერატურის წლიური ცვალებადობა იწვევენ „ბრიზების“ ანალოგიურად ცირკულაციას წლიური პერიოდით. ეს ცირკულაცია უფრო მძლავრი ზომისაა, ვიდრე „ბრიზები“ და წოდებულია, როგორც „მუსონები“. მუსონები აღძვრებიან შემდეგი მიზეზით: ზაფხულში კონტინენტი ხურდება ძლიერ, ვიდრე მის გარშემო მყოფი ზღვები და ოკეანეები. ამის გამო კონტინენტის ზე-

მოდ წარმოიქმნება დაბალი წნევა, ჰაერი ოკეანიდან კონტინენტისაკენ მიისწრაფვის ქვე-
მოდ, ხოლო ზემოდ შებრუნებით, მიედინება კონტინენტიდან გარშემორტყმულ ოკეანე-
ბისაკენ. ამ ქარებს უწოდებენ ზღვის „მუსონებს“. ზამთრობით კონტინენტი მნიშვნელოვ-
ნად ცივია, ვიდრე ზღვის ზედაპირი; მათ ზემოდ წარმოიშვება მაღალი წნევის არე; ამის
შედეგად ჰაერის ქვედა ფენა მიემართება კონტინენტიდან ოკეანეებისაკენ, ხოლო ზედა
ფენებში კი შებრუნებით, ოკეანეებიდან კონტინენტებისაკენ. ასეთ ქარებს უწოდებენ „მა-
ტერიალურ მუსონებს“[2].

ქვეყნის სხვადასხვა ზონებს აქვთ ქარის რეჟიმები, რომლებიც ერთმანეთისაგან
ძლიერ განსხვავდებიან. ქარის საშუალო წლიური სიჩქარის მნიშვნელობა მოცემულ რა-
იონში იძლევა საშუალებას დაახლოებით წარიმართოს მსჯელობა ქარის ძრავების გა-
მოყენების მიზანშეწონილობაზე და შესაბამისი აგრეგატების ეფექტურობაზე.

ენერგეტიკაში ეკოლოგიურად უსაფრთხოა მზის, ქარის, ზღვის მიმოქცევის და
სხვა ასეთი სახის ენერჯები, რომელთა გამოყენებისას არ ხდება CO_2 -ის გამოყოფა და
რადიოაქტიური ნივთიერებებით გარემოს გატუჩყიანება.

ეკოლოგიურად სუფთა და განახლებადი ენერჯის წყაროს მიეკუთვნება ქარის
ენერჯია. ცნობილია, რომ პლანეტაზე ქარის ჯამური სიმძლავრეა 2700 ტერავატი. აქე-
დან 670 ტერავატი სიმძლავრე დედამიწის ზედაპირიდან დაახლოებით 100მ სიმაღლეზე
არსებობს, ხოლო 2000 ტერავატის სიმძლავრე მოდის ატმოსფეროს ზედა ფენაზე დედა-
მიწის ზედაპირიდან დაახლოებით 7-დან 12 კმ-მდე სიმაღლეზე პლანეტის ჩრდილოეთით
და სამხრეთით. ნახევარსფეროს $40^{\circ} - 70^{\circ}$ განედზე. ამ სიმაღლეზე ქარს აქვს სტაბილუ-
რი პარამეტრები როგორც დღე-ღამის, ასევე წლის განმავლობაში. ქარის საშუალო
წლიური სიჩქარე აღწევს 20-30 მ/წმ-ს. ასეთი ამოუწურავი და ეკოლოგიურად სუფთა
ენერჯის გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ სპეციალურად დამუშავებული ტექნოლო-
გიებით, რომელთა საფუძველს უნდა შეადგენდეს აეროსტატიკური მიბმული ბაქნები.
ასეთ სიმაღლეზე განთავსებული 100 მგტ დადგმული სიმძლავრის მქონე ქარის ელექ-
ტროსადგურები 2050 წლისათვის საჭირო იქნება დაახლოებით 290000 ერთეული. თუ მო-
თხოვნილი მთელი სიმძლავრის 50%-ს დააკმაყოფილებს ასეთ სიმაღლეზე განთავსებუ-
ლი ქარის ელექტროსადგურები, მაშინ საჭირო იქნება 100 მგტ სიმძლავრის მქონე 145000
ერთეული ასეთი დანადგარის შექმნა დედამიწის ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნახევარსფე-
როს ტერიტორიის ზემოდ 40° -დან 70° -განედამდე. მათ ტროფოსფერული ქარის ელექ-
ტრო დანადგარებს უწოდებენ.

მიწის ზედაპირიდან 100 მ სიმაღლეზე არსებული ქარის ენერჯის გამოყენებას დი-
დი ყურადღება ექცევა ისეთ ქვეყნებში, როგორცაა: დანია, აშშ, გერმანია, ინგლისი,
ბელგია, ნიდერლანდები, იაპონია, ინდოეთი, უკრაინა, რუსეთი და საქართველო. ექსპერ-
ტების შეფასებით 2020 წლისათვის რეალურად უნდა იყოს ათვისებული 45105 მგტ სიმ-
ძლავრე, რაც უზრუნველყოფს ზოგადი მოთხოვნილი სიმძლავრის 3,5%-ს ქარის ელექ-
ტროსადგურების მიერ დაკავებული მიწის ფართობი იქნება 5400 კმ^2 .

დღეისათვის ქარის ელექტროსადგურებში, როგორც წესი, გამოიყენება ძირითადად
ასინქრონული გენერატორები. ტურბინის ნორმალურ ბრუნთა სიხშირეა 20-30 ბრ/წთ. გე-
ნერატორის ამძრავის მუშაობა ხორციელდება $K = 50 \div 75$ რედუქციის კოეფიციენტის
მქონე რედუქტორით, რომელიც წარმოადგენს ხმაურის დამატებით წყაროს და ამცირებს
მთლიანად სისტემის საიმედოობას. ქარის ელექტროსადგურების პარალელური მუშაობი-
სას ასინქრონული გენერატორების უპირატესობად ითვლება ელექტრომაგნიტური მომენ-
ტის, დენის და გენერირებული სიმძლავრის შედარებით მცირე რხევები ქარის სიჩქარის
ცვლილებათა პირობებში.

საქართველოში ქარის ელექტროსადგურების აშენება პერსპექტიულია სამხრეთ სა-

ქართველოს მთიანეთში, კახაბრის ვაკისა და კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში.

ქარის ძრავების კლასიფიკაცია მუშაობის პრინციპის მიხედვით.

ქარის ძრავების (გენერატორების) არსებული სისტემები ქარის ბორბლის მოწყობილობათა სქემებისა და ქარის ნაკადში მისი მდებარეობის მიხედვით იყოფა სამ კლასად.

პირველი კლასში თავს იყრის ისეთი ქარის ძრავები, რომელთაც ქარის ბორბალი განლაგებული აქვთ ვერტიკალურ სიბრტყეში. ამ დროს ბრუნვის სიბრტყე ქარის მართობულია და შესაბამისად ქარის ბორბლის ღერძი ქარის ნაკადის პარალელურია. ასეთი ქარის ძრავებს უწოდებენ ფრთოვანს.

ფრთის ბოლო წერტილის წრიული სიჩქარის ფარდობა ქარის სიჩქარესთან წარმოადგენს სწრაფსვლიანობას:

$$Z = \frac{\omega R}{V}; \quad (1)$$

ფრთოვანი ქარის ძრავები ქარის ბორბლის ტიპის და სწრაფსვლიანობის მიხედვით იყოფიან სამ ჯგუფად:

- მრავალ ფრთიანი, ნელსვლიანი, სწრაფმავალი $Z \leq 2$ ქარის ძრავები;
- მცირე ფრთიანი, ნელსვლიანი, მათ შორის ქარის წისქვილი, სწრაფმავალი $Z > 2$ ქარის ძრავები;
- მცირე ფრთიანი, სწრაფმავალი ქარის ძრავები.

მეორე კლასს განეკუთვნებიან ქარის ბორბლის ბრუნვის ღერძის ვერტიკალური მიმართულებიანი ქარის ძრავების სისტემა.

მესამე კლასს განეკუთვნებიან ქარის ძრავები, რომლებიც მუშაობენ წყლის წისქვილის ბორბლის მუშაობის პრინციპზე. მათ უწოდებენ დოლურ ძრავებს. ასეთი ქარის ძრავებს ბრუნვის ღერძი აქვთ პორიზონტალური და პერპენდიკულარულია ქარის მიმართულებისა [3].

ქარის ძრავის ფრთის ზედაპირის მუშაობა ქარის ძალის ზემოქმედებისას.

ქარის სიჩქარე მუდმივად ცვალებადია სიდიდისა და მიმართულების მხრივ. ამ ცვალებადობის მიზეზია დედამიწის ზედაპირის არა თანაბარი გახურება და ადგილის რელიეფის უსწორმასწორობა.

ქარის კინეტიკური ენერგია იცვლება მისი სიჩქარის კუბის პროპორციულად:

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{\rho FV^3}{2}; \quad (2)$$

სადაც ρ - არის ქარის სიმკვრივე; F - განივი კვეთის ფართი; V - ქარის სიჩქარე. ქარის ენერგიის გამოყენების კოეფიციენტი:

$$\xi = C_x \left(1 - \frac{U}{V}\right)^2 \cdot \frac{U}{V}; \quad (3)$$

სადაც C_x -ფრთის საქარე წინაღობის ჰაეროდინამიკური კოეფიციენტი; U -ფრთის წრიული მოძრაობის სიჩქარე; V - ქარის საშუალო სიჩქარე. როგორც (3) - 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. [4,5,6].

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



$$U = \frac{1}{3}V; \quad (4)$$

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

ლიტერატურა

1. Рензо Д. де: Пер. с. Англ.: Под редакцией Я.И. Шефтера. Ветроэнергетика. М. Энергоатомиздат. 1982г. 272 с.
2. 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.
3. Елистратов В.В., Константинов И.А., Панфилов А.А. Нагрузка на элементы Ветроэнергетической установки на ее фундамент и основание. Учебное пособие СП, изд-во СПбГТУ, 1999г. 36 с.
4. Андреев В.М., Грилехес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. Л. „Наука“, Ленинградское отделение. 1989 г. 309 с.
5. Фаренбрух А., Бьюб Р., Солнечные элементы. Теория и эксперимент. Перевод с английского. М. Энергоатомиздат. 1987г. 278 с.
6. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей. Перевод на русский язык. Энергоатомиздат. 1983г. 358 с.

**PHYSICAL FUNDAMENTALS OF WIND ENERGY CONVERSION PROCESSES
 KOKHREIDZE G*; NEMSADZE S*; PKHAKADZE SH**; KOKHREIDZE D*; GOGINASHVILI N*.**

Georgian technical University *
 Akaki Tsereteli State University**

Summary

In the work there is discussed physical basis of wind origination and there are displayed wind zones. There are described moving directions of the sea winds “breeze”, “Mussons” and “Material mussons” made as a result of changeability of temperature. In the article there is also described wind energy powers belonging to ecologically safe and renewing source of energy, their height and speeds. There is classified wind engines according to working principles and there are specified formula of wind engine wing surface working while influence of wind power.

მზის ენერჯის გარდაქმნის პროცესების ფიზიკური საფუძვლები

კოხრეიძე გ*; ნემსაძე ს*; შხაკაძე შ**; კოხრეიძე დ*; გოგინაშვილი ნ*.

* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;
 ** აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია მზის ენერჯის გარდაქმნის პროცესების დამახასიათებელი მზის გამოსხივების ინტენსიურობა და ატმოსფეროს მიერ მზის გამოსხივების ინტენსიურობაზე გავლენის ამსახველი ძირითადი პარამეტრი. გადასვლის ფოტოელექტრული თვისება. ნახვევებია მონოკრისტალური კაუბადის საფუძველზე დამახასიათებელი მზის ელემენტის უმარტივესი კონსტრუქცია და განათებისას $P-n$ გადასასვლელის ზონური ენერგეტიკული დიაგრამები. ნაშრომში აგრეთვე განსახილველია სინათლის გენერირებული ვადამტანების ნაკადის მიერ შექმნილი I_{ϕ} ფოტოდენსის სიდიდისა და „სიბნელის I_T “ დენის აბსოლუტური მნიშვნელობის ფორმულები.

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 ულტრაფიოლეტური გამოსხივების შთანთქმის გამო და გაზების და ჰაერში არსებული მტვრის ნაწილაკების მიერ გამოსხივების ფანტის გამო. ატმოსფეროს მიერ მზის გამოსხივების ინტერსიურობაზე გავლენის ასახვის ძირითადი პარამეტრია ატმოსფერული მასა (ამ). ნულოვანი ატმოსფერული მასის ამ 0 შემთხვევაში მზის გამოსხივების ინტერსიურობა ტოლია $E_{\text{აზ}}=1360\text{ვტ/მ}^2$ ამ 1 სიდიდე შეესაბამება მზის გამოსხივების გავლას უღრუბლო ატმოსფეროს გავლით ზღვის დონემდე მზის ზენიტური მდგომარეობაში ყოფნისას.

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

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

სადაც x - ატმოსფერული წნევა- პასკალი (პა);

x_0 - ნომინალური ატმოსფერული წნევა $[1,013 \cdot 10^5 \text{ პა}]$;

θ - ჰორიზონტის ზემოთ მზის სიმაღლის კუთხეა.

დედამიწის პირობებში მეტად დამახასიათებელია ამ. იგი ჩაითვლება სტანდარტულ სიდიდედ $E_c=835\text{ვტ/მ}^2$, მზის გამოსხივების ინტეგრალური ზედაპირული სიმკვრივისას - $E_{\text{აზ}}=835\text{ვტ/მ}^2$.

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

$$h\nu = h \frac{c}{\lambda} = \frac{1,24}{\lambda}, \quad (2)$$

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

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

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

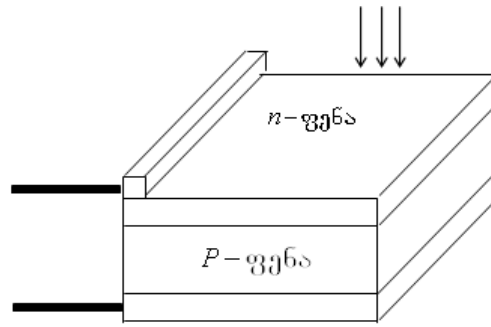
$$\lambda_{\text{ზღვრ}} = \frac{1,24}{E_g}, \quad (3)$$

λ ზღვრ-ზე მეტი სიგრძის მქონე ტალღა არ შთანთქმდება ნახევარ გამტარში და შესაბამისად, ფოტოელექტრული გარდაქმნის თვალსაზრისით უსარგებლოა.

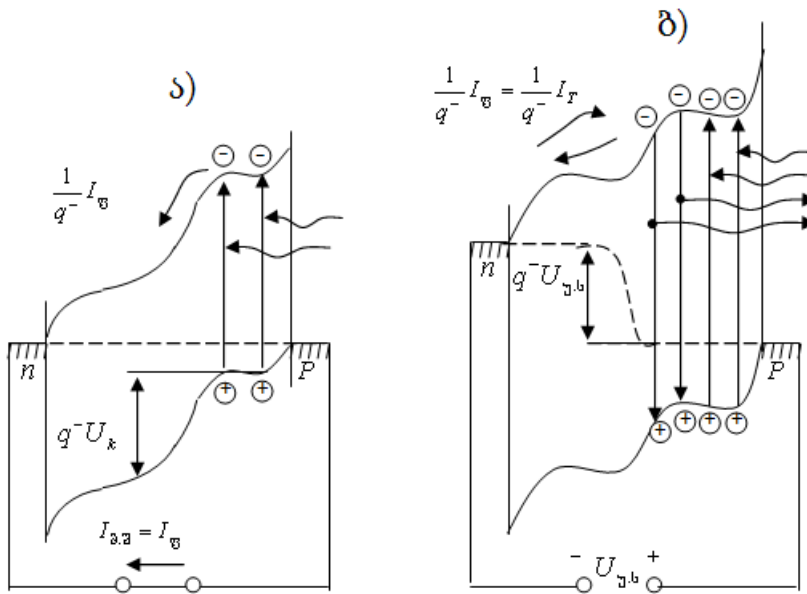
$P - n$ გადასვლის ფოტოელექტრული თვისება

მონოკრისტალური კაუბადის საფუძველზე დამზადებული მზის ელემენტის უმარტივესი კონსტრუქცია ნაჩვენებია ნახ.1-ზე. კაუბადის P -ტიპის ფირფიტის ზედაპირიდან მცირე სიღრმეზე ფორმირებულია $P - n$ გადასვლა თხელი ლითონური კონტაქტით. ფირფიტის უკანა მხარეზე დასმულია მთლიანი ლითონური კონტაქტი.

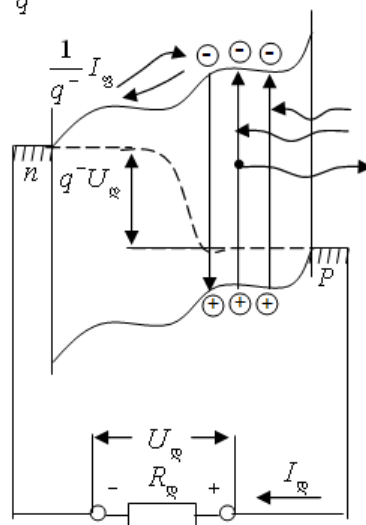
ვთქვათ გადასვლა განლაგებულია ნახევარგამტარის განათებული ზედაპირიდან ახლოს. მზის ელემენტის ელექტრული ენერჯის წყაროს რანგში გამოყენებისას მის მომჭერებზე უნდა მიუერთდეს $R_{\text{დ}}$ დატვირთვის აქტიური წინაღობა. ჯერ განვიხილოთ ორი უკიდურესი შემთხვევა: $R_{\text{დ}}=0$ (მოკლე შერთვის რეჟიმი) და $R_{\text{დ}} = \infty$ (უქმი სვლის რეჟიმი). ამ რეჟიმების ზონური დიაგრამა გამოხატულია ნახ.2,ა,ბ-ზე [1].



ნახ.1 უმარტივესი შის ელემენტის კონსტრუქცია



$$\frac{1}{q^-} I_{\text{ფ}} = \frac{1}{q^-} (I_{\text{ფ}} - I_{\text{ფ}}) \quad \text{ბ)}$$



ნახ.2. განათებისას P-n გადასასვლელის ზონური ენერგეტიკული დიაგრამები: ა) მოკლე შერთვის რეჟიმში; ბ) უჭი სვლის რეჟიმში; გ) დატვირთვის წინააღმდეგ ჩართვა

პირველ შემთხვევაში (ნახ.2,ა) განათებული $P-n$ გადასასვლელის ზონური დიაგრამა არ განსხვავდება თერმოდინამიური წონასწორობისას ზონური დიაგრამისაგან (განათების გარეშე და წანაცვლების ძაბვის მიუწოდებლად), რამდენადაც გარე დამოკლება უზრუნველყოფს n და P -არეს შორის ნულოვან პოტენციურ სხვაობას.

$P-n$ გადასასვლელის გავლით გარე სადენში მიედინება დენი, განპირობებული P - არეში ელექტრონულ-ხვრელური წყვილების გენერაციით. ფოტოელექტრონი, წარმოშობილი მოცულობითი მუხტის უშუალო სიახლოეში, შეიგრძნობს $P-n$ გადასასვლელის ელექტრულ ველს და დაეცემა n - არეში. დანარჩენი ელექტროდენები დიფუნდირებს $P-n$ გადასასვლელთან, ცდილობენ შეავსოს მათი სიმცირე და საერთო ჯამში აგრეთვე ეცემიან n - არეში.

n - ის არეში აღიძვრება ელექტრონების მიმართული მოძრაობა უკანა ლითონური კონტაქტისაკენ, გადაკვეთავს გარე წრედის და P - არეში მდებარე კონტაქტს. P - არის კონტაქტის საზღვართან წარმოებს ფოტოგენერირებული ხვრელებიდან აქ მოსული ელექტრონების რეკომბინაცია.

$P-n$ - გადასასვლელის გარე წრედის განხილვისას (ნახ.2,ბ), n - არეს მუხტავენ უარყოფითად. - არეში დარჩენილი ჭარბი ხვრელები მუხტავენ - არეს დადებითად. ამ გზით აღძრული პოტენციალთა სხვაობა არის $U_{\text{უკ}}$ უქმი სვლის ძაბვა. $U_{\text{უკ}}$ ძაბვის პოლარობა შეესაბამება $P-n$ გადასასვლელის პირდაპირ წანაცვლებას.

სინათლის გენერირებული გადამტანების ნაკადი ქმნიან $I_{\text{ფ}}$ ფოტოდენს. $I_{\text{ფ}}$ -ის სიდიდე ტოლია ფოტოგენერირებული გადამტანების რიცხვს გასული $P-n$ -გადასვლელის გავლით დროის ერთეულში:

$$I_{\text{ფ}} = q \frac{P_u}{h\nu}, \tag{4}$$

სადაც q - ელექტრონის მუხტის სიდიდეა; P_u - შთანთქმული მონოქრომატული გამოსხივების სიმძლავრეა.

აქ დაშვებულია, რომ ნახევარგამტარში თითოეული შთანთქმული ფოტონი, ენერჯით $h\nu \geq E_g$ ქმნის ერთ ელექტრონულ-ხვრელურ წყვილს. ეს პირობა კარგად სრულდება კაჟბადის S და გალიუმის არსენიდის $GaAs$ -ის საფუძველზე შექმნილ მზის ელემენტებისათვის [2].

მზის ელემენტში ნულოვანი ომური შიგა დანაკარგებისას მოკლე შერთვის რეჟიმში (ნახ.2,ა) ექვივალენტურია $P-n$ - გადასასვლელის წანაცვლების ნულოვანი ძაბვისა. ამიტომ მოკლე შერთვის $I_{\text{ფ}}$ დენი ტოლია I_f ფოტოდენის:

$$I_{\text{ფ}} = I_f \tag{5}$$

უქმი სვლის რეჟიმში (ნახ.2,ბ) $I_{\text{ფ}}$ ფოტოდენი წონასწორდება „სიბნელის I_T ” დენით, წარმოშობილი $U_{\text{უკ}}$ წანაცვლების ძაბვისას $P-n$ - გადასასვლელის გავლით, როგორც პირდაპირი დენი. „სიბნელის I_T ” დენის აბსოლუტური მნიშვნელობა ტოლია:

$$I_T = I_0 \exp \left[\left(\frac{qU_{\text{უკ}}}{AkT} \right) - 1 \right] = I_{\text{ფ}}, \tag{6}$$

საიდანაც, როცა $I_{\text{ფ}} \gg I_0$ გვაქვს:

$$\frac{U_{us}}{I_0} = \frac{AkT}{q} \ln \left(\frac{I_{\Phi}}{I_0} + 1 \right) \approx \frac{AkT}{q} \ln I_{\Phi}, \quad (7)$$

სადაც k -ბოლცმანის მუდმივაა, $\frac{1,38 \cdot 10^{-23} \text{ჯოულ}}{\text{K}} = 0,86 \cdot 10^{-4} \frac{\text{ევ}}{\text{K}}$;
 T - აბსოლიტური ტემპერატურაა, k ;
 I_0 - გაუქვნიერების დენია;

$$A = 0,434 \frac{q}{KT} \Delta U, \quad (8)$$

სადაც ΔU - ძაბვის ნაზრდია მსებისადმი დენის სიმკვრივის ერთი რიგით ნაზრდისას.

A-P-n გადასასვლელის ვოლტ-ამპერული მახასიათებლის პარამეტრია, ცვალებადი გრაფიკის სხვადასხვა უბნებისათვის 1-დან 2-მდე (8) გამოსახულების კანონზომიერების დაცვით.

„სიბნელის I_T ” დენი თანამდებია დენის არაძირითადი გადამტანების რეკომბინაციებით (მოცემულ შემთხვევაში P არეში ელექტრონებით). რეკომბინაციის აქტისას ელექტრონულ ხვრელური წყვილების პოტენციალური ენერჯია გამოიყოფა ან ფოტონის გამოსხივებით, რომლისთვისაც $h\nu \approx E_g$, ან იხარჯება კრისტალური მესერის გახურებაზე. ორთავე პროცესი სქემატურად ნაჩვენებია დამატებითი ისრებით ნახ.2,ბ-ზე. ასე ამგვარად უქმი სვლის რეჟიმი მზის ელემენტისა ექვივალენტურია სინათლის დიოდის მუშაობის რეჟიმისა; აგრეთვე გამმართველი დიოდებისა გამტარ მიმართულებით [3].

ლიტერატურა

1. Фаренбрух А., Бьюб Р., Солнечные элементы. Теория и эксперимент. Перевод с английского. М. Энергоатомиздат. 1987г. 278 с.
2. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей. Перевод на русский язык. Энергоатомиздат. 1983г. 358 с.
3. Баиерс Т. 20 Конструкций с солнечными элементами. М. „Мир”, 1988г. 198с.

PHYSICAL FUNDAMENTALS OF SOLAR ENERGY CONVERSION PROCESSES

KOKHREIDZE G*; NEMSADZE S*; PKHAKADZE SH**; KOKHREIDZE D*;
GOGINASHVILI N*.

Georgian technical University *
Akaki Tsereteli State University**

Summary

In the work there is discussed intensiveness of sun radiation of sun energy transformation processes and principal parameters affecting on intensiveness of sun radiation by atmosphere. P-n photoelectric characteristic of transformation. There is presented simple construction of sun element on the base of monocrystal flint and P-n zone energetic diagrams after lightening. In the work there are defined current absolute formulas of size of photodensis I_f and darkness I_t .



**ბანახლებადი ენერჯის რესურსების გამომყენების ეფექტურობა
 საქართველოში**

**კოტორაშვილი ე.ა., არაბიძე ბ.ო., ვეზირიშვილი ო.შ.,
 ვეზირიშვილი-ნოზაძე ძ.ო.**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2

ენერჯის განახლებადი რესურსები მდგრადი ენერჯეტიკის და ეკოლოგიური უსაფრთხოების ერთ-ერთი ძირითადი კომპონენტია. შეფასებულია საქართველოს განახლებადი ენერჯორესურსების მარაგები. დადგენილია არსებული საკუთარი ენერჯორესურსების ნაკლებად ათვისება და მათი ჩართვა სათბობ-ენერჯეტიკულ კომპლექსში. სათბობ-ენერჯეტიკული კომპლექსის განვითარების სტრატეგიულ მიმართულებად უნდა იქნეს მიღებული მისი ავტონომიურობის ამაღლება, რაც უნდა განხორციელდეს პირველ რიგში ადგილობრივი ენერჯორესურსების მაქსიმალური ათვისებით და მათი რევიონალური გამოყენებით.

შეფასებულია ენერჯის განახლებადი რესურსების საქართველოს სათბობ-ენერჯეტიკულ კომპლექსში ჩართვის მასშტაბებისა და გამოთავისუფლებული სათბობის ყოველწლიური რაოდენობა – 2,5-2,7 მლნ. ტპს ოდენობით.

ადამიანის სამრეწველო თუ სამეურნეო საქმიანობით გარემოსათვის მიყენებულმა ზიანმა, დღეს უკვე არნახული მასშტაბები შეიძინა. გადაჭარბებული არ იქნება თუ ვიტყვით, რომ მივადექით იმ ზღვარს, როდესაც ჩვენი და მომავალი თაობების კეთილდღეობა და თუ გნებავთ, არსებობაც კი – ბევრად არის დამოკიდებული იმაზე, თუ რამდენად ჰარმონიული იქნება ჩვენი ბუნებასთან ურთიერთობა.

ფაქტიურად, მოსახლეობა დაინტერესებულია არა თვით ენერჯის წყაროებით, არამედ – შედეგებით, რომლებსაც ის წარმოადგენს – გათბობით, საკვების დამზადებით, ელექტროენერჯის მომარაგებით. ყურადღება უნდა მივაპყროთ იმას, თუ როგორ უნდა წარმოვიდგინოთ ეს საშუალებები უფრო ეფექტურად, რადგან ამ პროცესმა შეიძლება რადიკალურად შეცვალოს ჩვენი ყოფა.

სიკვდილიანობის შემცირების, სიცოცხლის ხანგრძლივობის გაზრდისა და სანიტარული პირობების გაუმჯობესების გამო, მეცნიერება ჩაება ენერჯის ახალი წყაროების ძიების პროცესში. მოსახლეობის ზრდასთან ერთად იზრდება საერთო მოთხოვნებიც. მათ სურთ კომფორტი, მატერიალური უზრუნველყოფა, მობილურობა და კავშირი, მიდგომა სხვადასხვა ტექნოლოგიებთან და პროცესებთან. ამას თან მოჰყვება ენერჯის მოთხოვნის გაზრდაც. ინდუსტრიალიზაციამ გამოიწვია გარემოს დაბინძურება, რამაც საფრთხის წინაშე დააყენა მოსახლეობა. დღესდღეისობით, გარემოს დაბინძურების პრობლემა სერიოზულ ხასიათს ატარებს, ვიდრე რამდენიმე წლის წინ. დღეს უკვე ყველასათვის ნათელია – ადამიანთა ცივილიზაციის ბედი დიდადაა დამოკიდებული იმაზე, თუ რამდენად შესძლებს კაცობრიობა მომავალში პლანეტის რესურსების რაციონალურ გამოყენებას და კერძოდ, ენერჯის განახლებადი წყაროების საფუძველზე საჭირო ენერჯეტიკული ბაზის შექმნას.

ისიც უნდა ითქვას, რომ მრავალ ქვეყანაში უკვე დღეს, განახლებადი წყაროების საშუალებით გამოიმუშავებულმა ენერჯიამ შეიძლება გადამწყვეტი წვლილი შეიტანოს ეკონომიკის განვითარებაში და მოსახლეობის ცხოვრების გაუმჯობესებაში. მოგეხსენებათ, საქართველოს, რომელსაც წიაღისეული საწვავის დიდი მარაგი დღესდღეისობით არ გააჩნია, სწორედ ამგვარი ქვეყნების რიცხვს მიეკუთვნება.

მეორეს მხრივ, საქართველო ძალიან მდიდარია ჰიდრო, ქარის, მზის, ბიომასის და გეოთერმული წყლების რესურსებით. აღსანიშნავია, რომ ამ უკანასკნელს ჩვენში უკვე ოცდაათი წელია იყენებენ კომუნალურ მეურნეობაში. საერთოდ, თუკი გავითვალის-

წინებთ საქართველოში არსებულ მსოფლიო სტანდარტების სამეცნიერო პოტენციალს და დიდად განვითარებულ საინჟინრო აზროვნებას, თამამად შეიძლება ითქვას, რომ ქვეყანას ძალუძს ყველაზე მოწინავე იდეების რეალიზაცია და უმაღლესი ტექნოლოგიების დანერგვა და ათვისება.

საქართველოს ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების განვითარებაში საექტაპო მნიშვნელობის მოვლენად უნდა ჩაითვალოს ჰარარეს შეხვედრაში ჩვენი ქვეყნის დელეგაციის მონაწილეობა და “მზის მსოფლიო პროგრამაში” საქართველოდან წარდგენილი 5 პროექტის შეტანა. ამ შეხვედრისას ხაზგასმული იყო, რომ “განახლებადი ენერჯის გამოყენება მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს მშვიდობის განმტკიცებას მთელს მსოფლიოში, ვინაიდან საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდეს ჩვენი პლანეტის მოსახლეობის სასიცოცხლო პირობები და ეკოლოგიური მდგომარეობა, უზრუნველყოფილი იყოს იმ ქვეყნების ენერგეტიკული დამოუკიდებლობა, რომლებიც ჯერ კიდევ განიცდიან საკუთარი სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების ნაკლებობას. ის ხელს შეუწყობს აგრეთვე, ფინანსური რესურსების სერიოზულ ეკონომიას, რომელიც დღეს ენერჯის საწარმოებლად საჭირო სათბობის შესაძენად იხარჯება”. საქართველოს დელეგაციამ მიმართა იუნესკოს გენერალურ მდივანს, რათა გამოიყენონ საქართველო - ენერჯის სხვადასხვა სახეობათა ასათვისებლად, თანამედროვე ტექნოლოგიების გამო-საცდელ და დანერგვისათვის მოსამზადებელ პოლიგონად და რომ ამ ინიციატივას მთავრობის მხრიდან ექნება აბსოლუტური მხარდაჭერა, როგორც ერთ-ერთ პრიორიტეტულ და უაღრესად მნიშვნელოვან მსოფლიო მასშტაბის ღონისძიებას.

ამ ღონისძიების შემდეგი ეტაპი იყო, რომ იუნესკოს ინიციატივით მოეწყო “სამხრეთ საქართველოს მდგრადი განვითარების პერსპექტივებთან დაკავშირებული მაღალი დონის ექსპერტთა” საერთაშორისო კონფერენცია, სადაც დაისვა საკითხი, რომ საქართველო იყოს მზის მსოფლიო ლაბორატორიის ცენტრი.

ენერჯის განახლებადი წყაროების ეფექტიანად გამოყენება და შემდგომი განვითარება სახელმწიფო ენერგეტიკული პროგრამის ძირითად ნაწილს უნდა შეადგენდეს. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია ქვეყნის სათბობ-ენერგეტიკულ ბალანსში ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების მასშტაბების თანდათანობრივი ზრდა. ამ წყაროების ფართომასშტაბიანი დანერგვით უახლოეს მომავალში შეიძლება ენერჯიაზე მოსახლეობის მოთხოვნების დაკმაყოფილება 10 და შემდგომ მეტი პროცენტული რაოდენობით.

საქართველოს კლიმატური პირობების და ენერჯის განახლებადი წყაროების რესურსებისა და დღევანდელი ვითარების ანალიზის შედეგად, ენერგეტიკის ამ დარგის განვითარების ძირითად მიმართულებად უნდა მივიჩნიოთ:

- მზის ენერჯის გამოყენება ცხელწყალმომარაგების სისტემებში;
- ფოტოელექტრული გარდამქმნელების ბაზაზე მცირე სიმძლავრის ინდივიდუალური ელექტროენერჯის კვების წყაროების შექმნა;
- ქარის ენერჯის გამოყენება გათბობისა და ცხელწყალმომარაგების სისტემებში;
- ბიოგაზის ენერჯის გამოყენება;
- გეოთერმული წყლების ენერჯის გამოყენება.

საქართველო თავისი სპეციფიკით წარმოადგენს მეტად საინტერესო რეგიონს მზის ენერგეტიკის განვითარებისათვის. ეს განპირობებულია როგორც რესპუბლიკის მეურნეობის სპეციფიკით, რომელიც მოითხოვს ლოკალური ენერჯის წყაროების არსებობას, განსაკუთრებით მთა-გორიანი ადგილებისათვის, სადაც არახელსაყრელია ტრადიციული ენერგორესურსებით მომარაგება. ასეთია: ტელეკომუნიკაცია, სოფლის მეურნეობა, გეოლოგიური ძიება, წიაღისეულის მოპოვება, საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოების ნომენკლატურა, საერთოდ გარანტირებული ლოკალური კვების აუცილებლობა საავარიო სიტუაციებში და ა.შ.

საქართველო 250-280 მზიანი დღეა. მზის ენერჯით შესაძლებელია ქვეყნის სითბოსიცივის მოთხოვნილებების 60% დაკმაყოფილება. საქართველოში, სამმართველო “სპეც-ჰელიო-თბომონტაჟმა” ინტენსიურად დაიწყო მზის თბური კოლექტორების დამზადება-დანერგვა. წლების განმავლობაში დამზადდა და დაინერგა ყოფილ საბჭოთა სივრცეში 140 ათასი კვადრატული მეტრი ფართობის მზის თბური კოლექტორები. მათ შორის, საქართველოში – 80 ათასი კვადრატული მეტრი, რომლებიც ზოგავენ 12 ათას ტონა პირობით სათბობს წელიწადში და აუმჯობესებენ ეკოლოგიურ მდგომარეობას. ასათვისებელი მზის პოტენციალი ბევრად მეტია, ვიდრე ქვეყნის მოთხოვნილება თბურ ენერჯიაზე. მაგალითად, საქართველოს ტერიტორიის 1%-ზე მოსული მზის ენერჯია ექვივალენტურია 10 მლნ ტონა პირობითი სათბობისა ყოველწელიურად. დღეისათვის შექმნილია საკმაოდ მაღალი პოტენციალი ელექტრონიკის დარგში, რომლის ერთ-ერთი მიმართულებაა მზის ენერჯის ნახევარგამტარული ფოტოგარდამქმნელები. არის კვალიფიციური სამეცნიერო და საინჟინრო კადრები, რესპუბლიკაში ამჟამად მიმდინარეობს სამუშაოები, როგორც სილიციუმის (კაუბადის) ბაზაზე, ასევე დარიშხანის შემცველი ნახევარგამტარების (გალიუმის არსენიდის) გამოყენებით მზის მოდულების შესაქმნელად. გალიუმის არსენიდისადმი ინტერესი მაღალეფექტური მზის ელემენტების შესაქმნელად გამოწვეულია იმითაც, რომ საქართველო არის დარიშხანის მწარმოებელი ქვეყანა. თუ ადრე, აღნიშნული ჰელიოსადგურების შექმნა ეფექტიანი არ იყო მათი სიძვირის გამო, ბოლო 10-15 წლის განმავლობაში მიღწეულია მნიშვნელოვანი შედეგები ეფექტიანობის ამაღლებაში. ეს გამოწვეულია როგორც სილიციუმის და სხვა გამოყენებადი კრისტალების ტექნოლოგიების განვითარებით, ასევე ახალი სქემების დანერგვით.

ფირმა “მზე”, ფონდი “მწვანე დედამიწა”, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისა და თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მეცნიერებთან ერთად ახორციელებს გამოკვლევებს მაღალი კონცენტრაციის ფოტოელექტრული სისტემების შესაქმნელად, როგორც სილიციუმის, ასევე გალიუმ-არსენიდის ნახევარგამტარული სტრუქტურების ბაზაზე. აღნიშნული ფოტოგარდამქმნელების შემთხვევაში, შეიძლება მისი მარჯიქმედების კოეფიციენტის გაზრდა 205-დან ზევით, 1 კვტ დაყენებული სიმძლავრის გათვალისწინებით 1500 ამპერიკულ დოლარამდე. ეს სიტუაცია ქმნის მაქსიმალურ კონკურენტუნარიანს მზის ენერჯიას, ყველა სხვა სახის ენერჯის მაგენერირებელი წყაროების ფონზე მაშინ, როცა ელექტროენერჯის თვითღირებულება შემცირდება 5-8 ცენტი/კვტსთ.

მნიშვნელოვანი როლი საქართველოში, მზის ენერჯის განვითარებაში შეასრულა ფონდმა “მწვანე დედამიწა”. ფონდის ძირითადი მიმართულებებია:

- მზის ენერჯეტიკა – ეკოლოგიური განათლება; – ახალგაზრდული მოძრაობა; – ენერგოეფექტურობა; – ეკოლოგიურად სუფთა პრეპარატები.

2012 წლიდან ფონდი გახდა ევროპის ბუნებისდაცვითი ბიუროს, საერთაშორისო მზის ენერჯის ასოციაციის და ევროპის ახალგაზრდული მოძრაობის წევრი. 2013 წლიდან გაიხსნა საერთაშორისო მზის ენერჯის ასოციაციის საქართველოს ნაციონალური ბიურო. თავისი მოღვაწეობიდან ფონდი ყოველწელიურად ატარებს ფესტივალს - მიძღვნილს მზის დღისადმი, ბეჭდავს საინფორმაციო ბუკლეტებს და კალენდრებს, ატარებს რეგიონალურ კონფერენციებს და სემინარებს, მონაწილეობას დებულობს სამთავრობო კომისიებში.

საქართველოს ქარის ენერჯის დიდი რესურსები გააჩნია. სამეცნიერო-საწარმოო ცენტრ “ქარენერჯის” მიერ მოცემული ინფორმაციის თანახმად, მთა საბუეთზე ჭოროხის ხეობაში, ფოთის პორტსა და თბილისის აღმოსავლეთ გარეუბნებში, უახლოეს პერსპექტივაში შესაძლებელია აიგოს ქარის სადგურები, რომელთა ჯამური სიმძლავრე 500 მგვტ-ს მიაღწევს. პირველი ნაბიჯის სახით საჭიროა საპილოტო ქარის ელექტროსადგურის აშენება. ასეთი სადგურის აშენებაზე რამდენიმე ფირმის წინადადება არსებობს.

ბიოგაზი მიიღება ყოველგვარი ბიომასიდან – პირუტყვისა და ფრინველის ნაკე-
ლისაგან, მცენარეებიდან, საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ორგანული ნარჩენებიდან,
კომუნალური და ფეკალური წყლებიდან ბაქტერიების საშუალებით სპეციალურ დანად-
გარებში. განვითარებულ ქვეყნებში რთული, დიდი წარმადობის და შასაბამისად ძვირი
დანადგარები გამოიყენება. მაგალითად: გერმანიაში, ქალაქის ნაგავი და კომუნალური
წყლები ქარხნის ტიპის დიდ დანადგარებში გადამუშავდება გაზის და სასუქის მისაღე-
ბად.

განვითარებად ქვეყნებში, ძირითადად მარტივი ტიპის საოჯახო დანადგარებია გა-
მოყენებული. მათ მოსახლეობა თვითონ ამზადებს. საქართველოს ტექნიკურ უნივერსი-
ტეტი კოორდინაციას უწევს ორივე მიმართულებით ინტენსიურ მუშაობას. პირველ მი-
მართულებაზე, უნივერსიტეტთან ერთად მუშაობს სტაბილური იზოტოპების ინსტიტუ-
ტის ერთ-ერთი ლაბორატორია, მეორე მიმართულებით კი – ფირმა “კონსტრუქტორი”,
რომელიც ამზადებს და ამონტაჟებს 7-10 კუბური მეტრი ტევადობის ბიოგაზის დანად-
გარებს. მონაცემების თანახმად, პერსპექტივაში ორგანული ნარჩენების გამოყენებით
შეიძლება მივიღოთ 200 ათასი ტონა პირობითი სათბობის ეკონომია ყოველწლიურად.

თანამედროვე ეტაპზე, ჰიდროლოგიური გამოკვლევების საფუძველზე, საქართვე-
ლოს გეოთერმული რესურსები 50-110°C ტემპერატურით, შეფასებულია 220-260 მლნ მპ-
ით წელიწადში, რაც შეესაბამება პოტენციურ 1,3-1,6 მლნ. ტონა ბუნებრივი გაზის
დაზოგვას, ამ რესურსების ეფექტური გამოყენების შემთხვევაში. საქართველოში, თერ-
მული წყლების გამოყენება ძირითადად ხდება სოფლის მეურნეობაში (სასათბურე კომ-
ბინატების, ჩაის ფაბრიკების, მეფრინველეობა-მეღორეობის ფერმებში) ტექნოლოგიური
მიზნებისათვის, კომუნალურ (ქ.ქ. თბილისი, ზუგდიდი) მეურნეობაში და ბალნეოლოგია-
ში (სამტრედიის, მენჯის, ცაიშის) კურორტებზე.

საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკულ ბალანსში გეოთერმული ენერჯის გამოყე-
ნების ხვედრითმა წილმა დღეისათვის მხოლოდ 0,7% შეადგინა, მაგრამ მომავალში ეს
მაჩვენებელი შეიძლება გაიზარდოს და 2015 წლისათვის მან 2,3 – 3 %-ს მიაღწიოს.

ლიტერატურა :

1. მელაძე ნ.ნ. მზის ენერჯის გამოყენების ეფექტურობა//ენერჯია. თბილისი, 2008. № 4 (45), გვ. 45-49;
2. ვეზირიშვილი ქ. ო.. გეოთერმული თბო-სიცივით მომარაგების სისტემების მეცნიერული სა-
ფუძვლები. თბილისის. 2010. გვ. 362;
3. ვეზირიშვილი ო. შ. ენერგოეფექტურობის მართვის მეთოდოლოგიური საფუძვლები//სტუ-ს
შრომები. თბილისი, 2010. ტ. XXV, გვ. 112-124;
4. არაბიძე გ.ო., კოტორაშვილი ე.ა., ვეზირიშვილი ქ.ო. ენერჯის განახლებადი რესურსების გა-
მოყენება საქართველოს მდგრადი განვითარებისათვის//ქურნალი “ინტელექტუალი”. თბილისი,
2012. № 21. გვ. 171-178.

EFFICIENCY OF RENEWABLE RESOURCES USAGE IN GEORGIA Kotorashvili E.A., Arabidze G.O., Vezirishvili O.Sh., Vezirishvili-Nozadze K.O.

Georgian Technical University

Summary

Renewable energy resources are one of the main components of sustainable energy and ecological security. Reserves of Georgian renewable energy resources are estimated. It is established that existing domestic energy resources are relatively less utilized and options of their inclusion in the fuel-energy complex are defined. Strategic direction of fuel-energy complex development should be increasing its independence. This can be achieved through maximum utilization of domestic energy resources and its usage regionally.

Scale of renewable resource inclusion in Georgian fuel-energy complex is assessed and the quantity of annual fuel savings is determined to equal 2.5-2.7 million tons of conditional fuel.



ელექტრომომარაგების ავტონომიური ჰიბრიდული სისტემები

მ. ქაპური

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

გაანალიზებულია ელექტრული სისტემების ექსპლუატაციის პირობებში მოსალოდნელი არასასურველი შემთხვევები, მათი მინიმუმამდე დაყვანის, ელექტრომომარაგების მაღალი საიმედოობის მიღების შესაძლებლობები, ჰიბრიდული სისტემის არსი და გამოყენების უპირატესობები. განხილულია ალტერნატიული და განახლებადი ენერჯიის წყაროების საფუძველზე შექმნილი ჰიბრიდული სისტემების სხვადასხვა სქემების ვარიანტები.

2

ელექტრულ სისტემების ექსპლუატაციის დროს არის პრაქტიკული შემთხვევები როცა ელექტროენერჯია მოულოდნელად გამორთულა, ქსელში ძაბვის ვარდნას ჰქონია ადგილი და ა.შ. ელექტროენერჯიის ხარისხზე ზემოქმედების სხვა ნაკლოვანებები, რომლებიც ძვირადღირებულ ელექტრომომწოდებლობებს აზიანებს და უარეს შემთხვევაში ისინი წყობილებიდან გამოჰყავს. ასეთი არასასურველი შემთხვევები მინიმუმამდე დაიყვანება, თუ ელექტროენერჯიას მივიღებთ ალტერნატიული, განახლებადი ენერჯიის წყაროებიდან. მრავალი წლის უკან ასეთი ენერჯიების გამოყენება, მაღალი ღირებულების გამო, ნაკლებად მისაღები იყო. 21-ე საუკუნე (მოხდა გარღვევები) ალტერნატიული, განახლებადი ენერჯიის წყაროების ტექნოლოგიებში, ყველაზე მეტად მზის ენერჯიის გამოყენების სფეროში გარღვევების საუკუნეა. მნიშვნელოვნად გაიზარდა შეხებადობა ეკოლოგიურად სუფთა ენერჯიის წყაროების გამოყენებაზე [1]. ამ შემთხვევაში მიიღება, გარემოს დაბინძურების გარეშე, საკუთარი, დამოუკიდებელი, შეუფერხებელი და უხმაურო ელექტრომომარაგება. ეს არის იმ უპირატესობების არასრული ჩამონათვალი, რომელიც შეიძლება მივიღოთ განახლებადი ენერჯიის წყაროების გამოყენების შემთხვევაში. ჯერ კიდევ ყველა „მწვანე“ ელექტრომომარაგების დანადგართა უმრავლესობის ღირებულება მაღალია. უნდა გავითვალისწინოთ, რომ დანადგარების ექსპლუატაციაში შესვლის შემდეგ მათ დადგმაზე გაცემული დანახარჯების ამოღება მალე ხდება. ღირებულების გარემოებამ ნაწილობრივ ხელი შეუშალა მზის ენერჯეტიკის პოპულარიზაციას. რა თქმა უნდა, ფართო მომხმარებლისთვის აღნიშნული სფეროში მიმდინარე მოვლენების, ტექნოლოგიების, განახლებადი ენერჯიის ცალკეული კომპონენტების მსოფლიო წარმოების და ა.შ. სხვა საინტერესო საკითხების არცოდნა ერთ-ერთი ხელის შემშლელი მიზეზია ამ დარგის უკეთ განვითარებისა. დღეს ელექტრომომარაგების სისტემის შესაქმნელად გამოიყენება საზღვარგარეთიდან შემოტანილი მზის ენერჯეტიკული დანადგარები, რაც მათი დადგმაზე დანახარჯებს და შესაბამისად მიღებული პროდუქციის ღირებულებას ზრდის. ეს ართულებს (ამუხრუჭებს) ქვეყნის რეგიონებში მზის ენერჯეტიკის განვითარებას (გამოყენებას). როგორ მოიქცეს ისეთ სიტუაციაში არასპეციალისტი, რომელსაც უნდა მზის ენერჯეტიკის გამოყენება? რომელ მახასიათებელ პარამეტრს უნდა მიაქციოს ყურადღება? ნებისმიერ შემთხვევაში საჭიროა განახლებადი ენერჯიის წყაროების შესახებ გამოცდილების მქონე პროფესიონალების მხრიდან კონსულტაცია. ისინი მისცემენ რეკომენდაციას (შეურჩევენ) მომხმარებელს ოპტიმალურ ვარიანტს. ყველა ალტერნატიულ ენერჯიის წყაროს, ეს იყოს განახლებადი თუ არაგანახლებადი, ყველას გააჩნია თავისი სახასიათო დადებითი თვისებები (უპირატესობები) ასევე გააჩნიათ ნაკლოვანებები:

- მზის ენერჯიის წყაროს- დანადგარის მაღალი ღირებულება (ნაკლოვანება);
- ქარის ენერჯიის წყაროს- ქარის არამუდმივობა (ნაკლოვანება);
- თხევად საწვავზე მომუშავე (დიზელგენერატორი)-ექსპლუატაციის ღირებულება

(ნაკლოვანება):

ზემოთ აღნიშნული ნაკლოვანებები, მინიმუმამდე, რომ იქნეს დაყვანილი, ასევე ელექტრომომარაგების მაღალი საიმედოობის მისაღებად საჭიროა განახლებადი ენერჯის წყაროების კომპონენტებისაგან მიღებული ჰიბრიდული სისტემების გამოყენება. სისტემაში შეიძლება გაერთიანებული იყოს ორი ან სამი ზემოთ ჩამოთვლილი კომპონენტი. მათი ერთ სისტემაში გამოყენების შემთხვევაში თითოეული კომპონენტის ნაკლოვანებები მინიმუმამდე იქნება დაყვანილი.

მზის პანელები (მზის მოდულები, მზის გენერატორები) უფრო მეტად მცირე დატვირთვების (20 კვტ-მდე) მქონე, ელექტრომომარაგების ავტონომიურ სისტემებში გამოიყენება. იქ სადაც ქარის ელექტროსადგურების გამოყენება ადგილმდებარეობის გამო შეზღუდულია, შესაძლებელია მზის პანელების სისტემის გამოყენება. მცირე სიმძლავრეების დროს მზის პანელების გამოყენება უფრო საიმედოა ვიდრე ქარის გენერატორებისა. ისინი არ საჭიროებენ დასაყენებლად ანძებს, დადგმისთვის ნაკლები ფართობი სჭირდებათ, თუ სახლების სახურავზე დაიდგმება ისინი თითქმის არ ჩანან, ნაკებობის, შენობის გარე ხედს არ ამახინჯებენ სურ.1.



სურ.1. ელექტრომომარაგების ქარი-მზე ჰიბრიდული სისტემა

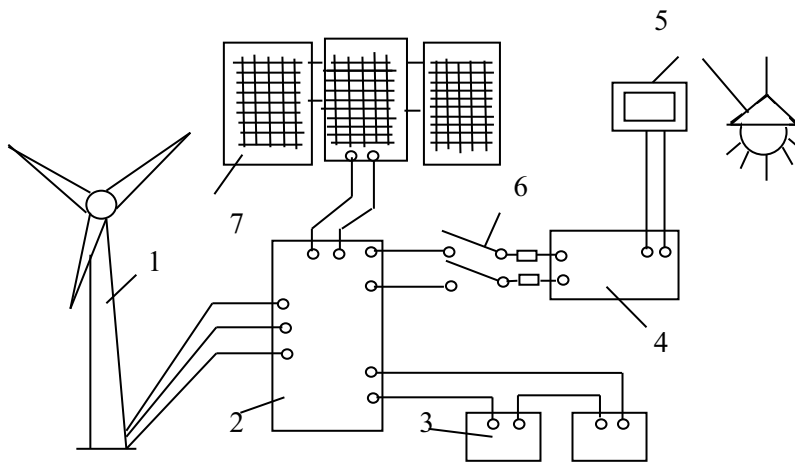
ელექტრომომარაგების ავტონომიური სისტემის საერთო ეფექტურობა (მ.კ.კ.), რომ გაეზარდოს, ამისთვის გამოიყენება ელექტრომომარაგების ჰიბრიდული სისტემები. ჰიბრიდულ სისტემაში ენერჯის ძირითად წყაროდ გამოიყენება ქარის გენერატორი. ის თითქმის ორჯერ უფრო იაფია ვიდრე მზის პანელების სისტემა. მის დადგმას აქვს აზრი მაშინ, თუ ამის პირობები არის. ფოტოელექტრული მზის პანელების ანაკრები (მზის გენერატორი) დამატებით, დამხმარე ენერჯის წყაროს წარმოადგენს. ის გამოიმუშავებს ელექტროენერჯიას იმ შემთხვევაში, როდესაც გვაქვს ხანგრძლივი “შტილი”(უქარო პერიოდი). ასეთ ჰიბრიდულ სისტემაში დიზელგენერატორის ჩართვა მნიშვნელოვნად ზრდის ელექტროენერჯით მომარაგების სისტემის საიმედო მუშაობას. ამინდის ყოველგვარი ჭირვეულობის მიუხედავად ელექტროენერჯით მომარაგების შესაძლებლობა უზრუნველყოფილი იქნება. ორკომპონენტიან ჰიბრიდულ სისტემაში ხშირად მზის გენერატორის ნაცვლად, შედარებით უფრო დაბალი ფასის გამო, დიზელგენერატორი გამოიყენება. განსაკუთრებით მცირე სიმძლავრეების შემთხვევაში ასეთი გადაწყვეტილების მიღება არ არის გამართლებული. ამიტომ ასეთ შემთხვევაში მზის პანელების გამოყენებას ენიჭება უპირატესობა, ვინაიდან ისინი მუშაობენ მუდმივად და აკუმულატორთა ბატარეას განმუხტვის სიღრმეს ამცირებს, შედეგად ბატარეას რესურსი იზრდება.

ჰიბრიდული სისტემა, რომლის შემადგენლობაში შედის ქარის და მზის გენერატორი

რები, მათი გამოყენება იმიტომ არის მიზანშეწონილი, რომ ქარი შეიძლება ხშირად არ იყოს (შტილი), ხოლო მზე შედარებით უფრო ხშირად არის. იმისათვის, რომ ფოტოელექტრულმა სისტემამ აწარმოოს ელექტრული ენერჯია, სრულიად არ არის საჭირო ყოველთვის იყოს მზის პირდაპირი რადიაცია, ვინაიდან დღევანდელ მზის პანელებს შესწევთ უნარი დაიჭირონ (შთანთქონ) გაბნეული მზის სინათლეც. ყურადღება გავამახვილოთ იმაზე, რომ მოდრულულ ამინდში მზის პანელების მიერ ელექტროენერჯიის გამომუშავება უფრო ნაკლებია ვიდრე მზიან ამინდში.

მზის პანელებს, სწორი ექსპლუატაციის პირობებში, მაღალი რესურსი აქვთ, არანაკლებ 40 წელი. უამინდობის არასასურველი ზემოქმედებები მსხვილი სეტყვის და თოვლის სახით მზის ბატარეების მუშაობის უნარიანობაზე არ მოქმედებს. სისტემას სჭირდება მინიმალური მომსახურება, რაშიც იგუისხმება მზის პანელების ზედაპირის გაწმენდა თოვლისა და მტვერისაგან. გაწმენდილი მზის პანელები მზის სხივების დაჭერას უფრო ეფექტურად ახდენენ. მზის პანელებით ელექტროენერჯიის გამომუშავება შეიძლება 2-ჯერ გაიზარდოს, თუ გამოყენებული იქნება მზის მდებარეობის ცვლილებაზე ორიენტირებული მიდევნების სისტემა, ე.ი. სისტემა, რომელიც მოაბრუნებს მზის პანელების სისტემას მზისკენ მთელი დღის განმავლობაში.

განახლებადი ენერჯიის წყაროების ავტონომიური ელექტროსადგურების ჰიბრიდული სისტემა გამოყენებული უნდა იქნას ენერჯიის მისაღებად მთელი წლის განმავლობაში. ზამთარში, როცა მოკლეა დღის ხანგრძლივობა, მზის ენერჯიის რაოდენობა მცირეა. ამ დროს ძირითადი დატვირთვა ქარის დანადგარებზე მოდის, ვინაიდან ზამთარში ქარები უფრო მეტია ვიდრე წელიწადის სხვა დროს. ზაფხულში კი ძირითადი დატვირთვა მზის პანელებზე იქნება.



ნახ.2. ქარი-მზე ჰიბრიდული დანადგარის სქემა
 1.ქარის გენერატორი; 2.ჰიბრიდული კონტროლერი;
 3.აკუმულატორთა ბატარეა; 4.ინვერტორი; 5.მომხმარებელი;
 6. ამომრთველი და დამცველები; 7.მზის ფოტომოდულელები.

დღეისათვის კერძო სახლებისათვის გამოიყენება ალტერნატიული, განახლებადი ენერჯიის წყაროების ჰიბრიდული სისტემები (სადგურები). სისტემაში გამოყენებული მზის პანელების სიმძლავრე 160 ვტ-დან 1000 ვტ-მდეა. ქარის გენერატორის სიმძლავრე 500 ან 1000 ვტ-ია. მცირე სიმძლავრის ქარი-მზე ჰიბრიდულ სისტემას აწარმოებს ჩინური ქარხანა „Shenshou Wind Driven“. 500 ვტ -ზე ნაკლები სიმძლავრის ქარის გენერატორები მუდმივი დენით, ძაბვა 24 ვ-ია, ხოლო 1000 ვტ სიმძლავრისთვის -48 ვ [2]. ჰიბრიდულ

მ. ქმუშობა

სისტემაში ნებისმიერი სიმძლავრის მზის ბატარეას ჩართვა ხორციელდება დამუხტვის კონტროლერის გამოყენებით. ქარი-მზე ჰიბრიდული სისტემა იძლევა იმის საშუალებას, რომ მაქსიმალურად, მთლიანად გამოყენებული იქნას ენერჯის ალტერნატიული, განახლებადი წყაროები, ვინაიდან ორი განახლებადი წყაროს კომბინაცია იძლევა გენერირებული ენერჯის გაზრდის საშუალებას. ნახ.2-ზე მოცემულია ქარი-მზე ჰიბრიდული სისტემის დანადგარის სქემა.

ქარის გენერატორი-მზის ბატარეა ჰიბრიდულ სისტემაში შედის:

აკუმულატორთა ბატარეა, ინვერტორი, დამუხტვა-განმუხტვის კონტროლერი.

ქარი-მზე ჰიბრიდული სისტემის შემადგენლობა შემდეგია:

- ფოტოელექტრული სისტემა. ის შედგება პარალელურ-მიმდევრობით შეერთებული ფოტომოდულებისაგან, რომელიც მზის სხივად ენერჯიას გარდაქმნის მუდმივი ძაბვის ელექტრულ დენად. მისი მონტაჟის დროს ყურადღება უნდა მიექცეს სივრცითი ორიენტაციის დაცვას და მზის პანელის დაყენების კუთხეს. ისინი სისტემის მაქსიმალურ ეფექტურობას უზრუნველყოფენ;
- ქარის გენერატორი. ქარის გენერატორის ტურბინა (ქარის ბორბალი) ყენდება სპეციალური ანძის წვეროზე (11 ან 17 მეტრი), სადაც ქარს მაქსიმალური სიჩქარე აქვს. მისი დანიშნულებაა ქარის კინეტიკური ენერჯია გარდაქმნას ელექტრულ ენერჯიაში;
- კონტროლერი. მისი დანიშნულებაა მზის ბატარეადან და ქარის გენერატორიდან მიღებული ელექტროენერჯია გარდაქმნას აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვასთან ადაპტირებულ ენერჯიად;
- აკუმულატორთა ბატარეა. ის შედგება ერთი ან რამდენიმე ელემენტისაგან (ბლოკისაგან), რომელიც ქმნის საჭირო ტევადობის და ძაბვის აკუმულატორთა ბატარეას;
- ინვერტორი. მისი დანიშნულებაა აკუმულატორთა ბატარეას მუდმივი ძაბვის ცვლადში გარდაქმნა. ინვერტორიდან გამომავალი სიმძლავრე არის ქარი-მზე ჰიბრიდული სისტემის სრული გამომავალი სიმძლავრე;
- დატვირთვა. ელექტროენერჯიის მომხმარებლები, რომლებიც იკვებება ინვერტორიდან ცვლადი ძაბვით, ხოლო მუდმივი დენის მომხმარებლის შემთხვევაში აკუმულატორთა ბატარეას მუდმივი ძაბვით.

ქარი-მზე ჰიბრიდული სისტემა განკუთვნილია 220 ვ და 50 ჰვ სიხშირის ელექტრული ენერჯით მომხმარებლის უზრუნველსაყოფად.

ქარი-მზე ჰიბრიდული სისტემა შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც ავტონომიური ელექტრული ენერჯიის წყარო ან ელექტრომომარაგების სარეზერვო სისტემა. ქარი-მზე ჰიბრიდული სისტემა გაანგარიშებული უნდა იქნას მოთხოვნილი სიმძლავრის და რეგიონის ქარის და მზის ენერჯეტიკული პოტენციალის გათვალისწინებით.

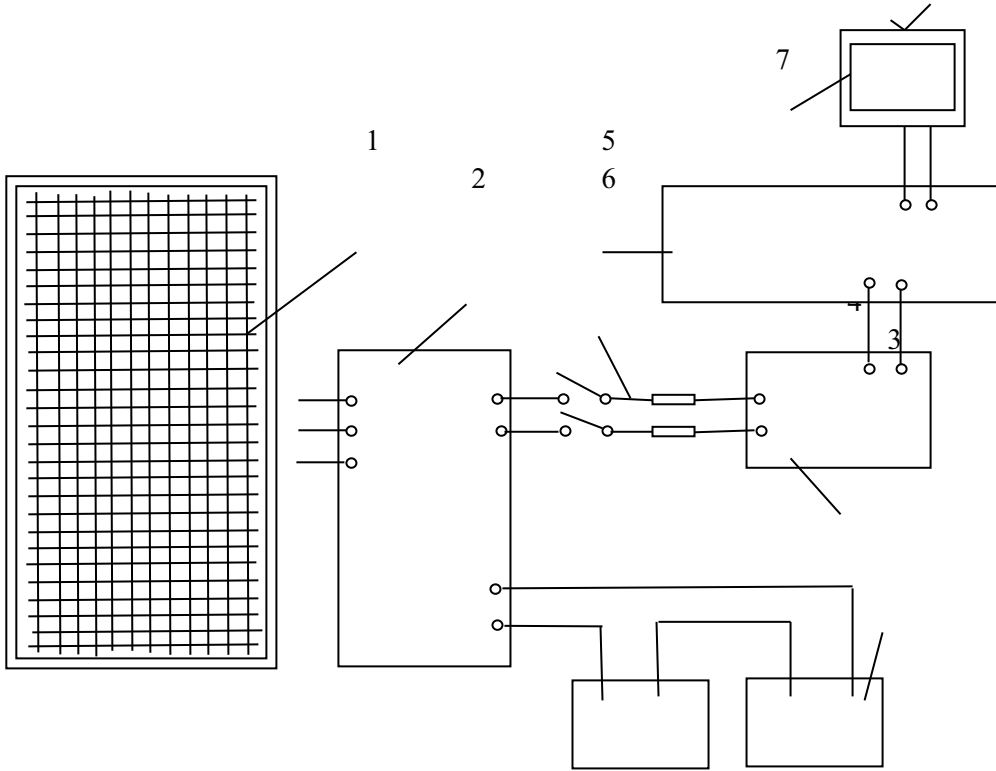
ფოტოელექტრული ან ქარი-მზე-ს სისტემაში ელექტრომომარაგების სარეზერვო სისტემად შეიძლება გამოყენებული იყოს დიზელგენერატორი. მაშინ ჰიბრიდულ სისტემაში იქნება:

- ფოტოელექტრული ბატარეა ან ქარის ელექტროსადგური. თუ ახლოს წყლის ენერჯიის გამოყენება შეიძლება მაშინ მიკრო ჰეს-ით ვისარგებლოთ;
- სარეზერვო ბენზინის ან დიზელგენერატორის სიმძლავრე 3÷20 კვტ;
- უწყვეტი კვების ბლოკი დამუხტვა-განმუხტვის ჩაშენებული კონტროლერით AB;
- ელექტროდატვირთვა.

ნახ.3 -ზე მოცემულია მზე-დიზელგენერატორის ჰიბრიდული სისტემის სქემა.

როცა სისტემის მიერ გამოიყენებული სიმძლავრე არასაკმარისია მომხმარებლისთვის, მაშინ თხევადსაწვავზე მომუშავე გენერატორი (თსგ) შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც სარეზერვო ენერჯიის წყარო. მაგალითად, პიკური დატვირთვის და დამის საათებში. გარდა ამისა, თსგ-თი ექსტერნად შესაძლებელია აკუმულატორთა ბატარეა დაიმუხტოს.

აგრეთვე, როცა საჭიროა მცირე დროით მომხმარებლის მიერ დიდი სიმძლავრის ჩართვა (სარეცხი მანქანა, ჩარხი და სხვა), მაშინ შეიძლება თსგ-ს გამოყენება. სხვა შემთხვევაში დატვირთვა იკვებება ინვერტორიდან (აკუმულატორთა ბატარეადან). თხევადსაწვავზე მომუშავე გენერატორის გამოყენების დროს ელექტროენერჯის გამომუშავების პარალელურად შეიძლება სითბოს მიღებაც. ამისათვის გამონაბოლქვის ან გაგრილების სისტემის მიღზე ყენდება თბომცვლელი. ამ შემთხვევაში მიიღება კოგენერაციული დანადგარი, რომელიც გამოიმუშავებს არა 20-30% ენერჯიას (როცა მარტო ელექტროენერჯია მიიღება) არამედ 70-90%-ს თსგ-ს მიერ გამოყოფილი თბური ენერჯიის გამოყენების შემთხვევაში. დიზელგენერატორზე აწყობილი ავტონომიური ელექტროსადგურები ენერჯიის მოხმარების უთანაბრობაზე (მაქსიმალური პიკური საათები, მინიმალური დილის საათები) არ არის გათვალისწინებული. გაცემული სიმძლავრის რეგულაცია (ცვალებადობა), რეგულარულად ჩართვა-გამორთვა გენერატორს სწრაფად გამოიყვანს მწყობრიდან. ამით გენერატორის რესურსი მცირდება. ხოლო დიზელგენერატორის ქარი-მზე ჰიბრიდულ სისტემასთან ერთად მისი ელექტრომომარაგების სარეზერვო ენერჯიის წყაროდ გამოყენება ოპტიმალურ გადაწყვეტად შეიძლება ჩაითვალოს. ქარი-მზე ჰიბრიდულ სისტემაში მზიანი ამინდის ან ქარის არსებობის შემთხვევაში მუშაობს ქარი-მზე სისტემა.



ნახ.4. მზე-დიზელგენერატორის ჰიბრიდული სისტემის სქემა
 1. მზის მოდული; 2. კონტროლერი; 3. აკუმულატორთა ბატარეა;
 4. ინვერტორი; 5. დიზელ-გენერატორი; 6. ამომრთველი და დამცველები;
 7. მომხმარებელი.

ლიტერატურა

1. მ. ქებურია. ალტერნატიული, განახლებადი ენერგორესურსები და მათი ენერგეტიკა. აწსუ. გამომცემლობა. ქუთაისი. 2009. 441 გვ.
 2. [http:// beautofan.ru](http://beautofan.ru) <http://beholidays.ru> <http://smipess.ru>



AUTONOMOUS HYBRID POWER SUPPLY SYSTEMS

M.KEBURIA

Akaki Tsereteli State University

Summary

At present, in many countries in the world, there are drawn up methodology for calculation and selection of hybrid systems. There are existed many constructive schemes for hybrid systems, their automatics, switching and so on. Thus, in the near future, by multiple using of renewable energy sources, it will be possible to additionally generate large amounts of electric power that will equal to saving of millions tons of equivalent fuel annually.

In order to increase the overall efficiency of autonomous power supply system, it is reasonable to use the wind-solar hybrid systems. Wind may not be frequently, but the sun is shining pretty often. In order for the photovoltaic system to generate electric power, there is no required the existence of the direct solar radiation, since the solar panels are capable of absorbing the scattered solar energy as well.

The wind-solar hybrid system can be applied as an autonomous power supply source or as power supply standby system. There can be used in the system the diesel electric-power generator. More prospective are those hybrid devices, in which the various alternative renewable energy sources are accumulated at the beginning, and then directed towards overall load (towards consumer).

მზის ენერგეტიკა - აწმყო და მომავალი

მ. ქებურია

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიის შინაარსი ეხება მზის ენერგეტიკას, მის განვითარებას და გრძელვადიან პერიოდში შესაძლო ცვლილებებს, ტრადიციული ელექტროენერჯის მოხმარების შემცირების, განახლებადი ენერჯის წყაროების ენერგეტიკის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის გაზრდის, მსოფლიოში მზის ენერგეტიკის განვითარების პერსპექტივებს

ამჟამად, მსოფლიო ბაზარზე აღინიშნება ტენდენცია მზის ბატარეების (ელემენტების) ღირებულების კლებისა, ხოლო მზის ენერჯის გამოყენება (მოხმარება) სწრაფი ტემპებით იზრდება. ენერგეტიკის სფეროში სერიოზული ცვლილებებია მოსალოდნელი. ამ სფეროში მომუშავე მრავალი სამეცნიერო ცენტრი და საწარმოები ფოტოელემენტების წარმოებაზე და მისი შემდგომი განვითარების პერსპექტივებზე მუშაობენ.

არის რაღაც უფრო ძლიერი, ვიდრე ყველა ჯარები ამ სამყაროში. ეს არის იდეა, რომლის დროც შეიძლება დადგა (ვიქტორ ჰიუგო).

სამყარო სწრაფად ვითარდება. ჩვენ განსაკუთრებული სიფრთხილით ვეკიდებით იმას, რომ გავაცნობიეროთ მომავალი, თუგინდ 30 წლის შემდეგ. ბევრს ეს ჰგონია სარისკო საქმე. მაგალითად, თუ 30 წლით უკან დავბრუნდებით, ბევრ ჩვენთაგანს გაახსენდება რა იყო. საკუთარი გამოცდილებაზე დაყრდნობით შეიძლება გამოვეყოთ მარტივი კანონზომიერებანი. „მარტივი ნივთიერი ელემენტების“ ერთობლიობა ხელს უწყობს დარჯის განვითარების ტენდენციების ფორმირებას და ამა თუ იმ შესაძლებლობების <ფანჯარის> შექმნას ან დახურვას.

თუ სამყაროში 30 წლით უკან მოვიხედავთ შეიძლება მარტივი ანალიზი გაკეთდეს.

1.დედამიწაზე არსებობს ორი ზესახელმწიფო- აშშ და სსრკ. ბევრს ჰგონია, რომ ისინი შეურყეველნი არიან; ჩინეთი გამოვიდა“კულტურული რევოლუცია“ ნანგრევებიდან და პირველად მიუახლოვდა იმ დონეს, როცა საკუთარი ხალხის გამოკვება შეუძლია;

3.მსოფლიოში ერთი ბარელი ნავთობი (1 ბარელი =158,984 ლიტრი, აშშ) 10-15 დოლარი ღირს, ხოლო მისი მარაგი საკმარისია 150-200 წელი [1];

4. განახლებადი ენერჯის წყაროებით დაკავებულია მრავალი მეცნიერ-ენტუზიასტი, ხოლო საკაცობრიო ენერგეტიკის ძირითად საფუძველად ატომური ენერგეტიკა მოიაზრება. დასაწყისში „მშვიდობიანი ატომი“, ხოლო შემდეგ გამოუღვეველი და უსაფრთხო ბირთვული ენერჯია;

5. ამ პერიოდისთვის მსოფლიოში მზის ენერჯის გარდამქმნელების (დანადგარების) დადგმული სიმძლავრე 4 მგვტ-ს ვერ აღწევს, ხოლო დამზადებული მზის მოდულის ღირებულება 15 დოლ/ვტ-ია.

დღეს რა გვაქვს ?

1. სსრკ დაიშალა, აშშ-ის პოზიცია მყარია მაგრამ არაუპირობო, ჩინეთი გაიზარდა <<ძალების მესამე ცენტრი>>, დარჩა ერთი ზესახელმწიფო-აშშ და ორი დიდი სახელმწიფო - რუსეთი, ჩინეთი;

2. ერთი ბარელი ნავთობი 100-110 დოლარი ღირს, ხოლო სხვადასხვა შეფასებით ნავთობის მარაგი 30-70 წელია;

3. მზის გარდამქმნელების სიმძლავრის ზრდის ტემპი ასეთია: 2009 წელი, სიმძლავრე 7,5 გვტ-ს შეადგენდა, 2010 წელი-16,4 გვტ, 2011 წელი-დაახლოებით -27,7 გვტ. შედარებისთვის, რასაც გამოიმუშავებს რუსეთის 10 ატომური ელექტროსადგური <<Росэнергоатом>>(დადგმული სიმძლავრე 23.24 გვტ);

4. თუ მხოლოდ სამი უკანასკნელ წელს (2009-2011) გადავხედავთ, მსოფლიოში მზის ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრე გასამმაგდა (13,6 გვტ-დან 36,3 გვტ-მდე). თუ მხედველობაში მივიღებთ ყველა სახის განახლებადი ენერჯის წყაროების (ქარის, მზის, გეოთერმული, ზღვის, ბიოენერჯია, მცირე ჰიდროენერგეტიკა) 2010 წლისათვის დადგმულმა სიმძლავრემ 388 გვტ შეადგინა, რაც შედარებისთვის მსოფლიოში დადგმული ყველა ატომური ელექტროსადგურის დადგმულ სიმძლავრეს აჭარბებს.

დადგმული სიმძლავრის მიხედვით ლიდერი მზის ელექტროსადგურები სწრაფად ვითარდება. რამდენიმე ხნის უკან მსოფლიოში ფოტოელემენტების საფუძველზე დამზადებული მზის ელექტროსადგური იყო „Sarnia“ კანადა. მისი დადგმული სიმძლავრე 97 მგვტ იყო; ხოლო გასულ 2011 წელს, მას გაუსწრო უკრაინაში დადგმულმა მზის ელექტროსადგურმა, რომლის სიმძლავრე 100 მგვტ-ია. შემდეგ, ჩინეთში დაიდგა 200 მგვტ სიმძლავრის მზის ელექტროსადგური „Huanghe Hydropower Golmud Solar Park“;

5. მზის ელემენტების დამამზადებელი ქარხნების მიერ წარმოებული მზის მოდულის საშუალო ღირებულება ერთ დოლარზე დაბალია <1 დოლარი/ვტ.

გერმანია, იაპონია, ბელგია მშვიდობიან ატომზე უარს ამბობენ, ხოლო თერმობირთვული ენერჯია კი შორი პერსპექტივაა. რუსი მეცნიერის, ე.პ. ველიხოვის მოსაზრებით, თუგინდ თერმობირთვული ენერჯის მსოფლიოში წარმატებული გამოყენების შემთხვევაშიც 21-ე საუკუნის ბოლოსთვის 100 გვტ სიმძლავრეს ვერ გადააჭარბებს. დღეს გლობალური დათბობის პრობლემა მწვავედ დგას. „კლიმატური გადაბალანსების“ საჭიროება ობიექტურად არსებობს. დღეს ბევრი იწვევება მზის ენერგეტიკაზე, კერძოდ მზის ელემენტების გამოყენების შესახებ. ასეთ

საკითხებზე მსოფლიო მასშტაბით მრავალი შრომები და ინფორმაცია არსებობს. ყურადღებას იქცევს მზის ელემენტების მწარმოებელი კომპანიის „კვანტის“ დირექტორის ს.პლეხანოვის ინფორმაცია მზის ენერჯის მომავალზე. ის ამბობს:

მსოფლიოში მზის ენერგეტიკა სწრაფი ტემპებით ვითარდება. კალიფორნიაში მიმდინარეობს დიდი მზის ელექტროსადგურის მშენებლობა, დადგმული სიმძლავრე 392 მგვტ. სადგური თერმული ტიპის (მზის კოშკი) დანადგართა კომპლექსია. ენერგეტიკის ამ სფეროში დიდი ცვლილებებია. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ცვლილებების ნაწილი 30 წლის უკა-

ნაც არსებობდა. რა მოხდება 30 წლის შემდეგ? თუ ლოგიკით ვიმსჯელებთ, დღევანდელი „მარტივი ნივთიერი ელემენტები“ განსაზღვრავს ხვალინდელს. წარმოიქმნება სრულფასოვანი ხელოვნური ინტელექტი. ნახევრად ხუმრობით ამბობს რუსი მეცნიერი ე.პ.ველიხოვი. დღეს ყველა სუპერკომპიუტერების ტვინი ერთი საშუალო დონის ადამიანის ტვინის უნარს ვერ უტოლდება, ხოლო 30 წლის შემდეგ მთელი პლანეტის ადამიანთა ტვინი ერთი სუპერკომპიუტერის ტვინის შესაძლებლობებზე დაბალი იქნება.

პლანეტის მოსახლეობის რაოდენობის მატება შემცირდება ან გაიზრდება. ამ მხრივ დღეს ყველაზე სწრაფად ზრდადი ქვეყანა ჩინეთია. სავარაუდოდ 2015 წლისათვის ქვეყანაში მოსახლეობის რაოდენობა მივა იმ წერტილამდე, როცა შრომისუნარიანი მოსახლეობის რიცხვი გაუტოლდება პენსიონერთა რიცხვს.

ყველა სახის ენერჯიაზე მოთხოვნილების ზრდის პერიოდის გავლის შემდეგ, როგორც შედეგი, გამომუშავებული ენერჯიის შენელებას ან სტაბილიზაციას ექნება ადგილი.

2010 წელს პლანეტის მოსახლეობას დასჭირდა დაახლოებით 17300 ტერ.ვტ.სთ ელექტროენერჯია, 2020 წლისათვის ეს ციფრი 22840 ტერ.ვტ.სთ იქნება, ხოლო 2030 წლისათვის - 28900 ტერ.ვტ.სთ. პლანეტის მოსახლეობისათვის გარდაუვალი იქნება ბუნებაზე ზემოქმედების მინიმუმამდე დაყვანა, შესაძლებელი უნდა გახდეს გარემოს კლიმატის გადაბალანსების კომპენსირება და მათ რიცხვში ენერგეტიკის განვითარების განსაზღვრა.

ამ ენერგეტიკაზე უფრო დაწვრილებით:

„უბრალო ნივთიერი ელემენტები“ რომლებსაც დღეს ვხედავთ ან ვგრძნობთ რომ ისინი არსებობენ, ხვალ გვექნება მათზე მოთხოვნილება, აქედან იწყება ფიქრი იმაზე, რომ დღევანდელ მდგომარეობაში მყოფი ალტერნატიული ენერგეტიკაში ჩადებულია თუ არა ისეთი სიმძლავრეები, რომელიც ელექტროენერჯიაზე ხვალინდელ მოთხოვნილებებს დააკმაყოფილებდა.

პლანეტის მოსახლეობა, მიუხედავად მიმდინარე კრიზისებისა, მუდმივად უზრუნდება განახლებადი ენერჯიის წყაროების გამოყენების იდეას. ამ მიმართულებით მსოფლიო ინვენსტიციების ფულად გამოსახულებაში შემდეგი ციფრი აჩვენა: 2011 წელს 260 მლრდ.დოლარი იქნა ჩადებული, რაც 5-ჯერ მეტია 2004 წელს იგივე მიზნისთვის ჩადებულ ინვენსტიციაზე (53,6 მლრდ.დოლ.)

ჯერ კიდევ ევროკავშირის ქვეყნებმა 1997 წელს პირველად გაუკეთეს ფორმულირება იმ განვითარების <<გზის რუკას>>, რომლის მიხედვით 2010 წელს უნდა განვითარებულიყო განახლებადი ენერჯიის წყაროების დანერგვის რაოდენობრივი შესაძლებლობები. ევროკავშირმა 2010 წელს მოქმედებაში შეიყვანა ახალი 55 გვტ სიმძლავრეები. აქედან 22,7 გვტ განახლებადი ენერჯიის წყაროებზე მოდიოდა. 2020 წლისათვის შემუშავებული პროგრამით ევროკავშირის 20 ქვეყანაში მათი მთელი გამოშვებილი ენერჯიის 20% განახლებადი ენერჯიის წყაროებიდან იქნება მიღებული.

1990 წლიდან მზის ელემენტების წარმოება 500 ჯერ გაიზარდა. 2010 წელს ამ ინდუსტრიის მსოფლიო ბრუნვამ 82 მლრდ.დოლარი შეადგინა. თავის მხრივ 2010 წელს უწყვეტად მატულობს ინვენსტიციები მზის ტექნოლოგიებში (40 მლრდ.ევრო), ხოლო 2015 წლისათვის ეს რიცხვი 70 მლრდ.ევროს მიაღწევს.

ევროპული ასოციაცია ფოტოვოლტური ინდუსტრიის (EPLA) მონაცემებით 2011 წელს მსოფლიოში დადგმული იყო 27,7 გვტ სიმძლავრის ახალი მზის ელექტროსადგურები. ყველა მზის ელექტროსადგურების ჯამური დადგმული სიმძლავრე 67,4 გვტ-ია. ამ მონაცემით ფოტოვოლტური (მზის) ენერგეტიკა განახლებად ენერჯიებს შორის მესამე ადგილს იკავებს პიკრო და ქარის ენერგეტიკის შემდეგ.

2011 წელი აგრეთვე აღსანიშნავია იმით, რომ გაფართოვდა მზის ენერგეტიკის „გიგა-

ვატური ბაზრის“ წრე. გერმანიას და იტალიას შეუერთდა ჩინეთი, აშშ, საფრანგეთი და იაპონია. ერთ წელიწადში იტალიაში დადგმული იყო 9 გვტ სიმძლავრის ახალი ელექტროსადგური, გერმანიაში-7,5 გვტ, ჩინეთში-2 გვტ, აშშ-ში -1,6 გვტ, საფრანგეთში -1,5 გვტ, იაპონიაში-1,1 გვტ.

მსოფლიო ბირთვული ასოციაციის საინფორმაციო სამსახურის (WNA) მონაცემებით 2030 წლამდე გერმანია განახლებადი ენერჯის წყაროების განვითარებაზე 1,848 ტრილ.დოლარის ჩადებას ვარაუდობს, გეგმავს მოკლე დროში მოახდინოს „ენერგეტიკული რევოლუცია“, სადაც ელექტროენერგეტიკის ყურადღების ცენტრში განახლებადი ენერჯის ენერგეტიკის ახალი ტექნოლოგიები იქნება.

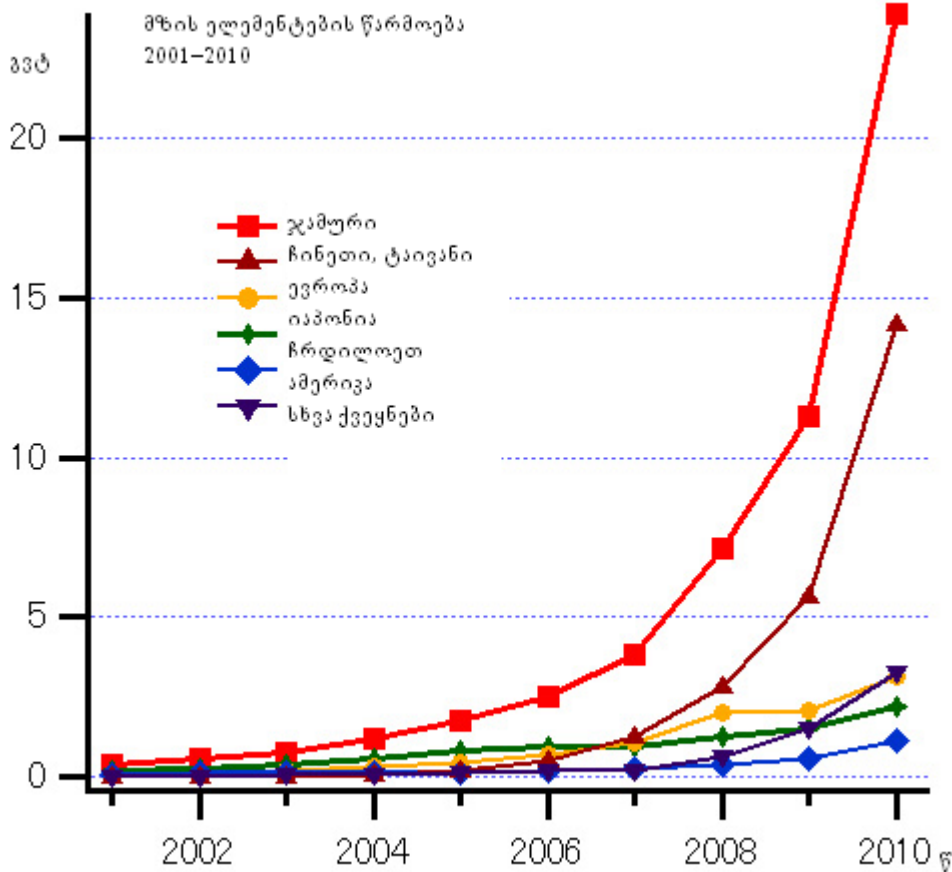
2020 წლამდე, ანუ ორი წლით ადრე ვიდრე გერმანიის ყველა ატომური ელექტროსადგური მთლიანად დაიხურება (2018წ), ქვეყანაში იგეგმება გარემოში გამოტყორცნილი სათბურის გაზების ემისიის 40%-ით შემცირების შესაძლებლობა. აგრეთვე იგეგმება განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენების რაოდენობის 2-ჯერ გაზრდა, რაც საშუალებას მისცემს ქვეყანას შეამციროს ძირითადი (ტრადიციული) ელექტროენერჯის მოხმარება 20%-ით და გაზარდოს განახლებადი ენერჯის წყაროების მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა 35%-მდე. კიდევ შეიძლება რამდენიმე ციფრი მოვიყვანოთ. დღეს (2012წ) დიდი მზის ელექტროსადგურის 1 ვტ სიმძლავრის ღირებულება 2,5÷2,8 ევრო/ვტ-ია. 2020 წლისათვის 1 ვტ -ის ღირებულება 0,9÷1,5 ევრო/ვტ-მდე, ხოლო 2030 წლისათვის -0,7 ევრო/ვტ -მდე შემცირდება.

დღეისათვის მზის ელექტროსადგურის მიერ გამოიმუშავებული ელექტრული ენერჯის ღირებულება 0,15÷0,29 ევრო/(კვტ.სთ)-ია, 2020 წლისათვის--0,07÷0,17 ევრო/(კვტ.სთ), ხოლო 2030 წლისათვის -0,04 ევრო/(კვტ.სთ)-მდე შემცირდება. 2011 წელმა მზის ენერგეტიკის პროდუქციის, მზის ელემენტების ღირებულებაში რევოლუციური ცვლილება შეიტანა. 2011 წლის ბოლოსთვის მზის მოდულის 1 ვტ-ის ფასი 1÷1,1 დოლარი/ვტ იყო, როცა 2011 წლის დასაწყისში 1,8 დოლარი/ვტ-იყო. ე.ი. ღირებულება შემცირდა 40%-ით.

ეს იმაზე მიგვანიშნებს, რომ მზის ენერჯის ღირებულების შემცირების დინამიკა წინასწარ დაგეგმილი პროგნოზირების მონაცემებს ეთანადება. უკვე 2012 წლისათვის „მზის“ და „ტრადიციული“ ელექტროენერჯის კვტ-ები მსოფლიოს ზოგიერთ რაიონებში ერთმანეთს გაუტოლდა.

მსოფლიოში 2020 წლისათვის 300-350 გვტ სიმძლავრის სხვადასხვა „მზის ენერგეტიკული დანადგარების დადგმაა გათვალისწინებული. მათი გამოიმუშავებული ელექტრული ენერჯია 100÷400 მლრდ.კვტ.სთ იქნება. 2030 წლისათვის ეს ციფრი 1080÷1800 გვტ-ს მიაღწევს, შესაბამისად 200÷1400 მლრდ.კვტ.სთ ელექტროენერჯის გამოიმუშავების შესაძლებლობით. ამრიგად, 2020 წლისათვის „მზის ენერგეტიკის“ წილი მსოფლიოში, საერთო ელექტროენერჯის გამოიმუშავებაში 4÷7 % შეადგენს, ხოლო ევროპაში -12%-ს. მსოფლიოში წლების მიხედვით მზის ბატარეების (ელემენტების) წარმოების (გვტ /წელი) დინამიკა სქემის სახით მოცემულია ნახ.1-ზე. უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა ეს პროგნოზები ეფუძნება მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში დღეისათვის რეალურად არსებულ (დანერგილ) ტექნოლოგიებს. ეს არის მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში მრეწველობის მიერ ათვისებული მზის ელემენტები, რომელთა საბაზო მასალებია: სილიციუმი, GdTe, GaAs/Ge, არსებული აკუმულატორები, ინვერტორები და სხვა.

საეჭვო არ არის, რომ ამ მიმართულებით პროგრესის განვითარება. გერმანიაში ლეიპციგის მახლობლად, აშენებულია დიდი მზის ელექტროსადგური „Waldpolenz Solar Park“, სიმძლავრე 52 მგტ. ეს არის მსოფლიოში ყველაზე დიდი „მზის პარკი“. მზის ელემენტები დამზადებულია თხელაფსკოვანი ტექნოლოგიით (მოცემულ შემთხვევაში ტელურიდი კადმიუმის GdTe-გამოყენებით).



ნახ.1. მსოფლიოში მზის ბატარეების წარმოების (გვტ /წელი) დინამიკა რეგიონებში წლების მიხედვით

ამრიგად, „მარტივი ნივთიერი ელემენტები“ უკვე დღეს ახდენენ გავლენას სვალინდელი ენერგეტიკის ფორმირებაზე და „შესაძლებლობების ფანჯრის“ გაღებაზე. აქედან სჩანს, რომ მზის ენერგეტიკას შესწევს უნარი მსოფლიო ენერგეტიკაში თავისი ჭეშმარიტად შესაძლებლობებით დაიკავოს წამყვანი ადგილი.

მაგალითად, დღეისთვის მსოფლიოში სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერები ახორციელებენ მზის ენერგეტიკული სისტემის პარამეტრების მოდელირებას. ფიქრობენ, რომ შექმნან მზის ელექტროსადგურებისაგან გლობალური ენერგეტიკული სისტემა, რომელიც დედამიწის ეკვატორულ ზოლზე თანატოლად იქნება განლაგებული ისე, რომ ელექტროსადგურების ნაწილი ყოველთვის მზის სინათლეზე იმყოფებოდეს. ყველა მზის ელექტროსადგური დაკავშირებული იქნება ერთმანეთთან მცირე წინააღობის მქონე ელგადამცემი ხაზების სადენებით.

ელექტრული სისტემის პარამეტრების მოდელირების დროს, დღეისათვის, მზის ელექტროსადგურების მ.ქ.კ 25%-ის ფარგლებშია. ასეთი გლობალური მზის ენერგეტიკულ სისტემას უწყვეტად შეეძლება აწარმოოს ელექტროენერგია, თანაბრად, დღე-ღამის და მთელი წლის განმავლობაში 17300 ტვტ.სთ/წელ მოცულობით. ელექტროენერგიაზე მსოფლიო მოთხოვნილება გაიზრდება. გლობალური მზის ელექტროსადგურების ფუნქციონირება, სავარაუდოდ, შეიძლება დაიწყოს 2050 წლიდან.

როგორც მკვლევარები აღნიშნავენ, ამ პროექტის განხორციელებით შესაძლებელი იქნება, ელექტროენერგიაზე მსოფლიო მოთხოვნილებაში მზის ენერგეტიკის წილი 60-70 % იყოს. ხოლო გარემოში გამოტყორცნილი სათბურის გაზების რაოდენობა 10-ჯერ მცირე იყოს არსებულთან. სხვადასხვა შეფასებით ასეთი სისტემის შექმნაზე დანახარჯები შეიძ-

ლება 10 ტრილიონ დოლარს აჭარბებდეს. ეს კოლოსალური თანხაა, მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ დღეისათვის მსოფლიოში თავდაცვაზე ყოველწლიურად 7 ტრილიონი დოლარი იხარჯება.

ეს უბრალო გონებაჭერეტი თეორია არ არის. 2012 წლის პირველ ნახევარში იგეგმება პროექტით „Desertec Initiative“-თ გათვალისწინებული მზის ელექტროსადგურის პირველი ეტაპის დამთავრება. აქ გამოყენებული იქნება საჰარას უდაბნოს მზის ენერჯია.

მაროკოს მზის ელექტროსადგურის კომპლექსის ღირებულება 822 მლნ.დოლარი იქნება, დაკავებული ფართობი კი 19,24 კმ². ელექტროსადგურის მშენებლობის ყველა ეტაპის დამთავრების შემდეგ საერთო ღირებულება 2,8 მლრდ.დოლარის ფარგლებში მოიაზრება. ამ გიგანტური მზის ელექტროსადგურის საერთო დადგმული სიმძლავრე 500 მგტ იქნება

(ელექტრული ენერჯიის კომბინირებული წარმოება -100 მგტ, ხოლო თბური ენერჯიის 400 მგტ). ელექტროსადგურის სრული კომპლექსის მშენებლობის დამთავრება 2050 წლისათვის არის ნაგარაუდები. მსოფლიოში მზის ბატარეების (პანელების) მსხვილი მწარმოებელი ჩინური ჰოლდინგი „Suntech Pover“ განკარგავს ქარხნებს ჩინეთში, იაპონიაში და აშშ. ის ყოველწლიურად 2,4 გვტ სიმძლავრის მზის მოდულებს აწარმოებს. მისი გამოშვებული პროდუქცია მზის პანელების სახით მთელ მსოფლიოშია გამოყენებული.

კიდევ რატომაა საჭირო მზის ენერჯეტიკის განვითარება?

● განვითარებული ქვეყნებში ტექნიკური სფეროს წარმომადგენლებმა კარგად იციან, რომ “მზის” მრეწველობა არის ტექნიკური, ტექნოლოგიური და ეკონომიური გარდაქმნების ძლიერი ძრავა. მათში გადამწყვეტი როლი უკავია (ეკისრება) ინოვაციურ ტექნოლოგიებს. სახელმწიფო, რომელიც ვითარდება ამ მრეწველობით “უფასო ბონუსის” სახით, ღებულობს ლიდერობას ელექტრონიკაში, სამხედრო ტექნიკაში და სხვა მრავალი ინტერესების სფეროში. ეს უშუალო კავშირშია რეალურ <<ეკოსისტემასთან>> და ის ერთნაირია როგორც “მზის” მრეწველობისთვის, ასევე ელექტრონიკისთვის-განათლება, სამეცნიერო სკოლები, სხვადასხვა მასალების მწარმოებელი ორგანიზაციები და სხვა;

● 2030 წლისათვის მოსალოდნელია ატმოსფეროში გამოყოფილი სათბურის გაზების ემისიის შემცირება -ნახშირორჟანგის (CO₂) 900 მლნ.ტონა-მდე;

● მზის ენერჯეტიკა ადამიანების დამსაქმებელი დიდი ორგანიზაცია იქნება. ბოლო წლებში გერმანიაში ალტერნატიული, განახლებადი ენერჯიის წყაროების განვითარების შედეგად 300 ათასზე მეტი სამუშაო ადგილი შეიქმნა. მზის ენერჯეტიკას შეუძლია სამუშაოთი დაასაქმოს როგორც მაღალკვალიფიკაციური კადრები (დაგეგმვა, მენეჯმენტი, მეცნიერული პროექტები), ასევე დაბალი კვალიფიკაციის მუშები (დაყენება, სერიული წარმოება). 2030 წლისათვის მსოფლიოში შესაძლებელი იქნება 2,6÷3,5 მილიონი სამუშაო ადგილის შექმნა წელიწადში;

● მსოფლიოს დიდ ელექტროენერჯეტიკაში, როგორც კი დაიწყო მზის ენერჯეტიკამ თავისი გზების გაკვლევა, გამოჩნდა ტრადიციული ელექტროენერჯეტიკის დამახასიათებელი პრობლემები, არათანაბარი თვის და წლიური დატვირთვების სახით. ელექტროქსელის სიმძლავრე მომხმარებლის მაქსიმალურ მოთხოვნილებაზე (დატვირთვაზე) უნდა იყოს განგარიშებული, სხვა დატვირთვებზე ელექტრული ენერჯია არაეფექტურად იქნება გამოყენებული.

თანამედროვე “ტურბინული” ელექტროენერჯეტიკა მოქნილი წარმოება არ არის. ტურბინის გაშვება და გაჩერება ბევრ სირთულესთან არის დაკავშირებული. ამ გარემოებას საერთო სიმძლავრეების არსებით მომატების საჭიროებამდე მივყვართ. ფოტოენერჯეტიკაში პრობლემა კიდევ უფრო დიდია, სიმძლავრის 100 პროცენტის (დღე-ღამე) ვარიაციით. მაგრამ ორი <<მინუსის >> ნამრავლი ერთ ენერჯოსისტემაში გამოყენებისას იძლევა <<პლი-

უსს>>. მზის ენერგეტიკა მუშაობას იწყებს მზის ამოსვლის მომენტიდან. დღეს უკვე შესაძლებელია კომბინირებული ელექტროქსელის გამოყენება, სადაც ელექტრომომხმარებლები განაწილებულია საათური ზოლის მიხედვით. ამ დროს ელექტრული ენერგია გადაეცემა რაიონებს, სადაც ენერჯის მოხმარების პიკია, იმ რაიონებიდან სადაც მზე ანათებს.

ასეთი გონივრული მოსაზრების ენერგოსისტემის კონტურები, რომელიც შექმნილია ჭარბი სიმძლავრეების გარეშე, დღეს მხოლოდ დამუშავების სტადიაშია, მაგრამ ისინი დღეს შესაძლებელია. სურათი 7-ზე ნაჩვენებია გერმანიაში, არნშტეინის ტერიტორიაზე აშენებული 12 მგტ სიმძლავრის <<მზის პარკი>>. აქ გამოყენებულია ორდერძიანი მზის ორიენტაციაზე (მოძრაობაზე) თანმდევნი სისტემა.

ეს ყველაფერი ნებისმიერი ქვეყნისთვის რას ნიშნავს?

პროფესორი ეიკე ვებერის სიტყვებით (Eicke Weber, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Fraiburg) 1850 წელი, აშშ მოსახლეობის ერთი მესამედი დაკავებული იყო ზღვის ვეშაპის ქონის დამზადებით. მაშინ ეს იყო ერთადერთი თხევადი საწვავი. მას ოთახის (სათავსების) გასანათებლად იყენებდნენ. ათი წლის შემდეგ ეკონომიკის ეს სფერო გაქრა მოხმარებიდან, ვინაიდან დედამიწაზე გამოჩნდა ნავთობი და ნავთობპროდუქტები. თუ ჩვენ 30 წლის შემდეგაც ნავთობპროდუქტების წვით ვიქნებით დაკავებული, რატომ უნდა ჩვენ შვილებს და შვილიშვილებს ეს გაუკვირდებოდათ და ამ დროისათვის არც მარაგები იქნება.

დღეს ჩვენს გარშემო არსებულმა რეალობამ შექმნა <<შესაძლებლობების ფანჯარა>>, რომელიც ჯერ კიდევ 5 წლის უკან არ იყო. ეს ნიშნავს იმას, რომ მიდგომას ენერგეტიკის განვითარებაზე (ეკონომიკა მთლიანად) ჯერ კიდევ სჭირდება გადახედვა.

მსოფლიოში 2010 წელს მიწის წიაღიდან ამოღებული იქნა 2,3 მლრდ. ტონა რკინის მადანი და გამოდნობილი იქნა 1,4 მლრდ. ტონა ფოლადი. დიახ, დღეს მსოფლიოს უნდა ნავთობი და გაზი. მომავალში მსოფლიოს არ დასჭირდება იმდენი ფოლადი ნავთობისა და გაზის მიწებისათვის, აგრეთვე საბურღი კოშკები. 10-20 წლის შემდეგ მსოფლიოს არ დასჭირდება იმდენი ნავთობი და გაზი, რამდენსაც მოიხმარს დღეს. მაგრამ საჭირო იქნება უფრო მეტი რაოდენობით სილიციუმი, გერმანიუმი, ინდიუმი, მინა და ა.შ. ეს გამოიწვევს შრომის ბაზრის ცვლილებას. საჭირო იქნება მეტი ფიზიკოსები, ქიმიკოსები, ტექნოლოგები, ოპერატორები, კვალიფიცირებული კონსტრუქტორები, სპეციალისტ-მემონტაჟები.

მზის ენერგეტიკის განვითარებისათვის საჭიროა ქვეყნის მთავრობამ მიიღოს აქტი განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენებით ელექტროენერგეტიკის ენერგოეფექტურობის ამაღლების სფეროში 2020 წლამდე „სახელწიფო პოლიტიკის ძირითადი მიმართულებები“, სადაც დადგენილი იქნება განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენებით ელექტროენერჯის წარმოების მოცულობა. კონკრეტული ნაბიჯები ამ მიმართულებით ჯერჯერობით არ ჩანს [2].

ლიტერატურა.

1. www.membrana.ru
2. მ.ქებურია. ალტერნატიული, განახლებადი ენერგორესურსები და მათი ენერგეტიკა. აწლ. გამომცემლობა. 2009. 441გვ.

SOLAR POWER ENGINEERING: THE PAST AND THE FUTURE

KEBURIA M.

Akaki Tsereteli State University

Summary

Current, the solar battery prices on the market goes down, but consumption of solar power grows quickly. 30 years ago, the rated capacity of solar installations was within the limits of 4 MW, but the cost of a finished solar



module is 15 doll/W. The capacity of the installed solar batteries year-by-year increases with every passing year, and in 2009 it was 75 GW in 2010 – 16,4, and in 2011 – 27,7. All this points to the fact the paces of the development of solar power engineering are very rapid. Average cost of per watt of solar batteries produced by manufacturer-enterprises. is less than \$1. Many countries rejected nuclear. Today, there is existed indeed the problem with climate overbalance. The population of the planet is continually returning to the idea of using the renewable energy sources. In this field, about \$260 billion was invested in 2011. Since 1990, the production of solar batteries had been increased by 500 times. Turnover in this industry is estimated at \$82 billion. About \$40 billion was invested in solar power engineering. In 2011, there were installed the solar power plants with the capacity about 27.7 GW. That points to the fact that solar power engineering will have a bright and successful future.

2

ენერგოეფექტურობის პრობლემები საქართველოში

თ. მუსელიანი*, ი. ქათამაძე**

* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი.

** აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

სტატიის შინაარსი ეხება ქვეყნის ენერგოუსაფრთხოებას, ელექტრული ენერჯის დაზოგვის პრობლემებს, რეაქტიური სიმძლავრის კომპენსაციის საშუალებით ენერჯის დანაკარგების შემცირებას, ძაბვის ნორმირებული დონის უზრუნველყოფას, წარმოებისა და ქსელის გამტარუნარიანობის ამაღლებას. აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტების განსაზღვრას, მათი ცვლილებით გამოწვეულ ტექნიკურ-ეკონომიურ მახასიათებლებს. რეაქტიური სიმძლავრის კომპენსაციას და რეგულირებას. ეკოლოგიურ უსაფრთხოებას და ელექტრული ენერჯის ხარისხს. განხილულია ელექტრულ ქსელებში უმაღლესი რივის ჰარმონიკებით გამოწვეული პრობლემები.

ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოება, ეროვნული უსაფრთხოების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია, რომელსაც შესწავს უნარი საგანგებო პირობებში მოქალაქეები და მთლიანად სახელმწიფო დაიცვას ყველა სახის ენერჯისა და ენერგორესურსების დეფიციტის საშიშროებისაგან და უზრუნველყოს ქვეყნის საკმარისი და საიმედო ენერგომომარაგება, რომელიც საჭიროა მდგრადი ეკონომიკის მყარი განვითარებისა და მოსახლეობის კომფორტული პირობების დაკმაყოფილებისათვის

ქვეყანაში ენერგოგადამტანების უსაფრთხოების პრობლემების აქტუალურობა განპირობებულია მსოფლიო მასშტაბით ენერგოგადამტანების ღირებულების ზრდის ტენდენციით, ეკონომიკისა და ეკოლოგიის მზარდი მოთხოვნებით [1].

იმ განვითარებული ქვეყნების რიცხვი, რომელთაც გააჩნიათ ქვეყნის რეალური შესაძლებლობები საკუთარი საშუალებებით უზრუნველყონ ქვეყნის ენერგო-უსაფრთხოება, არც თუ ისე დიდია. მათ რიცხვს მიეკუთვნება საქართველოც, რომელსაც თბოელექტროსადგურისათვის საჭირო საწვავი საბაზრო ფასებით შემოაქვს საზღვარგარეთიდან. ამიტომ მოცემულ ეტაპზე ენერგოდაზოგვის პრობლემა ერთ-ერთი აქტუალურია ენერგეტიკისა და მთელი სახალხო მეურნეობის განვითარებისათვის. რადგან დაზოგილი ენერჯია ერთი რიგით იაფია ახლად მოპოვებულზე. მაგრამ დღეისათვის ენერგოუსაფრთხოებისა და ენერგო-ეფექტურობის ამაღლებისათვის უფრო მეტი ყურადღება ეთმობა ისეთი ტექნოლოგიების ინტენსიურ გამოყენებას, როგორიცაა: თბოიზოლაცია, მაღალი ამრეკლი უნარის მქონე სამშენებლო მასალები, მრავალფენიანი შემინვა, მზის ენერჯის გამოყენება, მაღალეფექტური ხელფენური განათება, ენერგოდაზოგის საყოფაცხოვრებო ტექნიკა, მაღალეფექტური სავენტილაციო და გაცივების სისტემები, მზის წყლის გამაცხელებლები. მხოლოდ ასეთი პროექტები ფინანსდება ამჟამად საზღვარგარეთიდან შემოსული გრანტებით, მაშინ როდესაც ჩვენს ქვეყანაში საერთოდ უყურადღებოდაა მიტოვებული ელექტრო ენერჯის დაზოგვის ერთ-ერთი ისეთი ყველაზე მძლავრი და ეფექტუ-

რი ბერკეტი, როგორცაა რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია.

რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია - ეს არის საიმედო და უწყვეტი ელექტრომომარაგება, ელექტროენერჯის დანაკარგების შემცირება, ძაბვის ნორმირებული დონის უზრუნველყოფა, წარმოებისა და ქსელის გამტარუნარიანობის ამაღლება, წარმოების გაფართოებისა და მისაერთებელი სიმძლავრეების გაზრდის, მოხმარებული ელექტროენერჯის შემცირების შესაძლებლობა [2].

ელექტრულ ქსელში აქტიური სიმძლავრის რაოდენობის დახასიათებისათვის შემოტანილია სიმძლავრის კოეფიციენტის ($\text{Cos}\varphi$) ცნება, რომელიც გვიჩვენებს სრული სიმძლავრის რა ნაწილს შეადგენს მოცემულ ქსელში აქტიური სიმძლავრე. როცა: $\text{Cos}\varphi=1$, მაშინ გვაქვს იდეალური შემთხვევა; $\text{Cos}\varphi = 0,95$ – კარგია; $\text{Cos}\varphi = 0,9$ - დამაკმაყოფილებელია; $\text{Cos}\varphi = 0,8$ და ქვემოთ უარყოფითი მაჩვენებელია, ხოლო რეაქტიული სიმძლავრის დახასიათებისათვის შემოტანილია რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტის ($\text{tg}\varphi$) ცნება, რომელიც განისაზღვრება რეაქტიული სიმძლავრის ფარდობით აქტიურ სიმძლავრესთან.

ცნობილია, რომ აქტიური სიმძლავრის წყაროს წარმოადგენს მხოლოდ ელექტროსადგურის გენერატორები, ხოლო რეაქტიული სიმძლავრის გენერირება შეიძლება მოხდეს არა მარტო გენერატორებში, არამედ საპაერო და საკაბელო ხაზებში და მისი მოხმარების ადგილზე დაყენებული რეაქტიული სიმძლავრის სხვა წყაროებითაც. ამიტომ ელექტროსისტემებისა და სამრეწველო საწარმოებისათვის რეაქტიული სიმძლავრე ყოველთვის რჩებოდა ელექტროენერჯის ტექნოლოგიური ბრუნვის განუყოფელი ატრიბუტი, რომელიც გავლენას ახდენს მის ეკონომიურ ეფექტურობაზე. რეაქტიული სიმძლავრით მართვა-ენერგოდაზოგვისა და ენერგოეფექტურობის ერთ-ერთი ყველაზე უფრო ეფექტური და მცირედანა-ხარჯიანი ხერხია, როგორც ელექტროსისტემებში, ასევე დაწესებულებებში და კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მეურნეობის ქსელებში. აქედან გამომდინარე იმ მრავალრიცხოვან ფაქტორებთან ერთად, რომლებიც გავლენას ახდენენ ელექტრომომარაგების სისტემების ეფექტურ მუშაობაზე გამანაწილებელ ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციის საკითხს პრიორიტეტული ადგილი უნდა მიენიჭოს.

ხანგრძლივი დროის განმავლობაში საყოფაცხოვრებო დანიშნულების გამანაწილებელ ელექტრულ ქსელებში რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციის პრობლემებს საჭირო ყურადღება არ ექცეოდა. ეს აიხსნებოდა იმით, რომ კომუნალურ საყოფაცხოვრებო ტექნიკას (ვარვარა ნათურები, ელექტროღუმელები, ელექტროგამაცხელებლები და სხვა), რომლებიც უმეტესად მუშაობენ ერთფაზა დატვირთვის რეჟიმში და ძირითადად ჰქონდა აქტიური დატვირთვის ხასიათი, რომელთა სიმძლავრის კოეფიციენტი $\text{Cos}\varphi = 1$ და შესაბამისად მაკომპენსირებელი მოწყობილობები არ გამოიყენებოდა. მაგრამ უკანასკნელ ათწლეულში საცხოვრებელი სექტორის 1მ^2 ფართობზე ელექტროენერჯის ხარჯი სამჯერ გაიზარდა, ხოლო სიმძლავრის კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობა დღე-ღამის განმავლობაში იცვლება $0,8-0,99$ ფარგლებში. ამიტომ ელექტრომომხმარებლის ოპტიმიზაციის ძირითადი ამოცანა არის შენობების ელექტრომომარაგების პროექტირების სტადიაში საპროექტო სიმძლავრის მიხედვით გათვალისწინებული იქნეს ქსელის რეაქტიული სიმძლავრის სრული ავტომატური კომპენსაცია. [2]

რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტის ($\text{tg}\varphi$) ოპტიმალური მნიშვნელობის შენარჩუნების მიზნით გასული საუკუნის 30-იანი წლებიდან ყოფილ საბჭოთა კავშირში შემოღებული იყო ელექტროენერჯის ტარიფზე ფასჩამოკლებისა და წანამატის სტიმულირების მოქნილი სისტემა, რომელიც რეაქტიული სიმძლავრის ოპტიმალური კოეფიციენტის დადგენილი ნორმის ცვლილების შესაბამისად განიცდიდა ცვლილებას. აღნიშნულმა სისტემამ რუსეთის ელექტროსისტემაში, რომელთანაც გარკვეულწილად დაკავშირებულია საქართველოს ელექტრომომარაგება, უკანასკნელი ცვლილება განიცადა 1997 წელს, ხოლო 2000 წელს გამანაწილებელი სისტემების კერძო კომპანიების ხელში გადასვლის შედეგად საერთოდ გაუქმდა, რითაც ელექტროსისტემასა და მომხმარებელს შორის დაიკარგა ურთიერთმოქმედების სამართლებრივი საფუძველი. სტიმულირების

სისტემა მოითხოვს დაუყოვნებლივ აღდგენას, რადგან რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტის ნორმების დაუცველობა ქმნის არა მარტო დანაკარგებს ელექტროსისტემაში, არამედ ქსელის გამტარუნარიანობის შემცირების გამო აუარესებს ელექტრომომარაგებელი კომპანიის მუშაობის მაჩვენებელს. შესაბამისად გაიზარდა ქსელში დანაკარგები. თუ გასული საუკუნის 80-იან წლებში კომუნალურ – საყოფაცხოვრებო ტექნიკის აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეებზე მოთხოვნათა თანაფარდობა შეადგენდა 0,7/0,3; დღეისათვის ეს თანაფარდობა შეადგენს 1/1. ასეთი თანაფარდობისას რეაქტიული სიმძლავრით გამოწვეული დანაკარგების წილი შეადგენს 30-50%. დანაკარგების სიდიდე დამოკიდებულია დატვირთვის ხასიათზე, ტრანსფორმატორის საფეხურების რიცხვზე და ქსელის სიგრძეზე [2].

ეკოლოგიური უსაფრთხოება. თბოელექტროსადგურებში წარმოებული ელექტრული ენერჯის მოხმარების ზრდა გარდაუვალად იწვევს ნახშირმჟავა გაზის გამონაბოლქვის გაზრდას, რაც თავის მხრივ, სპეციალისტთა მტკიცებით იწვევს დედამიწის ტემპერატურის გაზრდას. კლიმატის ცვლილებასთან ბრძოლის ჩარჩო-ებში ადამიანის მიერ გარემოზე ზემოქმედება მინიმუმამდე უნდა იქნეს დაყვანილი.

ელექტროენერგეტიკულ სექტორში სწორი სტრატეგიის გამოყენებით, შეიძლება შევამციროთ ან სტაბილური გავზარდოთ ნახშირმჟავა გაზების ატმოსფეროში გამოფრქვევა. 2007 წლის მონაცემებით მსოფლიო მასშტაბით ნახშირორჟანგის ყოველწლიურმა გამონაბოლქვმა შეადგინა 44 გიგატონა, მათ შორის 26 გიგატონა მიეკუთვნება ენერგეტიკას [3].

მსოფლიო ტენდენცია მიმართულია ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის გაზის გამოყოფის შეზღუდვისაკენ ენერგეტიკული ეფექტურობის გაუმჯობესების გზით. ეს ტენდენცია ამაღლებს აგრეთვე ქვეყნის ენერგოუსაფრთხოებასაც.

ნახშირმჟავა გაზის კონცენტრაციას, რომელიც ატმოსფეროში ხვდება ადამიანის მოქმედების მიერ, მივყავართ დედამიწაზე ტემპერატურის გაზრდასთან. სახელ-დობრ, ნახშირმჟავა გაზის კონცენტრაცია უკანასკნელი ორი საუკუნის განმავლობაში გაიზარდა 30 %-ით. კლიმატის ცვლილების შესახებ გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მიერ მიღებული იქნა ჩარჩო ხელშეკრულება, სადაც ნათქვამია: ადამიანის ზემოქმედება გარემო პირობებზე კლიმატის ცვლილების მინიმუმაციის ბრძოლის ჩარჩოებში მიმართული უნდა იქნას იქითკენ, რომ შემცირებულ იქნას ატმოსფეროში ნახშირმჟავა გაზის გამონაბოლქვი ან გაუმჯობესდეს მათი შთანთქმის საშუალებები.

2008 წლის ივლისში იაპონიაში „დიდი რვიანის“ სამიტზე ლიდერი ქვეყნები შეთანხმდნენ 2030 წლისათვის ატმოსფეროში ნახშირმჟავა გაზის გამონაბოლქვი შემცირდეს 50 %-ით და თავიდან ავიცილოთ ატმოსფეროს გლობალური გაჭუჭყ-ყიანება.

ნახშირმჟავა გაზის გამოყოფის ძირითად წყაროებს (80%-მდე) წარმოადგენენ ნავთობპროდუქტები, ბუნებრივი აირი და ნახშირი, რომელთა დაწვის შედეგად თბოელექტროსადგურებში მიიღება ელექტრული ენერჯია.

სიმძლავრის კოეფიციენტის მნიშვნელობის შესაფასებლად მოვიყვანოთ კიდევ ერთ მაგალითს: ენერგეტიკისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს 2011 წლის სტატისტიკური მონაცემებით საქართველოს ელექტრომომხმარებლებს მიეწოდა 9 221 500 000 კვტ.სთ ელენერჯია. არსებული მდგომარეობიდან გამომდინარე შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ სიმძლავრის კოეფიციენტის საშუალო შეწონილი მნიშვნელობა ტოლია $\cos \phi = 0,8$ (რაც ცუდი მაჩვენებელია), მაშინ ამ კოეფიციენტის მხოლოდ 0,1 - ით გაზრდა (რაც შესაბამისი ტექნიკური ღონისძიებების გატარებით სავსებით შესაძლებელია და დამაკმაყოფილებელი მნიშვნელობაა) მოგვცემს 1 152 687 500 კვტ.სთ ენერჯის ეკონომიას.

საქართველოს თბოელექტროსადგურებში ამ რაოდენობის ელექტროენერჯის მისაღებად ყველაზე უკეთეს შემთხვევაში, როცა პირობითი საწვავის ხვედრითი ხარჯი არის 370 გ/კვტ.სთ, იხარჯება 4 264 874 ტონა პირობითი საწვავი, რომლის დაწვის შედეგად ჰაერში გამოიყოფა მისი შესაბამისი მომწამლავი აირი – ნახშირორჟანგი, რაც

აუარესებს ეკოლოგიურ უსაფრთხოებას.

ელექტროენერჯის ხარისხი. დღეისათვის ელექტროენერგეტიკაში შექმნილია პარადოქსალური სიტუაცია: ერთი მხრივ მუდმივად იზრდება მისი აღჭურვილობა ელექტრონული და მიკრო-პროცესორული ტექნიკით, ხოლო მეორე მხრივ-მუდმივად იზრდება ისეთი ელექტრომიმღებების რიცხვი და სიმძლავრე, რომლებიც ქმნიან სხვადასხვაგვარ ელექტრომაგნიტურ დაბრკოლებებს. რადგანაც ელექტროენერგეტიკის ყველა ობიექტი ერთმანეთთან დაკავშირებულია ელექტროგადაცემის საზებით, ამიტომ ელექტრომაგნიტური დაბრკოლებები შეიძლება გავრცელდნენ დიდ მანძილებზე და გამოიწვიონ ენერგეტიკის ობიექტების მართვის სისტემების შეფერხება, შედეგად კი - დიდი ზარალი.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მე-20-ე საუკუნის 80-იან წლებამდე საქართველოში და მთლიანად მსოფლიოში ელექტროენერჯის ძირითად მომხმარებლებს წარმოადგენდნენ წრფივი დატვირთვის მქონე მომხმარებლები, როგორიცაა: ელექტრული ძრავები, ვარვარების ნათურები, ელექტროგამათბობლები და სხვა.

უკანასკნელ ხანებში საქართველოში ძლიერ გაიზარდა არაწრფივი მომხმარებლების (კომპიუტერები, კლიმატ-კონტროლები, UPS-ები, გამმართველები და სხვა საოფისე ტექნიკა) რიცხვი და სიმძლავრე, რომლებიც „აბინძურებენ“ ელექტრულ ქსელებს უმაღლესი რიგის ჰარმონიკებით [4].

უმაღლესი რიგის ჰარმონიკების პრობლემას ყველა ქვეყანა კომპიუტერული და საოფისე ტექნიკის კონცენტრაციის გარკვეულ ეტაპზე ეჯახება. მათი ზემოქმედებით უარესდება საერთაშორისო სტანდარტით დადგენილი ელექტროენერჯის ხარისხი, რის გამოც ხდება საკაბელო ხაზების ნულოვანი სადენის გადახურება და მწყობრიდან გამოსვლა, მკვებავი ძაბვის სინუსოიდური ფორმის დამახინჯება; იქმნება დამატებითი დანაკარგები ტრანსფორმატორებში; მცირდება ტრანსფორმატორის მუშაობის ვადა; უარესდება კონდენსატორების ბატარეის მუშაობა; ხდება დაცვის აპარატურის ცრუ ამუშავება; იზრდება ცდომილებები ადრიცხვის კვანძებში. ყველა ზემოთხამოთვლილი პირობა ზრდის დანაკარგებს ელექტრულ ქსელებში.

ამიტომ ელექტროენერჯის ხარისხის პრობლემა ყოველწლიურად უფრო და უფრო აქტუალური ხდება. მიუხედავად ამ პრობლემის აქტუალობისა მისი გადაწყვეტა ჭიანურდება შესაბამისი ორგანოების უყურადღებობის გამო.

2008 წელს საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიის მიერ (IEC) გამოქვეყნდა ორი ფუძემდებლური დოკუმენტი, რომელიც ეხება ელექტროენერჯის ხარისხის საკითხებს – საერთაშორისო სტანდარტი IEC 61000 – 4-30:2008 და IEC 61000 – 4-7:2002. მოცემული დოკუმენტების პუბლიკაცია მოწმობს საზღვარგარეთ ელექტროენერჯის ხარისხის განსაკუთრებულ ყურადღებაზე.

რუსეთსა და დსთ-ს ქვეყნებში ელექტროენერჯის ხარისხზე არსებობს სახელმწიფო სტანდარტები: GOCT 13109-97 - საერთო დანიშნულების ელექტრომომარაგების სისტემებში ელექტრული ენერჯის ხარისხის ნორმები; GOCT P 53333-2008 - საერთო დანიშნულების ელექტრომომარაგების სისტემებში ელექტრული ენერჯის ხარისხის კონტროლი. ჩვენს რესპუბლიკაში ამგვარი სტანდარტები არ არსებობს და შესაბამისად არც ელექტროენერჯის ხარისხს ექცევა საჭირო ყურადღება, რაც თავის მხრივ იწვევს ელექტროენერჯის მნიშვნელოვან დანაკარგებს ელექტრულ ქსელებსა და ელექტრულ მოწყობილობებში.

დღესდღეობით საქართველოში ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების შესწავლის მიმართულებით საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტთან არსებული ენერგეტიკული დანადგარების ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და ენერგოეფექტურობის სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრის ბაზაზე ჩატარებულია მხოლოდ მცირე მოცულობის სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები სადოქტორო დისერტაციების ფარგლებში პროფესორ თენგიზ მუსელიანის ხელმძღვანელობით და მიღებული იქნა ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების მეტად სავალალო შე-

დებები.

ამრიგად, ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ქვეყნის ენერგოუსაფრთხოებისათვის საჭიროა პირველ რიგში ყურადღება უნდა მიექცეს ისეთ მნიშვნელოვან საკითხებს, როგორცაა რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია და შედეგად სიმძლავრის კოეფიციენტის ამაღლება; ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფა; ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების სტანდარტის მოთხოვნებთან შესაბამისობა, რომლებიც მთლიანობაში განაპირობებენ ელექტროენერჯის ეფექტურად გამოყენებას.

ლიტერატურა:

1. ჩომახიძე დ. საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოება. თბილისი. 2003. –546 გვ.
2. Матросов Ю.А. Энергоэффективность и экология. Основа современных требований к теплозащите//Ж. Архитектура и строительство. № 5, 2009.
3. ქობალია თ. მუსელიანი თ. რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია გამანაწილებელ ქსელებში. თბილისი. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009– 111 გვ.
4. მუსელიანი თ., მუსელიანი გ, იარალაშვილი დ. თანამედროვე ტექნიკა და ენერგოეფექტურობა// თბილისი. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „ გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“. შრომები. 2010 გვ.392–394.

ENERGY EFFICIENCY PROBLEMS IN GEORGIA

T. MUSELIANI*, I. KATAMADZE**

*Georgian Technical University

**Akaki Tsereteli State University

Summary

Electric power conservation problem is one of the topical problems for the development of power industry and national economy as a whole, since the saved energy is one degree cheaper than newly-generated one. One of the most powerful and effective lever for electric power conservation, reliable and continuous power supply, reducing the number of electrical equipments, reducing the electric power losses, ensuring the normal voltage level, enhancing the capacities of the generation and networks, increasing the switched powers, and the guarantor of improving the capacitance coefficient – the reactive power compensation in power networks, is absolutely ignored in our country.

At present, there is existed a paradoxical situation in power industry: on the one hand, there is continuously growing its equipping with electronic and microprocessor engineering, and on the other hand, there is continuously increasing the number and capacity of those power-consuming units, which create the various types of electromag-

netic noises. Since the all power industry units are connected with each other by power transmission lines, the electromagnetic noises can be spread on a long distance and they can impede power units control systems, and consequently cause large losses.

Thus and so, the problem of electric power quality every year is getting more and more topical. Despite the topicality of this problem, it is not resolved yet due to inadvertence of appropriate organs.



**მზის ენერჯიაზე მომუშავე ინოვაციური
 წყალსაქანი ტუმბო**

**ი. შეჩრილაძე, ე. მაჭავარიანი, ჯ. რუსიშვილი, ბ. ბიბინეიშვილი,
 დ. შეჩრილაძე, მ. მეზარიშვილი**
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

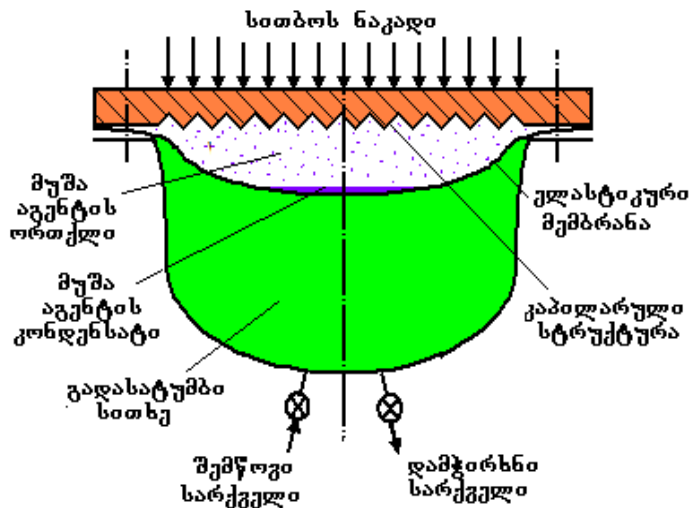
მოხსენებაში წარმოდგენილია ინოვაციური წყალსაქანი ტუმბო, რომელიც მუშაობს მზის ენერჯიით და მზის ბრტყელ კოლექტორთან ინტეგრირებისას პრაქტიკულად ნულოვანი თბური დანაკარგებითა და ელექტროენერჯიის მოხმარების გარეშე შეუძლია უზრუნველყოს წყლის ცირკულირება. ტუმბო წარმოადგენს ადრე შექმნილი, შუალედური აგენტის ერთ მუშა კამერაში აორთქლებისა და კონდენსაციის პროცესების მონაცვლეობით მომუშავე ორთქლის მანქანა-ტუმბოს შემდგომი განვითარების ახალ საფეხურს. ტუმბოს ძირითადი მახასიათებლების შემდგომი არსებითი ამაღლების მიზნით შემოთავაზებულია და დაპატენტებულია ტუმბოს ახალი კონსტრუქცია.

მსოფლიო მზის ენერჯიით მომუშავე, შედარებით იაფი, ტექნიკურად მარტივი და საიმედო წყალსაქანი ტუმბოების შექმნის მიმართულებით ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 80-იანი წლების ბოლოს იყო დაგროვილი მუშაობის დიდი გამოცდილება. მიმოხილვითი ხასიათის პუბლიკაციებში [1, 2] ნათლად ჩანს, რომ დაახლოებით 1970 წლამდე ჩატარებულ კვლევებში დიდი ყურადღება ეთმობოდა ორთქლის მანქანებით მოქმედ ჰელიოტუმბოებს. შემდგომში სიტუაცია იცვლება. გაეროსა და მსოფლიო ბანკის მიერ 80-იან წლებში ჩატარებული მზის ენერჯიით მოქმედი ტუმბოების გლობალური სადემონსტრაციო და გამოსაცდელი პროექტის შესრულების შემდეგ, 1983 წელს ცალსახად იქნა მიღებული გადაწყვეტილება მზის ფოტოელექტრული ტუმბოების უპირატესობის შესახებ. ამ გადაწყვეტილების შედეგად მომდევნო წლებში განვითარებად ქვეყნებში დაიდგა 3000-ზე მეტი ფოტოელექტრული ტუმბო. ამჟამად ფოტოელექტრული ჰელიოტუმბოები ფართოდ გამოიყენება მთელ მსოფლიოში. თუმცა აღსანიშნავია, რომ მათი შედარებით მაღალი კუთრი ღირებულება კვლავ რჩება მნიშვნელოვან უარყოფით ფაქტორად [3]. სწორედ ეს ფაქტორი განაპირობებს იმას, რომ შენარჩუნებულია ინტერესი პოტენციურად გაცილებით ურო დაბალი კუთრი ღირებულების მქონე ორთქლის მანქანისა და ჰელიოტუმბოების მიმართ, რომელთა სრულყოფის შესაძლებლობები ჯერ კიდევ არ არის ამოწურული.

ამ პრობლემის სხვადასხვა კონსტრუქციულ გადაწყვეტებს შორის არის ისეთებიც, მაგალითად, მცირე წარმადობის პულსაციური დიაფრაგმული ტუმბო [4], რომელიც მზის გამოსხივების თბური ენერჯიის უშუალოდ წყლის გადასაქან მუშაობად გარდაქმნისათვის დაბალ ტემპერატურაზე მდულარე მუშა აგენტის აორთქლებისა და კონდენსაციის პროცესები გამოიყენება. ასეთ ტუმბოში კონსტრუქციულად ერთ საკანშია რეალიზებული ორთქლის მანქანისა და ტუმბოს ფუნქციები და მზის ენერჯიის პირდაპირ მექანიკურ ენერჯიად გარდაიქმნება, რაც, ერთის მხრივ, უზრუნველყოფს სისტემის ძლიერ გამარტივებას და, მეორეს მხრივ, იძლევა მთლიანად მოწყობილობის მასაგაბარიტული და ღირებულებითი მაჩვენებლების მკვეთრი შემცირების შესაძლებლობას.

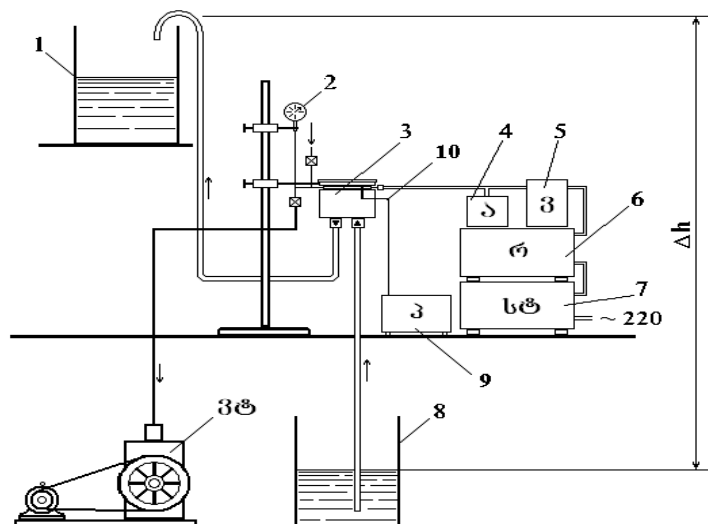
პულსაციური დიაფრაგმული ტუმბო წარმოადგენს კლასიკურ მემბრანულ ტუმბოს, რომელიც შედგება ერთმანეთისაგან ელასტიური მემბრანით განმხლოებული ორი, ზედა და ქვედა ნაკვეთურისაგან. ტუმბოს პრინციპული სქემა მოცემულია ნახ. 1-ზე. ზედა ნაკვეთური შევსებულია მუშა აგენტით (რომელიმე, დუდილის დაბალი ტემპერატურის მქონე სითხე და მისი ორთქლი), ხილო ქვედა ნაკვეთური – გადასატუმბი სითხით. მუშა აგენტის აორთქლების პროცესში, იზრდება რა ზედა ნაკვეთურში არსებული წნევა,

მემბრანა გადაადგილდება (გაიბერება) ქვემოთ, ამცირებს ქვედა ნაკვეთურის მოცულობას და შედეგად იწვევს გადასატუმბი სითხის ამ ნაკვეთურიდან გადაენას დამჭირხნი სარქველის გავლით. ეს პროცესი გრძელდება მუშა აგენტის სრულ აორთქლებამდ, რის შემდეგაც ხდება მუშა აგენტის ორთქლის კონდენსაცია გაბერილი მემბრანის ზედა ზედაპირზე. კონდენსაციის სითბო გადაეცემა მემბრანის მეორე მხარეს არსებულ გადასატუმბ სითხეს, რომლის ტემპერატურა გაცილებით დაბალია ვიდრე მუშა აგენტის ნაჯერობის ტემპერატურა. მუშა აგენტის ორთქლის კონდენსაციის პროცესში მცირდება ზედა ნაკვეთურში არსებული წნევა, ელასტიური მემბრანა იკუმშება და ქვედა ნაკვეთურში ხდება გადასატუმბი სითხის ახალი ულუფის შეწოვა შემწოვი სარქველის გავლით. კონდენსაციის დამთავრების შემდეგ ელასტიკური მემბრანა უბრუნდება საწყის ფორმას და ამგვარად, მასზე მოთავსებულ მუშა აგენტის კონდენსატს დააბრუნებს ამორთქლებელ ზედაპირზე. ამორთქლებელ ზედაპირზე არსებული კაპილარული სტრუქტურა ასწრებს კონდენსატის შეწოვას მანამ, სანამ კონდენსატის ტემპერატურა მიაღწევს მისი აორთქლებისათვის საჭირო მნიშვნელობას. ამის შემდეგ კვლავ იწყება მუშა აგენტის აორთქლება და ციკლი მეორდება. ამგვარად, მუდმივად ხორციელდება აორთქლება-კონდენსაციის მონაცვლეობითი პროცესები, რომლებიც განაპირობებენ ელასტიური მემბრანის პულსაციურ მოძრაობას, რაც თავის მხრივ უზრუნველყოფს გადასატუმბი სითხის დაჭირხნისა და შეწოვის პროცესებს.

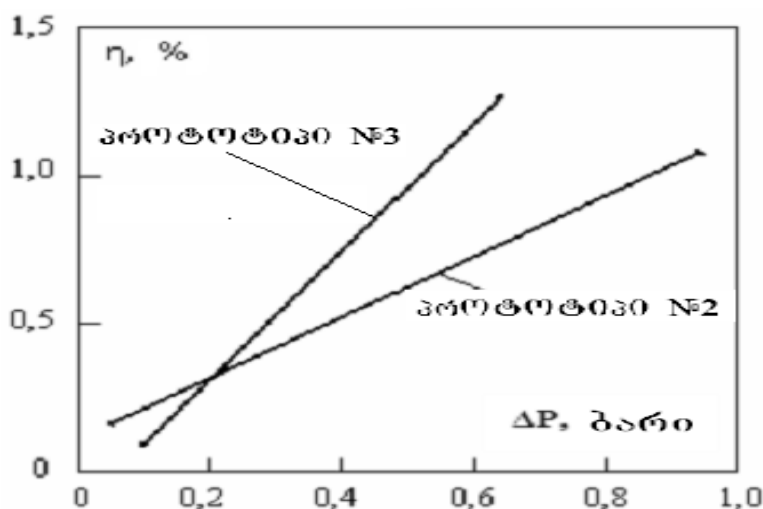


ნახ. 1. პულსაციური დიაფრაგმული ტუმბოს სქემა (ელასტიკური მემბრანის მდგომარეობა კონდენსაციის დაწყებისას)

ჩვენს მიერ გასულ წლებში ინიციატიური წესით დამუშავებულ იქნა ამორთქლებელ-საკონდენსაციო ციკლით მომუშავე მცირე წარმადობის მემბრანული ტუმბოს სამი სხვადასხვა ექსპერიმენტული პროტოტიპი, რომლებიც ექსპერიმენტულად გამოკვლეული იქნა ნახ. 2-ზე წარმოდგენილ ლაბორატორიულ სტენდზე. ექსპერიმენტული სტენდი უშუალოდ ტუმბოს 3 გარდა შეიცავს ელექტროკვების სისტემას ამპერმეტრით 4, ვოლტმეტრით 5, ძაბვის რეგულატორით 6 და სტაბილიზატორით 7. სტენდის შემადგენლობაში შედის აგრეთვე თერმოწყვილის 10 ჩვენების გამზომი პოტენციომეტრი 9, ზედა 1 და ქვედა 8 საზომი ჭურჭლები და ტუმბოს მიერ განვითარებული წნევის საზომი მანომეტრი 2. ტუმბოს №2 და №3 პროტოტიპების გამოცდების შედეგები წარმოდგენილია ნახ. 3-ზე.



ნახ. 2. ექსპერიმენტული სტენდი



ნახ. 3. ტუმბოს №2 და №3 ექსპერიმენტული პროტოტიპების მ.კ.კ.-ს დამოკიდებულება დაწნევის სიდიდეზე

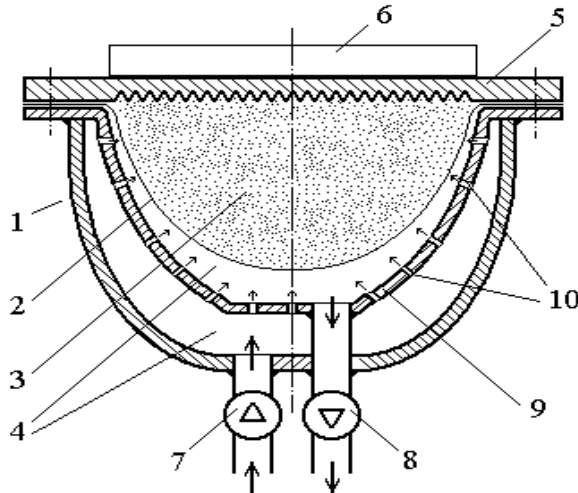
კვლევის მონაცემების ანალიზიდან ჩანს, რომ ხსენებული ტიპის ტუმბოს აქამდე რეალიზებული პროტოტიპების ტექნიკური და ეკონომიკური პარამეტრები და საიმედოობის დონე ჯერ კიდევ საკმარისი არ არის ეფექტური ინტეგრირებული სისტემის "ჰელიო-ოკლექტორი-ტუმბო" შექმნისათვის. განსაკუთრებით აქტუალურია ტუმბოს ხვედრითი წარმადობის ამადლების პრობლემა, რაც უშუალოდ აისახება მის მასაგაბარიტულ პარამეტრებზე და, შესაბამისად, ღირებულებაზე.

ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ მუშა სითხის აორთქლების პროცესის პარალელურად მიმდინარეობს ელასტიურ მემბრანასთან შეხებაში მყოფი ორთქლის ნაწილობრივი კონდენსაცია, რაც ამცირებს წნევას და შედეგად ტუმბოს ეფექტურობას. აქედან გამომდინარეობს დასკვნა, რომ აორთქლების პროცესი რაც შეიძლება სწრაფად უნდა მოხდეს და ამ დროს კონდენსაცია რაც შეიძლება დაბალი ინტენსივობით უნდა ხდებოდეს. აორთქლების დამთავრებისა და ამაორთქლებელი ზედაპირის სრული გაშრობის შემდეგ კი პირიქით, კონდენსაცია რაც შეიძლება სწრაფად უნდა მიმდინარეობდეს რაც გაზრდის დროის ერთეულში შესრულებული ციკლების რაოდენობას და მაშა-

სადამე ტუმბოს ეფექტურობას.

აღნიშნული უარყოფითი მოვლენის გასაწინააღმდეგებლად და ტუმბოს ხვედრითი წარმადობისა და მარგი ქმედების კოეფიციენტის ამაღლების მიზნით ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ იქნა მზის ენერჯიით მომუშავე ინოვაციური დიაფრაგმული წყალსაქანი ტუმბო, რომელზეც მიღებული გვაქვს საქართველოს პატენტი [5].

ნახაზზე 4 წარმოდგენილია ჩვენს მიერ შემოთავაზებული დიაფრაგმული ჰელიოტუმბოს კონსტრუქცია.



ნახ. 4. დიაფრაგმული ჰელიოტუმბო

ტუმბო შეიცავს კორპუსს 1, ელასტიურ დიაფრაგმას 2 და ზედა 3 და ქვედა 4 ნაკვეთურებს. ზედა ნაკვეთურში 3 მოთავსებულია შუალედური აგენტის (მაგალითად, აცეტონის) გარკვეული რაოდენობა. ზედა ნაკვეთურის 3 ხუფზე 5 მიერთებულია გამათბობელი 6, რომელიც წარმოადგენს ბრტყელ ჰელიო-კოლექტორთან მიერთებულ თბოგადამცემს. გადასატუმბი წყლით სავსე ქვედა ნაკვეთურზე 4 მიერთებულია სითხის შემწოვი 7 და დამჭირხნი 8 სარქველები. ქვედა ნაკვეთურში 4 განთავსებულია ტიხარი 9, რომელიც აღჭურვილია გამჭოლი ნახვრეტებით 10.

დიაფრაგმული ჰელიოტუმბო შემდეგნაირად ფუნქციონირებს: ტუმბოს გამათბობელს 6 მიეწოდება დაბალი ტემპერატურული ($70 \div 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$) პოტენციალის სითბო, მზის ბრტყელი ჰელიოკოლექტორიდან. შედეგად შუალედური აგენტის სითხის ფაზით დასველებულ ხუფის 5 ქვედა ზედაპირზე იწყება ამ აგენტის აორთქლება, რაც იწვევს წნევის აწევას და ელასტიური დიაფრაგმის გაბერვას, ანუ ქვევით გადაადგილებას. შედეგად მცირდება ნაკვეთური 4-ის მოცულობა და მასში მოთავსებული წყალი დამჭირხნი სარქველის 7 გავლით გაიდევნება ტუმბოდან. დიაფრაგმის 2 ქვევით მოძრაობის პროცესი მანამდე გრძელდება, სანამ ხუფის 5 ქვედა ზედაპირი მთლიანად არ გაშრება, რის შემდეგაც ხუფის 5 გაცივება პრაქტიკულად მთლიანად წყდება და მზის ენერჯიით მოქმედი გამათბობლის 6 გავლენით იწყება მისი გადახურება. პარალელურად, დიაფრაგმის 2 ქვედა ზედაპირთან შეხებაში მყოფი პრაქტიკულად ცივი გადასატუმბი წყლის ტემპერატურის გავლენით, დიაფრაგმის 2 ზედა ზედაპირზე მიმდინარეობს შუალედური აგენტის ორთქლის კონდენსაციის პროცესი, რომელიც აორთქლების შეწყვეტის შემდეგ იწვევს წნევის დაცემას ნაკვეთურში 3. შედეგად დიაფრაგმა 2 ზევით გადაადგილდება და შემწოვი სარქველის 8 და პერფორირებული ტიხარის 9 გავლით გადასატუმბი წყლის ახალი ულუფის შეწოვას უზრუნველყოფს.

შესაბამისად, შუალედური აგენტის კონდენსაციის სტადიაზე სარქველის 7 გავლით შემწოვილი შედარებით ცივი გადასატუმბი წყალი ხვდება კორპუსს 1 და ტიხარს 9 შო-

რის და გამჭოლი ნახვრეტებით 10 ცივი ჭავლების სახით გაიტყორცნება დიაფრაგმისაკენ 2. სითხის ჭავლები უშუალოდ ეჯახებიან დიაფრაგმას 2 და ქვედა ნაკვეთურის 4 ზედა ნაწილში სითხის ინტენსიურ შერევასაც იწვევენ. შედეგად მკვეთრად უმჯობესდება დიაფრაგმის 2 გაცივება და მცირდება კონდენსაციის დრო. ამავე დროს, გათვლები-სა და ექსპერიმენტების ბაზაზე უნდა შეირჩეს ნახვრეტების 10 დიამეტრისა და რაოდენობის ისეთი ოპტიმალური მნიშვნელობები, რომლებიც თბოგადაცემის ინტენსიფიკაციის საჭირო ეფექტს ჰიდრავლიური წინააღობის იმდენად მცირე ზრდით უზრუნველყოფენ, რომ წნევის ვარდნა პერფორაციის ნახვრეტებზე 10 მთლიანად ტუმბოს კონტურში წნევის საერთო ვარდნასთან შედარებით უმნიშვნელო აღმოჩნდეს (მაგალითად, წნევის დანაკარგი ნახვრეტებით 10 ჭავლების გატყორცნაზე 0.05 ბარი ტუმბოს მიერ განვითარებული მთლიანი დაწნევის 5 ბარის ფონზე).

დიაფრაგმის 2 გაცივების მრავალჭავლური რეჟიმის განხორციელება, მკვეთრად ამაღლებს თბოგადაცემის კოეფიციენტს ორთქლის კონდენსაციის ეტაპზე. შედეგად მცირდება მუშა ციკლის ხანგრძლივობა, იზრდება დროის ერთეულში შესრულებული ციკლების რიცხვი და ამდენჯერვე მაღლდება ტუმბოს წარმადობა. გათვლების თანახმად, კონსტრუქციაში ასეთი სიახლის შეტანით ტუმბოს წარმადობა მასისა და გაბარიტების გადიდების გარეშე $4 \div 5$ -ჯერ ამაღლდება, რაც შესაბამისად გააუმჯობესებს ტუმბოს ტექნიკურ-ეკონომიკურ მახასიათებლებს.

ზემოთ გადაადგილების პროცესის ბოლო ეტაპზე დიაფრაგმა 2 უშუალო კონტაქტში მოდის ხუფის 5 გადახურებულ ქვედა ზედაპირთან და უკან აბრუნებს კონდენსაციის პროცესში მის ზედა ზედაპირზე დაგროვებულ შუალედური აგენტის თხევად ფაზას, რომელიც კვლავ აორთქლდება და შედეგად იწყება შემდეგი მუშა ციკლი. შემდგომში, ხუფზე 5 სითბოს უწყვეტი მიწოდების შემთხვევაში, მუშა ციკლები თანმიმდევრულად მეორდება და ტუმბო თავის ფუნქციას უწყვეტად ასრულებს (სითბოს მიწოდების შემდგომ ტუმბოს თვითგაშვება და უწყვეტი ფუნქციონირება მოქმედი ლაბორატორიული პროტოტიპებით არის დადასტურებული). ხუფზე 5 სითბოს მიწოდების შეწყვეტისას, ბუნებრივია, ტუმბოც წყვეტს ფუნქციონირებას.

შემოთავაზებული ტექნიკური გადაწყვეტა ქმნის მოცემული ტიპის ჰელიოტუმბოს ეფექტურობის ახალ დონეზე აყვანის პოტენციალს, რომლის პრაქტიკული რეალიზაციის შემდეგ შეიქმნება მზით გათბობის, ცხელწყალმომარაგების და ინდივიდუალური წყალმომარაგების სისტემებში მათი გამოყენების შესაძლებლობა.

როგორც შესაბამისმა ანალიზმა აჩვენა [6-8], ასეთი ტუმბოს ყველაზე ეფექტურად გამოყენება შესაძლებელია მისი უშუალოდ ბრტყელ ჰელიოკოლექტორთან ინტეგრაციის შემთხვევაში, როცა შესაძლებელი ხდება ჰელიოკოლექტორში გაცხელებული წყლის გადაქაჩვასთან ერთად ტუმბოს ფუნქციონირებაზე დახარჯული სითბოს ძირითადი ნაწილის გათბობის ციკლში დაბრუნება.

ლიტერატურა:

1. T.D. Short, Solar Powered Water Pumps: The Past, the Present—and the Future? *Journal of Solar Energy Engineering*, 2003, vol. 125, # 2, pp. 76-82.
2. S.A. Kalogirou. *Solar Thermal Collectors and Applications. Progress in Energy and Combustion Science*, 2004, vol. 30, # 3, pp. 231-295.
3. D. Rojas, J. Beermann, S.A. Klein, D.T. Reindl. *Thermal Performance Testing of Flat-Plate Collectors. Solar Energy*, 2008. Vol. 82, # 8, pp. 746-757.
4. I.G. Shekrladze, E.S. Machavariani, J.G. Rusishvili, E. El-Negiri, D.I. Shekrladze. *Solar Powered Membrane Pump on the Basis of Pulsating Heat Pipe. Proc. of 9th Int. Heat Pipe Conf., Albuquerque, USA, 1995, vol.2, pp., 811-815.*
5. ი. შეყრილაძე, ე. მაჭავარიანი, გ. გიგინეიშვილი, ჯ. რუსიშვილი, დ. შეყრილაძე, საქართველოს

- პატენტი, P5606, 2011.
6. I.G. Shekriladze, E.S. Machavariani, J.G. Rusishvili, D.I. Shekriladze, K.A. Goncharov, A.N. Tarabrin. Solar powered water pumping system on the basis of LHP and TPMP. Proc. of 5th Int. Heat Pipe Symp., Melbourne, Australia, Pergamon Press, 1997, pp. 418-423.
 7. I.G. Shekriladze, E.S. Machavariani, G.I. Giginishvili, J.G. Rusishvili, D.I. Shekriladze, Flat-Plate Collector with Solar-Powered Pump and Problem of Boiling on Downward-Facing Surface, WSEAS Transactions on Heat and Mass Transfer, 2009, vol. 4, # 4, pp. 108-117.
 8. I. Shekriladze, E. Machavariani, G. Giginishvili, J. Rusishvili, D. Shekriladze, M. Meparishvili. Solar-Powered Steam Engine-Pump: Achieved Performance and Prospects for Further Development. Proc. of Int. Conf. Basic Paradigms in Science and Technology Development for the 21st Century. Tbilisi, Georgia, September 19-21, 2012. v.1, pp. 190-197.

SOLAR-POWERED INNOVATIVE WATER PUMP

I.SHEKRILADZE, E. MACHAVARIANI, G. GIGINEISHVILI,

J. RUSISHVILI, D. SHEKRILADZE, M. MEPARISHVILI

Georgian Technical University

Summary

The report presents an innovative, solar-powered water-pump. When integrated with a solar flat-plate collector, the pump can circulate water without the electricity consumption and virtually no heat loss. The pump represents the new stage in further development of the created previously specific steam engine-pump alternating evaporation and condensation processes of an intermediate agent in the single working chamber. In order to improve essentially the main characteristics of the pump the new design was proposed and patented.



**სექცია №3. ენერჯისა და რესურსების დამუშავაში
 ტექნოლოგიები ენერგეტიკაში, მრეწველობაში,
 მშენებლობასა და ტრანსპორტში**

**ასფალტბეტონის საფარის აღდგენა და ენერჯის დამუშავის
 შესაძლებლობები**

ბარათაშვილი მ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ასფალტბეტონის საფარის აღდგენა ძვირადღირებული ენერგოტეკადი საინჟინრო პროცესია, სტატიაში განხილულია საფარის არდგენის ტეორიული და პრაქტიკული კვლევის შედეგები, კვლევების შედეგად მიღებული იქნა პროცესის ოპტიმიზაციის პირობები, რომელიც ჭრის პროცესის წარმოებისას ენერგოდანახარჯების მნიშვნელოვნად შემცირების სასუალებას იძლევა.

3

ეკონომიკის განვითარების პირობები და საავტომობილო ტრანსპორტის მნიშვნელოვნად შეცვლილი დინამიური მაჩვენებლები, გაზრდილი თვირთაშეწობა, გაბარიტები, დერძე მოსული დატვირთვა, გზაზე ტრანსპორტის ინტენსივობის მაღალი მაჩვენებელი, საავტომობილო გზებს უყენებს ახალ პირობებს. შეცვლილ რეალობაში საავტომობილო გზები უნდა უზრუნველყოფდენ ხანგრძლივ პირობებში სხვადასხვა სახეობის ტრანსპორტის უსაფრთხო და ეკონომიურად გადაადგილების საშუალებას.

თამამედროვე გზების დაპროექტება მიმდინარეობს ახალი მოთხოვნების გათვალისწინებით, უფრო რთული და ძვირადღირებული პროცესია შეცვლილი მოთხოვნების შესაბამისად ძველი საავტომობილო გზების რეკონსტრუქცია. ამ დროს განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანი ასფალტბეტონის საფარის აღდგენაა, ის რთული და ძვირადღირებული, ენერგოტეკადი ტექნოლოგიური პროცესია.

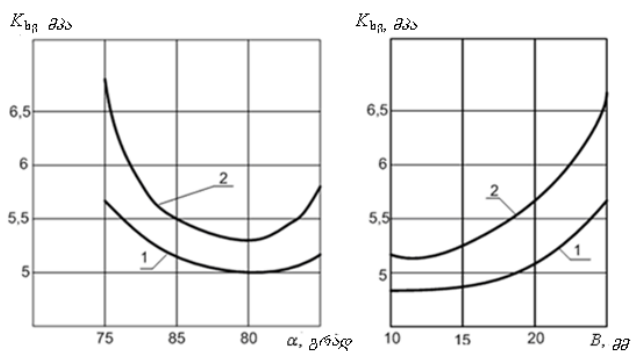
ასფალტბეტონის საფარის აღდგენისას თანამედროვე მეთოდებისა და შესაბამისი ტექნოლოგიების გამოყენების შედეგად შესაძლებელია გამოყენებული მატერიალური რესურსების მოცულობების და შესაბამისად ენერგოდანახარჯების მნიშვნელოვანი შემცირება. ხშირად დღემდე გამოიყენება მოძველებული ტექნოლოგიები, ეს ტექნოლოგიები გულისხმობს დაზიანებულ ფენაზე ახალი საფარის გადაკერას, ამ დროს იმატებს საავტომობილო გზის საფარის სიმაღლე რაც სერიოზულ პრობლემებს ქმნის ხიდებისა და გადასასვლელების ქვეშ ხიდქვეშა გაბარიტების შემცირების გამო. ამასთან მნიშვნელოვანია, რომ ახალი საფარის ქვეშ რჩება ძვირადღირებული ძველი საფარის მასალა.

ახალი ტექნოლოგიები გულისხმობს ძველი მასალის ადგილზე გამოყენების ან მისი მოხსნის და გატანის შემდეგ მეორედ გამოყენების შესაძლებლობას, ამ დროს ხდება იმ ენერჯის ეკონომია რაც დაიხარჯებოდა იგივე მოცულობის მასალის წარმოებაზე. კერძოთ ქვა მასალისდ მოპოვება ტრანსპორტირება, მისი ქვასამსხვრევეებში დამსვრევა დახარისხება, ასფალტბეტონის ქარხნამდე მიტანა და ასფალტის წარმოება. იმ პირობებში როცა საქალაქთაშორისო და საქალაქო გზებს ამოწურული აქვს მომსახურების ვადებიდა სერიოზულადაა დაზიანებული, როგორც მათი საფარი და საფუძველი, მათი აღდგენა მიმდინარე და კაპიტალური რემონტის მოძველებული მეთოდებით ვეღარ პასუხობს წაყენებულ ეკონომიურ და ტექნიკურ მოთხოვნებს, აღნიშნული გზების მოდერნიზაცია და აღდგენა სერიოზულ ფინანსურ დანახარჯებთანაა დაკავშირებული. ახალი მაღალ რენტაბელური ტექნოლოგიებიდან თერმორეგენერაცია და თერმოფრეზირება საავტომობილო გზების აღდგენის ერთ-ერთი თანამედროვე ალტერნატივაა. ეს

ტექნოლოგიები ადგილზე ძველი საფარის მასალის გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა, რაც მას ეკონომიურ მიმზიდველობას ქენს. ამ დროს მინიმუმამდგა დაყვანილი ახალი მასალის როგორც წარმოებაზე ასევე ძველი მასალის გადათანაზე და ახლის მოტანაზე ტრანსპორტირების ხარჯები. აგრამ ამ ტექნოლოგიების გამოყენების შემთხვევაში წარმოებს ბიტუმის მოკლე დროსი დაძველება, რის გამოც აღდგენილი საფარი ადრე გამოდის მწყობრიდან. სწორედ ამ მიზეზის გამო დაკარგა პოპულარობა *remix, remix plus, repave* და სხვა მსგავსმა ტექნოლოგიებმა. ის ჩაანაცვლა დაზიანებული საფარის ცივად ფრეზირების და ნაცვლად ასფალტბეტონის საფარიდან აღებული მასალის, ახლად მოტნილი მასალით დაფარვის ტექნოლოგიამ. მაგრამ ეს ტექნოლოგიაც საბოლოო არაა.

მანქანების ექსპლოატაციის პირობებში მიღებული მონაცემების ანალიზისა და მეცნიერული კვლევების შედეგად სისტემატიურად ხდება ტექნოლოგიების გაუმჯობესება, მათი სულ უფრო დახვეწისა და აღდგენის პროცესის რენტაბელობის ამადლების მიზნით. სწორედ ასეთი კვლევების შედეგად მიღებული იქნა ახალი ცივი რესაიკლინგის ტექნოლოგია (*cold deep in-place recycling*) აღნიშნული ტექნოლოგიით გზების რემონტის შემდეგ აღდგენილი მონაკვეთები ხასიათებიან ხანგამძლეობით და მაღალი ხარისხით. ახალი ტექნოლოგიები საფარის დამუშავებისას იძლევიან ენერჯის დაზოგვის საშუალებას. ამ დროს მნიშვნელოვანია სწორად იქნას შერჩეული მუშა რეჟიმები და საფარის ტემპერატურა. მუშა რეჟიმებიდან განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა საფარის დამამუშავებელი ფრეზის გადაადგილებისა და ბრუნვის სიჩქარეს. ისეთ გეომეტრიულ პარამეტრებს როგორცაა ფრეზის მჭრელი ორგანოს ჭრის კუთხეს და მის სისქეს, ფრეზზე მჭრელი ორგანოს განლაგების სქემას.

ტერმინი ცივად ფრეზირება პირობითი ცნებაა, აღდგენის პროცესის ენერგოტეკვალობის შემცირებისა და შესაბამისად ეკონომიური პარამეტრების გამოვლენისათვის ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტები მუშა პროცესების ოპტიმალური პარამეტრების შერჩევის მიზნით. ნახ.1

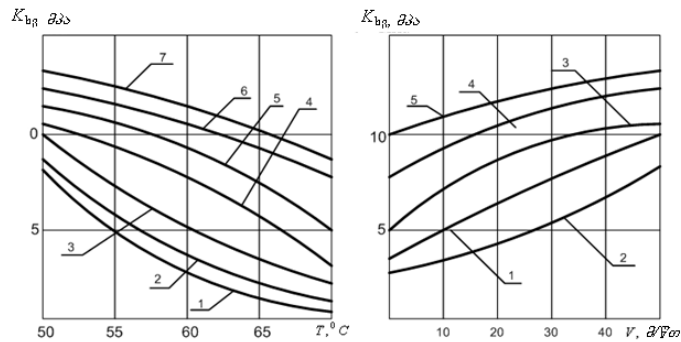


ნახ.1 ბრუნვის სხვადასხვა სიჩქარეების დროს ხვედრითი წინააღმდეგობის ძალის დამოკიდებულება მჭრელი ჭრის კუთხეზე და სისქეზე.

მიღებული შედეგების ანალიზის შედეგად დადგინდა მჭრელი ორგანოს ოპტიმალური პარამეტრები, ასფალტის საფარის სასურველი ტემპერატურა და ფრეზის ბრუნვის სიჩქარე, რომლის პირობებშიც საფარის ჭრის წინააღმდეგობის ძალა მინიმალურია და შესაბამისად მნიშვნელოვნად მცირდება საფარის დამუშავების ენერგო დანახარჯები. ნახ.2

ასფალტბეტონის დამუშავებისას ენერგოეფექტურობის განზოგადოებული მაჩვენებელი პროცესის შეფასების ძირითადი კრიტერიუმია და ის ხვედრითი ენერგოტეკვალობისა და ხვედრითი მწარმოებლობის ფარდობაა

$$P_{გ} = \frac{N}{P^2_{აფ}}$$



ნახ.2 ხვედრითი წინააღმდეგობის ძალის დამოკიდებულება საფარის ტემპერატურაზე და ბრუნვის სიჩქარეზე.

აღნიშნული მაჩვენებლის შემცირებით მიიღწევა პროცესის ენერგო დამზოგი რეჟიმის უზრუნველყოფა. სამუშაო რეჟიმის პირობებსა და მჭრელი ორგანოს გეომეტრიულ პარამეტრებთან ერთად, პროცესის ენერგიოეფექტურობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მწარმოებლობაზე. ამ დროს მნიშვნელოვანია ერთ გავლაზე სათანადო სიჩქარისას საფარის დამუშავების სიღრმისა და სიგანის მაჩვენებელი.

3

$$P_{მწ} = h \cdot B \cdot V_{მწ}, \quad \frac{m^3}{\text{წთ}}$$

სადაც: $P_{მწ}$ - მუშა ორგანოს ტექნიკური მწარმოებლობაა.

- h - საფარის დამუშავების სიღრმე.
- B - საფარის დამუშავების სიგანეა,
- $V_{მწ}$ - მუშაო ორგანოს მიწოდების სიჩქარეა.

ასფალტბეტონის საფარის დამაქუცმაცებელი მუშა ორგანოს ფრეზის სიმძლავრე ტოლია:

$$N_{ფრ} = N_{ბრ} + N_{მწ}$$

ფრეზის მიწოდებაზე დახარჯული სიმძლავრის მნიშვნელობა დამოკიდებულია წრის წინააღმდეგობის ძალის პორიზონტალურ მდგენელზე და ფრეზის ბრუნვის სიჩქარეზე, ხოლო ბრუნვის ბრუნვაზე დახარჯული სიმძლავრის მნიშვნელობა განისაზღვრება ბრუნვის ბრუნვის სიჩქარის, წრის წინააღმდეგობის ტანგენციალური მდგენელის მაჩვენებლებითა და მოდებში ერთდროულად მყოფი მჭრელი ორგანოს რაოდენობით. ოველივე ამის გათვალისწინებით ენერგოეფექტურობის განზოგადოებული მაჩვენებლის მნიშვნელობა შეიძლება ემპირიულად შემდგენიარად ვიანგარიშოთ

$$P_{ფრ} = \frac{P_{ტნ} \cdot n_j [(\cos \psi - c \cdot \sin \psi) V_{მწ} + V_{ბრ}] G}{(K_{ხახ} \cdot B_{დაც} \cdot h \cdot V_{მწ})^2 \cdot 60}$$

სადაც: $P_{ტნ}$ - ტრის წინააღმდეგობის ძალის ტანგენციალური მდგენელია,

- n_j - მოდებში ერთდროულად მყოფი კბილების რაოდენობაა,
- $V_{მწ}$ - ფრეზის მიწოდების სიჩქარეა,
- $V_{ბრ}$ - ფრეზის ბრუნვის სიჩქარეა,
- $K_{ხახ}$ - ფრეზზე მჭრელი ხახების რაოდენობაა,
- $B_{დაც}$ - მჭრელ ხახებს შორის დაცილებაა,
- h - წრის სიღრმეა,
- ψ - მჭრელი ორგანოს საფართან მოდების კუთხეა.



როგორც ჩატარებულმა პრაქტიკულმა ექსპერიმენტებმა და თეორიულმა კვლევამ დაადასტურა, ასფალტბეტონის ჭრის პროცესის და მუშა ორგანოს შესაბამისი გეომეტრიული პარამეტრების სწორად შერჩევის შემთხვევაში შესაძლებელია საფარის აღდგენის ოპტიმალური პარამეტრების შერჩევა, რაც უზრუნველყოფს პროცესზე ენერგო და ნახარჯების მნიშვნელოვნად შემცირებას სამუშაოს ხაირისხის შენარჩუნებით. ოპტიმალური პარამეტრების შერჩევა კვლევის შედეგებითაა შესაძლებელი.

ლიტერატურა

1. Бирулия А.К., Махович С.И. Работоспособность дорожных одежд. Москва, Транспорт. 1996 -172 с.
2. Бахрах Г.С., Горлина Г. С. Регенерация асфальтобетонных слоев дорожных одежд. Москва, ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1981. – Вып6.-65 с.
3. Гиеоев К.А., Мелик-Богдасаров С.М., Феинберг Э.С. Регенерация асфальтобетона. Москва, Автомобильные дороги. 1998. №7. с. 17-19.

ASPHALT-CONCRETE PAVEMENT RESTORATION AND ENERGY SAVING POSSIBILITIES

M. BARATASHVILI

Akaki Tsereteli State University

Summary

Asphalt-concrete pavement restoration is a complex, energy intensive engineering process. Higher energy prices further complicate the important process of rehabilitation of motor roads. The paper dwells on the results of experimental and theoretical investigations, and based on the analysis of them it is possible to choose the energy saving process. Energy conservation is possible under the proper conditions for the selection of geometric parameters of working procedure and work member.

ენერგიის დამზოგავი ტექნოლოგიები საცალო-სატარო ტვირთების დატვირთვა-განტვირთვის პროცესში

ლომიძე ა. ნ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მოყვანილია ტვირთების დატვირთვა-განტვირთვის პროცესის ცალკეულ ოპერაციებზე მოხმარებული ელექტროენერგიის რაოდენობის გამოსათვლელი ფორმულები. აგებულია მოხმარებული ელექტროენერგიის რაოდენობის აწეული ტვირთის მასისაგან და მექანიზმის ჩართვითა რიცხვისაგან დამოკიდებულების გრაფიკები. მათი ანალიზის შედეგად მოცემულია საცალო-სატარო ტვირთების დატვირთვა-განტვირთვის პროცესში გასატარებელი შესაძლო ენერგოდამზოგავი ღონისძიებები.

სახალხო მეურნეობის ნებისმიერი დარგის ფუნქციონირება წარმოუდგენელია ენერგიის მოხმარების გარეშე. ენერგიის გამომუშავება კი ხშირად დაკავშირებულია ცოცხალი ორგანიზმების, მათ შორის ადამიანის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი პირობების ცვლილებებთან. ამიტომ უკვე არსებული და მომავალში მოსალოდნელი გართულებების თავიდან ასაცილებლად ენერგიისა და რესურსების დაზოგვისათვის ბრძოლა წარმოადგენს კაცობრიობის გადარჩენის ერთერთ უმნიშვნელოვანეს წინაპირობას [1].

ელექტროენერგიის მოხმარებულ ამა თუ იმ სფეროში, შესაბამისი პროცესების სპეციფიკიდან გამომდინარე, ოპტიმალური ტექნოლოგიისა და ორგანიზაციის შემუშავების შემთხვევაში შესაძლებელია მნიშვნელოვანი ენერგიის დაზოგვა.

ტრანსპორტის დარგში დახარჯული ელექტროენერჯის სავკაოდ დიდი ხვედრითი წილი მოდის დავტვირთვა-განტვირთვის ოპერაციებზე, განსაკუთრებით პორტებსა და ტერმინალებში.

ამწით ტვირთების გადატვირთვის ტიპური ტექნოლოგიური ციკლი ზო-გადად მოიცავს ტვირთზე საკიდის ჩაბმის, მისი H_1 სიმაღლეზე აწევის, ური-კის ან/და ამწის L მანძილზე გადაადგილების, ამწის φ კუთხეზე მობრუნების, ტვირთის H_2 სიმაღლეზე დაშვების, ჩახსნის, შემდეგ ცარიელი საკიდის ისევ H_2 სიმაღლეზე აწევის, ურიკის ან/და ამწის L მანძილზე გადაადგილების, ამწის φ კუთხეზე მობრუნების, საკიდის H_1 სიმაღლეზე დაშვების ოპერაციებს. ელექტროენერჯის მნიშვნელოვან ხარჯვას აქვს ადგილი ყველა ოპერაციაზე, გარდა ტვირთის ჩაბმა-ჩახსნისა. გამოვთვალოთ ისინი ცალ-ცალკე.

H სიმაღლეზე აწევისას გვაქვს გაშვების, დამყარებული მოძრაობისა და დამუხრუჭების პროცესები. ელექტროენერჯია მოიხმარება გაშვებასა და დამყარებულ მოძრაობაზე. გაშვების (გაქანების) პროცესში ელექტროენერჯია გარდაიქმნება ტვირთისა და მექანიზმის კინეტიკური ენერჯიაში, რომლის დროსაც ტვირთის სიჩქარე იზრდება 0-დან სტუმდე. კინეტიკური ენერჯის ეს ჯამური სიდიდე (ჯოულებში) ამწევი მექანიზმის ერთხელ ჩართვისას ტოლია

$$T_{\text{ს.ა}} = T_{\text{სწ}} + T_{\text{გბ}} = \frac{(Q+G)v_{\text{გბ}}^2}{2} + \sum_{i=1}^n \frac{J_i \omega_i^2}{2}. \quad (1)$$

სადაც $T_{\text{სწ}}$ არის სწორხაზობრივად მოძრაობის, ხოლო $T_{\text{გბ}}$ – მექანიზმის მრუნავი ნაწილების კინეტიკური ენერჯია დამყარებული მოძრაობისას;

Q და G – შესაბამისად ტვირთისა და საკიდის მასები (კგ);

n – სხვადასხვა სიჩქარით მრუნავი ლილვების რაოდენობა;

J_i და ω_i – შესაბამისად მექანიზმის i -ური ლილვის ინერციის მომენტი (კგ·მ²) და ბრუნვის კუთხური სიჩქარე (წმ⁻¹).

დამყარებული მოძრაობისას ელექტროძრავას უხდება მხოლოდ სტატიკური წინააღმდეგობის (სიმძიმის ძალის) დაძლევა. ტვირთის H სიმაღლეზე ასაწევად შესრულებული მუშაობა ჯოულებში იქნება

$$A_{\text{ს.ა}} = \frac{(Q+G)gH}{\eta_{\text{ს.ა}}}. \quad (2)$$

აქ g – არის თავისუფალი ვარდნის აჩქარება (მ/წმ²);

$\eta_{\text{ს.ა}}$ – ამწევი მექანიზმის მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

დამუხრუჭებისას ელექტროენერჯია არ იხარჯება (თუმცა ასაწევი მექანიზმის ელექტროძრავას მუშაობისას მის პარალელურად ირთება მუხრუჭის ამწევი ელექტრომაგნიტიც, რომელიც ასევე ხარჯავს უმნიშვნელო, მაგრამ გარკვეული რაოდენობის ელექტროენერჯიას).

ამწევი მექანიზმის მიერ ტვირთის H სიმაღლეზე აწევისას მოხმარებული სრული ელექტროენერჯია კილოვატ-საათებში იქნება

$$E_{H1} = \frac{T_{\text{ს.ა}} + A_{\text{ს.ა}}}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \eta_{\text{დგ}}}. \quad (3)$$

აქ $\eta_{\text{დგ}}$ არის ელექტროძრავას მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

ასევე განისაზღვრება ამწის ან ურიკის L მანძილზე გადაადგილებისას და ამწის φ კუთხეზე მობრუნებასას მოხმარებული ელექტროენერჯიები

$$E_L = \frac{T_{\text{გ.ა}} + A_{\text{გ.ა}}}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \eta_{\text{დგ}}}, \quad E_{\varphi} = \frac{T_{\text{ა.ა}} + A_{\text{ა.ა}}}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \eta_{\text{დგ}}}, \quad (4)$$

სადაც ამწის ან ურიკის გადაადგილების და მობრუნების მექანიზმებისათვის გაქანებისათვის აუცილებელი ენერგიები შესაბამისად ტოლია

$$T_{\text{გ.ა}} = \frac{(Q + G + G_{\text{ურ}} + G_{\text{აფ}}) \nu_{\text{აფ}}^2}{2} + \sum_{i=1}^n \frac{J_i \omega_i^2}{2}, \text{ ან } T_{\text{გ.ა}} = \frac{(Q + G + G_{\text{ურ}}) \nu_{\text{ურ}}^2}{2} + \sum_{i=1}^n \frac{J_i \omega_i^2}{2},$$

$$\text{და } T_{\text{ა.ა}} = \frac{[J_{\text{აბრ}} + (Q + G)R^2] \cdot \omega_{\text{აფ}}^2}{2} + \sum_{i=1}^n \frac{J_i \omega_i^2}{2}. \quad (5)$$

აქ $G_{\text{აფ}}$ და $G_{\text{ურ}}$ არის ამწის და ურიკის მასა, ხოლო $\nu_{\text{აფ}}$ და $\nu_{\text{ურ}}$ – მათი მოძრაობის სიჩქარეები დამყარებული მოძრაობისას (მ/წმ);

J_i და ω_i – შესაბამისი მექანიზმის i -ური ლილვის ინერციის მომენტი (კგ·მ²) და ბრუნვის კუთხური სიჩქარე (წმ⁻¹);

$J_{\text{აბრ}}$ და $\omega_{\text{აფ}}$ – შესაბამისად ამწის მბრუნავი ნაწილის ინერციის მომენტი (კგ·მ²) და ბრუნვის კუთხური სიჩქარე (წმ⁻¹).

ამწის ან ურიკის L მანძილზე გადაადგილებისას და ამწის φ კუთხეზე მობრუნებისას აქტიური წინააღმდეგობის დაძლევაზე შესრულებული მუშაობები შესაბამისად ტოლია

$$A_{\text{გ.ა}} = \frac{W_{\text{წინ}} \cdot L}{\eta_{\text{გ.ა}}} \quad \text{და} \quad A_{\text{ა.ა}} = \frac{M_{\text{წინ}} \cdot \varphi}{\eta_{\text{ა.ა}}}. \quad (6)$$

$W_{\text{წინ}}$ არის ურიკის ან ამწის გადაადგილების წინააღმდეგობის ძალა (6), ხოლო $M_{\text{წინ}}$ ამწის მობრუნების წინააღმდეგობის მომენტი (ნ·მ) დამყარებული მოძრაობისას (კონკრეტული კონსტრუქციების გათვალისწინებით განისაზღვრება ცნობილი ფორმულებით [4]); $\eta_{\text{გ.ა}}$ და $\eta_{\text{ა.ა}}$ – შესაბამისად გადაადგილების და მობრუნების მექანიზმის მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

გადატვირთვის ერთ ციკლზე სრულად დახარჯულ ენერგიის რაოდენობას ვღებულობთ ცალკეულ ოპერაციებზე დახარჯული ენერგიების შეჯამებით.

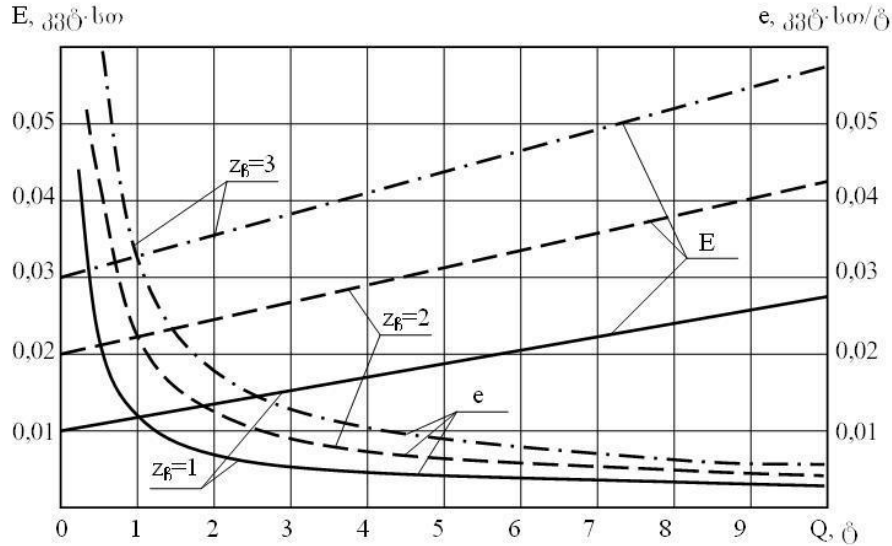
ხემოთ მოყვანილი გამოსახულებებით ზოგიერთი ამწის შემთხვევაში გამოთვლილი იქნა ცალკეულ ოპერაციებზე მოხმარებული ელექტროენერგიის რაოდენობები. ასაწვევი ტვირთის მასის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის 0-დან ამწის ნომინალურ ტვირთამწეობამდე. ასეთი დამოკიდებულების ამსახველი ერთერთი ტიპური დიაგრამა წარმოდგენილია 1 სურათზე.

როგორც მოყვანილი დიაგრამიდან ჩანს მექანიზმი მოიხმარს საკმაოდ დიდ ენერგიას უტვირთოდ ჩართვის შემთხვევაშიც კი, რომლის სიდიდეც მექანიზმის ერთხელ ჩართვისას $T_{\text{ა.ა}}$ -ის ტოლია. ტვირთების ზუსტი პოზიციონირების აუცილებლობის შემთხვევაში მექანიზმის ჩართვათა რაოდენობა $Z_{\text{ჩ}}$ შეიძლება იყოს ერთზე მეტიც, რის გამოც შესაბამისად იზრდება მოხმარებული ენერგიის რაოდენობა.

ასაწვევი ტვირთის მასის გადიდებისას მატულობს სტატიკური წინააღმდეგობა და შესაბამისად იზრდება მოხმარებული ენერგიის რაოდენობაც. თუმცა მნიშვნელოვნად კლებულობს ხვედრითი ენერგია e , რომელიც მოდის ტვირთის მასის ერთეულზე. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ ენერგიის მნიშვნელოვანი დაზოგვა შეიძლება მოვახდინოთ ერთ აწვევაზე აღებული ტვირთების ჯამური მასის გაზრდით ამწის ნომინალურ ტვირთამწეობამდე.

პრინციპულად ანალოგიური ხასიათი აქვს გადასაადგილებელი და მოსაბრუნებელი მექანიზმების შემთხვევაში მოხმარებული ელექტროენერგიის რაოდენობის დამოკიდებულებას გადასატვირთი ტვირთის მასაზე და ერთი ოპერაციის განმავლობაში მექანიზმის ჩართვათა რაოდენობაზე. თუმცა ტვირთის მასის ცვლილების გაგენა აქ შედარებით უმნიშვნელოა, რადგან ამწის მაქსიმალური ტვირთამწეობა გაცილებით ნაკლებია

ამწის მოძრავი ნაწილების ჯამურ მასასთან შედარებით. მცირე მასის ტვირთის გადატვირთვისას გადასაადგილებელი და მოსაბრუნებელი მექანიზმები ხარჯავენ თითქმის იმდენივე ელექტროენერგიას, რამდენსაც მაქსიმალური მასის ტვირთების შემთხვევაში, თუ სხვა პირობები არის ერთნაირი.



სურ. 1. მოხმარებული ელექტროენერგიისა (E) და ხვედრითი ენერჯის (e) დამოკიდებულება ასაწვეი ტვირთის მასაზე მექანიზმის ჩართვის სხვადასხვა რიცხვის დროს

ტვირთების ზუსტი პოზიციონირების, ისევე როგორც მათი რბილად დაშვების, აუცილებლობის შემთხვევაში მიზანშეწონილია ორ- ან რამდენიმე სიჩქარიანი მექანიზმების გამოყენება, ვინაიდან დაბალი სიჩქარით პოზიციონირების შემთხვევაში მექანიზმის გაშვებისათვის (გაქანებისათვის) საჭირო ენერჯია მცირდება სიჩქარის კვადრატის პროპორციულად.

სატარო-საცარო ტვირთების ხვედრითი წილი საერთო ტვირთბრუნვაში შეადგენს 20%-ზე მეტს. ასეთი ტვირთების - გადატვირთვისას მოხმარებული ელექტროენერჯის დაზოგვის მიზნით მიზანშეწონილია ასაწვეი სატვირთო ერთეულების დამსხვილება. განსაკუთრებით დიდ ეფექტს იძლევა მათი გადა-ზიდვა პაკეტებითა ან კონტეინერებით.

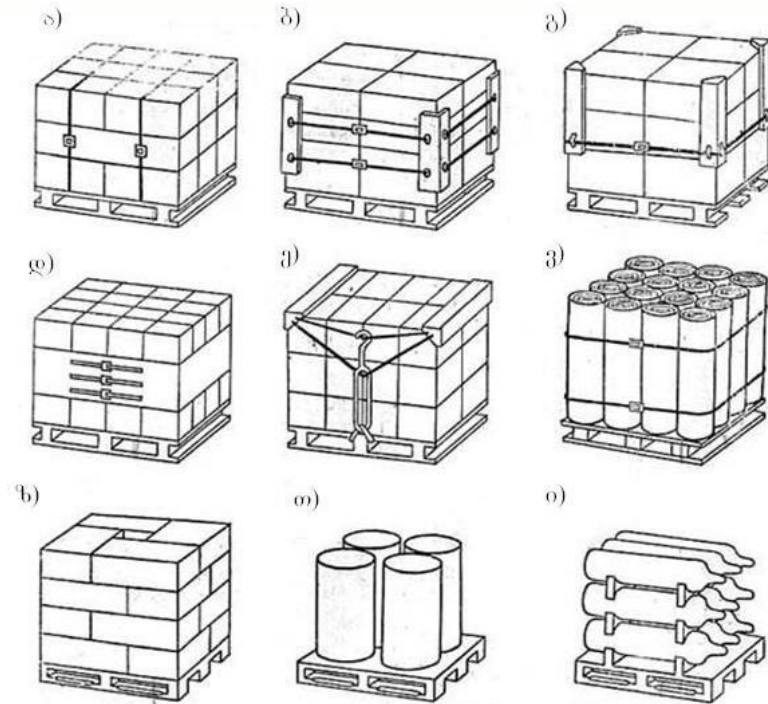
სატარო-საცარო ტვირთების ბრტყელ საძირებზე დაწყოებისა და დამაგრების (პაკეტებად ფორმირების) სქემები ნაჩვენებია მე-2 სურათზე [3].

ცილინდრული ფორმის ტვირთებს საძირებზე ალაგებენ ვერტიკალურად (თ), ან ჰორიზონტალურად რიგებს შორის სპეციალური სადებებით (ი). უკეთესი დაცულობისათვის პაკეტს შემოახვევენ ლენტას, მავთულს და ფარავენ პოლიეთილენის ფირით ან სხვა საშუალებით.

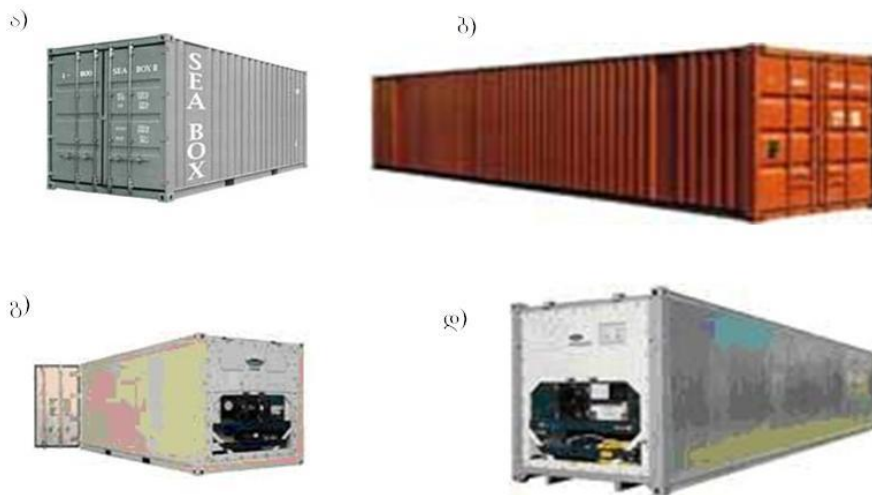
სატარო-საცარო ტვირთების ტრანსპორტირება წარმოებს სატვირთო უნივერსალური და რეფრეჟერატორული კონტეინერების საშუალებით, რომლებიც წარმოდგენილია მე-3 სურათზე.

დახურულ ვაგონებში შესაძლებელია მხოლოდ მცირე ზომის სატვირთო-ელების შეყვანა. ამიტომ მათში მექანიზმებულად შეიძლება ჩაიტვირთოს დაპაკეტებული სატარო-საცარო ტვირთები, აგრეთვე კასრები, რულონები, ყუთები და ა.შ., რომელთა მასა საშუალოდ არ აღემატება 500 კგ-ს. პორტებში კი უმეტესად გამოიყენება დიდი (5-80ტ.) ტვირთამწობის პორტალური ამწეები [2]. ვაგონებით შემოსული სატარო-საცარო ტვირთების გემებში ან საწყობებში იგივე მცირე ზომის სატვირთო ერთეულების სათითაოდ გადატვირთვისას მნიშვნელოვნად ეცემა ამწეების მწარმოებლურობა და შესაბამისად

მატუ-ლობს მოხმარებული ენერჯის რაოდენობა.



სურ. 2. სატარო-საცალო ტვირთების ბრტყელ საძირეებზე (ქვეშებზე) დაწყოებისა და დამაგრების სქემები

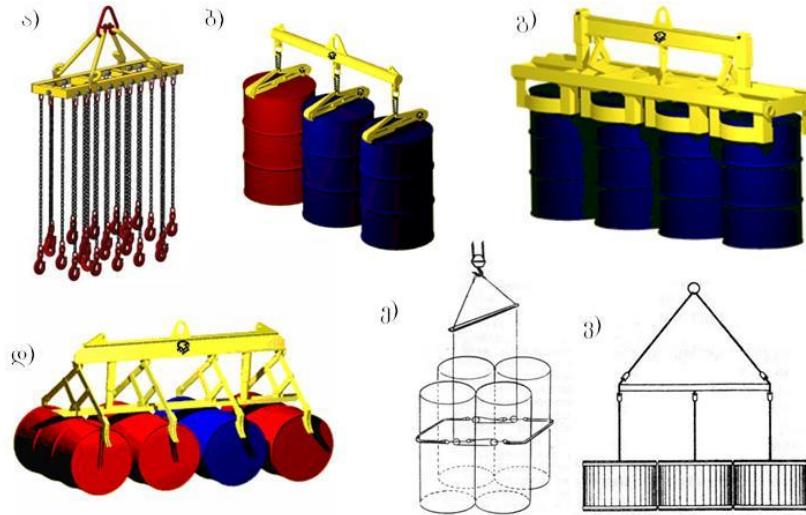


სურ. 3. სტანდარტული სატვირთო კონტეინერები: ა, ბ - უნივერსალური; გ, დ - რეფრეკერატორული. ა, გ - 20 ფუტიანი; ბ, დ - 40 ფუტიანი სიგრძით

ასეთ შემთხვევებში გადატვირთვის სამუშაოების ეფექტურობის ამაღლების მიზნით მიზანშეწონილია მიემართოთ გადასატვირთი სატვირთო ერთეულების დროებით გამსხვილებას, ანუ მათ ჯგუფურ (ერთ აწვევაზე რამდენიმე სატვირთო ერთეულის) გადატვირთვას.

დღეისათვის სხვადასხვა ფორმების მიერ მზადდება და რეალიზაციაში იმყოფება სატარო-საცალო ტვირთების ჯგუფურად ამღები მოწყობილობები, რომელთა შექმნა არაა დაკავშირებული პრობლემებთან. ასეთი ამღები მოწყობილობები კასრებისა და სხვა ტვირთებისათვის წარმოდგენილია მე-4 სურათზე. ჯგუფურად ამღები მოწყობილო-

ბები მზადდება სხვადასხვა რაოდენობის სატვირთო ერთეულისათვის. კონკრეტულ შემთხვევებში ეს რაოდენობა შეიძლება შეიზღუდოს მხოლოდ გამოყენებული ამწის ტვირთამწეობით, ან რომელიმე კონსტრუქციული ფაქტორით (მაგალითად გემის ზედა ჩასატვირთი დიობის ზომებით).



სურ. 4. სავალო-სატარო ტვირთების ჯგუფურად ამღები მოწყობილობები:
ა - სტროპი; ბ, გ, დ - კასრების ამღები; ე - რულონების ამღები;
ვ - კაბელის დოღების ამღები

გადასატვირთი სატვირთო ერთეულების გამსხვილება (ჯგუფურად აწევის გზით) დაკავშირებულია თუნდაც მცირე, მაგრამ გარკვეული სიდიდის კაპიტალდაბანდებასთან, რომლის ეფექტურობა განსაკუთრებით შესამჩნევია დიდი წლიური ტვირთბრუნვის მქონე საწარმოების შემთხვევაში.

ლიტერატურა

1. მედეა ინაშვილი. კლიმატის ცვლილება და ენერჯეტიკის წინაშე მდგარი გამოწვევები საქართველოში და მათი გადაჭრის გზები. http://www.cenn.org/wssl/uploads/files/Climate_Change_Challenges_of_the_Energy_Sector_in_Georgia_and_Their_Solutions_GEO.pdf
2. Ветренко Л.Д. Организация и технология перегрузочных процессов в морских портах. Москва: Транспорт, 1989. - 270 с.
3. Голубков В. В., Киреев В.С. Механизация погрузочно-разгрузочных работ и грузовые устройства. Москва: Транспорт, 1981. - 350 с.
4. Зуев Ф.Г. и др. Механизация погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ. Москва: Агропромиздат, 1988. - 447 с.

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF LOADING AND UNLOADING OF PACKAGED CARGOES

Lomidze A.N.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper presents the formulas for calculating the amount of electrical energy consumed by on the individual operations (lifting, moving, rotating) during the loading and unloading of cargo. Submitted the depending amount consumed electric energy on the number of switching mechanism and the weight of an overloaded cargo on a rise. As a result of their analysis provides a number of possible energy saving measures in the process of loading and unloading of packaged cargoes.



**ზოლურად მოხსულ ნიადაგში სასუქების შემტანი
 ენერგოდამოკები სასოფლო-სამეურნეო მანქანები**

ა. სამაღალაშვილი, ტ. მოღუბაძე

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საკვალავი-კულტივატორი-მცენარეთა გამომკვებავი სასოფლო-სამეურნეო მანქანა შედგება სრახნული ფრთის მქონე ნიადაგის საჭრელი დანისაგან, რომელიც გრძივ და განივ სიბრტყეში დაყენებულია კუთხით და მისი დანიშნულებაა მინი სარწყავი კვლების გაკლება, ნიადაგის გაფხვიერება, მცენარეთა ხელოვნური რწყვა, თხევადი ორგანული და მინერალური სასუქების მიწის-ქვეშა და მიწისზედა შეტანა.

მკვრივი ორგანული და მინერალური სასუქების შემტანი მანქანა აგრეგატირდება თვლიან ტრაქტორებზე და შედგება სასუქის სათავის ავზისაგან, ხვეტია ტრანსპორტიორისაგან, შნეკისაგან, კბილანურ-ჯაჭვური გადაცემებისაგან და საყრდენი თვლებისაგან. ხვეტია ტრანსპორტიორის მოძრაობის სიჩქარისა და შნეკის ბრუნთა რიცხვის შერჩევით შეიძლება მოვალდინოთ, როგორც ორგანული, ასევე მინერალური სასუქების, როგორც მყარ, ასევე თხევად მდგომარეობაში ნიადაგში შეტანა. მანქანას გააჩნია ტრანსპორტიორის გამოსართველი მოწყობილობა კბილა ქუროს სახით.

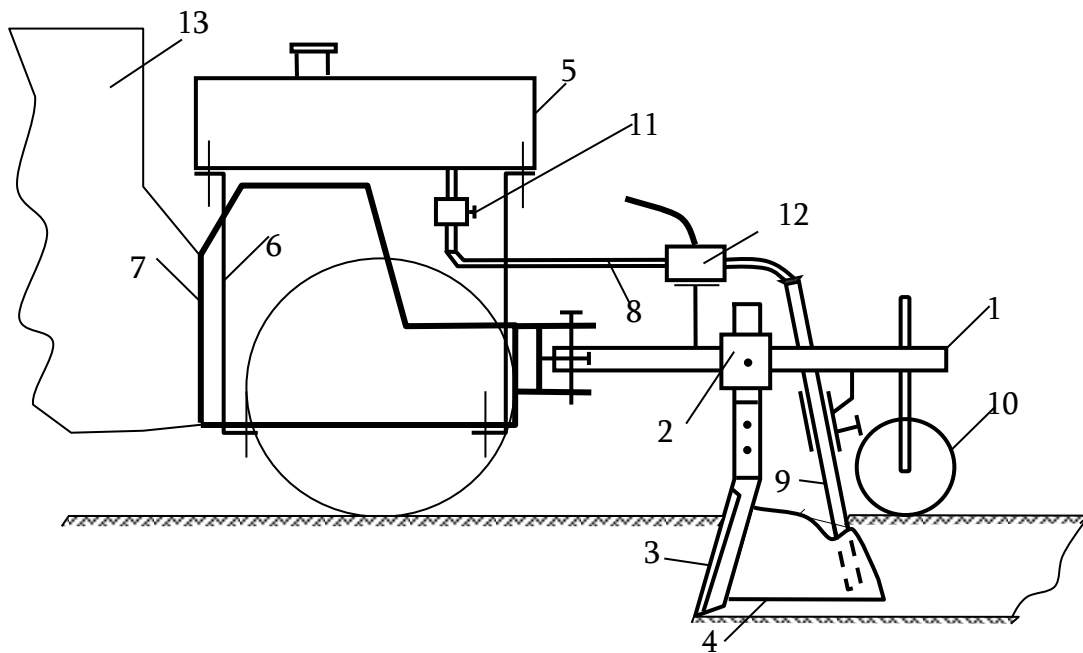
ნიადაგში სასუქების შეტანით ხდება მისი შევსება მკვებავი ნივთიერებებით და ნაყოფიერების ამაღლება [1]. სასუქების გადაზიდვა და მინდორში მისი შეტანა სერიოზული სატრანსპორტო-ტექნოლოგიური პრობლემაა, რომლის წარმატებით გადაჭრა შესაძლებელია პროგრესული ტექნოლოგიებითა და მაღალმწარმოებლური და ენერგოდამოკი სასოფლო-სამეურნეო მანქანების საშუალებით, რადგანაც სასუქების შეტანის ხარისხი და მცენარის მიერ მისი მაქსიმალურად ათვისება, უმთავრესად, დამოკიდებულია შემტანი მანქანების ფუნქციონალური სქემის სრულყოფაზე და მის ტექნიკურ მდგომარეობაზე. სასუქის შეტანის ფაქტიური დოზა და მთელ დასამუშავებელ ფართობზე მისი თანაბარი განაწილება არის მანქანის მუშაობის ხარისხის მთავარი განმსაზღვრელი.

ხემოაღნიშნულის გათვალისწინებით ჩვენ მიერ შემუშავებულ იქნა საკვალავი-კულტივატორი-მცენარეთა გამომკვებავი სასოფლო-სამეურნეო მანქანა (ნახ.1), რომლის საშუალებით შესაძლებელია ჩატარდეს, ერთდროულად, რამდენიმე ტექნოლოგიური ოპერაცია, როგორცაა მცენარეთა რიგების გასწვრივ სარწყავი მინი არხების (კვლების) გაკლება, რიგთაშორის კულტივაცია და სასუქების შეტანა. ამიტომ იგი შეიძლება ჩაითვალოს უნივერსალურ, ენერგო და რესურსდამზოგ სასოფლო-სამეურნეო მანქანად. მანქანით შესაძლებელია თხევადი ორგანული ან მინერალური სასუქის შეტანა მოხსულ ზოლებში მცენარეთა ფესვთა სისტემის ახლოს [3].

მანქანა აგრეგატირდება, როგორც საშუალო და დაბალი წევის კლასის ტრაქტორებზე, ასევე მაღალი სიმძლავრის მოტობლოკებზე და მუშაობს შემდეგნაირად: საყრდენ-სარეგულირებელი თვლებით 10 სასუქის მიწისქვეშა შეტანის სიღრმის შერჩევის შემდეგ მჭრელი დანა 3 ფრთასთან 4 ერთად შეიჭრება ნიადაგში და წარმოშობს გარკვეული სიგანისა და სიღრმის ღრეხოს, რომელშიც სითხის ავზიდან 5 ონკანების 11 და 12 გაღების შემდეგ, თვითდინებით წამოსული კომბინირებული თხევადი სასუქი რეზინის შლანგებით 8 და ლითონის მილგამტარის 9 გავლით ჩაიდგრება ნიადაგში მცენარეთა მწკრივების გასწვრივ ფესვთა სისტემის ახლოს.

ნიადაგში თხევადი სასუქის შეტანის რაოდენობა რეგულირდება ონკანების 11 და 12 საშუალებით, ტრაქტორის კაბინიდან.

მანქანით შეიძლება შესრულდეს მცენარეთა ლოკალური რწყვაც ჩითილის დარგვის შემდეგ, მანქანის ჩარჩოზე სპეციალური ავტომატური მოწყობილობის დაყენებით, რითაც კიდევ უფრო იზრდება მანქანის ფუნქციონალური დანიშნულების არე.



3

ნახ. 1. სარწყავი მინი არხების (კვლების) გამგელები
 საკვალავი – კულტივატორი – მცენარეთა გამომკვებავის სქემა:
 1 – ჩარჩო; 2 – განივი ძელი; 3 – კვალის გამჭრელი დანა; 4 – საკვალავის ფრთა; 5 – თხევადი სასუქის სათავის ავზი; 6 – ავზის სამაგრი ჩარჩო; 7 – მისამართი მოწყობილობა; 8 – რეზინის მილსადენი; 9 – ლითონის მილსადენი; 10 – საყრდენ-სარეგულირებელი თვალი; 11 – თხევადი სასუქის მიწოდების სარეგულირებელი ონკანი; 12 – თხევადი სასუქის მიწოდების ჩამკეტი ონკანი (ორივე ონკანი იმართება ტრაქტორის კაბინიდან); 13 – ტრაქტორი.

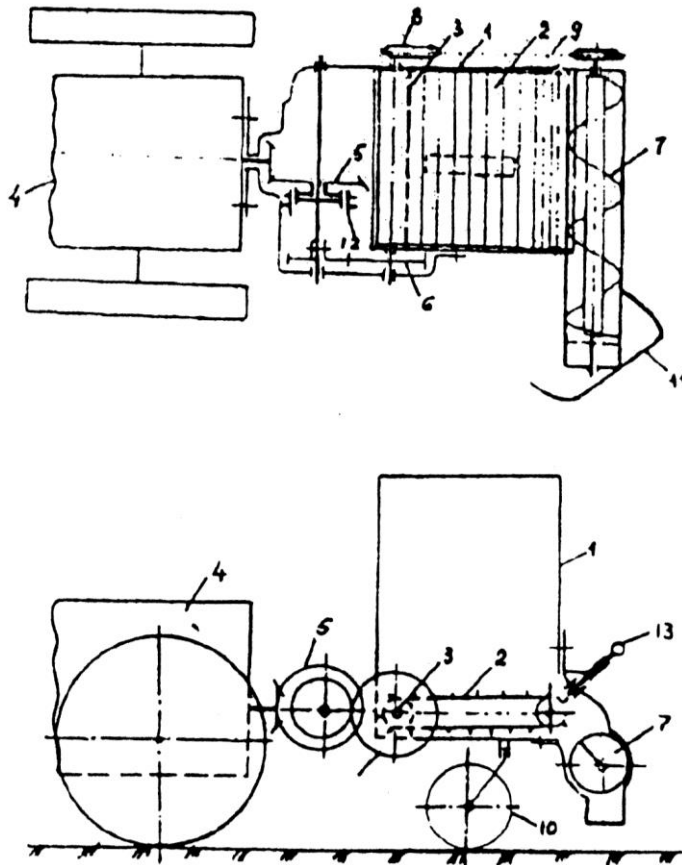
იმის გამო, რომ მიწის ნაკვეთები გადავიდა კერძო საკუთრებაში და წვრილკონტურიანი გახდა, ამჟამად არსებული დიდი გაბარიტების მქონე სასოფლო-სამეურნეო მანქანების მუშაობის მაჩვენებლები ასეთ ნაკვეთებზე გამოუსადეგარია, მათი მაღალი ღირებულებისა და ნაკვეთის თავში და ბოლოში აგრეგატის მობრუნებისათვის საჭირო დიდი ფართის აუცილებლობის გამო. ამიტომ საჭიროა, რომ მცირეკონტურიანი ნაკვეთებისათვის შემუშავდეს ისეთი მცირეგაბარიტიანი მექანიზაციის საშუალებები, რომელთა მეშვეობითაც მოხდებოდა, როგორც ორგანული (მკვრივი, ბლანტი), მინერალური (ფხვიერი) სასუქების შეტანა ერთი და იმავე მანქანით ზოლურად მოხსულში, უშუალოდ, მცენარეთა ფესვთა სისტემის ახლოს გავლებულ სარწყავ მინი არხებში (კვლებში). ასეთი მანქანის სქემა ნაჩვენებია ნახ.2-ზე.

მანქანით შესაძლებელია შევასრულოთ სამი მდგომარეობის ორგანული სასუქის – მკვრივი, ბლანტი (მაღალი ტენიანობის) და თხევადი (წყალთან ერთად გადადუღებული ნაკელი ან წუნწუხი) შეტანა, ხოლო მინერალური სასუქისა – ფხვიერ და წყალში გახსნილ მდგომარეობაში.

მკვრივი ორგანული სასუქების ნიადაგში შემტანი სასოფლო-სამეურნეო მანქანა მუშაობს შემდეგნაირად [3]: 1. მკვრივი ორგანული სასუქის შეტანისას ავზში 1 სასუქის ჩატვირთვის შემდეგ, როცა აგრეგატი დაიწყებს ზოლურად მოხსულ რიგთაშორისებში მოძრაობას, კბილანური ქუროს 12 ჩართვით კონუსურ კბილანასთან 5, ჩაირთვება ავზში მოთავსებული ხვეტია ტრანსპორტიორიც 2, რომელიც მასზე მოთავსებულ სასუქს გადაადგილებს შნეკისაკენ 7 და ჩაყრის მასში, ხოლო შნეკი მიღებულ ულუფას გადაყრის მცენარეთა მწკრივის გასწვრივ გავლებულ სარწყავ მინი არხებში, ღენტას სახით.

ბლანტი და მაღალტენიანი ორგანული სასუქის შეტანას ვახდენთ იმავე მანქანით

და იმავე თანმიმდევრობით, როგორც წინა შემთხვევაში და ფარსაკეტის 13 საჭირო დონეზე დაყენებით.

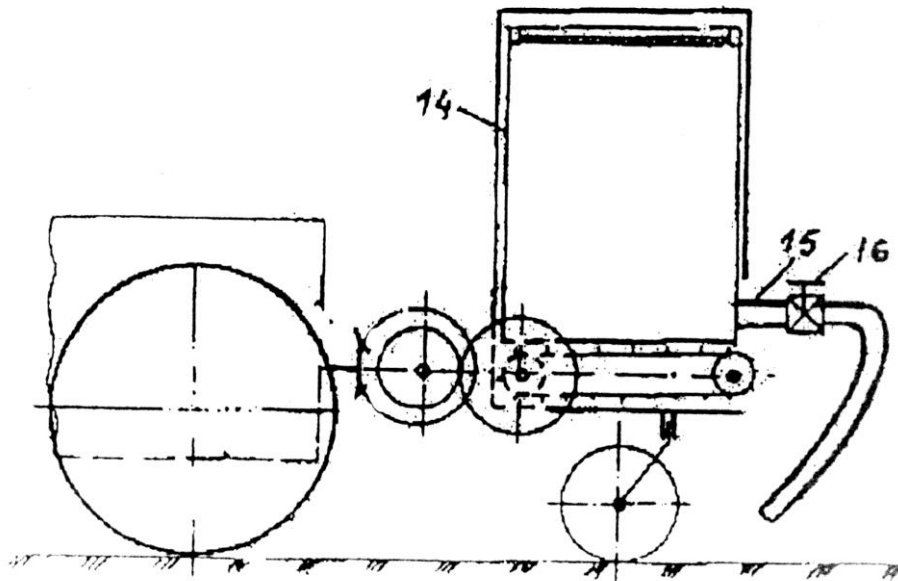


ნახ.2. მკვრივი ორგანული და მინერალური სასუქების შემტანი მანქანის სქემა: 1 - სასუქის სათავსო; 2 - ხვეტია ტრანსპორტიორი; 3 - ტრანსპორტიორის ამძრავი ლილევი; 4 - ტრაქტორი; 5 - კონუსური გადაცემა; 6 - ცილინდრული კბილანები; 7 - შნეკი; 8 - ვარსკვლავა; 9 - ჯაჭვური გადაცემა; 10 - საყრდენი თვალი; 11 - ცეცი; 12 - ჩამრთველი ქურო; 13 - ფარსაკეტი.

რიგთაშორისებში აგრეგატის მუშაობისას შნეკის კორპუსის მიერ მცენარის დაზიანების თავიდან ასაცილებლად მასზე დაყენებულია ამხლეტი ცეცი 11.

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია მანქანით ფხვიერი მინერალური სასუქის შემტანა შესაძლებელია ცილინდრული კბილანების წყვილის 6 გადაცემათა რიცხვის გაზრდით ან ხვეტია ტრანსპორტიორის ლენტას შეცვლით მოკლე საფხვეკებიანი (მოკლე გამონაშვერებიანი) ლენტით 2 და მისი მოძრაობის სისქქარის შემცირებით, ამასთან ერთად შემცირდება შნეკის ბრუნვის სიხშირეც. სასუქის სათავსი ავზიდან 1 სასუქის თვითგადმოყრა იზღუდება ფარსაკეტით 13.

იმავე მანქანით თხევადი ორგანული და მინერალური სასუქების შემტანას ვახდენთ შემდეგი საშუალებების ჩატარებით: კბილა ქუროს 12 (ნახ. 2) განვრთავთ კონუსური 5 კბილანისაგან და გავაჩერებთ ტრანსპორტიორს. სასუქის სათავსიდან 1 მოიხსნება შნეკური მექანიზმი 7 ამძრავთან ერთად და უშუალოდ სათავსში ჩაიდგმება მეორე ავზი 14 (ნახ.3), რომელსაც გარედან ჩაეხრანხნება სითხის გამოსაშვები მიღგამტარი 15 ონკანთან 16 ერთად.



ნახ.3. თხევადი სასუქების შემტანი მანქანის სქემა:
14 – სასუქის სათავის აგზი; 15 – სითხის მიღგამტარი; 16 – ონკანი

ზოლურად ნახნავის მინიარხებში ორგანული სასუქის შემტანას ვახდენთ ლენტას სახით, რადგან შნეკის კორპუსის გამოსასვლელი შევიწროებულია და აქვს ოვალური კვეთის ფორმა, ამიტომ მასში გამოსული ტენიანი ნაკელი განიცდის დაწნეხვას და დეზინფიცირებას ლენტას ფორმას. ლენტას გაშლის სიგრძე განისაზღვრება ფორმულით [2]:

$$l_{გაშ} = \frac{V_b \cdot K_g}{f_g} = \frac{0,21 \cdot 0,9}{0,0009} = 210 \text{ მ},$$

სადაც, $V_b = 0,21 \text{ მ}^3$ – არის სასუქის სათავის მოცულობა; $K_g = 0,9$ – შევსების კოეფიციენტი; $f_g = 0,0009 \text{ მ}^2$ – შნეკიდან სასუქის გამოსასვლელის კვეთის ფართობი.

შნეკის ფაქტიური მწარმოებლობა ტოლია 3 ტ/სთ; ტრანსპორტიორის (ხვეტიას) მოძრაობს სიჩქარე 0,18 მ/წმ; შნეკის ბრუნვის სიხშირე 43 წმ⁻¹

ნაკვეთების წვრილკონტურიანობის გამო მათი საშუალო სიგრძე 80... 100-მდეა და გაანგარიშებებით მიღებული ორგანული სასუქის ლენტას გაშლის სიგრძე (210 მ) ანუ სასუქის სათავის მოცულობა საკმარისია რიგთაშორისებში წინ და უკან დატვირთულ მდგომარეობაში მოძრაობისთვის, რითაც მინიმუმამდეა შემცირებული უქმი საველების რაოდენობა და საწვავის ზედმეტი ხარჯი.

ამრიგად, წარმოდგენილი მანქანებით სასუქების შემტანა სარწყავ მინი არხებში (ან მიწისქვეშ), მცენარეთა ფესვთა სისტემის ახლოს, უფრო ეკონომიკური, ხარისხიანი და უდანაკარგოა, ვიდრე ჩვეულებრივი ზედაპირული მოხვევისას, რადგანაც ორგანული სასუქი სარწყავი წყლით და ატმოსფერული ნალექებით თანდათანობით იხსნება და უფრო სრულად აითვისება მცენარის მიერ ვეგეტაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში. ეკონომიკური და ხარისხიანია შესრულებული სამუშაო, რადგანაც სასუქის შემტანას ვახდენთ უშუალოდ მცენარეთა რიგების გასწვრივ, ფესვთა სისტემასთან ახლოს და არა მოუხნავ ფართზე, რომელიც მომდევნო წლებში დამუშავდება. მინი არხებში სასუქის განაწილება მთელ სიგრძეზე უფრო თანაბარია (<<25%-ზე), ხოლო შემტანის დოზა მდგრადი (<<10%-ზე). ამიტომ ასეთი მახასიათებლების მქონე მანქანების დამზადება და ექსპლუატაციაში დანერგვა დიდად შეამცირებდა ხელით შრომის წილს, ხელს შეუწყობდა მოსავლიანობის გადიდებას და პროდუქციის თვითღირებულების შემცირებას.



ლიტერატურა

1. Марченко Н.М., Шемелкин А.Е. Механизация внесения органических удобрений. М.: Агропромиздат, 1990, - 220 с.
2. Антонов В.Я., Копинкин В.Д. Технология и комплексная механизация торфяного производства. М.: Недра, 1972, - 312 с.
3. სამადაშვილი ა.გ. ნიადაგის ზოლურად სახნავ-სათესი, მცენარეთა მოვლისა და მოსავლის ამღები სასოფლო-სამეურნეო მანქანათა კომპლექსის შემუშავება და საგამოცდო საშუალებები. ქუთაისი, აწსუ-ს გამომცემლობა, ISBN-978-99940-52-69-1, 2007, გვ. 215.

**ENERGY-SAVING AGRICULTURAL MACHINERY FERTILIZING
 THE STRIP-TILLED SOILS**

A. SAMADALASHVILI, M.MODEBADZE

Akaki Tsereteli State University

Summary

Tracing cultivator – agricultural machine for plant feeding, consists of soil cutting knife with screw wing, which in longitudinal and transverse planes, is placed with its corner, and it is intended for making the irrigation channels, soil loosening, water the plants, underground and above-ground injection of organic and inorganic fertilizers.

**ენერგოზოგადი სასოფლო-სამეურნეო მანქანა ნიადაგის
 მინიმალური დამუშავებისათვის**

სამადალაშვილი ა.გ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

კომბინირებული მანქანით ერთდროულად სრულდება ხვნა, თესვა, სასუქების (პერბიციდების) შეტანა, ნიადაგის დაღარვა, სარწყავი მიწის არხების (კვლების) გაკლება და დათესილი ზოლების მოტკეპვნა. იგი შედგება პასიური (მთავარი სახნისისაგან – სოლისაგან, ნიადაგის მჭრელი გვერდითი დანებით), აქტიური (ფრეზი) მუშა ორგანოების, დამღარავი დანის, სარწყავი მიწის არხების (კვლების) გამკლები ფრთისაგან და ნიადაგის სატკეპნი საგორავებისაგან. ფრეზი დაყენებულია გვერდით მჭრელ დანებს შორის და მოძრაობაში მოდის ტრაქტორის სიმძლავრის ამროთმევი ლილვიდან კარდანული გადაცემის საშუალებით. მჭრელ გვერდით დანებზე მიმაგრებულია თესლისა და სასუქის მიღვამტარები.

სახნავი მუშა ორგანოს სახნისი (სოლი) ნიადაგის მიმართ დაყენებულია ჭრის (ხვნის) კუთხის რეგულირების შესაძლებლობით, ხოლო სახნისი გაყოფილია ორ სოლად, რომელთა შორის კუთხე არის 15°, რითაც მცირდება ხვნა-თესვისათვის საჭირო ტრაქტორის ძრავის სიმძლავრე, ამასთან უმჯობესდება ტექნოლოგიური პროცესის ხარისხი.

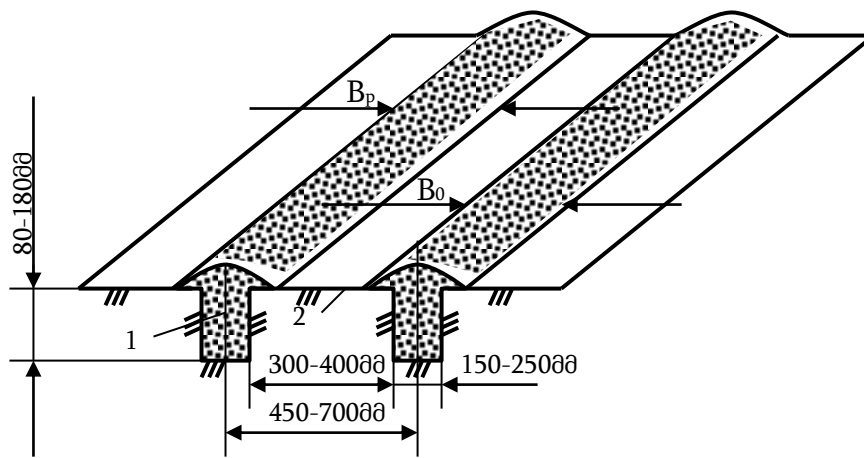
მიღებულია ახალი ფორმულა აგრეგატის მწარმოებლობის გაანგარიშებისათვის.

ნიადაგის დამუშავების ოპერაციების შესრულებისას გამოიყენებენ სხვადასხვა სახის ტექნოლოგიურ ოპერაციას ან პროცესს, რომლებიც შეადგენენ ნიადაგის დამუშავების სისტემას [1]. ნიადაგობრივ-კლიმატური და ტექნოლოგიური პირობების მიხედვით ერთ-ერთ ასეთ სისტემას წარმოადგენს ნიადაგის დამუშავების მინიმალური სისტემა, ანუ ზოლურად ხვნა, რომელიც გულისხმობს ნიადაგის დამუშავების რაოდენობის შემცირებას, ერთდროულად, რამოდენიმე ტექნოლოგიური ოპერაციისა და პროცესის შესრულებას აგრეგატის მინდორში ერთი გასვლით. ამ დროს იხვნება არა მთლიანი ფართობი, არამედ მხოლოდ ის ზოლი, სადაც უნდა მოხდეს თესვის ჩათესვა. მას იყენებენ იმისათვისაც, რომ შეამცირონ ტრაქტორის სავალი ნაწილით ან სასოფლო-სამეურნეო მანქანის თვლებით ნიადაგის დატკეპვნა და მისი ამტვერიანება, აგრეთვე ნიადაგის მომ-

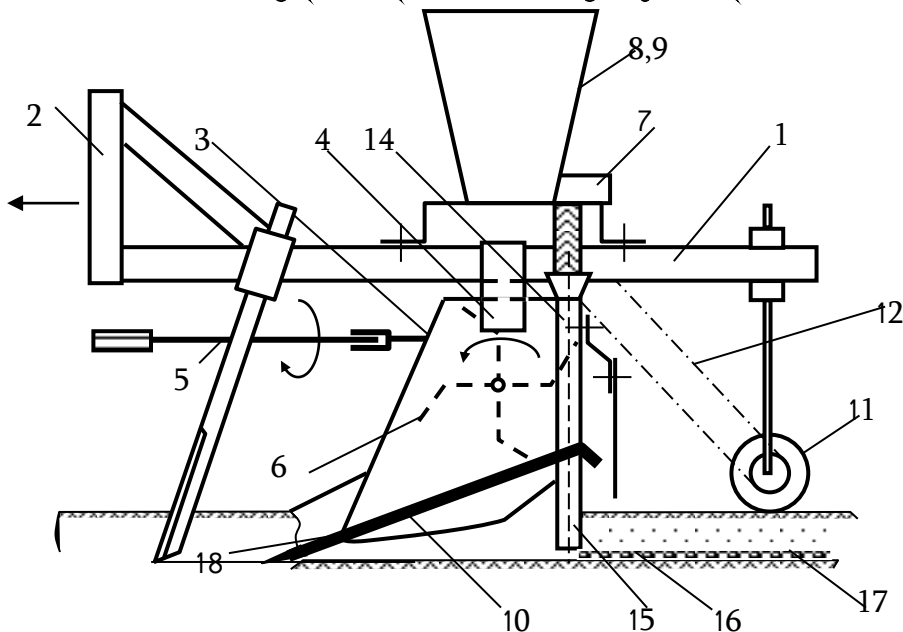
ზადების ვადების შესამცირებლადაც [2]. საგრძობლად მცირდება, აგრეთვე, საწვავ-საცხები მასალებს ხარჯი.

საწვავ-საცხები მასალების სიძვირისა და ეკონომიკური რესურსების სიმცირის პირობებში განსაკუთრებით აქტუალობას იძენს საწვავის ეკონომიკურობის პრობლემა სასოფლო-სამეურნეო წარმოების, ერთ-ერთ ყველაზე უფრო ენერგოშემცველი ოპერაციის ჩატარებისას, როგორცაა ნიადაგის დამუშავება.

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, წინამდებარე ნაშრომის ავტორის მიერ, ნიადაგის მინიმალური დამუშავებისათვის, შემუშავებული იქნა ზოლური მეთოდი (ნახ. 1) სახნავ-სათესი კომბინირებული სასოფლო-სამეურნეო მანქანა (ნახ. 2), რომლის საშუალებითაც მინდორში ერთი გასვლით შეიძლება ჩატარდეს, ერთდროულად, ხვნა, თესვა, სასუქების შეტანა, ნიადაგის დაღარვა, მინი სარწყავი კვლების (არხების) გავლება მცენარეთა რიგების გასწვრივ და დათესილი ზოლების მოტკეპვნა [3].



ნახ.1. ზოლურად ხვნის სქემა:
1 – მოხნული ზოლი (B_p); 2 – მოუხნავი ზოლი (B_o)



ნახ. 2. ზოლურად სახნავ-სათესი კომბინირებული მანქანის სქემა:
1 – ჩარჩო; 2 – ჩასაბმელი; 3 – სახნავი მუშა ორგანოს კომპლექტი; 4 – რედუქტორი; 5 – კარდანული გადაცემა; 6 – ფრეზის დანები; 7 – სათესი მოწყობილობა; 8, 9 – თესლისა და სასუქის სათავსი; 10 – სახნისი (სოლი); 11 – საყდენ-ამძრავი თვალი; 12 – სათესის ამძრავი ჯაჭვი; 13 – ღარის გამჭრელი დანა; 14 – სასუქის მიღგამტარი; 15 – თესლის მიღგამტარი; 16 – თესლი; 17 – სასუქი. 18 – გვერდითი მჭრელი დანები.

სახნავ-სათესი კომბინირებული მანქანა მუშაობს შემდეგნაირად [4]: სახნავი მუშა ორგანოს სახნისის ნიადაგთან ჭრის კუთხის დარეგულირების შემდეგ, აგრეგატის მოძრაობისას, სახნისი 10, გვერდით მჭრელ დანებთან 18 ერთად შეიჭრება ნიადაგში და მოჭრის გარკვეული სიგანისა (15...25 სმ) და სიღრმის (8...18 სმ) მიწის ფენას (შრეს). მოჭრილი ფენა გადაადგილდება სახნისის ზედაპირზე, ზემოთ, მიუახლოვდება რა ბრუნვაში მყოფ ფრეზს, მისი დანების 6 საშუალებით დაქუცმაცდება, აირევა და გადაიყრება უკან ნიადაგის ამოუვსებელ ცარიელ ზოლში. ამავე დროს სათესი მოწყობილობის 7 ამძრავ თვალს 11, ჯაჭვისა 12 და კონუსური გადაცემის (ნახაზზე არ მოჩანს) საშუალებით მოძრაობაში მოყავს თესლისა და სასუქის სათავსში 8, 9 მოთავსებული გამომთესი დისკოები, რომლებიც თესლსა და სასუქს გადადევნის შესაბამის მიღგამტარებში 14 და 15, რომელთა გავლის შემდეგ თესლი 16, სასუქთან 17 ერთად, მოხვედება მოხნული ზოლის ფსკერზე ან ფსკერიდან გარკვეულ სიმაღლეზე.

ნახ. 2-ზე ნაჩვენები მანქანით ნიადაგის მინიმალური ანუ ზოლურად დამუშავებისას, დარჩენილი, დაუმუშავებელი ნიადაგის საფარი ინარჩუნებს თავის დამცველ ზედაპირს, რაც ერთ-ერთი გადამწყვეტი ფაქტორია ნიადაგის ქარისმიერი და წყლისმიერი ეროზიულ პროცესებთან ბრძოლისა და ჰუმუსური შრის დანაკარგების შემცირებისა, რაც გუთნით მთლიანი ხვნის შემთხვევაში შეუძლებელია; 2...3-ჯერ მცირდება საწვავ-საცხები მასალებისა და დროის ხარჯი, მცირდება აგროტექნიკური ვადები, ხოლო მიღებული მოსავალი ან 15...25%-ით მეტია, ან უარეს შემთხვევაში, თანაბარი, ვიდრე გუთნით ნიადაგის მთლიანი ხვნის დროს.

ნიადაგის ზოლურად სახნავ-სათეს კომბინირებულ მანქანაში (ნახ. 2) დაყენებულია რამდენიმე მუშა ორგანო და აგრეგატი, რომლებსაც შეუძლიათ იმუშაონ ერთდროულად ან ცალ-ცალკე, ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად, კერძოდ – სახნავი (სახნისი – სოლი, ფრეზი ან როტაციული გუთან); სათესი, სასუქებისა და პერბოციდების შემტანი მოწყობილობები, დამლარავი დანები მიწის გასაჭრელად, მინი სარწყავი კვლების გამვლები ფრთები და დათესილ ზოლებში ნიადაგის მოსატკეპნი საგორავები.

სახნავი ორგანო, სახნისი 10, გვერდით მჭრელ დანებთან 18 ერთად, მანქანის ჩარჩოზე 1 დაყენებულია ნიადაგის ჭრის კუთხის რეგულირების შესაძლებლობით [5], რითაც საშუალო და მძიმე ნიადაგებზე ხვნა-თესვისას ამცირებს მუშა ორგანოზე, ნიადაგის მხრიდან, წინააღმდეგობის ძალას და შესაბამისად ხვნისათვის საჭირო მანქანის ძრავის სიმძლავრეს, რაც საშუალებას იძლევა გავზარდოთ მანქანის მოდების სიგანე და მისი აგრეგატირება მოვახდინოთ შედარებით ნაკლები სიმძლავრის მქონე ტრაქტორებზე, მაშინ, როდესაც იგივე მოდების სიგანის მქონე გუთნებისათვის საჭიროა გაცილებით მაღალი სიმძლავრის ტრაქტორები. აქედან გამომდინარე, ნაშრომით წარმოდგენილ, სახნავ-სათესი კომბინირებული მანქანა ენერგო და რესურსდამზოგი მანქანაა.

ნიადაგის ზოლური მეთოდით დამუშავება (ერთდროულად ხვნა-თესვა) ახალია რესპუბლიკის ნიადაგდამუშავებაში, ხოლო ამ მეთოდისათვის განკუთვნილ მანქანას (ნახ. 2) ანალოგი არ გააჩნია არც საქართველოში და არც უახლოეს საზღვარგარეთ, ამიტომ მისი საშუალებით ერთდროულად ხვნა-თესვის მეთოდი უნდა ჩაითვალოს სამეცნიერო კვლევის სიახლედ სასოფლო-სამეურნეო წარმოებაში, როგორც ხვნა-თესვის აღნიშნულ მეთოდზე, ასევე ამ მეთოდისათვის შემუშავებულ მანქანა-იარაღებზე სამეცნიერო და კონსტრუქციული (საინჟინრო) გადაწყვეტები, სამეცნიერო პუბლიკაციები და გამოგონებები ამ დარგში, თითქმის, არ გვხვდება და, თუ არის, ისიც ნაკლებადღირებულია მეცნიერული თვალსაზრისით.

მანქანისათვის ჩატარებულია თეორული კვლევები, განსაზღვრულია აგროტექნიკური მოთხოვნები და მანქანის ძირითადი პარამეტრები. შემუშავებულია სრულიად ახალი ფორმულა ზოლურად სახნავ-სათესი კომბინირებული მანქანის მწარმოებლობის გაანგარიშებისათვის (ნახ. 1).

ცვლის მწარმოებლობისათვის [3]:

$$W_{\text{ცვ}} = 0,36V_p [B_0(n-1) + B_p \cdot n] T_{\text{ცვ}} \cdot \tau_{\text{ცვ}}, \quad (1)$$

სადაც, B_0 – არის მოუხნავი ზოლის სიგანე; m ; V_p – აგრეგატის სამუშაო სიჩქარე, მ/წმ; B_p – ერთი სახნისის (კორპუსის) მოდების სიგანე (მოხნული ზოლის სიგანე), m ; n – სახნისების რაოდენობა; $T_{\text{ცვ}}$ – ცვლის ხანგრძლივობა, სთ; $\tau_{\text{ცვ}}$ – ცვლის დროის გამოყენების კოეფიციენტები.

აღსანიშნავია ისიც, რომ ჩვეულებრივი სახნავი გუთნებისაგან განსხვავებით, ზოლურად სახნავ-სათესი კომბინირებული მანქანის სახნავ მუშა ორგანოს შეუძლია იმუშაოს სამ რეჟიმზე [3]: 1. ნიადაგის გაფხვიერება – აჩეხვა, გადაბრუნების გარეშე (ეროზირებულ ნიადაგებზე), როცა მუშა ორგანოა, მხოლოდ, პასიური მუშა ორგანო – სოლი (სახნისი), (სოლი სახნავ მუშა ორგანოდ გამოყენებული გვაქვს იმიტომ, რომ მას ხვნაზე, ნიადაგის დასამსხვრევად ესაჭიროება, დაახლოებით, 10-ჯერ უფრო ნაკლები ძალა, ვიდრე ჩვეულებრივ გუთნებს); 2. ნიადაგის ნაწილობრივი გადაბრუნება ბელტების სახით, როცა პასიურ მუშაო ორგანოსთან (სოლი) ერთად მუშა ორგანოს წარმოდგენს აქტიური მუშა ორგანოც – როტაციული გუთანი (ტენიან ნიადაგებზე); 3. ნიადაგის მთლიანი დაქუცმაცება და არევა, როცა პასიურ მუშა ორგანოებთან (სოლი) ერთად მუშაობაში მოდის აქტიური მუშა ორგანო ფრეზი.

წინამდებარე ნაშრომით წარმოდგენილ ზოლურად სახნავ-სათეს კომბინირებულ მანქანისა და სამანქანო ტექნოლოგიის ექსპლუატაციაში დანერგვა დიდ სარგებელს მოუტანს, როგორც ფერმერებს, ასევე მთლიანად ქვეყანას, კერძოდ: საწვავ-საცხები მასალების ხარჯის და, შესაბამისად, გამონახობლქვი მავნე აირების ნაკლები რაოდენობა და გარემოს ნაკლები დაბინძურება; პროდუქციის მოსავლიანობის გადიდება და დაბალი თვითღირებულება; ქარისმიერი და წყლისმიერი ეროზიული პროცესების შემცირება ნიადაგში; შედარებით დაბალი სიმძლავრის ტრაქტორების გამოყენების შესაძლებლობა, ხვნა-თესვაზე მაღალი მწარმოებლობით, ვიდრე ჩვეულებრივი გუთნებით მთლიანი ხვნის დროს.

ლიტერატურა

1. Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И., Султан -Шах Е.Г. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин, - М.: Машиностроение, 1977 - с. 508
2. Ветехин В.И. Малоэнергоёмкие рыхлители почвы: Форма продольного профиля рабочей поверхности.//Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1993, №6, с-14.
3. სამადალაშვილი ა.გ. ნიადაგის ზოლურად სახნავ-სათესი, მცენარეთა მოვლისა და მოსავლის ამღები სასოფლო-სამეურნეო მანქანათა კომპლექსის შემუშავება და საგამოცდო საშუალებები. ქუთაისი, აწსუ-ს გამომცემლობა, 2007, – 215 გვ., ISBN-978-99940-52-69-1. მონოგრაფია.
4. სამადალაშვილი ა.გ. და სხვები. ნიადაგის ზოლურად სახნავ-სათესი ოთხმწკრივიანი კომბინირებული სასოფლო-სამეურნეო მანქანა. საპატენტო რიგელი GE №164, A 01 B13/02 ბიულ. №3, 1997 წ. პატენტი GE №454
5. სამადალაშვილი ა.გ. და სხვები. ზოლურად სახნავ-სათესი მანქანის მუშა ორგანო. პატენტი GE №454, A 01 B13/02. ბიულ. №6, 1999 წ.

ENERGY SAVING AGRICULTURE - AGRICULTURAL MACHINERY FOR SOIL WITH MINIMAL PROCESSING

SAMADALASHVILI A.

Akaki Tsereteli State University

Summary

Combined machine simultaneously executes tilling, seeding, fertilizing (herbicides), soil furrowing, laying mini irrigation channels (traces) and seeded draw lines ramming. It is composed of passive (from the top of wedge, with soil cutting lateral knives), active (mill) working bodies, furrowing knife, mini irrigation channels (traces) maker's wings. Mill cutter is installed between cutting knives, and is set in motion by means of cardan drive of the tractor power shaft. Sharp knives are attached to the side of the seed and fertilizer supplier pipe. There is obtained a new formula for calculation of aggregate productivity.



სატრანსპორტო საშუალებების ურთიერთშეჯახებისას თვლის
 კაპოტზე ასვლის პირობების დადგენა მათემატიკური
 მოდელებით

მარდალეიშვილი ნ., ჩოგოვაძე ჯ.
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევების მკვეთრი ზრდა აქტუალურს ხდის ამ შემთხვევების ანალიზისათვის თანამედროვე მეთოდების დანერგვას. საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევების მექანიზმის დასადგენად საჭიროა გამოკვლევული იქნას სატრანსპორტო საშუალების როგორი სიჩქარის და საბურავის რა ზომების დროს არის შესაძლებელი სატვირთო ავტომობილის ასვლა მსუბუქი ავტომობილის კაპოტზე, აგრეთვე, კაპოტის ჩაღუნვის სიდიდის განსაზღვრა. ნაშრომში დადგენილია თუ რა პირობებშია შესაძლებელი სატვირთო ავტომობილის ასვლა შემხვედრი ავტომობილის კაპოტზე. მოცემულია კაპოტის ჩაღუნვის სიდიდის განსაზღვრის მეთოდები

საგზაო მოძრაობა ერთ-ერთი მახასიათებელი და განუყოფელი ნაწილია თანამედროვე ცივილიზაციის. ამჟამად პლანეტის საავტომობილო პარკმა წინ გაუსწრო ყველაზე თამამ პროგნოზებს და მოიცვა ყველა კონტინენტი, გადააჭარბა 800 მილიონ ავტომობილს. მათ შორის 80%-ზე მეტს შეადგენს მსუბუქი ავტომობილი.

სატრანსპორტო საშუალებების ურთიერთშეჯახება წარმოადგენს საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევის ყველაზე უფრო გავრცელებულ სახეს. შეჯახებისას, როგორც წესი, კინეტიკური ენერჯის შემცირება ხდება დროის მცირე შუალედში, ამიტომ დატვირთები, რომელთაც განიცდიან სატრანსპორტო საშუალებების მძღოლები და მგზავრები, შეიძლება აღემატებოდეს ადამიანის ორგანიზმის ტოლერანტობის დასაშვებ დონეს და გამოიწვიოს ლეტალური შედეგი.

სატრანსპორტო საშუალებების შემხვედრი შეჯახება (სატრანსპორტო საშუალებების გრძივი ღერძის მიმართ $\pm 22,5$ გრადუსის ზღვრებში) შეადგენს საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევების საერთო რაოდენობების 60-65%-ს და გამოირჩევა მძიმე შედეგებით, განსაკუთრებით მაგისტრალზე და დაუსახლებელი პუნქტების გზებზე. მსუბუქი და სატვირთო ავტომობილების შემხვედრი შეჯახებისას ყველაზე ხშირ სახეს წარმოადგენს არაცენტრალური, პირდაპირი და ირიბი დარტყმა. ყველა სახის სატრანსპორტო საშუალებების მძღოლებისათვის, მგზავრებისათვის ყველაზე უფრო ტრამვასაშიშ ელემენტებს მიეკუთვნება: საჭის მექანიზმი, საქარე მინა, კარები და დგარი, ძარა ან კაბინა.

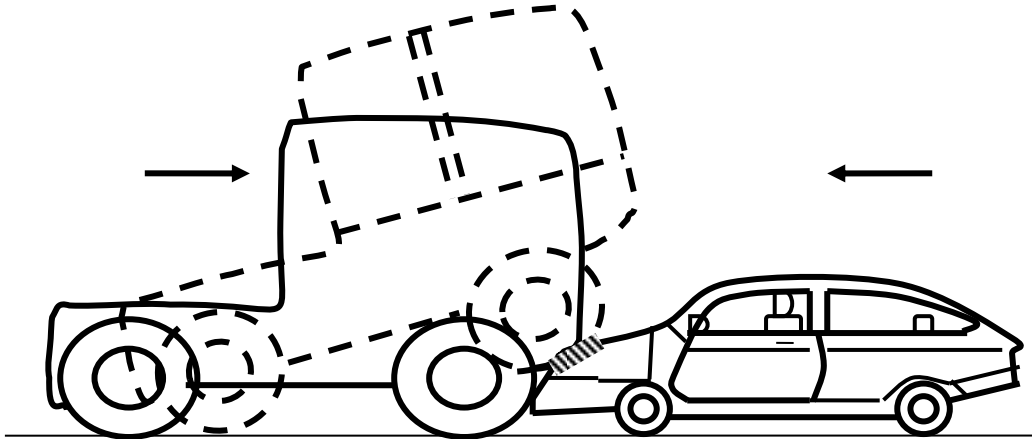
სხვადასხვა სიჩქარით მოძრავი სატრანსპორტო საშუალებების ურთიერთშეჯახებისას ხდება უფრო მსუბუქი ან მცირე სიჩქარით მოძრავი ავტომობილის დარტყმის ადგილიდან გადაადგება. ზოგიერთ შემთხვევაში მსუბუქი და სატვირთო ავტომობილების შემხვედრი შეჯახების დროს ადგილი აქვს სატვირთო ავტომობილის თვლის ასვლას მსუბუქი ავტომობილის კაპოტზე, რაც კარგ შემთხვევაში იწვევს მის დეფორმაციას, ხოლო ყველაზე ცუდ შემთხვევაში გარდა კაპოტის დეფორმაციისა აზიანებს მინას, მძღოლს და მგზავრებს.

სატრანსპორტო საშუალებების უძრავ დაბრკოლებაზე დაჯახებისას ავტომობილის წინა ნაწილის დეფორმაციის სიდიდის განსაზღვრა და დარტყმის მომენტში მოძრაობის სიჩქარის დადგენა შესაძლებელია [1] ნაშრომში განხილული მათემატიკური მოდელებით.

ზოგჯერ საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევების მექანიზმის დასადგენად საჭიროა გამოკვლევული იქნას სატრანსპორტო საშუალების როგორი სიჩქარის და საბურავის რა ზომების დროს არის შესაძლებელი, მაგალითად, სატვირთო ავტომობილის ას-

ვლა მსუბუქი ავტომობილის კაპოტზე, აგრეთვე, კაპოტის ჩაღუნვის სიდიდის განსაზღვრა.

კაპოტზე საბურავის ასვლის პირობების დასადგენად დაწვროთ კინეტიკური მომენტის ცვლილების თეორემა საბურავის კაპოტთან შეხების წერტილის მიმართ გრძივი დეფორმაციის დასრულებისას:



ნახ.1. სატრანსპორტო საშუალებების ურთიერთშეჯახების საანგარიშო სქემა

3

$$K_{2z} - K_{1z} = \sum M_z (\vec{S}_k^{(e)}). \quad (1)$$

მოდრავი ავტომობილის სიჩქარე დარტემის მომენტში ავღნიშნოთ v_1 -ით, ხოლო შემხვედრი ავტომობილის გრძივი დეფორმაციის დასრულებისას $-v_2$ -ით. მაშინ (1) ფორმულიდან მივიღებთ v_2 -ის იმ მინიმალურ მნიშვნელობას, რომლის დროსაც შესაძლებელი იქნება საბურავის (და მთლიანი ავტომობილის) კაპოტზე ასვლა. ამ თანაფარდობას აქვს სახე:

$$v_{2\min} = v_1 + \frac{\sqrt{2RH - H^2} - fH}{R - H} gT,$$

სადაც f არის საბურავის გზაზე სრიალის ხახუნის კოეფიციენტი, R -საბურავის რადიუსი, H -საბურავის უძრავი ავტომობილის შუბლთან შეხების წერტილიდან დედამიწის ზედაპირამდე მანძილი, ხოლო T -დრო დარტემის მომენტიდან საბურავის კაპოტზე ასვლის მომენტამდე. მისი გამოთვალა შესაძლებელია [1] ნაშრომში მოყვანილი მეთოდით.

კაპოტის დეფორმაცია დამოკიდებულია მის მექანიკურ თვისებებზე. ცხადია, რომ, ზოგად შემთხვევაში, სხეულის დეფორმაცია იცვლება დროის მიხედვით. განსახილველ შემთხვევაში საბურავის კაპოტზე მოძრაობის დრო მცირეა და მისი დეფორმაციის პროცესი დიდი სიზუსტით შეგვიძლია ჩავთვალოთ სტაციონალურად. ამასთან დაგუშვათ, რომ კაპოტის ჩაღუნვა პროპორციულია დაწნევის (გერსტნერის კანონი):

$$p = \delta \cdot x, \quad (2)$$

სადაც δ -გერსტნერის მუდმივაა.

საბურავი ჩავთვალოთ ცილინდრული ფორმის ზედაპირად. საბურავის კაპოტთან შეხების არის კაპოტის ზედაპირზე გეგმილის სიგრძე საკმარისი სიზუსტით შეგვიძლია

განვსაზღვროთ ფორმულით[2]:

$$a = \sqrt{2R\Delta}, \quad (3)$$

სადაც Δ არის კაპოტის მაქსიმალური ჩაღუნვა.

ავღნიშნოთ ξ -თი მანძილი საბურავის კაპოტთან შეხების რომელიმე წერტილიდან საბურავის ღერძზე გამავალ ვერტიკალურ სიბრტყემდე. მაშინ ამ წერტილის შესაბამისი ჩაღუნვა იქნება:

$$x = \Delta - \frac{\xi^2}{2R}. \quad (4)$$

გერსტენის კანონში შევტანოთ (4) თანაფარდობა, მივიღებთ:

$$p = \delta \cdot \left(\Delta - \frac{\xi^2}{2R} \right) \quad (5)$$

გავითვალისწინოთ, რომ ჯამური დაწნევა

$$P = \int_0^a p b d\xi,$$

სადაც b -საბურავის სიგანეა.

ამ უკანასკნელში გავითვალისწინოთ (5) ტოლობა და მიღებული შედეგი ვაინტეგრიროთ, გვექნება:

$$P = \delta \cdot b \int_0^a \left(\Delta - \frac{\xi^2}{2R} \right) d\xi = \delta \cdot b \left(\Delta a - \frac{a^3}{3R} \right). \quad (6)$$

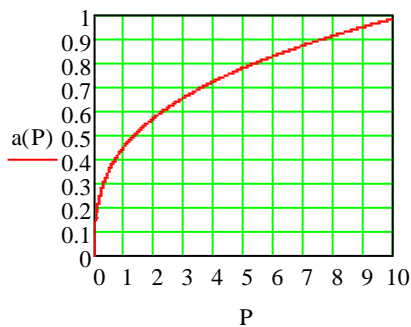
(3) თანაფარდობიდან

$$\Delta = \frac{a^2}{2R}.$$

Δ -ის ეს მნიშვნელობა შევიტანოთ (6)-ში, მივიღებთ:

$$P = \delta \cdot b \left(\frac{a^3}{2R} - \frac{a^3}{3R} \right) = \frac{\delta \cdot b a^3}{6R}. \quad (7)$$

(7) ტოლობიდან შეგვიძლია განვსაზღვროთ a სიდიდე δ , b და R -ის მოცემული მნიშვნელობებისათვის. ამ სიდიდის P -ზე დამოკიდებულების გრაფიკს აქვს სახე:



რეალურად საბურავიც განიცდის დეფორმაციას. მაგრამ თანამედროვე

საბურავი წარმოადგენს მაღალტექნოლოგიურ ნაკეთობას რთული შიგა სტრუქტურით, ამიტომ ასეთი მასალების ქცევის მოდელირებისას წარმოიქმნება რიგი სირთულეებისა, რადგან მათში რეალურად მიმდინარეობს დიდი დეფორმაციები. შემოვიფარგლოთ შემდეგი დაშვებებით: კაპოტის დეფორმაცია აკმაყოფილებს გერსტნერის კანონს (2); საბურავი ჩათვლილია ცილინდრული ფორმის ზედაპირად და საბურავის დეფორმაცია y მის თითოეულ წერტილში პროპორციულია საბურავის დაწნევის:

$$p = \gamma \cdot y, \quad (8)$$

სადაც γ -მოცემული საბურავის დრეკადი მუდმივაა.

ამ დაშვებებში x, y, ξ სიდიდეებს შორის დამოკიდებულებას აქვს სახე:

$$x + y + \frac{\xi^2}{2R} = \frac{a^2}{2R}, \quad (9)$$

საიდანაც

$$y = \frac{a^2}{2R} - \frac{\xi^2}{2R} - x. \quad (10)$$

საბურავის დაწნევა კაპოტზე შეგვიძლია გამოვთვალოთ ფორმულით:

$$P = \int_{-c}^a b p d\xi.$$

თუ ამ ფორმულაში შევიტანთ (8) და (10) გამოსახულებებს, მივიღებთ ($x=0$ -ის შემთხვევაში):

$$P = b \cdot \gamma \cdot \left[\frac{a^2}{2R} (a + c) - \frac{a^3 + c^3}{6R} \right].$$

თუ დავუშვებთ, რომ საბურავის დეფორმაცია სიმეტრიულია მის ცენტრზე გამავალი ვერტიკალური ღერძის მიმართ ($a = c$), მაშინ

$$P = b \cdot \gamma \cdot \frac{2a^3}{3R}.$$

ლიტერატურა

1. მარდალეიშვილი ნ., ჩოგოვაძე ჯ. „სატრანსპორტო საშუალებების უძრავ დაბრკოლებებზე შეჯახებისას დეფორმაციის განსაზღვრა მათემატიკური მოდელირებით“ //II საერთაშორისო კონფერენცია „მექანიკის არაკლასიკური ამოცანები“. ქუთაისი. 6–8.10.2012 .გვ.245–249
2. Ишлинский А. Ю., Ивлев Д. Д. Математическая теория пластичности.- М.:ФИЗМАТЛИТ, 2001,2003-704с.

DETERMINATION OF THE CONDITIONS OF GETTING THE WHEEL ON THE BONNET DURING COLLIDING OF VEHICLES THROUGH THE MATHEMATICAL MODELING

N. Mardaleishvili, J. Chogovadze

Akaki Tsereteli State University

Summary

There are determined in a given work the conditions of getting the automobile wheel on the bonnet of counter vehicle when they are colliding, as well as considered the determining of bonnet dent through the mathematical modeling.



**გამონაბოლქვი აირების სითბური ენერგიის გავლენა ძრავის
 გამომშვები სისტემის ჰიდრაულიკურ წინააღმდეგობაზე**

რ. თოფურია, თ. კოჩაძე, ბ. ქანთარია
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

გამონაბოლქვი აირების სითბური ენერგიის გამოყენების ორი მეთოდი არსებობს: პირველი-სასარგებლო ეფექტი მიიღება დამხმარე მოწყობილობის გარეშე. მეორე - დამხმარე მოწყობილობის გამოყენებით. პირველ შემთხვევაში გამონაბოლქვი აირების ენერგია გამოიყენება ძრავის ცილინდრში აირმიმოცვლის მაჩვენებლების გაუმჯობესებისათვის, რაც გულისხმობს გამომშვები მილგაყვანილობის და გაზგამანაწილებელი ფაზების ოპტიმალურ შერევას, შესაძლებელია გაზოდინამიკური მოვლენების ხარჯზე გამომშვებ მილგაყვანილობაში მივიღოთ წნევის ისეთი ცვალებადობა, რომელიც მნიშვნელოვნად გაზრდის ცილინდრში ახალი მუხტის მასას. გამოდევნის პროცესის დროს მცირდება უარყოფითი მუშაობა და შესაბამისად უმჯობესდება ძრავის ეფექტური მაჩვენებლები.

გამონაბოლქვი აირები ძრავის ცილინდრიდან გამოსვლისას ხასიათდება სითბოს დიდი რაოდენობით და მუშაუნარიანობით, რომლის რეალიზაცია შესაძლებელია მუშაობის შესრულებით ან სითბოს დახარჯვით.

ძრავის ცილინდრიდან გამონაბოლქვი აირების გამოდევნის პროცესი იყოფა სამ პერიოდად: პირველი თავისუფალი განდევნის პეროდი იწყება სარქველის გაღების მომენტიდან და მთავრდება დგუშის ქვედა მკვდარ წერტილში ყოფნისას. ამ პერიოდში განდევნა წარმოებს მნიშვნელოვანი ჭარბი წნევის გამო, რომლის მნიშვნელობა გამომშვები სარქველის გაღების მომენტში $P_{\mu} = 0,3 \pm 0,8$ მპა-ს, გამოდინების კრიტიკული სიჩქარე პროცესის დასაწყისში შეადგენს $W_{\mu} = 600 \pm 700$ მ/წმ, ხოლო ტემპერატურა $T_{\mu} = 1600 \pm 1000^{\circ}K$.

მეორე იძულებითი გამოდევნის პერიოდის დროს, რომელიც გრძელდება დგუშის მთლიანი სვლის განმავლობაში, აირების გამოდევნა წარმოებს დგუშის მოქმედებით. გამონაბოლქვი აირების მოძრაობის სიჩქარე და წნევის ვარდნა გამომშვებ სარქველთან ძირითადად განისაზღვრება დგუშის მოძრაობის სიჩქარით იმ გარემოებიდან გამომდინარე, თუ როგორია გამომშვები სარქველის ყელის განივკვეთის ფართობსა და დგუშის ძირის ფართობს შორის თანაფარდობა. ასევე ნამუშევარი აირის სიჩქარე მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია აირის არასტაციონალური ნაკადის ხასიათზე გამომშვებ სისტემაში. სიჩქარის საშუალო მნიშვნელობა სარქველის ყელში შეადგენს $W_{\mu} = 80 \pm 250$ მ/წმ, ხოლო წვის პროდუქტების ტემპერატურა ცილინდრში გამოდევნის მეორე პერიოდის განმავლობაში რჩება თითქმის მუდმივი წნევის მცირედ ცვლილების გამო.

განდევნის მესამე პერიოდს წარმოადგენს ცილინდრიდან გამონაბოლქვი აირების გამოსვლა ინერციით და გამომშვები მილის გამომწოვი მოქმედების გავლენით. მაშასადამე გამონაბოლქვი აირების გამოდევნის პროცესის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია გამომშვები სარქველის გაღების ხანგრძლივობაზე, რომლის მნიშვნელობა მუხლა ლილვის შემობრუნების კუთხის მიხედვით განისაზღვრება.

$$\varphi_{\mu} = \varphi'_{\mu} + 180 + \varphi_{\mu}''$$

სადაც φ'_{μ} - გამომშვები სარქველის გაღების წინსწრების კუთხეა;

φ_{μ}'' - გამომშვები სარქველის დახურვის დაგვიანების კუთხე.

გამონაბოლქვი აირების სითბური ენერგიის გამოყენების ორი მეთოდი არსებობს: პირველი სასარგებლო ეფექტი მიიღება დამხმარე მოწყობილობის გარეშე. მეორე - დამხმარე მოწყობილობის გამოყენებით. პირველ შემთხვევაში გამონაბოლქვი აირების

ენერჯია გამოიყენება ძრავის ცილინდრში აირმიმოცველის მახვენებლების გაუმჯობესებისათვის, რაც გულისხმობს გამომწვევი მიღგაყვანილობის და გაზგამანაწილებელი ფაზების ოპტიმალურ შერჩევას, შესაძლებელია გაზოდინამიკური მოვლენების ხარჯზე გამომწვევი მიღგაყვანილობაში მივიღოთ წნევის ისეთი ცვალებადობა, რომელიც მნიშვნელოვნად გაზრდის ცილინდრში ახალი მუხტის მასას. გამოდევნის პროცესის დროს მცირდება უარყოფითი მუშაობა და შესაბამისად უმჯობესდება ძრავის ეფექტური მაჩვენებლები.

ეს იმას ნიშნავს, რომ გამომწვევი სისტემის ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობა მნიშვნელოვან გავლენას ახენს ძრავის ეფექტურ მაჩვენებლებზე. მეოე შემთხვევაში გამოიყენება დამატებითი მოწყობილობები: ქვაბები - სითბოს უტილიზატორები და აირტურბინები. ასეთ შემთხვევაში ზოგიერთი ძრავის ეფექტური მარჯი ქმედების კოეფიციენტი იცვლება უმნიშვნელოდ, ხოლო ზოგოერთი ძრავისთვის მცირდება გამომწვევი სისტემის ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობის გაზრდის გამო.

ნამუშევარი აირების გამომწვევი სარქველის ყელიდან გამოსვლისას წინააღმდეგობის გამო, რომელიც შექმნილია ხმაურის ჩამხშობით, ნეიტრალიზატორით და მიღგაყვანილობით, წნევა $P_{\mu} = 0,105 \pm 0,120$ მ პა, ამიტომ გაზის გამოშვება დასაწყისში მიმდინარეობს წნევის ზეკრიტიკული ვარდნით

$P_{\mu} / P_c < \beta_k$, მაშასადამე მიმდინარეობს ნამუშევარი აირების კრიტიკული სიჩქარით გამოდინება სარქველის ყელიდან, რომელსაც გააჩნია დიდი სითბური ენერჯია Q_{μ} , ცილინდრში გაზის რაოდენობრივი შემცირების შედეგად, გაფართოების წნევა მნიშვნელოვნად მცირდება. ამ დროს $P_{\mu} / P_c > \beta_k$ გაზის გამოდინების სიჩქარე კრიტიკულზე ნაკლებია.

ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია წნევის P_c ცვალებადობა ძრავის ცილინდრში და წნევა P_{μ} გამომწვევი არხში (გამომწვევი სარქველთან) განდევნის მთელ პერიოდში (φ_{μ}).

როგორც ნახ. 1 - ზე ნაჩვენებია დიაგრამებიდან სჩანს, განდევნის დასაწყისში ცილინდრში P_c წნევის შემცირება მიმდინარეობს მკვეთრად, ხოლო წნევა გამომწვევი სისტემაში P_{μ} იზრდება, რომელიც იწვევს წნევის ტალღების წარმოქმნას. ეს ტალღები ვრცელდება გამომწვევი მიღგამტარის ღია ბოლოსაკენ, სადაც ის აირეკლება, გასცემს ენერჯიის ნაწილს და ის გაუხშობის ტალღის სახით გადაადგილდება უკუ მიმართულებით, ე.ი. გამომწვევი მილში, სადაც მიმდინარეობს ახალი არეკვლა და ა.შ. მაშასადამე რეზულტირებული რხევითი პროცესი განისაზღვრება პირდაპირი და არეკლილი ტალღების ჯამით, რომელიც ფორმირდება გამომწვევი სისტემაში ცილინდრებიდან წვის პროდუქტების გამოდინების დროს. ასეთ შემთხვევაში იზრდება გამოსაშვები სისტემის ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობა და გამოსაშვები სარქველის გაღების მომენტს ირჩევენ იმ გაანგარიშებით, რომ მოხდეს ცილინდრების კარგი გასუფთავება და მეორეს მხრივ შემცირდეს ენერჯიის დანახარჯები განდევნის პროცესზე.

წნევის მნიშვნელობა გამომწვევი სარქველის შემდეგ მეტია ატმოსფერულზე სიდიდით გამომწვევი სისტემის ჰიდრაულიკურ და ხმაურის ჩამხშობის წინააღმდეგობაზე, მაშასადამე

$$P_{\mu} = P_0 + \Delta P_k + \Delta P_n$$

სადაც P_0 - ატმოსფერული წნევა;

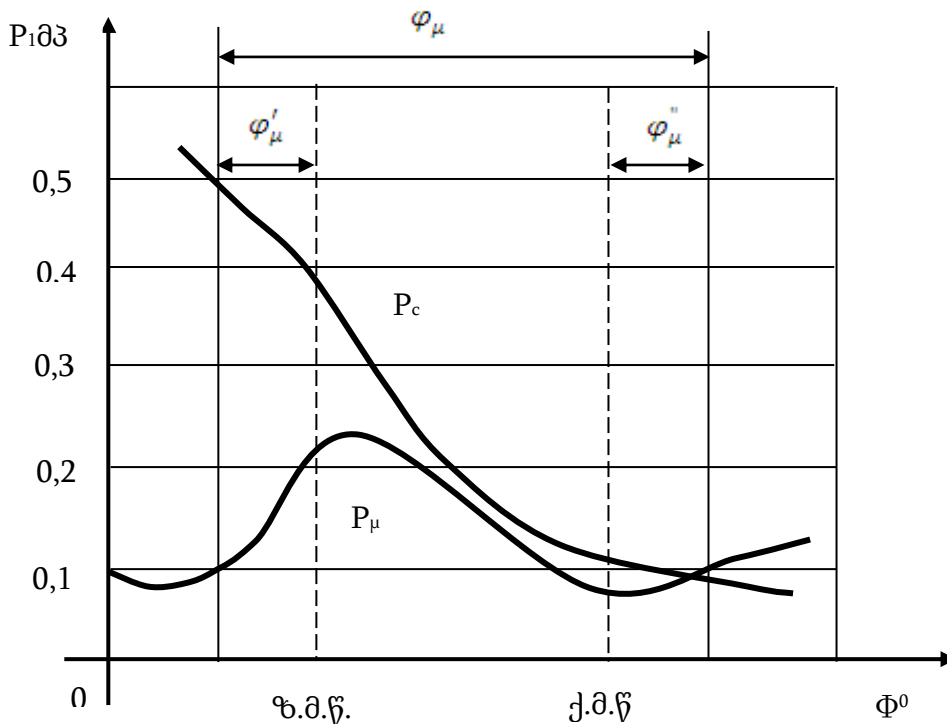
ΔP_k - გამოსაშვები სისტემის ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობა;

ΔP_n - ხმაურის ჩამხშობის წინააღმდეგობა.

და წნევის ვარდნა თავისუფალი გამოდინების დროს განისაზღვრება ფორმულით

$$P_{\mu} / P_c = \frac{1}{P_0} (P_0 + \Delta P_k + \Delta P_n) < \left(\frac{P_{\mu}}{P_c} \right)_{კრ} = [2 / (K + 1)]^{K / (K - 1)}$$

K - ადიბატის მაჩვენებელია (წვის პროდუქტებისათვის $K \approx 1,3$)



ნახ. 1. ოთხტაქტიან ძრავაში P_c და P_μ წნევების ცვალებადობის დიაგრამები ნამუშევარი აირების განდევნის პროცესის დროს.

ამ შემთხვევაში გამოდინების სიჩქარე კრიტიკულია და

$$W_{კრ} = \alpha_{კრ} = \sqrt{[2K/(K+1)]RT_\mu}, \text{ მ/წმ.}$$

თუ კი ცნობილია წვის პროდუქტების გამოდინების კრიტიკული სიჩქარე, მაშინ ხარჯი მაქსიმალურია და განისაზღვრება ფორმულით

$$G_{max} = \rho \cdot F W_{კრ} = \rho F \cdot \sqrt{[2K/(K+1)]RT_\mu} \text{ კგ/წმ}$$

სადაც ρ - წვის პროდუქტის სიმკვრივე, კგ/მ³;

F - გამომშვები სისტემის განივი კვეთის ფართობი, მ².

მაქსიმალური ხარჯის დროს წვის პროდუქტების სითბური ენერგია მაქსიმალურია. თუ წვის პროდუქტებიდან მოხდება ΔQ_μ სითბური ენერგიის ართმევა გამომშვებ სარქველთან ახლოს, მაშინ გამომშვები სისტემის ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობა საგრძობად შემცირდება, გაიზრდება აირმიმოცვლის პროცესი შევსების პროცესის დროს და წვის პროდუქტების განდევნაზე ტუმბოსებური დანაკარგები.

თუ წვის პროდუქტების სითბო ართმევა მუდმივი მოცულობის პირობებში, მაშინ ΔQ_μ იანგარიშება ფორმულით

$$\Delta Q_\mu = G_m \cdot G_v (T_c - T_\mu) = \rho F \cdot G_v (T_c - T_\mu) \cdot \sqrt{[2K/(K+1)]RT_\mu}$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ პროცესის მიმდინარეობის დროს ადგილი აქვს ტოლობას

$$\frac{P_c}{P_\mu} = \frac{T_c}{T_\mu} \quad \text{საიდანაც} \quad T_c = \frac{P_c}{P_\mu} \cdot T_\mu$$

მაშინ სითბური ენერგია

$$\Delta Q_\mu = C_v \cdot \rho F \frac{P_c - P_\mu}{P_\mu} \sqrt{[2K/(K+1)]RT_\mu}$$



უკანასკნელი ფორმულის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ რაც უფრო მეტი სითბური ენერგია აერთმევა წვის პროდუქტებს, მით ნაკლებია გამონაბოლქვი აირის პარამეტრები და შესაბამისად გამომშვები სისტემის ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობა.

ლიტერატურა:

1. Двигатели внутреннего сгорания. /Под ред. В. Н. Луканина. М., 1995. 365с.

THE INFLUENCE OF ENGINE EXHAUST GASES THERMAL ENERGY ON THE HYDRAULIC RESISTANCE OF THE EXHAUST SYSTEM

TOPURIA R., KOCHADZE T., KANTARIA B.

Akaki Tsereteli State University

Summary

There are two methods of using thermal energy of exhaust gases: first - the useful effect is obtained without any auxiliary device. The second - the auxiliary device. In the first case, the energy of exhaust gases in the engine cylinder airmimotsvlis used to improve performance, including piping and gas phases in the optimal selection of the Issuer, may gazodinamikuri events at the expense of issuing the pipes to get the kind of pressure fluctuations, which significantly increase the cylinder charge and mass. During the cleansing process to reduce the negative performance and improved engine efficiency indicators.

3

ცილინდრული დამგველი ჯაგრისის ჩხირების გვერდითი ღუნვით ფიზიკური მოდელის ექსპერიმენტალური კვლევის მეთოდობა და ექსპერიმენტალური სტენდი

ახვლედიანი ხ. დ.

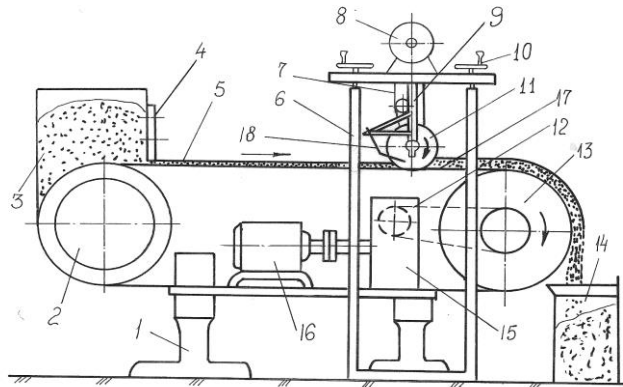
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სამუშაოს აქტუალობა გამოიხატება ახალი კონსტრუქციის გადაწყვეტაში, კერძოდ კომუნალური დანიშნულების მანქანებისათვის ცილინდრული ჯაგრისების ჩხირების გვერდითი ღუნვით. სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ცილინდრული დამგველი ჯაგრისის ჩხირების გვერდითი ღუნვით რაციონალური კონსტრუქციის შექმნა და მუშა რეჟიმებისა და პარამეტრების განსაზღვრა. კვლევის ობიექტი. კვლევების ჩატარების დროს გამოყენებული იყო ცილინდრული ჯაგრისის ფიზიკური მასშტაბური მოდელები. სამუშაოს მეცნიერული სიახლე წარმოადგენილია: რეგრესიული მოდელებით, რომლებიც განსაზღვრავენ ჩხირის ამრეკლების გეომეტრიული პარამეტრების და ცილინდრული ჯაგრისის მუშა რეჟიმების გავლენას დაგვის პროცესის ძალურ მახასიათებლებზე.

დამგველი და დამგველ-ამდეები მანქანების მუშა პროცესების კვლევის დროს მატერიალური და შრომითი დანახარჯების მნიშვნელოვან ეკონომიას უზრუნველყოფს ფიზიკური მოდელირების მეთოდი. დამგველი ჯაგრისის მასშტაბურ ფიზიკურ მოდელებზე არა მარტო ადეკვატურად შეგვიძლია შევაფასოთ ჯაგრისული მოწყობილობის სხვადასხვა კონსტრუქციები და თოვლთან ურთიერთქმედების ტექნოლოგიური პროცესები, არამედ გამოცდის დროს მივცეთ წინასწარ შერჩეული დაგვის რეჟიმის კონკრეტული მნიშვნელობები – მანქანის სიჩქარე, საფარის კუთრი დანაგვიანება, დანაგვიანების ტენიანობა, მოცულობითი მასა და სხვა.

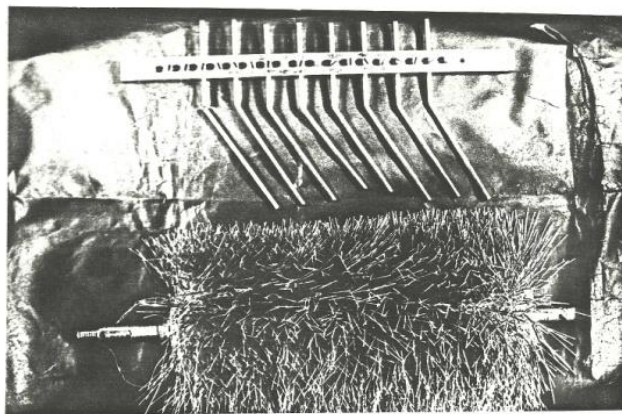
ცილინდრული ჯაგრისის ჩხირების გვერდითი ღუნვით ფიზიკური მოდელის ექსპერიმენტალური კვლევა ტარდებოდა ფიზიკური მოდელირების სტენდზე, რომლის სქემა მოცემულია ნახ. 1-ზე. ცილინდრული ჯაგრისის ფიზიკური მოდელი დაყენებული იყო

უძრავად ბრუნვის საშუალებით, ხოლო მანქანის გადატანითი მოძრაობა იმიტირებული იყო ტრანსპორტიორის ლენტის გადაადგილებით, რომელზეც დაყრილი იყო დასაგველი მასალა.



ნახ.1. ცილინდრული დამგველი ჯაგრისის მუშა პროცესების გამოსაკვლევი ფიზიკური მოდელირების სტენდის სქემა

სტენდი შეიცავს (ნახ. 1) კორპუსს 1, რომელზეც დამონტაჟებულია მკვებავი ბუნკერი 3, შევსებული დასამუშავებელი მასალის იმიტატორით და აღჭურვილი სარქველით 4, რომელიც ახდენს მასალის მიწოდების რეგულირებას ცილინდრულ ჯაგრისზე. ამდრავ 13 და დამჭიმ 2 დოლზე გადაგებულია ტრანსპორტიორის ლენტა 17. დოლი 13-ის აძვრა ხორციელდება ელექტროძრავისაგან 16, ჭია რედუქტორის 15 და ჯაჭვური გადაცემის 12-ის საშუალებით. სტენდის უკანა ბოლოს დაყენებულია მიმღები ბუნკერი 14 ტრანსპორტიორის ლენტიდან გადმოყრილი ნარჩენი მასალების შესაგროვებლად.



ნახ. 2. ცილინდრული დამგველი ჯაგრისის ფიზიკური მოდელი ჩხირების ამრეკლებით

ჩარჩო 6-ზე დამონტაჟებულია ცილინდრული ჯაგრისის ფიზიკური მოდელი ჩხირების ამრეკლებით 18 (ნახ. 2), რომელიც სოლდვედური გადაცემით შეერთებულია ძრავრედუქტორთან 8. ჯაგრისის ჩხირების დელორმაციის სიდიდის ცვლილება უზრუნველყოფილია ჯაგრისის 11 და რედუქტორის 8 ვერტიკალური გადაადგილებით ხრახნების 10 დახმარებით. ცილინდრული ჯაგრისის ფიზიკური მოდელის ჩხირების რაოდენობა $i = 3975$. ჯაგრისის მოდელის ჩხირების საფართან და გატყორცნილ მასალასთან ურთიერთქმედების ძალისა და ჯაგრისის ბრუნვის წინააღმდეგობის მომენტის განსაზღვრა ხორციელდება ტენზომეტრული გადამწოდების დახმარებით (ნახ. 3). ტენზოდაკიდების 9 სახ-

სრული დამაგრება უზრუნველყოფს ჰორიზონტალური P_3 ძალისაგან მღუნავი მომენტის გადაცემას ტენზორგოლზე 19, რომლის ღუნვა რეგისტრირდება წინააღმდეგობის ტენზომეტრებით D_1 და D_2 . ჯაგრისის ბრუნვის წინააღმდეგობის მომენტი M რეგისტრირდება ჯაგრისის ლილვის გრეხვის მიმართულებით ტენზომეტრების D_3 და D_4 დახმარებით, რომლებიც დაწებებულია ლილვზე სოლდედური გადაცემის 7 შკივსა და ჯაგრისს 11 შორის ერთმანეთის მიმართ პერპენდიკულარულად და ლილვის ბრუნვის ღერძთან 45° – კუთხით. D_3 და D_4 გადამწოდებიდან ელექტრული სიგნალები ჯაგრისის ლილვის ტორსიდან გამოიყვანება ვერცხლისწყლიანი ძაბვისამრთმევის TC გავლით. რადგანაც გადაცემის 8 სოლური ღვედის დაჭიმულობის ძალას წინააღმდეგობის M მომენტის ზემოქმედებით შეაქვს ცდომილება გასაზომ P_3 ძალის სიდიდეში, ამ ძალის ნამდვილი მნიშვნელობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$P_3 = P_{3\text{გზ.}} - \frac{M \cos \gamma}{l_1}, \quad \delta$$

სადაც

$P_{3\text{გზ.}}$ – ძალის ექსპერიმენტალური მნიშვნელობა, ჩაწერილი ოსცილოგრაფზე; M – მომენტის ექსპერიმენტალური მნიშვნელობა;

γ – სოლური ღვედის მუშა შტოს ვერტიკალთან დახრის კუთხე.

$$\gamma = \arccos \frac{l_3}{\sqrt{l_3^2 + (l_2 - R_2)^2}} = 18^\circ;$$

R_2 – სოლდედური გადაცემის ქვედა შკივის რადიუსი $R_2 = 48$ მმ;

l_1 – დაშორება ჯაგრისის დაკიდების ღერძსა და გადაცემულ ჰორიზონტალურ ძალას შორის, $l_1 = 300$ მმ;

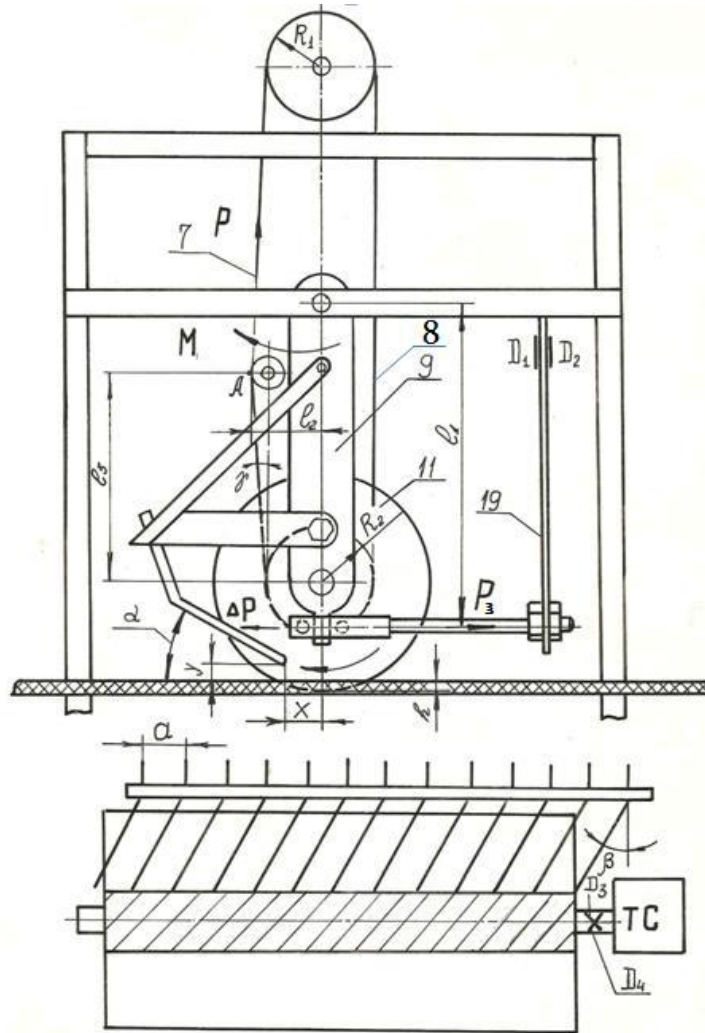
l_2 – დაშორება ჯაგრისის დაკიდების ღერძსა და A წერტილს შორის, $l_2 = 100$ მმ;

l_3 – დაშორება ქვედა და შეაღებულ შკივს შორის, მოდელზე, $l_3 = 160$ მმ.

ცილინდრული დამბველი ჯაგრისის ჩხირების გვერდითი დახრით მუშა პროცესების ექსპერიმენტალური კვლევა დაიყო 3 სერიად. პირველ სერიაში გამოკვლეულ იქნა ჯაგრისის ჩხირების დეფორმაციის h , ჰორიზონტალურ სიბრტყეში ამრეკლების დაყენების კუთხის β და ჯაგრისის ბრუნვის ღერძის გასწვრივ ამრეკლების დაყენების ბიჯის a სიდიდეების კომპლექსური გავლენა დაგვის პროცესის ძალურ მახასიათებლებზე სხვა პარამეტრების მუდმივობის დროს. მეორე სერიაში გამოკვლეულ იქნა ჯაგრისის ჩხირების დეფორმაციის h , ჯაგრისის ბრუნვის რადიალურ სიბრტყეში ჩხირების ამრეკლების ბოლოების მდებარეობის კოორდინატების x და y , და ჰორიზონტის მიმართ ვერტიკალურ რადიალურ სიბრტყეში ამრეკლების დახრის კუთხის α სიდიდეების კომპლექსური გავლენა დაგვის პროცესის ძალურ მახასიათებლებზე სხვა პარამეტრების მუდმივობის დროს. ექსპერიმენტის მითითებული სერიები ტარდებოდა დასავლელი მასალის გარეშე.

მესამე სერიაში გამოკვლეულ იქნა ჯაგრისის ჩხირების დეფორმაციის h , ჯაგრისის ბრუნვის სიხშირის n , მასალის ფენის სისქის Δ , ჯაგრისზე მასალის მიწოდების გადატანითი სიჩქარის v , სიდიდეების კომპლექსური გავლენა დაგვის პროცესის ძალურ მახასიათებლებზე და დაგვის პროცესის ეფექტიანობაზე. ექსპერიმენტალური კვლევის ჩატარების წინ წარმოებდა გადამწოდების ტარირება სტანდარტული მეთოდით [1]. ცდების ჩატარების დროს მიღებულ იქნა შემდეგი შეზღუდვები. ექსპერიმენტულად შერჩეულ

იქნა თოვლის იმიტატორის შემდეგი შემადგენლობა: ქვიშა - 30%, პარაფინი - 39%, ხის ნახერხი - 31% [2].



ნახ. 3. ჯაგრისის ფიზიკური მოდელის ტენზომეტრული დაკიდების სქემა

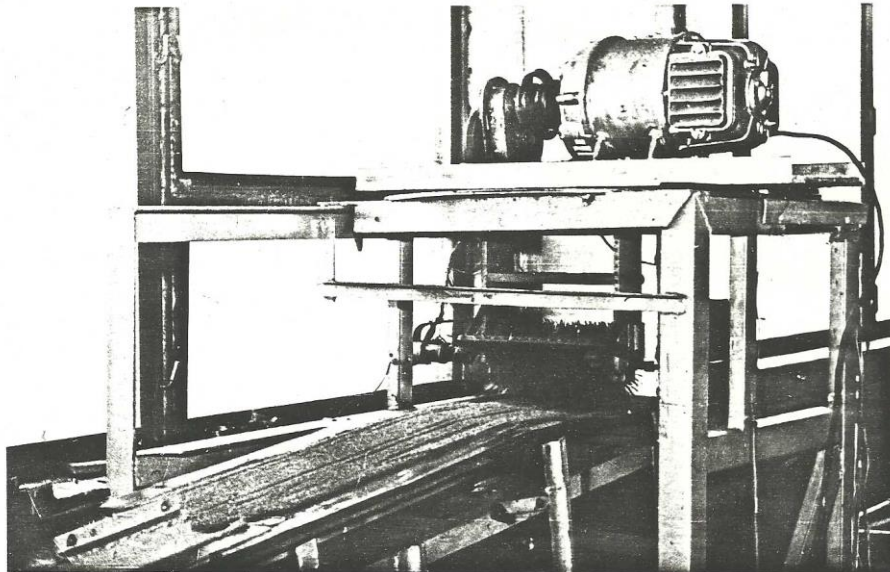
თოვლის იმიტატორის ფიზიკო-მექანიკური მახასიათებლები

მოცულობითი მასა	γ	800 კგ/მ ³
შინაგანი ხახუნის კუთხე	ρ	22,7 ⁰
გარეგანი ხახუნის კუთხე	δ	4,7 ⁰
ჭრის კუთრი წინააღმდეგობა	κ	2,8...3,6 კპა

ექსპერიმენტალური გზით მიღებული იქნა:

ჩხირების ამრეკლებთან ხახუნის კოეფიციენტი	$f = 0,34$
ჩხირების ტრანსპორტიორის ლენტთან ხახუნის კოეფიციენტი	$f = 0,386$
ჩხირების თოვლის იმიტატორთან ხახუნის კოეფიციენტი	$f = 0,468$

განმეორებითი ცდების აუცილებელი რაოდენობა $n = 3$ [1]. ექსპერიმენტის პირველი სერიის ცდები ჩატარდა ექსპერიმენტალურ სტენდზე ნახ. 4. შემდეგი თანმიმდევრობით:



ნახ. 4. ცილინდრული დამგველი ჯაგრისის მუშა პროცესების გამოსაკვლევი ფიზიკური მოდელირების სტენდი

1. ცდის ჩასატარებლად მზადდებოდა სტენდი, ირჩეოდა ტრანსპორტიორის გადატანითი სიჩქარე $v = 15$ მ/წთ (მასალის გარეშე); კონტროლირდებოდა ჯაგრისის ბრუნვის სიხშირე $n = 250$ წთ⁻¹ ჯაგრისში ამრეკლების შეყვანის შემდეგ.
2. ჩხირების ამრეკლების ბოლოების განლაგების კოორდინატები ჯაგრისის ბრუნვის რადიალურ სიბრტყეში შენარჩუნდა მუდმივი: $x = 0$; $y = 10$ მმ.
3. ჯაგრისის ჩხირის დეფორმაციის სიდიდე h ეძლევა მისი ვერტიკალური გადაადგილებით ტრანსპორტიორის ლენტის მიმართ ხრახნების დახმარებით. როდესაც $h = 0$ ჩხირების დეფორმაცია ფიქსირდება ამრეკლების გარეშე მბრუნავი ჯაგრისის დროს, ერთდროულად იზომება ჯაგრისის ღერძის დაყენების ხაზობრივი სიმაღლე.
4. ჰორიზონტის მიმართ ვერტიკალურ რადიალურ სიბრტყეში ამრეკლების დახრა $\alpha = 30^\circ$.
5. ჩხირების ამრეკლები ყენდებოდა სხვადასხვა β კუთხით და სხვადასხვა ბიჯით ჰორიზონტალურ სიბრტყეში ჯაგრისის ბრუნვის ღერძის გასწვრივ.
6. მზომი აპარატურა ირთვებოდა სტენდის ამძრავის ჩართვასთან ერთად. ოსცილოგრაფზე წარმოებდა მგრესხავი მომენტის M და ჰორიზონტალური ძალის P_x სიდიდეების ჩაწერა.
7. ჩხირების დეფორმაციის h , ჰორიზონტალურ სიბრტყეში ამრეკლების დაყენების კუთხის β და ჯაგრისის ბრუნვის ღერძის გასწვრივ ამრეკლების დაყენების ბიჯის a სიდიდეების ცვლილება წარმოებდა B_n გეგმის მიხედვით.

ლიტერატურა

1. Зеленин А.Н., Карасев Г.Н., Красильников Л.В. Лабораторный практикум по резанию грунтов. – М.: Высшая школа, 1969. – 310 с.



2. Ермилов А.Б. Методические указания к лабораторной работе „Теоретическое и экспериментальное определение энергоёмкости и эффективности работы цилиндрической подметальной щетки“. – М., МАДИ, 1987. – 22 с.
3. Баловнев В.И., Завадский Ю.В., Мануилов В.Ю. Обработка и планирование эксперимента при исследовании дорожных машин: Учебное пособие/ МАДИ. – М.,1983. – 59 с.
4. Ахвледиани Х.Д. Определение рациональных конструкций и режимов работы цилиндрических подметальных щеток для малогабаритных машин. – Дисс. ... канд.техн.наук. – 1994. – 281 с.

EXPERIMENTAL STUDY METHODOLOGY OF CYLINDRICAL SWEEP BRUSH BRISTLES LATERAL FLEXION PHYSICAL MODEL AND EXPERIMENTAL TEST BENCH

КН. AKHVLEDIANI
 Akaki Tsereteli State University
 Summary

The purpose of the cylindrical rods side brush ghu the rational design of parameters and operating regimes and determination . The urgency is reflected in the new design solution for the particular purpose utility vehicle ghu side of the cylindrical brush rods. Achieve the goal set for the realization of a theoretical study of the following methods were used: a cylindrical brush damgveli mathematical and physical modeling of the operational processes, statistical processing of the experimental data and mravalpaktoriani planireba;

The practical importance of the working process of the cylindrical brush approximate physical modeling method, which allows to significantly reduce labor and material costs during the experimental research; constructive recommendations sampling schemes.

სატვირთო ავტომობილების პარკისთვის ბენზინის მოთხოვნის განსაზღვრა საწვავ-საზეთო მასალების ლიმიტირების პირობებში.

თევზაძე მ., ჩხარტიშვილი ზ, ხუბიძაძე დ.
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

გამომდინარე იქედან, რომ ლოჯისტიკა განიხილება, როგორც ბაზრის სუბიექტების თანამედროვე კონკურენტული სტრატეგია, რომელიც უზრუნველყოფს რესურსების დაზოგვას მაქსიმალური სარგებლიანობის მიღების მიზნით, სტატიაში წარმოდგენილია საკუთარი პარკის მქონე ავტოსატრანსპორტო საწარმოს მაგალითზე ჩატარებული ბენზინის მოთხოვნის გაანგარიშების მეთოდოლოგია, საწვავ-საზეთო მასალების წინასწარი ლიმიტირების პირობებში. გაანგარიშების შედეგად მიიღება გადაზიდვების ოპტიმალური გეგმა და ეკონომია დადგენილ ლიმიტთან შედარებით.

საბაზრო ეკონომიკური ურთიერთობების განვითარებამ გამოიწვია ახალი სამეცნიერო მიმართულების–ლოჯისტიკის წარმოქმნა.

ზოგადი სახით ლოჯისტიკა არის მეცნიერება „დიდ“ სისტემებში ნაკადების შესახებ, თუმცა ლოჯისტიკას, გარდა მატერიალური ნაკადების მართვისა, გააჩნია უდიდესი შესაძლებლობები და მაღალი ეფექტურობა სამეწარმეო საქმიანობის განხორციელებისას. გამომდინარე აქედან ლოჯისტიკა შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ბაზრის სუბიექტების თანამედროვე კონკურენტული სტრატეგია, რომელიც უზრუნველყოფს რესურსების დაზოგვას მაქსიმალური სარგებლიანობის მიღების მიზნით.

საავტომობილო პარკისთვის ბენზინის მოთხოვნის განსაზღვრის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ერთი მხარე (საწარმო) ცდილობს შეასრულოს დაგეგმილი სამუშაოების მოცულობა განსაზღვრული მატერიალური რესურსების მართვის მოსახერხებელი რაოდენობით, ხოლო მეორე მხარე (მომმარაგებელი ორგანიზაცია) ითხოვს ამ მოცულო-

ბის სამუშაოების შესრულებას რესურსების მინიმალური რაოდენობით, ე. ი. ადგენს განსაზღვრულ ლიმიტს. კომერციული ანგარისწორების პირობებში მეორე მხარეს წარმოადგენს ამ საწარმოს ფინანსური სამსახურები, რომლებიც ზღუდავენ სახსრების გამოყოფას მატერიალური რესურსების შესასყიდად.

სატვირთო ავტომობილების პარკისთვის ბენზინის მოთხოვნის განსაზღვრის მიზნით განვიხილოთ ავტოსატრანსპორტო საწარმო, რომელსაც აქვს სატვირთო ავტომობილების საკუთარი პარკი. გაანგარიშების მიზანს წარმოადგენს ის, რომ საწარმოს მატერიალურ-ტექნიკური მომსახურების განყოფილების საგეგმო ჯგუფის მიერ გაანგარიშების შედეგად მიღებული მოთხოვნა შეესაბამებოდეს საწარმოს გეგმას. ე. ი. გადაზიდვების დაგეგმილ მოცულობას. ამასთან, საანგარიშო მოთხოვნილება არ უნდა აღემატებოდეს წარმოებისთვის დაგეგმილ ხარჯვის ლიმიტს.

მატერიალური და საწვავ ენერგეტიკული რესურსების შეზღუდვა, სამუშაოს მოცულობის გადიდებისას გამოხატავს წარმოების ინტენსიფიკაციისა და რესურსების დაზოგვის მოთხოვნას. ეს მოთხოვნები შეიძლება წარმოადგენილი იქნას მასალების ხარჯვის საშუალო ნორმების შემცირებით, ან გამოყოფილი რესურსების შემცირებით, ან კიდევ, პირდაპირი ლიმიტირებით, ანუ დადგენილი ლიმიტის სახით. ასეთი მდგომარეობა ართულებს მატერიალურ-ტექნიკური მომარაგების განყოფილებების მუშაობას და აყენებს მათ გამოუვალ მდგომარეობაში. მაგრამ დასმული ამოცანის გადაწყვეტა შესაძლებელია თვით საწარმოს ძალებით.

ბენზინის მოთხოვნის განსაზღვრისას დასაშვებია საგეგმო გაანგარიშების რამოდენიმე ვარიანტი. ეს ვარიანტები ერთმანეთისგან განსხვავდება სირთულით, საანგარიშო სამუშაოს მოცულობითა და მიღებული შედეგით. გაანგარიშებების ამა თუ იმ მეთოდის შერჩევა განპირობებულია მოცემული საწარმოს ტრადიციებით, ზემდგომ ორგანოებთან მისი დამოკიდებულებით, ეკონომიკური სტიმულირების მოქმედი სისტემით, მუშაკების კვალიფიკაციითა და ეგმ-ის გამოყენების დონით. გამომდინარე აქედან მოთხოვნილება ბენზინზე შეიძლება განისაზღვროს:

- საანგარიშო პერიოდის მიღწეული დონიდან;
- ავტომობილების რაოდენობიდან;
- ავტომობილების გარბენის საერთო სიგრძიდან;
- სატრანსპორტო სამუშაოების მოცულობიდან;

ბენზინის მოთხოვნის განსაზღვრის მეთოდიკა იყოფა რიგი ფაქტორების მიხედვით:

1. სატვირთო ავტომობილების რაოდენობის მიხედვით:

$$M = H_N \cdot N;$$

სადაც, H_N – არის ბენზინის ხარჯვის ნორმა წელიწადში ერთ ავტომობილზე გაანგარიშებით, ტ;

N – სატვირთო ავტომობილების სიობრივი რაოდენობა;

2. საანგარიშო წელიწადში ბენზინის ხარჯვის დონეზე დამოკიდებულებით:

$$M = M_0 \cdot K_1 \cdot K_2 ;$$

სადაც, M_0 – არის ბენზინის ხარჯი საანგარიშო წელიწადში, ტ;

K_1 – საგეგმო წელიწადში სატრანსპორტო სამუშაოების მოცულობის ცვლილების კოეფიციენტი;

K_2 – ხარჯვის ნორმის შემცირების კოეფიციენტი;

3. სატვირთო ავტომობილების პარკის საერთო გარბენის მიხედვით:

$$M = H_1 \cdot \sum 1 ;$$

სადაც, H_1 – არის ბენზინის ხარჯვის ნორმა 100კმ გარბენზე გაანგარიშებით, ლ ;
 $\Sigma 1$ – ავტომობილის პარკის საერთო გარბენი;

4. გადასახიდი ტვირთის მოცულობის მიხედვით:

$$M = H_Q \cdot Q ;$$

სადაც, M – არის ბენზინის ხარჯვის ნორმა 1ტ გადასახიდ ტვირთზე გაანგარიშებით, მთელი საანგარიშო პერიოდის განმავლობაში, ტ;

Q – გადასახიდი ტვირთის მოცულობა, ათასი ტ;

5. სატრანსპორტო სამუშაოს მოცულობის მიხედვით:

$$M = H_w \cdot W ;$$

სადაც, H_w – არის ბენზინის ხარჯვის ჯგუფური ნორმა გ/ტ.კმ;

W – სატრანსპორტო სამუშაოს საერთო მოცულობა, ათასი კმ;

ბენზინის ხარჯვის ჯგუფური ნორმა განისაზღვრება წრფივი (ინდივიდუალური) ხარჯვის ნორმის საფუძველზე, შემდეგი ფორმულით:

$$H_w = 10\gamma \frac{H_1}{q \cdot z} ;$$

სადაც, H_1 – არის გარბენზე ბენზინის ხარჯვის საშუალო ნორმა, ლ/100კმ; განისაზღვრება წრფივი (ინდივიდუალური) ხარჯვის ნორმებიდან გამომდინარე;

q – ავტომობილების საშუალო ტვირთამწეობა;

z – ავტომობილების სასარგებლო მუშაობის კოეფიციენტი;

γ – ბენზინის სიმკვრივე, $\gamma = 0.74$ გ/ლ.

მიზანი მიიღწევა იქნას მარშუტების ოპტიმიზაციისას, ე. ი. სამუშაოთა ოპტიმალური ორგანიზაციის ხარჯზე. მოცემულ შემთხვევაში საჭიროა გამოვიყენოთ წრფივი პროგრამირების სატრანსპორტო ამოცანის მოდელი. სატრანსპორტო საწარმოს მუშაობის მაჩვენებლების გამოყენების საფუძველზე (ცხრ. 1) მივიღებთ გადახიდვის ოპტიმალურ გეგმას, სატრანსპორტო სამუშაოების მინიმუმით. წარმოდგენილი მონაცემების საფუძველზე ბენზინის გეგმიური მოთხოვნილება შეადგენს $M = 1647.2$ ტ. დადგენილ ღირებულებით შედარებით ეკონომია შეადგენს 74.8 ტ. ანუ 4.3% -ს.

ცხრილი 1.

ავტოსატრანსპორტო საწარმოს მუშაობის მაჩვენებლები

N	მაჩვენებლები	აღნიშვნა	განზომილების ერთეული	მნიშვნელობა
1	ავტომობილების რიცხვი სიაში	N	ერთეული	342
2	სასარგებლო მუშაობის კოეფიციენტი	Z		0.5
3	გადახიდვის მოცულობა (გეგმა)	Q	ათასი ტონა	1000
4	სატრანსპორტო სამუშაოს საერთო მოცულობა ა) ანგარიში ბ) გეგმა მომავალი წლისთვის	W	ათასი ტ.კმ ათასი ტ.კმ	16781 17300
5	საერთო გარბენი (ანგარიში)	$\Sigma 1$	ათასი კმ	7425
6	ბენზინის დანახარჯი (ანგარიში)	M_0	ტ.	1929.3
7	დავალება ბენზინის ხარჯვის ნორმის შესამცირებლად		%	5.0
	ბენზინის ხარჯვის ნორმა: ა) ავტომობილზე (წლიური) ბ) გადახიდულ ტვირთზე	H_N H_1	ტ. ლ/ტ.	5.64 1.98



ლიტერატურა:

1. Аникин Б. А. Практикум по логистике. Москва: ИНФРА-М, 2011. –ст. 278.
2. Неруш Ю.М. Логистика. Москва: „проспект“, 2011.-ст. 511.
3. Аникин Б. А. Родкиной Т. А. Логистика. Москва: „проспект“, 2010.-ст. 439.

**DETERMINING OF DEMANDS FOR PETROL FOR TRUCK FLEET UNDER CONDI-
 TION OF LIMITATION OF COMBUSTIVE AND LUBRICATING MATERIALS**

M. TEVZADZE, Z. CHKHARTISHVILI, D. KHUSKIVADZE

Akaki Tsereteli State University

Summary

Under conditions of modern market conditions, there was appeared and began to function actively a new scientific-practical field – logistics, which is science about material flows. Though, from economic standpoint, logistics is considered as a conservation strategy.

During the process of entrepreneurial activities, the enterprise is intended to execute piece of its work by using the acceptable quantity of material resources, but the financial departments demand to execute these volumes of works with minimum resources. Therefore, determining the demand for petrol under conditions of preliminary established limits in such a way as to match the demand obtained on the basis of calculations and production program.

3

სათადარიგო ნაწილების მოთხოვნილების დაბეჭდვა

თევზაძე მ, ჩხარტიშვილი ზ., ხუსკივაძე დ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

სტატიაში წარმოდგენილია მატერიალურ-ტექნიკური მომარაგების განყოფილების საქმიანობის მოდელირების პროცესი, რომელიც მიმართულია სამრეწველო საწარმოს ზოგადი დანიშნულების სათადარიგო ნაწილებით (საკისრები, ქუროები, კბილანები, ელექტროტექნიკური ნაკეთობები, რადიოდეტალები) უზრუნველყოფისაკენ, სათადარიგო ნაწილები განკუთვნილია საწარმოს ექსპლუატაციურ მდგომარეობაში შენარჩუნებისათვის და განიხილება, როგორც მატერიალური რესურსები სარემონტო-საექსპლუატაციო საჭიროებისათვის. გამომდინარე აქედან სათადარიგო ნაწილების მოთხოვნილების დაბეჭდვა ისე, რომ მიღწეული იქნას მაქსიმალური ეკონომიკური ეფექტი, აქტუალურია.

სათადარიგო ნაწილების მოთხოვნილება განისაზღვრება საწარმოს სარემონტო სამსახურის ანუ მთავარი მექანიკოსის განყოფილების მიერ. შესაბამისი დაკვეთები გადაეცემა მატერიალურ-ტექნიკური მომარაგების განყოფილებაში, რომელიც შესაბამისად აფორმებს მათ და წარუდგენს მომარაგებით-გასაღებით ორგანიზაციებს, დაკვეთის ფორმით. მრიგად, მთავარი მექანიკოსის განყოფილება ასრულებს მისთვის შეუსაბამო მომარაგებით ფუნქციებს თავისი პირდაპირი მოვალეობის საზიანოდ, რომელიც მდგომარეობს მოწყობილობის საიმედო მუშაობის უზრუნველყოფაში, ტექნიკური მომსახურებისა და პროფილაქტიკის რეგულარული ჩატარების გზით. ამასთან, მთავარი მექანიკოსის განყოფილება წარდგენილ დაკვეთებზე პასუხისმგებელი არ არის – მთელი პასუხისმგებლობა საწარმოს სათადარიგო ნაწილებით უზრუნველყოფაზე ეკისრება მატერიალურ-ტექნიკური მომარაგების განყოფილებას. სათადარიგო ნაწილებზე წარმოდგენილ დაკვეთებს ხშირად არასაკმარისად დასაბუთებული ხასიათი აქვს. ასეთი მდგომარეობა იწვევს სათადარიგო ნაწილებზე პრობლემის გამწვავებას და მათ დეფიციტს. წარმოქმნება მანკიერი წრე: სათადარიგო ნაწილების ნაკლებობა იწვევს მოწყობილობის ნაადრევ ცვეთას, ხოლო ნაადრევი ცვეთა ზრდის სათადარიგო ნაწილებზე მოთხოვნილებას.

საწარმოების გადასვლა საბაზრო ურთიერთობებზე, დაფუძნებული კომერციულ ანგარიშსწორებაზე, მოითხოვს სათადარიგო ნაწილებით მომარაგებას მინიმალურად დასაშვები დანახარჯებით. მიზანი მდგომარეობს იმაში, რომ საწარმო უზრუნველყოფილი იყოს სათადარიგო ნაწილებით მინიმალური დანახარჯებით. მატერიალურ-ტექნიკური მომარაგების განყოფილება, რომელსაც ეკისრება სრული პასუხისმგებლობა წარმოების სათადარიგო ნაწილებით უზრუნველყოფაზე, ამავე დროს ასრულებს რა მთავარი მექანიკოსის განყოფილების ნება-სურვილი, პასიურ მდგომარეობაში აღმოჩნდება. ასეთი მდგომარეობა ართულებს მატერიალურ-ტექნიკური მომარაგების განყოფილების მუშაობას, უქმნის ზოგიერთ მუშაკს მცდარ წარმოდგენას სათადარიგო ნაწილების მოთხოვნილების დაგეგმვის შეუძლებლობის შესახებ, ამიტომ სათადარიგო ნაწილების მომარაგებასთან დაკავშირებული საქმიანობა აიგება მხოლოდ ოპერატიულ საფუძველზე. ეს უკანასკნელი კი ნიშნავს მოწყობილობის მუშაობას შესაბამისი სათადარიგო ნაწილის სრულ ცვეთამდე, ე.ი. მის სრულ მოწყობრიდან გამოსვლამდე. წარმოების ინტენსიფიკაციის პირობებში ასეთი მიდგომა მიუღებელია. ამ პირობებში მომარაგების სამსახურსა და სარემონტო სამსახურს შორის მყარდება მკაფიო ხელშეკრულებითი კომერციული დამოკიდებულებები: სათადარიგო ნაწილების გადახარჯვა, წარმოქმნილი მოწყობილობის ტექნიკური მომსახურების და პროფილაქტიკის არასაკმარისი დონის გამო, მიეწერება სარემონტო სამსახურის ანგარიშზე.

სათადარიგო ნაწილების მოთხოვნილების განსაზღვრისას დასაშვებია გეგმიური გაანგარიშების რამოდენიმე ვარიანტი:

- საანგარიშო წლის მიღწეული დონისაგან;
- სარემონტო სამუშაოების შესრულების პერიოდულობისაგან;
- სარემონტო სამუშაოების შრომატევადობისაგან;
- მოცემულ მოწყობილობაზე გამოსაშვები პროდუქციის მოცულობისაგან;
- მოწყობილობის მინიმალური დასაშვები საიმედობის დონისაგან.

გაანგარიშების მიზანს წარმოადგენს სათადარიგო ნაწილების რაოდენობის განსაზღვრა მინიმალური დანახარჯებისას, რომელიც უზრუნველყოფს მოწყობილობის მუშაობას საიმედოობის მოცემულ დონეზე. მიზნის მიღწევის პირობაა:

$$C < L,$$

სადაც C - არის მოწყობილობის ექსპლუატაციასთან დაკავშირებული ჯამური ხარჯები;
 L - სათადარიგო ნაწილებზე ხარჯების ლიმიტი მატერიალური დანახარჯების ჩათვლით.

სათადარიგო ნაწილების მათხოვნილების განსაზღვრის მეთოდები დაიყოფა რიგი ფაქტორების მიხედვით:

1. საანგარიშო წლის მიღწეული დონის მიხედვით:

$$M = kM_0,$$

სადაც, M_0 - არის საანგარიშო წლის განმავლობაში მოცემული დასახელებისა და ტიპ-ზომის სათადარიგო ნაწილების ხარჯი;

k - საგეგმო წელიწადში მოწყობილობის მუშაობის რეჟიმის ცვლილების კოეფიციენტი.

2. პროფილაქტიკური სამუშაოების შესრულების პერიოდულობის მიხედვით:

$$M = (T/t_0) \cdot n,$$

სადაც, T - არის წლის განმავლობაში მოწყობილობის მუშაობის საერთო დრო, სთ;

t_0 - პროფილაქტიკის პერიოდულობა, სთ;

n - პროფილაქტიკური სამუშაოების ერთი ციკლის განმავლობაში შესაცვლელი სათადარიგო ნაწილების რაოდენობა.

3. სარემონტო სამუშაოების შრომატევადობის მიხედვით:

$$M = \sum A_m,$$

სადაც, $\sum A$ – არის სარემონტო სამუშაოების შრომატევადობა, ადამიანი სთ;

m – შესაცვლელი სათადარიგო ნაწილების რაოდენობა, ადამიანი სთ, სარემონტო სამუშაოებზე გაანგარიშებით;

4. გამოსაშვები პროდუქციის მოცულობის მიხედვით:

$$M = Sm',$$

სადაც, S – არის წლის განმავლობაში მოცემულ მოწყობილობაზე გამოსაშვები პროდუქციის მოცულობა;

m' – მოცემული სახის ტიპ-ზომის სათადარიგო ნაწილების რაოდენობა;

5. საიმედოობის დასაშვები დონის მიხედვით:

$$n = \frac{\ln(1 - R_0)}{\ln q},$$

სადაც, R_0 – არის საიმედოობის დასაშვები დონე;

q – მტყუნების ალბათობა ($q = 1 - R$).

ცხრილი 1

N	პროფილაქტიკებს შორის ინტერვალი			სიდიდე, $\lambda t = 0,002t$	საიმედობა, $R = e^{-\lambda t} = e^{-0,002t}$	მტყუნების ალბათობა, $q = 1 - R$	/ln q/
	ცვლების რიცხვი	დღეების რიცხვი	საათების რიცხვი t				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	-	6	0,012	0,988	0,012	4,42
2	3	1	18	0,036	0,965	0,035	3,35
3	10	3	60	0,12	0,887	0,113	2,18
4	30	10	180	0,36	0,697	0,303	1,19
5	60	20	360	0,72	0,487	0,513	0,67
6	90	30	540	1,08	0,34	0,66	0,41
7	120	40	720	1,44	0,24	0,76	0,27
8	150	50	900	1,80	0,16	0,84	0,17
9	180	60	1080	2,16	0,11	0,89	0,11

ცხრილი 1-ის გაგრძელება

სათადარიგო ნაწილების ნორმა, ერთ ადგილზე $n = \frac{\ln(1 - R_0)}{\ln q}$	მთელი აგრეგატის ნაწილებზე მოთხოვნილება 10 x გრ.9	სათადარიგო ნაწილების თვითღირებულება, 5 x გრ.10	პროფილაქტიკების რიცხვი, 6000 : t	პროფილაქტიკების ღირებულება, 15 x გრ.12	ჯამური ხარჯი, გრ.11+ გრ.13
9	10	11	12	13	14
0,52	5,2	1,35	1000	750	751,4
0,68	6,8	1,77	333	249,7	251,5
1,05	10,5	2,73	100	75	77,7
1,93	19,3	5,02	33	25	30
3,43	34,3	8,92	17	12,8	21,7
5,61	56,1	14,6	11	8,3	22,8
8,52	85,2	22,2	8	6	28,2
13,5	135	35,1	7	5,3	40,4
20,9	209	54,3	6	4,5	58,9



საწყისი მონაცემების დაზუსტების (დადგენის) შემდეგ განიხილება მოწყობილობის ექსპლუატაციის, ორგანიზაციისა და შესაბამისად სათადარიგო ნაწილების ნორმირების მეთოდების რამდენიმე ვარიანტი. აღსანიშნავია, რომ ძირითად ვარიანტს წარმოადგენს ის, რომელიც დაფუძნებულია საიმედოების თეორიის მეთოდზე. ამ ვარიანტს გააჩნია მკაცრი სამეცნიერო საფუძველი და უზრუნველყოფს მიზნის მიღწევას, ახდენს წინააღმდეგობის გადალახვას მატერიალურ-ტექნიკური მომარაგების განყოფილებაში და საწარმოს სარემონტო სამსახურს შორის. გაანგარიშება ტარდება ცხრილ 1-ში წარმოდგენილი ფორმით.

განგარიშება გვიჩვენებს, რომ პროვილაქტიკებს შორის ინტერვალის ზრდისას საიმედოობა მცირდება (გრაფა 6) და შესაბამისად იზრდება მტყუნების ალბათობა (გრაფა 7). მოცემულ დონეზე $R_0=0,9$ საიმედოობის შენარჩუნება ხორციელდება სათადარიგო ნაწილების რაოდენობის ზრდის ხარჯზე.

მოყვანილი განგარიშებიდან გამომდინარეობს, რომ აგრეგატის ექსპლუატაციაზე გაწეული მინიმალური ჯამური ხარჯები შეადგენს 21,7 ლარს, რაც დადგენილ ლიმიტზე უფრო დაბალია. ამ სიდიდეს შეესაბამება 34,3 ცალი სათადარიგო ნაწილებისა. სწორედ ამ რაოდენობაზე აგებს პასუხს მომარაგების სამსახური. შარემონტო სამსახურმა უნდა ჩაატაროს პროვილაქტიკა პერიოდულობით 60 სამუშაო ცვლა (360 სთ).

ლიტერატურა:

1. Аникин Б. А. Практикум по логистике. Москва: ИНФРА-М, 2011. –ст. 278.
2. Неруш Ю.М. Логистика. Москва: „проспект“, 2011.-ст. 511.
3. Аникин Б. А. Родкиной Т. А. Логистика. Москва: „проспект“, 2010.-ст. 439.

PLANNING OF DEMANDS FOR SPARE PARTS
M. TEVZADZE, Z. CHKHARTISHVILI, D. KHUSKIVADZE
 Akaki Tsereteli State University
Summary

One subdivision (procurement) in logistics system matches the required materials demands of the production in such a way as to reach the maximum efficiency.

The paper dwells on the example of planning of demands for spare parts, where out of several versions being considered there is selected the main one, which is based on the reliability theory methods and ensures the goal achievement, overcomes contradictions existing between procurement and maintenance department of the enterprise. It is established that with increasing the interval between checking procedures, the reliability goes down and consequently increases the probability of failures. The reliability can be preserved at the account of increasing number of spare parts, but the minimal total costs on maintenance of aggregate are considerably lower in comparison with standard in place.

ბაზრდოილი ბამავლობის ავტომობილის ტრანსმისიაში მაღალი სიხშირით ბამოწვეული დინამიკური დატვირთვების კვლევა კარდანული ბაღაცემის თვისებების ბათვალისწინებით

მორჩაპე თ. რუსაპე ნ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო

დამუშავებულია დინამიკური სისტემის მათემატიკური მოდელი კარდანული გადაცემის თვისებების ვათვალისწინებით. შესრულდა ძრავას მბრუნე მომენტის ჰარმონიული ანალიზი და ერთ-ერთი ტიპის ("TATRA-815") მაღალი ბამავლობის სატვირთო ავტომობილის ტრანსმისიის ექვივალენტურ დი-

ნამიკურ სისტემაში, როგორც გრეხითი რხევების ანალიზი, ასევე ტრანსმისიის კონსტრუქციული პარამეტრების გავლენა გრეხითი რხევების საკუთარ სიხშირეებზე.

ავტომობილის ტრანსმისიაში გრეხითი რხევების შემცირების მიზნით მუშაობის რეზონანსული რეჟიმი გავყანილია ავტომობილის მოძრაობის საექსპლუატაციო სიხარეების ზონიდან, რაც მიღწეულ იქნა ტრანსმისიის პარამეტრების მიზანმიმართული ცვლილებით.

სატრანსპორტო საშუალების დეტალების და კვანძების დატვირთულობის შემცირებას, როგორც საიმედობის განმსაზღვრელ ფაქტორს, ყოველთვის ექცეოდა დიდი მნიშვნელობა. ამ მიმართულებით კვლევითი მუშაობის გააქტიურება აუცილებელია თანამედროვე ეტაპზე, როდესაც ავტოტრანსპორტის მწარმოებლობის გაზრდა ძირითადად ხდება ტვირთამწეობის გაზრდით.

კბილანური გადაცემის, კარდანული გადაცემის და მაღალი სიმძლავრის ძრავის გამოყენება ზრდის ავტომობილის შასის ძირითადი კვანძების და დეტალების, მათ შორის ტრანსმისიის სადატვიტოვო რეჟიმს. ეს პროცესი კი ითხოვს ტრანსმისიის მაღალი სიხშირის დინამიკური დატვირთულობის უფრო დრმა კვლევას. აქედან გამომდინარე, ავტომობილის ტრანსმისიის მაღალი სიხშირის დინამიკური დატვირთულობის კვლევა და მათი შემცირების გზები მეტად აქტუალურია. სამუშაოს მიზანია 4x4 ტიპის ავტომობილის ტრანსმისიის გრეხითი რხევების შემცირება დეტალების სიხისტეებისა და ინერციული თვისებების რაციონალური შერჩევის გზით, აგრეთვე მაღალი სიხშირის დინამიკური დატვირთვების შემცირება გადაბმულობის დემფერის ოპტიმალური პარამეტრების შერჩევის და კარდანული გადაცემის მანე გავლენის შემცირების გზით. ამ მიზნით დამუშავებულია 4x4 ტიპის ავტომობილის მათემატიკური მოდელი. დაყვანის მეთოდში შესრულებულია დასაყვანი და დაყვანილი მასების კინეტიკური ენერჯის, დრეკადი წვევრების პოტენციალური ენერჯის და კერძოდ ენერჯის გაბნევის (დისიპაციური ფუნქციის) ტოლობა. შედეგად დინამიკაში განისაზღვრა მოდელის პარამეტრების დაყვანილი მნიშვნელობები.

ნახაზ 1-ზე მოცემულია „TATRA-815“ ავტომობილის ტრანსმისიის საანგარიშო სქემა, რომლის მოძრაობა აღიწერება განტოლებებით:

1. $I_1 \ddot{q}_1 + C_0(q_1 - q_{1k}) = M_0 + M_a \sin 3\omega t$
2. $C_0(q_{1k} - q_1) + C_k(q_{1k} - q_{2k}) = -\lambda_1 C_k \sin 2(q_{1k} + \omega t) + C_k(q_{2k} - q_{1k}) 2\lambda_1 \cos 2(q_{1k} + \omega t)$
3. $C_k(q_{2k} - q_{1k}) + C_2(q_{2k} - q_2) = \lambda_1 C_k \sin 2(q_{1k} + \omega t) + C_2 \lambda_2 [\sin 2(q_{2k} + \omega t + \theta) - \sin 2t] + C_2 2\lambda_2 (q_{2k} - q_2) \cos 2(q_{2k} + \omega t + \theta)$
4. $I_2 \ddot{q}_2 + C_2(q_{2k} - q_2) + C_3(q_2 - q_3) = -C_2 \lambda_2 \sin 2(q_{2k} + \omega t + \theta) + C_2 \lambda_2 \sin 2 \lambda$
5. $I_3 \ddot{q}_3 + C_3(q_3 - q_2) + C_4(q_3 - q_4) = 0$
6. $I_4 \ddot{q}_4 + C_4(q_4 - q_3) + C_5(q_4 - q_5) = 0$
7. $I_5 \ddot{q}_5 + C_5(q_5 - q_4) = 0$

სადაც:

I_1 -ძრავის და გადაბმულობის მბრუნავი ნაწილების ინერჯის მომენტია

I_2 -გადაცემათა კოლოფის პირველადი ლილვის და სატრანსმისიო ლილვის ინერჯის მომენტია

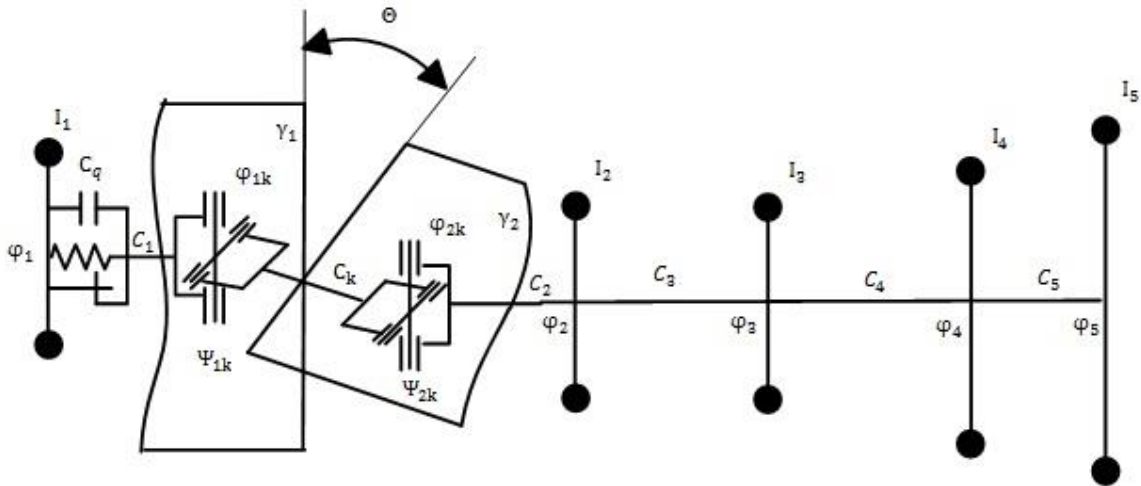
I_3 -გადაცემათა კოლოფის, გამანაწილებელი კოლოფის ლილვების და კბილანების დაყვანილი ინერჯის მომენტია

I_4 -უკანა ხიდის ამძრავი კარდანული ლილვის და რედუქტორის, ნახევარდერძების და უკანა წამყვანი თვლების დაყვანილი ინერჯის მომენტია.

I_5 -წინა ხიდის ამძრავი კარდანული ლილვის, რედუქტორის, ნახევარდერძების და წინა წამყვანი თვლების დაყვანილი ინერჯის მომენტია.

C_k -სატრანსმისიო ლილვის სიხისტე

C_4 -გადაბმულობის დემფერის სიხისტე



ნახ.1 „TATRA-815“-ის სუთმასიანი საანგარიშო დინამიკური მოდელი

$$C_0 = \frac{C_q + C_1}{C_q \cdot C_1}$$

C_0 - მონაკვეთის საერთო სიხისტე

C_1 - გადაბმულობის ღიღვის სიხისტე

C_2 - გადაცემათა კოლოფის პირველადი ღიღვის სიხისტე

C_3 - გადაცემათა კოლოფის მეორადი და შუალედური ღიღვების და გამანაწილებელი კოლოფის ღიღვების სიხისტე

C_4 - გამანაწილებელი კოლოფის უკანა ხიდის ამძრავი ღიღვის სიხისტე

C_5 - გამანაწილებელი კოლოფის წინა ხიდის ამძრავი ღიღვის სიხისტე

Θ - წამყვან ღიღვზე და კარდანულ ღიღვზე გამავალ სიბრტყესა და კარდანულ ღიღვსა და ამყვან ღიღვზე გამავალ სიბრტყეებს შორის კუთხე

Φ - მასების მობრუნების კუთხე

Ψ - ამყვანი ჩანგლის მობრუნების კუთხე

Y_1 და Y_2 - კარდანული სახსრების დაყენების კუთხეები

$q_i = \varphi_i - \omega t$ ($i=1;2,\dots,6$) შემოღება ახასიათებს სისტემის რხევას საშუალო კუთხური სიხიარით თანაბარი ბრუნვის მახლობლად.

$$\lambda_i = \tan^2 \frac{Y_i}{2} \quad (i = 1; 2, \dots) \text{ მცირე პარამეტრია}$$

პროფესორ პ. ლუკინის მიერ შემოთავაზებული მეთოდით: ნახ.2

$$I_1 \varphi_1 + C_1 \text{eqv} (\varphi_1 - \varphi_2) + M_T \text{Sign}(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + K_1 (\varphi_1 - \varphi_2) = 0$$

$$I_2 \varphi_2 - C_1 \text{eqv} (\varphi_1 - \varphi_2) - M_T \text{Sign}(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - K_1 (\varphi_1 - \varphi_2) + C_5 \dot{\varphi}_2 = 0$$

სადაც: φ_2 - "ხ" წერტილში კვეთის მობრუნების კუთხეა

$C_1 \text{eqv} - I_1$ და I_2 მასების შემაერთებული მონაკვეთის სიხისტე.

გარდაქმნებით მივიღებთ:

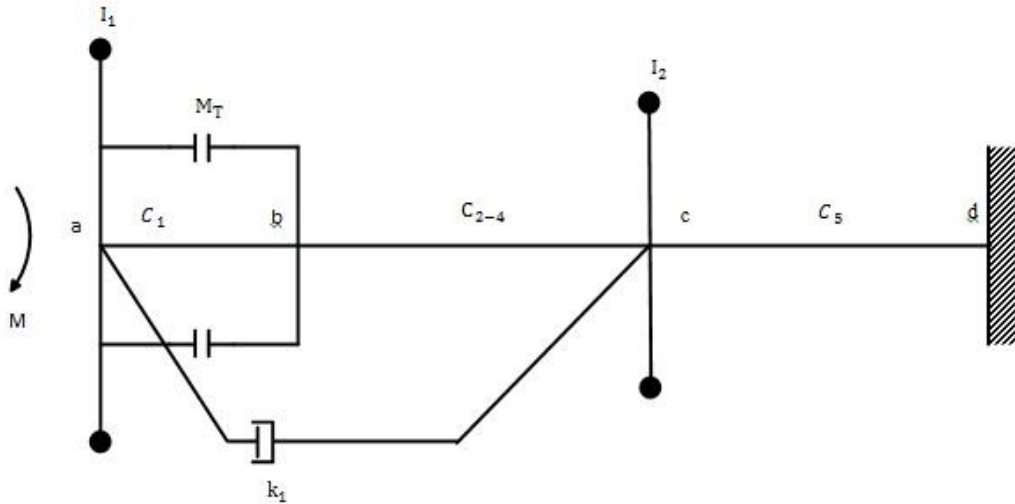
$$I_1 \varphi_1 + C_1 \text{eqv} (\varphi_1 - \varphi_2) + [K_1 + K_{\text{eqv}}] (\varphi_1 - \varphi_2) = 0$$

$$I_2 \varphi_2 - C_1 \text{eqv} (\varphi_1 - \varphi_2) - [K_1 + K_{\text{eqv}}] (\varphi_1 - \varphi_2) + C_1(5) \dot{\varphi}_2 = 0$$

ამ სისტემის ამოხსნისათვის ფარდობით კუთხურ კოორდინატებში $\alpha_1 = \varphi_1 - \varphi_2$ და $\alpha_2 = \varphi_2$ პირველი განტოლება გავამრავლოთ I_2 -ზე, მეორე კი I_1 -ზე და პირველს გამოვაკლოთ მეორე.

$$\ddot{\alpha}_1 + \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} [f(\alpha_1, \dot{\alpha}_1) + K_1 \dot{\alpha}_1] - \frac{C_5}{I_2} \alpha_2 = 0$$

$$\ddot{\alpha}_2 - \frac{1}{I_2} [f(\alpha_1, \dot{\alpha}_1) + K_1 \dot{\alpha}_1] + \frac{C_5}{I_2} \alpha_2 = 0$$



ნახ. 2 ორმასიანი საანგარიშო დინამიკური მოდელი

სადაც: $f(\alpha_1, \dot{\alpha}_1) = C_{eqv} \alpha_1 + K_{eqv} \dot{\alpha}_1$ — I_1 და I_2 მასების დამაკავშირებელი დრეკად-პისტერეზისული ფუნქციის არაწრფივი ნაწილია.

“a-c” რგოლისათვის დრეკად-პისტერეზისული ფუნქცია აღიწერება ასე:

$$f(\alpha_1, \alpha_2) = C_{2-4}(\alpha_1 - a_0) \quad \text{-- 1 - 2 etapi}$$

$$f(\alpha_1, \alpha_2) = C_{1-4} \left(\alpha_1 - \frac{M_T}{C_1} \right) \quad \text{-- 2 - 3 etapi}$$

$$f(\alpha_1, \alpha_2) = C_{2-4}(\alpha_1 + a_0) \quad \text{-- 3 - 4 etapi}$$

$$f(\alpha_1, \alpha_2) = C_{1-4} \left(\alpha_1 + \frac{M_T}{C_1} \right) \quad \text{-- 4 - 1 etapi}$$

$$C_{1-4} = \frac{C_1 C_{2-4}}{C_1 + C_{2-4}}$$

სადაც:

I_1 და I_2 მასების დამაკავშირებელი “a-c” რგოლის ექვივალენტური სიხისტე:

$$C_{eqv} = \frac{f_{maq}(\alpha_1, \dot{\alpha}_1)}{\lambda_1} = \frac{C_{2-4}}{C_1 + C_{2-4}} \left(C_1 + \frac{M_T}{\lambda_1} \right)$$

“a-b” და “a-c” რგოლებში მაქსიმალური მომენტების ტოლობიდან განისაზღვრა λ_0

$$\text{“a-b” რგოლისათვის: } f_{maq}(\alpha_0, \dot{\alpha}_0) = \lambda_0 C_1 + M_T$$

$$\text{“a-c” რგოლისათვის: } f_{maq}(\alpha_1, \dot{\alpha}_1) = \lambda_1 C_{1-4} + C_{1-4} \frac{M_T}{C_1}$$

$$\text{საიდანაც: } \lambda_0 = \frac{\lambda_1 C_{2-4} - M_T}{C_1 + C_{2-4}}$$

ამ გამოსახულების ჩასმით K_{eqv} -ის გამოსათვლელ ფორმულაში მივიღებთ წრფივი დემპფირების ექვივალენტურ კოეფიციენტს:

$$K_{eqv} = \frac{4M_T(C_{2-4}\lambda_1 - M_T)}{\omega_3 \pi \lambda_1^2 (C_1 + C_{2-4})}$$

C_{eqv} და K_{eqv} კოეფიციენტები $\frac{M_T}{\lambda_1}$ ფარდობის არაწრფივი ფუნქციებია, ამასთან K_{eqv} დამოკიდებულია რხევის ω_3 სიხშირეზე.

მიღებული კოეფიციენტებით ვსაზღვრავთ სისტემის საკუთარ რხევის სიხშირეებს λ_1 ამპლიტუდის სხვადასხვა მნიშვნელობების დროს.

$$\lambda_{1n} = (1 + \Omega h) \frac{M_T}{C_{2-4}}$$

სადაც: $i=0,1,2,\dots$

h-ბიჯია. საკმაო სიზუსტით $h=0,25$

იმის გამო, რომ დემპფირება უმნიშვნელოდ მოქმედებს რხევის საკუთარი სიხშირის სიდიდეებზე, ამიტომ K_{eqv} კოეფიციენტების გამოთვლისას გამოიყენება $K=K_1 + K_{eqv}=0$ შესაბამისი საკუთარი სიხშირეები. შემდგომ K კოეფიციენტის გათვალისწინებით მოხდა საკუთარი რხევის სიხშირეების დაზუსტებული გაანგარიშება.

საკუთარი რხევის სიხშირეების და ფარდობითი ამპლიტუდების ანალიზის შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ საკუთარი რხევის სიხშირეების შეცვლა შესაძლებელია გარკვეული კონსტრუქციული პარამეტრის ცვლილებით: ერთკვანძიანი ფორმის რხევის დროს ხუთ-მასიანი სისტემის პირველი მასის (ძრავის) ინერციის მომენტის შეცვლით ან ნაკლებ ეფექტურად (გადაცემათა და გამანაწილებელი კოლოფი და მთავარი გადაცემა) ინერციის მომენტით შეცვლით. ასევე სისტემის მესამე ლილვის (ნახევარღერძების) სიხისტის შეცვლით. ორკვანძიანი ფორმის რხევის დროს მეოთხე მასის (წამყვანი თვლების) ინერციის მომენტის ან მეორე ლილვის (საღტის ტანგენციალური სიხისტის) სიხისტის შეცვლით. სამკვანძიანი რხევის ფორმის დროს სისტემის მეორე ან მესამე მასების (გადაცემათა და გამანაწილებელი კოლოფი ან მთავარი გადაცემა) ინერციის მომენტების და სისტემის პირველი ან მესამე ლილვების (გადაბმულობის დემპფერი, გადაბმულობის ლილვი, სატრანსმისიო ლილვი ან ნახევარღერძების) სიხისტეების ცვლილებით.

პირდაპირ გადაცემაზე მოცემული ავტომობილის ტრანსმისიის სამკვანძიანი ფორმის საკუთარი რხევის სიხშირის შემცირება და რეზონანსული ზონიდან გამოყვანა შესაძლებელია C_1 ანუ გადაბმულობის დემპფერის, გადაბმულობის ლილვის და სატრანსმისიო ლილვის სიხისტეებით და I_2 ანუ გადაცემათა კოლოფის ინერციის მომენტის ვარირებით. I_2 -ის შემცირებით სისტემის რეზონანსული ზონიდან გამოყვანა შეუძლებელი გახდა, რადგან ამან პირიქით საკუთარი რხევის სიხშირეების გაზრდა გამოიწვია და რეზონანსული ზონიდან სისტემის გამოყვანა განხორციელებულ იქნა მხოლოდ C_1 პარამეტრის შემცირების გზით. C_1 -ის მნიშვნელობა, რომლის დროსაც საკუთარი რხევის სიხშირე P_3 პირდაპირ გადაცემაზე იქნება 224,544 რად/წმ-ზე ნაკლები, შესაძლებელია მივიღოთ სატრანსმისიო ლილვის, გადაბმულობის ლილვის და დემპფერის სიხისტეების ვარირებით, მათი ჯამური სიხისტის დაახლოებით 10000 ნ.მ/რად-მდე შემცირებით, რომლის დროსაც საკუთარი რხევის სიხშირე გამოდის რეზონანსული ზონიდან და უდრის მიახლოებით 207 რად/წმ.

ტრანსმისიის გრეხითი რხევების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ:

1. ერთკვანძიანი ფორმის საკუთარი რხევის სიხშირეები ძვეს 8...38 წმ⁻¹ ზღვრებში.
2. ორკვანძიანი ფორმის საკუთარი რხევის სიხშირეები ყველა გადაცემაზე გარდა მეშვიდესი შეადგენს 1074108 წმ⁻¹. მე-7 გადაცემაზე მისი მნიშვნელობაა 313 წმ⁻¹.
3. რხევის სამკვანძიან ფორმებს ადგილი აქვთ ყოველ გადაცემაზე ორ შემთხვევაში. მათი დიაპაზონებია 2984591 წმ⁻¹ და 129441391 წმ⁻¹.



ცალკეული მასების ფარდობითი ამპლიტუდები ამ დროს მრავალჯერ აღემატებიან პირველი მასის ამპლიტუდას $k=3$ და $k=6$ რიგის მთავარი ჰარმონიკებისათვის.

ლიტერატურა

1. Адамия Р. Динамика машин. Тбилиси: Месნიереба, 1999.-399 стр.
2. რუსაძე თ. ლეჟავა ა. ცირეკიძე გ. ფერაძე მ. მამალაძე თ. ღვინფაძე ნ. ავტომობილის სადატვირთო რეჟიმები და საიმედოობა. ქუთაისი: ს.ს.სტამბა, 1998.-296 გვ.
3. Русадзе Т. Нагруженность трансмиссии и плавность хода автомобиля. Тбилиси: Издательство Тбилисского университета, 1988.-441 стр.
4. Иванов С. Манаева В. Метод корректирования пространственной карданной передачи// Автмлмбильная промышленность. Москва, 1981. №3, стр. 11-12.
5. Адамия Р. Михайленко О. Ограничения динамических нагрузок в машинах. Тбилиси: Месნიереба, 1989.- 291 стр.
6. Русадзе Т. Платонов В. Семенов В. Гогитидзе А. Русадзе П. Оптимизация параметров автомобиля. Батуми: Алиони, 2002.-319 стр.
7. Reza N. Jazar G. Vehicle dynamics theory and applications. Springer, 1-st edition, USA. 2008.-307 pg.
8. Rajamani R. Vehicle dynamics and control. 2006.-277 pg.

3

INVESTIGATION OF DYNAMIC LOADS CAUSED BY HIGH FREQUENCIES IN TRANSMISSION LINE OF HIGH-PASSABILITY AUTOMOBILE WITH ACCOUNT OF PROPERTIES OF CARDAN GEAR

MORCHADZE T., RUSADZE N.

Akaki Tsereteli State University

Summary

There is developed the mathematical model of dynamic system taking into account the properties of shaft drive. There have been carried out the wave analysis of the engine's rotary moment, and in the dynamic system equivalent to the truck's transmission line - the analysis as of torsional vibrations of the cross-country cargo carrier, so of the effect of the transmission line design parameters on the frequencies of torsional vibrations.

Due to fact that in high-passability automobiles there is mainly used the cardan gear possessing a non-uniform speed joint of various inclination angles, it was examined with several harmonics as a source for excitation of vibrations.

For the purpose of reducing the torsional vibrations in automobile transmission line, the resonant behavior is brought away from the zone of automobile's motion speeds of service that is achieved by purposeful changing the transmission line parameters.

საავტომობილო კრავების ექსპლუატაციის პროცესში ბამბოლქვილი მავნე ჰიმიური მინარევების შემცირების მეთოდები

შურცხვანიძე ბ., კამლაძე ა., გვეტაძე ვ., ბობისვანიძე ლ.
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ატმოსფერული ჰაერი - ადამიანის არსებობის ერთ-ერთი ძირითადი ბუნებრივი ელემენტი - სიცოცხლისათვის აუცილებელი წყაროა. მისი დაცვა და გაჭუჭყიანების თავიდან აცილება ნიშნავს სიცოცხლის შენარჩუნებას დედამიწაზე: დედამიწა ატმოსფეროს გარეშე ხომ მკვდარი, უსიცოცხლო პლანეტა იქნებოდა. ატმოსფერული ჰაერის ეკოლოგიური პრობლემები დღესდღეობით კვლავ რჩება ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხად. ასრებობს მრავალი ფაქტორი, რომლებიც განაპირობებენ გარემოს ტოქსიკური ნივთიერებებით დაბინძურებას.

ტრანსპორტი ენერგეტიკის სექტორის მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია და იგი წარმოადგენს სათბურის გაზებით ჰაერის დაბინძურების ერთ-ერთ ძირითად წყაროს. საავტომობილო ტრან-

სორტიდან ემისიების კონტროლს და მათი შემცირების ღონისძიებებს განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა განვითარებული ეკონომიკის მქონე ქვეყნებში, სადაც ტრანსპორტიდან გამონაბოლქვი დიდ ტვირთად აწევს გარემოს საერთო დატვირთვას [1].

ცნობილია, რომ ადამიანს უჭმელად შეუძლია იცოცხლოს ხუთი კვირა, უწყლოდ ხუთი დღე და ღამე, უჰაეროდ კი მხოლოდ რამდენიმე წუთი. ადამიანს დღე-ღამეში საშუალოდ სჭირდება 1 კგ საკვები, 1,5 კგ წყალი და 12 კგ ჰაერი.

ატმოსფერული ჰაერის შედგენილობა რამდენიმე მილიარდი წლის განმავლობაში ყალიბდებოდა და თანამედროვე სახე მან დაახლოებით 50 მლნ წლის წინათ მიიღო. ბუნებრივად სუფთა ატმოსფერულ ჰაერში შედის: 78,09% აზოტი, 20,95% არგონი, 0,03% ნახშირორჟანგი. სიცოცხლისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ჟანგბადის რაოდენობას, ოზონის ფენას და წყლის ცირკულაციას ატმოსფეროსა და ხმელეთს შორის.

საქართველოში ტრანსპორტიდან სათბურის გაზების ემისია 1980-იან წლებში სტაბილურად შეადგენდა ჯამური ემისიის 8-9%, 1990-იან წლებში ინდუსტრიული სექტორიდან ემისიის მკვეთრი შემცირების შედეგად ჯამურ ემისიაში ავტოტრანსპორტის წილმა ბოლო პერიოდში 70%-ს გადააჭარბა [2]. ტრანსპორტის მიერ სათბურის გაზების ემისიის მნიშვნელოვანი ნაწილი საქართველოში უპირველეს ყოვლისა აიხსნება არსებული ავტოპარკის დაბალი ტექნიკურ-ტექნოლოგიური მაჩვენებლებითა და გაზების არასახარბიელო მდგომარეობით.

ქალაქ ქუთაისის ატმოსფერული ჰაერის ძირითადი დამბინძურებელია მობილური წყარო - ტრანსპორტი. ქალაქის საჰაერო აუზის ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუარესება გამოწვეულია ავტოსატრანსპორტო საშუალებების რიცხვის მკვეთრი ზრდით, მაგისტრალების გადატვირთვის, სატრანსპორტო ქსელის მოუწესრიგებლობით, სატრანსპორტო ნაკადების არარაციონალური განაწილებით, გაზების საფარის ავარიული მდგომარეობით, ავტოპარკის ტექნიკური გაუმართაობით, ნარჩენების არაეფექტური მართვის, ტოქსიკური კომპონენტების დიდი რაოდენობით შემცველობის მქონე საწვავის გამოყენებით და ა.შ. ჩატარებული კვლევებით დადგინდა, რომ ქალაქის ატმოსფერულ ჰაერში ტყვიით, აზოტის დიოქსიდის, ნახშირორჟანგის და მტვრის კონცენტრაციები აჭარბებს ზღკებს. ჰაერის დაბინძურება ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობის პირდაპირპროპორციულია და მოსახლეობა გამონაბოლქვის მავნე ნივთიერებათა ზემოქმედებას განიცდის.

საავტომობილო ტრანსპორტის ექსპლუატაციის დროს ტოქსიკური მინარევების წყაროს წარმოადგენენ:

1. გამონაბოლქვი აირები, რომლებიც გამოიტყორცნება ძრავის მიერ;
2. კარტერული გაზები - გამონაბოლქვი აირებისა და შემზეთი მასალების ორთქლის ნარევი;
3. საწვავის ორთქლი - რომლებიც ხვდებიან ატმოსფეროში ძრავის კვების სისტემებიდან.

აქედან გამომდინარე მძლავრი კაბინაში, მგზავრების სალონში, გარემოში, სადაც ფუნქციონირებს ავტომობილი, ხვდება შემდეგი ტოქსიკური მინარევები: ნახშირორჟანგი (CO), აზოტის ჟანგი (NO_x), გოგირდის ანჰიდრიდი (SO₂), ნახშირწყალბადები (CnHm), აქროლენი (CH₂=CH-CH=O), ფორმალდეჰიდი (H₂O=O), ბენზ(α) პირენი (C₂₀H₁₂), აეროზოლები -სხვადასხვა შემადგენლობით, ტყვიის ნაერთები, მყარი ნაწილები (მური).

წარმოშობის წყაროების მიხედვით მავნე მინარევების კომპონენტების განაწილება (ცხრილი 1) გვიჩვენებს, რომ ძირითად წყაროს წარმოადგენს ნამუშევარი (ნამწვი) აირები.

ყოველივე აქედან გამომდინარე მსოფლიო მეცნიერების წინაშე დადგა ეკოლოგიური პრობლემა, რომელიც გამოწვეულია სატრანსპორტო საშუალებების მიერ, კერძოდ ეს ეხება გამონაბოლქვ აირებში ტოქსიკური მინარევების შემცველობას და აუცილებელია გამოვიკვლიოთ და დავსახოთ გაზები მათ შესამცირებლად.

ძრავის ტიპი	მავნე მინარევების განაწილება წყაროების მიხედვით, %								
	ნამუშევარი აირები			კარტერული გაზები			საწვავის ორთქლი		
	CO	CnHm	NO _x	CO	CnHm	NO _x	CO	CnHm	NO _x
კარბურატორიანი	95	55	98	5	5	2	0	40	0
დიზელის	98	90	98	2	2	2	0	8	0

იძულებითი ანთებით მომუშავე ძრავების ტოქსიკურობის შემცირება მიიღწევა:

ა) წვის კამერის ფორმის, დგუშის კონსტრუქციისა და საკომპესაციო რგოლის დახვეწით;

ბ) კარბურატორის კონსტრუქციის დახვეწით და მისი რეგულირებით;

გ) ბენზინის პირდაპირი შეფრქვევით ძრავის ცილინდრებში;

დ) საწვავი ნარევისა და ანთების წინსწრების კუთხის რეგულირებით;

ე) ნამუშევარი აირების რეცირკულაციით შემშვებ სისტემაში;

ვ) წყლის მირთვით ჰაერთან და საწვავთან;

ზ) არათანაბრად განაწილებული საწვავის კვლავწვით;

თ) სამკომპონენტო კატალიზური ნეიტრალიზატორის გამოყენება.

დიზელის ტოქსიკურობის შემცირება შეიძლება მიღწეულ იქნას:

ა) საწვავის შეფრქვევის წინსწრების კუთხის რეგულირებით;

ბ) საწვავმიწოდებელი აპარატურის რეგულირებით;

გ) ნარევეწარმოქმნისა და წვის პროცესის დახვეწით;

დ) აირტურბინული ჩაბერვის გამოყენებით;

ე) ნამუშევარი აირების რეცირკულაციით;

ვ) წყლის შეფრქვევით წვის კამერაში;

ზ) კატალიზური ნეიტრალიზატორების გამოყენებით, წინასწარ ნამუშევარი აირების გაწმენდით მურისგან და მათი კმაწვით.

ჩამოთვლილი მეთოდები განსხვავდებიან თავისი ეფექტებით ტოქსიკურობის შემცირების მიმართ და განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან მათი რეალიზაციისათვის გაწეული ხარჯებით. ზოგიერთები ტოქსიკური მინარევების შემცირებასთან ერთად აუარესებენ ეკონომიურ და სიმძლავრით მახასიათებლებს ანდა ახდენენ ერთი კომპონენტის შემცირებას და მეორის გადიდებას. მაგალითად ბენზინზე მომუშავე ძრავებისათვის [3]:

ა) უქმი სვლის სისტემის ოპტიმალური რეგულირება გვაძლევს საშუალებას შევამციროთ CO-ს კონცენტრაცია 30%, ნახშირწყალბადები -40%-ით.

ბ) ნამუშევარი აირების რეცირკულაცია CO-ს ამცირებს 20%, აზოტის ქანგს - 60% და ზრდის ნახშირწყალბადების რაოდენობას -10%-ით.

ავტომობილების ექსპლუატაციის პროცესში გარემოში გამოტყორცნილი მავნე მინარევების შემცირების ძირითად ღონისძიებას მიეკუთვნება [4]:

ა) ავტოსატრანსპორტო პროცესის გაუმჯობესება;

ბ) საავტომობილო ტრანსპორტის ინდუსტრიული სისტემის შექმნა.

პირველი ღონისძიების ჯგუფში შედიან ტოქსიკური მავნე კომპონენტების შემცირება ტრანსპორტის მუშაობის ერთეულზე (ტ.კმ) ანდა ერთი მგ ზავრის გადაყვანა (მგ ზ.კმ), რაც შეიძლება მიიღწეს:

ა) საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის სრულყოფით;

ბ) ავტოსატრანსპორტო საშუალებების მოძრაობის პირობების გაუმჯობესებით;

გ) მძღოლის პროფესიული დონის ამაღლებით;

დ) სატრანსპორტო ნაკადის სტრუქტურის შეცვლით (დიზელების ფართო გამოყენებით) ელექტრომობილების გამოყენება შიდასაქალაქო გადაზიდვებზე;

ე) საერთო სარგებლობის ტრანსპორტის ფუნქციონირების სრულყოფით.

ღონისძიების მეორე ჯგუფი განიხილავს ინდუსტრიული მეთოდების შემუშავებას და პროგრესიული ტექნოლოგიების დანერგვას საავტომობილო ტრანსპორტის ტექნიკური ექსპლუატაციისას:

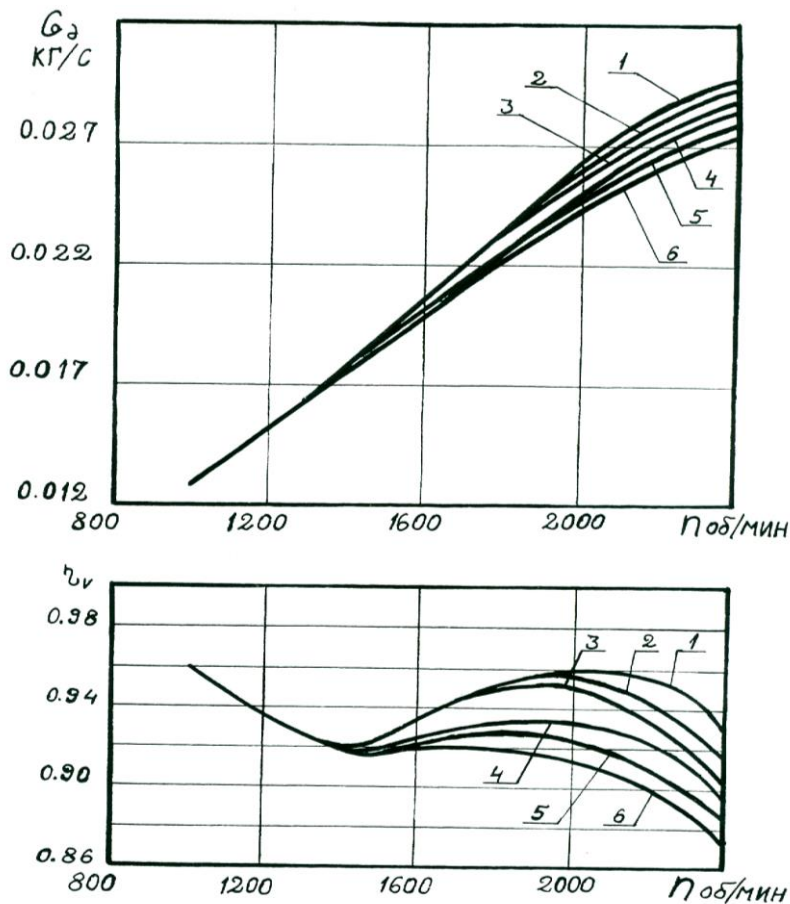
ა) სატრანსპორტო საშუალების ტექნიკური მდგომარეობის გაუმჯობესება;

ბ) ავტომობილების მიმდინარე რემონტისა და ტექნიკური მომსახურების გაუმჯობესება;

გ) მკაცრი კონტროლის დაწესება სატრანსპორტო საშუალებების მიერ გამოტყორცნილ მავნე მინარევების ზღვრულ ნორმაზე.

ჩვენს მიერ ჩატარებულ იქნა ექვს ცილინდრიანი დიზელის ძრავის ცილინდრების შევსების კვლევა. როგორც ექსპერიმენტმა აჩვენა ძრავის ცილინდრები ივსება არათანაბრად, რაც გამოწვეულია შემშვები სისტემის, კეძოდ შემშვები კოლექტორის არასწორი დაპროექტებით.

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია ჰაერის მასური ხარჯის და შევსების კოეფიციენტის გრაფიკი ძრავის ცილინდრებში, გაზგამანაწილებლის დარეგულირებელი ორგანოებით, რომელიც გვიჩვენებს შემშვები სისტემის კონსტრუქციის გავლენას შევსების უთანაბრობაზე. ბრუნვის დაბალ სიხშირეზე ცილინდრების შევსება პრაქტიკულად ერთნაირია. მაგრამ ბრუნვის სიხშირის გადიდებისას ხდება დაშორება და როცა ბრუნვის რიცხვი მიაღწევს 2400 წთ^{-1} სხვაობა შევსებაში უახლოვდება (7-8)%-ს.



ნახ. 1. ჰაერის მასური ხარჯისა და შევსების კოეფიციენტის ცვლილება მუხლა ლილვის სიხშირის მიხედვით. 1,2,3,4,5,6, – ცილინდრების რიგი.



როგორც ნახაზ 1-დან ჩანს შევსების კოეფიციენტი $n=1400 \text{ წთ}^{-1}$ სისშირემდე მცირდება, ხოლო შემდეგ იზრდება. ეს ნამდვილად გამოწვეულია ტალღური მოვლენებით შემშვებ კოლექტორში, შემშვები და გამომშვები სარქველების გადაფარვით.

ჩვენს მიერ შემუშავებული და დაპროექტებული იქნა ახალი ინდივიდუალური მილებით შექმნილი შემშვები კოლექტორი.

როგორც საცდელმა კვლევამ აჩვენა ინდივიდუალური მილებით შექმნილი შემშვები კოლექტორის გამოყენება გვაძლევს შესაძლებლობას გავაუმჯობესოთ ძრავის მანქანებზე: შევსების უთანაბრობა შემცირდა 1-2 %-ით, საწვავის ხარჯი შემცირდა 3%-ით, ახალი მუხტის მასა გაიზარდა 5-10 %-ით, გამონაბოლქვი გაზების კვამლიანობა შემცირდა 10-15 %-ით.

ძრავის გამოცდის შედეგებიდან გამოირკვა, რომ ჰაერმომარაგების სისტემის გამოყენება ინდივიდუალური მილგაყვანილობით, საცდელ ნიმუშზე, საშუალებას იძლევა შემცირდეს საწვავის ხარჯი და გამოსასვლელი გაზის გამონაბოლქვი დადგენილ საზღვრებში, ხოლო მაქსიმალური გრესვის რეჟიმზე შეინიშნებოდა ეკონომიურობის მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება.

3

ლიტერატურა

1. ბერიტაშვილი, მ.შვანგირაძე, სათბურის გაზების შემცირების კოცენტრაცია საქართველოს ენერჯეტიკისა და მრეწველობის სექტორში. ჰიდრო მეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, №108, 2002წ. გვ.209-211.
2. რ.სარალიძე. ინტენსიური ანთროპოგენული ზემოქმედების რაიონებში ატმოსფერულ ჰაერის ეკოლოგიური დატვირთვის შეფასება. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები №108. 2002წ. გვ.33-36.
3. Ставров О., Боева М. Экологические последствия автомобилизации. – Автомобильный транспорт/ 1982, №2, с. -28-30.
4. Жегалин О.И., Лупачев П.Д. Снижение токсичности автомобильных двигателей. – М.: Транспорт, 1985. – 120 с.

METHODS OF REDUCING HARMFUL CHEMICAL COMPOUNDS IN EXHAUST GASES DURING USE OF AUTOMOBILE ENGINES

PURTSKHAVANIDZE G., KAMLADZE A., GVETADZE V., GOGOSVANIDZE L.

Akaki Tsereteli State University

Summary

This article discusses the sources, classifications and methods of reducing the toxicity of harmful exhaust emissions allocation, as well as major socio-economic results of the harmful effects of road transport. Consider filling cylinders and intake system six-cylinder diesel engines, and impact on the concentration of toxic components in exhaust gases.

ბეტონები კომპლექსური მაჩქარებელი დანამატებით

კანკავა ვ., ზივზივზაძე ბ., კანკავა ა.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ბეტონის ნარევის და ბეტონის ხანგამძლეობის ამაღლების საკითხები. განხილულია ახალი თაობის ბეტონების მიღების საკითხები ტრადიციულ მათხელე ბელ-მაჩქარებლების გამოყენების საფუძველზე. გადაწვეტილია ბეტონის ნარევის სწრაფი გამაგრების პრობლემები ტიოსულფატის და როდანიდის საწარმოო ნარჩენების და ჰიპერპლასტიფიკა-

ტორების დანამატის ბაზაზე. დადგენილია ამ დანამატების ბეტონში დოზირების ოპტიმალური მახასიათებლები.

გამაგრების მანქარებლები და ყინვასაწინააღმდეგო დანამატები ფართოდ გამოიყენება მონოლითური, ანაკრები და ანაკრებ-მონოლითური შენობა-ნაგებობების ასაგებად, ანაკრები ბეტონის და რკინაბეტონის კონსტრუქციების დასამზადებლად.

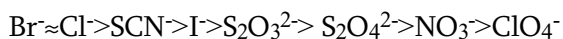
ბეტონის გამაგრების დაჩქარება იძლევა საშუალებას მნიშვნელოვნად ავამაღლოთ ბეტონის სამუშაოების ეფექტურობა – გავზარდოთ ყალიბების და ადჭურვილობის ბრუნვადობა, დავწიოთ ენერგეტიკული დანახარჯები ანაკრები ნაკეთობების და კონსტრუქციების დამზადებაზე, შევამციროთ მშენებლობის ხანგრძლივობა.

ცემენტის სისტემების გამაგრების უზრუნველყოფა დაბალ ტემპერატურაზე – ხარისხის შემცირების გარეშე – ჩვენი ქვეყნისთვის მწვავე აუცილებლობაა.

უნდა შევნიშნოთ, რომ ტრადიციული ელექტროლიტების გაზრდილი რაოდენობა, რომელიც შეჰყავთ ბეტონის ნარევეში დაბალ ტემპერატურაზე, გამაგრების უზრუნველყოფად, ხშირად იწვევს გამომარიდებას, ბეტონის ხანგამძლეობის შემცირებას, განსაკუთრებით ყინვაგამძლეობის. ბეტონის სამუშაოების ტექნოლოგიაში გამოყენებული მთელი რიგი ელექტროლიტები განაპირობებს კოროზიული პროცესების განვითარებას არმირებულ კონსტრუქციებში [1,3]. უწინარეს ყოვლისა ეს ეხება ქლორიდებს, რომლის გამოყენება რკინაბეტონში აკრძალულია მთელრიგ განვითარებულ ქვეყნებში მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტებით.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე გასაგებია 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 მანქარებლად ნორმალურ და დაბალ ტემპერატურულ პირობებში, რაც უზრუნველყოფს სიმკვრივის სწრაფ მატებას გამაგრების საწყის ეტაპზე. მ მარილების ანიონების (SCN⁻ S₂O₃²⁻) ზემოქმედება 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, ცემენტის ქვის მიკროკაპილარული სტრუქტურის სიმკვრივე. ეს დანამატები არ იწვევს არმატურის კოროზიას ბეტონში [3], არატოქსიკურია, ზრდის ბეტონის წყალგაუმტარებლობას და ყინვაძლეობას.

ყოველივე ეს გვაძლევს საშუალებას ნატრიუმის ტიოსულფატი და როდანიდი გავითვალისწინოთ უფრო ფართო გამოყენების სპექტრზე როგორც ეფექტური დამაჩქარებელი და ყინვასაწინააღმდეგო დანამატი. მაგრამ ორივე მარილი ინდივიდუალური სახით შედარებით ძვირია. ამიტომ მნიშვნელოვანი ინტერესი შეიძლება მივაპყროთ სამრეწველო ნარევეებს, რომლებშიც ნატრიუმის ტიოსულფატის და როდანიდის მითითებული მარილების შემცველობა აღემატება 60%-ს.

ბოლო წლებში გამოჩნდა ცნობები, რომელშიც მიუთითებენ ბეტონის ნარევეში ნატრიუმის ტიოსულფატის და როდანიდის დამაჩქარებელ და ყინვასაწინააღმდეგო დანამატად ერთობლივ გამოყენებაზე [7,8]. ეს ინფორმაცია მეტად შეზღუდული ხასიათისაა და არ იძლევა შესაძლებლობას გამოავლინოს ამ კომპონენტების დამაჩქარებელ-მაკლასტიფიცირებელი მოქმედებების თავისებურებები.

ჩვენს მიერ შემუშავებულია ბეტონის ნარევის ახალი პოლიფუნქციონალური დანამატები და დამანქარებელი პლასტიფიკატორ C-3-ის და ზემოთხსენებული უქლორო სამრეწველო ნარევის ელექტროლიტების ბაზაზე, რომელიც შეიცავს ნატრიუმის ტიოსულფატს 50% და ნატრიუმის როდანიდს 10%.

გამოყენებული სამრეწველო ნარევი ძირითადად შეიცავს ელექტროლიტებს, რომელთაც არ გააჩნიათ პორტლანდცემენტის ერთსახელა 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 ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების მოქმედების მექანიზმი განსხვავებულია, ახდენს უპირატეს შემოქმედებას სტრუქტურაზე. ეს განაპირობებს არამარტო აღმოფხვრათ ერთერთი იმ კომპონენტის უარყოფითი შედეგი (მაგალითად, სტრუქტურის წარმოქმნის და გამაგრების პროცესების შენელება ადრეულ სტადიებზე პლასტიფიკატორის მხრიდან), არამედ აძლიერებს ყველა მათგანის ეფექტურ შემოქმედებას. სწორედ ამიტომ ბეტონის ნარევიში ასეთი კომპლექსური დანამატების შეყვანა ითვლება ძალიან პერსპექტიულად [2].

ჩატარებულ ექსპერიმენტებში, როგორც ლაბორატორიაში, ასევე საველე პირობებში მდინარე რიონის ჭომის სათავე ნაგებობაზე ჩამკეტი ფარის ძირის ბეტონირებაზე, გამოყენებული იქნა პორტლანდცემენტი ПЦ500Д0, ბუნებრივი ქვიშა სიმსხვილის მოდულით $M_1=2.1$ და გრანიტის ღორღი, ფრაქციით 5–20 მმ. ბეტონის შედგენილობა ($V/C=0.51$) დანიშნული იქნა ГОСТ30459–ის მოთხოვნების შესაბამისად. ბეტონის ნარევიში დანამატი შეყვანილი იქნა წყალხსნარის სახით. ბეტონის ნარევის გამოცდისას განისაზღვრა მისი მოცულობითი წონა, ძვრადობა, შენახვისუნარიანობა, ჩაკეტილი ჰაერის შემცველობა. ბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე განისაზღვრა 1, 2, 3, 7 და 28 დღეღამის ასაკში ნორმალური გამაგრების რეჟიმით.

ამ ექსპერიმენტში ძირითადი ყურადღება გამახვილებული იყო ნარევის ორ შედეგნილობაზე სუპერპლასტიფიკატორ C-3-ზე (TY 5870-002-58042865-03) და განსახილველი ტიპის ნატრიუმის მარილებზე, რომლებსაც შემდეგში ავლნიშნვთ U1 და U2. ამასთან ელექტროლიტების შემცველობა დაახლოებით ორჯერ მეტია U2-ში, ვიდრე U1-ში. ეს დანამატები გამოდის და 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 უზრუნველყოფილი ყოფილიყო საკონტროლო შედგენილობის (დანამატის გარეშე) ბეტონის ნარევის ძვრადობა კონუსის ჯდენით 2–4 სმ. დანამატის ეფექტურობის კრიტერიუმად აღებული იქნა დანამატებიანი ბეტონის ნარევის ძვრადობის ზრდა კონუსის ჯდენით 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 ნარევიზე ახდენს სუსტ მაპლასტიფიცირებელ შემოქმედებას და განაპირობებს პლასტიციფირებული ბეტონის სიმტკიცის მატებას. თანაბრად ძვრად ბეტონის ნარევიში 0.8–1.0% ორივე მარილის ნარევის შეყვანა იწვევს წყლის ხარჯის ნაკლებად შემცირებას, ეს კი წყალცემენტის ფარდობის შემცირებას 5–7%–ით. ასეთი ნარევის ბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე მნიშვნელოვნად (45–70%) იზრდება გამაგრების ადრეულ ასაკში (1–3დღეღამე) და უფრო გვიან ასაკში (7–28 დღეღამე) – 10–20%–ით.

რაც შეეხება ცნობილ და ჩვენს ქვეყანაში ყველგან გამოყენებად სუპერპლასტიფი-

კატორებს C-3, ჩვენს მიერ სისტემატურად ჩატარებულმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ის იწვევს პლასტიფიცირებული ბეტონის სიმტკიცის დაწევას გამაგრების ადრეულ პერიოდში, რომელიც ნორმალური გამაგრების პირველ დღეღამის შემდეგ ის შეადგენს 5-10%, იშვიათ შემთხვევაში 25-30% და მეტს. სიმტკიცის ზრდის ასეთი ჩამორჩენა წყდება შემდგომი გამაგრებისას, რის გამოც 2-3 დღეღამის შემდეგ საკონტროლო და პლასტიფიცირებული ბეტონის სიმტკიცე პრაქტიკულად ემთხვევა ერთმანეთს.

სუპერპლასტიფიკატორ C-3-ის ნატრიუმის როდანიდის და ტიოსულფატის ნარევის კომპლექსურ დანამატად გაერთიანებამ შესაძლებლობა მოგვცა მიგველო ბეტონის ნარევი და ბეტონი რომელმაც დაკარგა ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი ნაკლოვანებები. კვლევის შედეგები ასახულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

№	ბეტონის ნარევის და ბეტონის ხარისხის მანქანებელი დანამატებით	მანქანებლების ცვლილება შედარებით დანამატის გარეშე საკონტროლო შედგენილობასთან	
		დანამატი U1	დანამატი U2
1	მარკა ადვილნაწყობილობის მიხედვით	გადიდება II-დან (კვ2-4 სმ) II-დან (კვ20-21 სმ)	
2	სიმტკიცე კუმშვაზე ნორმალური გამაგრებისას პლასტიფიცირებულ ნარევებში (კუნქ.1). ასაკში, დღეღამე	სიმტკიცის მატება, % არაუმცირესი	
	1	5	10
	3	10	15
	7	10	15
	28	5	5
3	სიმტკიცე კუმშვაზე ნორმალური გამაგრებისას სხვადასხვა ძვრადობის ნარევებში (III). ასაკში, დღეღამე	სიმტკიცის მატება, % არაუმცირესი	
	1	55	75
	3	65	80
	7	50	60
	28	20	35
X-დანამატების დოზირება 0.6% ცემენტის მასიდან			

ცხრილი 1-დან ჩანს, რომ 1-28 დღეღამის ასაკში ამგვარად მოდიფიცირებული ბეტონის სიმტკიცე ჭარბობს საკონტროლო ნიმუშების სიმტკიცეს, დაკვირვების მთელი დროის განმავლობაში, რის გამოც ამ დანამატების დამაჩქარებელი ქმედების ეფექტურობა მით უფრო მაღალია, რაც ნაკლებია ბეტონის ნარევის ძვრადობა. ამასთან, არაორგანული მარილების შემცველობის გადიდება U-2-ის დანამატში პირველ შედგენილობასთან შედარებით, შესამჩნევად აღიქმება ხისტ ბეტონის ნარევებში, სადაც ბეტონის სიმტკიცე გამაგრების მთელი დროის მანძილზე მნიშვნელოვნად იზრდება.

ცხრილ 2-ში მოცემულია ბეტონის სიმტკიცის მანქანებლები ნორმალურად ძვრადი ნარევისათვის (II₂) ნატრიუმის ტიოსულფატის და როდანიდის შემცველი კომპლექსური დანამატების დოზირების შესაბამისად.

ცხრილ 2-ის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სუპერპლასტიფიკატორი C-3-ის კომბინაცია ნატრიუმის ტიოსულფატის და როდანიდის სამრეწველო ნარჩენთან გვაძლევს საშუალებას მნიშვნელოვნად დაეწიოთ ინდივიდუალური დანამატების დოზირება, რომელიც იწვევს ამ კომპონენტების კომპლექსურ დანამატში განსაზღვრულ სინერგიზმს და უზრუნველყოფს ამ უკანასკნელის მნიშვნელოვან დამაჩქარებელ და მაპლასტიფიცირებელ ეფექტს.

№	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

3

როგორც ცხრილი 2-დან ჩანს ბეტონის ნარევის ძვრადობა დამოკიდებულია სუპერპლასტიფიკატორი C-3-ის დოზირებაზე, რომელიც მცირდება U-1-ის დანამატის შედგენილობიდან U-2-ის დანამატის შედგენილობამდე. ამგვარად, სახეზეა C-3-ის მაკლასტიფიცირებელი ეფექტის მატება განსახილველი არაორგანული მარილების დოზირების მატებასთან ერთად. ეს დაკავშირებულია ცემენტის ჰიდრატაციის ფაზების ფორმირების თავისებურებებთან.

ნაფტალინსულფომჟეას ფორმალდეჰიდთან კონდენსაციის პროდუქტებისათვის – სუპერპლასტიფიკატორ C-3-ის პლაცტიფიცირების ეფექტის სიდიდეს მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს ადსორბციის სიდიდე და ელექტროკინეტიკური ცვლილებები, თანაც რაც უფრო ნაკლებია ეს პოტენციალი, მით უფრო მაღალია მითითებული დანამატის მადისპერგირებელი უნარიანობა [9].

ცემენტის მაღალი ადსორბციული უნარიანობა საჭიროებს C-3-ის მაღალ დოზირებას, ხოლო ადსორბციულმა უნარიანობამ თავის მხრივ განსაზღვრა ჰიდროალუმინატური ფაზების წარმოქმნა [2]. ამ ფაზების ფორმირებამ ხელი შეუწყო ჰიდრატირებულ ცემენტში სუპერპლასტიფიკატორის ადსორბციის კონკურენტული სიდიდის დაწევას და შედეგად 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 [10]. ამგვარად, C-3-ის მაკლასტიფიცირებელი უნარიანობა ნატრიუმის როდანიდის და ტიოსულფატის თანამონაწილეობით იზრდება, რაც შესამჩნევია პრაქტიკულ ასპექტში.

ცხრილში 3 მოცემულია ნატრიუმის ტიოსულფატის და როდანიდის ფუძეზე ფხვნილისებური დანამატების ეფექტურობის შედარებითი მაჩვენებლები ძვრადი ნარევისათვის (Π4).

ცხრილ 3-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ მითითებული დანამატების შეყვანა იმავე დოზირებით, როგორც სუპერპლასტიფიკატორი C-3-ის, უზრუნველყოფს ბეტონის უფრო მაღალ სიმტკიცის მაჩვენებლებს გამაგრების ყველა ეტაპზე, მნიშვნელოვნად აუმჯობესებენ მაჩვენებლებს ყინვამდებობაზე და წყალუქონვადობაზე. დანამატი U-2-ის დოზირების გაზრდით შესამჩნევად იზრდება ბეტონის ნარევის შენახვისუნარიანობა.

№	ანამატის დასახელება	დოზირება, % ცემენტის მასიდან	ეტონის ნარევის შენახვისუნარიანობა, სთ	სიმტკიცის მატება კუმშვაზე გამაგრების ნორმალურ პირობებში, %, ასაკით, დღელამე		ხანგამძლეობის მახვენებლები	
				1-3	7-28	ყინვამდეგობა	წყალუქონვადობა
1	C-3	0.6	0.75-1	10-20	5-10	F300	W8
2	U-1	0.6	0.75-1	20-40	10-15	F400	W10
3	U-2	0.6	0.75-1	30-45	20-25	F500	W10
4	U-2	1.0	1.5-2.0	40-50	20-25	F500	W12

გარდა ამისა, ბეტონის ნარევები როდანიდის ნარევის დანამატებით იძლევა საშუალებას მნიშვნელოვნად გავაუმჯობესოთ თბოტენიანი დამუშავების პარამეტრები რკინაბეტონის კონსტრუქციების დამზადებისას, დანამატის დოზირების შესაბამისად შევამციროთ თბური დამუშავების ხანგრძლივობა 20-30% ან დავიწიოთ გათბობის ტემპერატურა 15-30% და აუცილებლობის შემთხვევაში შევამციროთ ცემენტის ხარჯი 20-30%.

დასკვნები: დამუშავებულია ახალი კომპლექსური მაკლასტიფიცირებელი დამანქარებელი დანამატები სუპერპლასტიფიკატორ C-3-ის და ნატრიუმის როდანიდისა და ტიოსულფატის ნარევის ბაზაზე. დადგენილია, რომ ეს დანამატები გვაძლევს საშუალებას მივიღოთ ადვილხაწვობადი ბეტონის ნარევები C-3-ის დაბალი დოზირებისას. ისინი განაპირობებენ სიმტკიცის სწრაფ მატებას, ამალევენ ხანგამძლეობას, ყინვამძლეობას და წყალუქონვადობას, აუმჯობესებენ თბოდამუშავების პარამეტრებს, განაპირობებენ ცემენტის ხარჯის შემცირებას. ეს პერსპექტიული დანამატები არადეფიციტურია, იაფია და შეიძლება რეკომენდირებული იქნეს ფართო გამოყენებისათვის მშენებლობაში, განსაკუთრებით მონოლითური შენობა-ნაგებობების აგებისას.

ლიტერატურა

1. Рапинов 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 C. K. 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 цемерта. М.: Стройиздат.1973. С.242-243.
7. Граник Ю. Г., Левина В. С., Данилов В. И. И др. Авт. Свид. СССР #973501.1986. Оpubл.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.
9. Ohta A., Sugiyama T., Tanaka Y. Fluidizing Mechanism and Application of Polycarboxylate _ based Superplasticizers.// Am. Concr. Inst., SP.1997. SP _173. P.p.359-378.
10. Воющкий С. С. Курс коллоидной химии. М.: изд-во «Химия»,1964 г. _574 с.

CONCRETES WITH COMPLEX ACCELERATING ADDITIVES

V. KANKAVA, B. ZIVZIVADZE, A. KANKAVA

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.



**ქვესაქცია: ენერჯისა და რესურსების დამზობაში
 ტექნოლოგიები ენერჯეტიკასა და მრეწველობაში**

**ბუნებრივი გაზი – ბენზინის და დიზელის
 საწვავის ალტერნატივა**

ა. ბეროშვილი, ი. ბეროშვილი, ე. მაჭავარიანი
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მოხსენებაში დასაბუთებულია საავტომობილო ტრანსპორტში ალტერნატიულ საწვავად ბუნებრივი გაზის გამოყენების მიზანშეწონილობა ეკოლოგიურობის, ეკონომიკურობის, უსაფრთხოების, სასოფლო ტექნიკაში გამოყენების და დედამიწის წიაღში არსებული სხვადასხვა საწვავის მარაგების თვალსაზრისით. ნახევრებია, რომ თხევადი ნახშირწყალბადების წიაღისეული მარაგის შემცირების დღევანდელ ეტაპზე საავტომობილო ძრავების საწვავად ბუნებრივი გაზის გამოყენება ჯერჯერობით ერთადერთ და მრავალი ასპექტით გამართლებულ ალტერნატივას წარმოადგენს.

3

თანამედროვე მსოფლიოს პრაქტიკულად ყველა განვითარებულ ქვეყანაში სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების არც თუ მცირე ნაწილი ეთმობა ეკოლოგიურად სუფთა და ეკონომიკურად გამართლებული ალტერნატიული საავტომობილო საწვავის მიღებას. მიღწეულია მნიშვნელოვანი შედეგები, ეს იქნება ელექტროენერჯის გამოყენება, ბიობენზინი თუ სხვადასხვა სპირტები, მაგრამ მათ ფართო დანერგვას სასურველ შედეგებამდე ვერ მივყავართ რიგი ობიექტური მიზეზების გამო. ექსპერტთა აზრით უახლოესი 40 ÷ 50 წლის განმავლობაში ყველაზე ეფექტურ ალტერნატიულ საწვავად დარჩება ბუნებრივი გაზი. ამ უკანასკნელის მნიშვნელოვან პოზიტიურობას სხვა საწვავებთან შედარებით ქვემოთ განვიხილავთ ეკოლოგიურობის, ეკონომიკურობის, სოფლის მეურნეობაში გამოყენების, უსაფრთხოების და დედამიწის წიაღში საწვავის მარაგების თანდათან უფრო მკაცრად შეზღუდული რაოდენობის არსებობის თვალსაზრისით.

ეკოლოგიური ასპექტი.

ბუნებრივი გაზის წვის პროდუქტებში ბენზინთან შედარებით თითქმის ორჯერ ნაკლებია ნახშირორჟანგი, რაც მნიშვნელოვანია გლობალური ეკოლოგიის თვალსაზრისით. ადგილობრივი ეკოლოგიური მდგომარეობა კიდევ უფრო ჯანსაღდება, რამდენადაც ბუნებრივი გაზი საერთოდ არ შეიცავს ისეთ კანცეროგენულ ნივთიერებებს, როგორც არის მძიმე ლითონების ჟანგეულები და დაუწვავი მძიმე ნახშირწყალბადები. ამასთან აზოტის ჟანგეულები და ნახშირორჟანგი 40 %-ით ნაკლებია. ცხადია, რომ ავტოტრანსპორტში თხევადი საწვავის ბუნებრივი გაზით ჩანაცვლება რადიკალურად გამოასწორებს ქალაქებში არსებულ ეკოლოგიურ მდგომარეობას.

ეკონომიკური ასპექტი:

ბუნებრივი გაზი ნავთობპროდუქტებთან შედარებით გაცილებით იაფია და ზემოთ აღნიშნული ჩანაცვლება, მაგალითად საქართველოს წლიურ ექსპორტ-იმპორტის ბალანსს დაახლოებით ნახევარი მილიარდი ლარით გააუმჯობესებს; გაიაფდება შიდა გადაზიდვები და ზოგადად ავტოტრანსპორტით გადაადგილება; თხევად საწვავსა და ბუნებრივ გაზს შორის არსებული ფასთა სხვაობა ფაქტიურად შიდა ინვესტიციად მოგვევლინება.

სოფლის მეურნეობაში გამოყენების თვალსაზრისით:

ეჭვს გარეშეა, რომ ჯანსაღი და ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქცია თანდათან უფრო გაძვირდება. სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული დიზელის საწვავზე მომუშავე

ტექნიკა აბინძურებს ნიადაგს და სოფლის მეურნეობის პროდუქციას. ამიტომაც რიგ ქვეყნებში უკვე სერიოზულად ცდილობენ სასოფლო ტექნიკაში ნავთობპროდუქტების ბუნებრივი გაზით ცანაცვლებას. აშშ-ში და უკვე რუსეთშიც სერიულად იწარმოება ბუნებრივ გაზზე მომუშავე ტრაქტორები. კახეთის რეგიონში ხუთი ტრაქტორი და ორი კომბაინი უკვე ბუნებრივ გაზზე მუშაობს.

უსაფრთხოების თვალსაზრისით:

მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნებში, მათ შორის აშშ-ში და რუსეთში მოღვაწე ექსპერტთა მონაცემებით, ბუნებრივი გაზით მოძრავი ავტოტრანსპორტი ნავთობპროდუქტებით ან სინთეტიკური საწვავით მოძრავ ტრანსპორტთან შედარებით გაცილებით უფრო უსაფრთხოდ ითვლება. ამავე დროს საქართველოში გაზით მოძრავი ტრანსპორტი საკმაოდ საფრთხის შემცველია. საქმე იმაშია, რომ ხუთიოდე წლის წინ ხელისუფლებამ გააუქმა გაზის სახელმწიფო ინსპექცია და პარალელურად, შესაბამის კანონმდებლობაში შეტანილი მთელი რიგი ცვლილებებით, ტექნიკური ზედამხედველობის სამსახური პრაქტიკულად მთლიანად ჩამოაცილა ბუნებრივი გაზთან დაკავშირებული უსაფრთხოების ნორმების დაცვის ინსპექტირებასა და კონტროლს.

შესაბამისად, ბუნებრივი გაზის გამოყენების სფეროში მთლიანად და მათ შორის ავტოგაზიფიკაციის დარგში, ამჟამად სრული ვაკანალიაა, რამაც უკვე არა ერთხელ მიგვიყვანა ძალზე მძიმე და ზოგჯერ ლეტალურ შედეგებთან ავარიებამდე.

აღნიშნულთან დაკავშირებით ჩვენ მივმართეთ ეკონომიკის სამინისტროს, სადაც უკვე დაწყებულია ამ საკითხის მოსაგვარებლად ზრუნვის სამზადისი, მაგრამ, ჩვენი აზრით, ძალზე დაბალი ტემპით.

მარაგების თვალსაზრისით:

უნდა აღინიშნოს, რომ დედამიწის წიაღში ბუნებრივი გაზის მარაგი გაცილებით დიდია ვიდრე ნავთობისა და ზოგიერთ ფიქალებში არსებული ფისების (ცნობილია, რომ ასეთი ფისების გადამუშავება ბენზინად და დიზელის საწვავად დიდ სირთულეს არ წარმოადგენს) ერთად აღებული მარაგი. უფრო მეტიც, მეთანის ჰიდრატებში არსებული მეთანის რაოდენობა გაცილებით დიდია ვიდრე სხვა საწვავი ნივთიერებების ჯამური რაოდენობა ქვანახშირის ჩათვლით. მოწინავე ქვეყნებში უკვე სერიოზულ ყურადღებას აქცევენ ჰიდრატებიდან მეთანის უსაფრთხოდ ამოღების უზრუნველყოფი ტექნოლოგიების დამუშავებას. ყველაფერი ეს კი იმაზე მეტყველებს, რომ ბუნებრივი გაზის გამოყენება კიდევ დიდხანს იქნება შესაძლებელი მას შემდეგ, რაც სხვა წიაღისეული ნახშირწყალბადები ამოიწურება.

დასასრულ უნდა აღინიშნოს, რომ მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში, რომლის ხელისუფლებასაც სწორად აქვს გათვითცნობიერებული ალტერნატიულ საწვავად ბუნებრივი გაზის გამოყენების ზემოთ ჩამოთვლილი დადებითი მხარეები, მაქსიმალურად ცდილობენ ხელი შეუწყონ ავტოგაზიფიკაციის სწრაფ განვითარებას. ეს ხელშეწყობა გამოიხატება შესაბამისი ბიზნესისათვის ზოგან საგადასახადო შეღავათების დაწესებაში და ზოგან პირდაპირ დოტაციაშიც კი. ასეა ყველა ქვეყანაში, კანადიდან და აშშ-დან დაწყებული, ირანითა და პაკისტანით დამთავრებული, გარდა საქართველოსი. საქართველოში ხელშეწყობის ნაცვლად ავტოგაზსავსებ საკომპრესორო სადგურებს სხვა საწარმოებთან შედარებით უფრო ძვირად აწვდიან გაზს და თითქმის ერთადერთი ქვეყანაა, სადაც საავტომობილო შეკუმშულ გაზზე ამ რამოდენიმე წლის წინ დაწესდა აქციზის გადასახადი. ეს მიდგომა თავიდანვე ელემენტალურად გაიშიფრა, როგორც ბენზინის ბიზნესის ლობირება.

თხევადი საწვავისა და ბუნებრივი გაზის ფასებს შორის არსებული მნიშვნელოვანი სხვაობისა და თანამედროვე პირობებში ბუნებრივი გაზის, როგორც ალტერნატიული საავტომობილო საწვავის, მრავალმხრივი პოზიტიურობის საყოველთაო აღიარების ფონზე, მიგვაჩნია, რომ ახალმა ხელისუფლებამ, რომელიც დაინტერესებულია ქვეყნის შემ-



დღომი ინტენსიური განვითარებით, ამ დარგის სპეციალისტებთან და მეცნიერებთან ერთად აუცილებლად უნდა შეიმუშაოს ქვეყნის ავტოგაზიფიცირების კონცეფცია, რომელშიც ჩამოყალიბებული იქნება როგორც უსაფრთხოების ნორმების დაცვისა და კონტროლის საკითხები, ასევე სხვა პრიორიტეტები დარგში მონოპოლიზმის არ დაშვების ჩათვლით. მონოპოლიზმზე ყურადღებას ვამახვილებთ იმიტომ, რომ მისი ნიშნები შესამჩნევი იყო წინა ხელისუფლების პირობებში და არც ეხლა არის გამორიცხული, რამდენადაც, გაზომმარაგების სფეროში ბოლო წლებში დამკვიდრებული ალოგიკური სქემა, სამწუხაროდ, ჯერ კიდევ ფუნქციონირებს.

NATURAL GAS – GASOLINE AND DIESEL FUEL ALTERNATIVE
BEROSHVILI A., BEROSHVILI I., MACHAVARIANI E.
 Georgian Technical University
Summary

In the report is substantiated the rationality of natural gas using as an alternative fuel for road transport. The justification is represented in the terms of ecology, economy, agricultural machinery and various depths in the earth's fuel reserves. It is shown that at the current level of reduction of liquid hydrocarbon fossil reserves, the using of natural gas as alternative fuel for road transport is so far the only mean, which is justified by many aspects.

3

**ინოვაციური ელასტიკურმილბიანი თბობადამცემი
 დანადგარების შექმნის შესაძლებლობა**

ჯიხვაძე მ., ზანცხავა ე., ძლოვრელი ნ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამუშაოს ძირითადი მიზანია არასტაციონარულ და დრეკად კედლებიან არხებში სითხის მოძრაობის თავისებურებათა შესწავლა ამ თავისებურებათა ტექნიკურ მოწყობილობებში გამოყენების თვალსაზრისით. კონკრეტულად კვლევა ჩატარდა არასტაციონარულ და დრეკადკედლებიან მილების თბობადამცემ დანადგარებში და დრეკადი, პლასტიკური და ელასტიკური თხელი რულონური მასალების თერმული დამუშავებისათვის საჭირო დანადგარებში, აეროდინამიკური საფრდენების შესაძლო ეფექტური გამოყენების დასაბუთების მიზნით. სამუშაოს მიზანს შეადგენდა აგრეთვე კვლევის პროცესში გამოყენებული ექსპერიმენტული სტენდების დამუშავება ტექნიკური უმაღლესი სასწავლებლების თბოენერგეტიკული მიმართულებების სასწავლო ლაბორატორიებში გამოყენების თვალსაზრისით.

პოლიმერული მასალები და მათ შორის პლასტიკური და ელასტიკური მილები და რულონური აფსკები სულ უფრო ფართო გამოყენებას პოულობს ტექნიკისა და ტექნოლოგიის მრავალ დარგში. მათ შორის დაბალი წნევის სხვადასხვა პნევმატიკურ და ჰიდროდინამიკურ მოწყობილობებში და დანადგარებში. ამ მხრივ აღსანიშნავია თუნდაც თბომეურნეობაში პოლიმერული მილების გამოყენების თანამედროვე მასშტაბი. პლასტიკურ და ელასტიკურკედლებიან არხებში სითხეების მოძრაობა მკვეთრად განსხვავდება მყარ და სტაციონარულ კედლებიან არხებში მოძრაობისაგან, მაგრამ დღემდე ამ მიმართულებით შესრულებულ სამეცნიერო ნაშრომთა აბსოლუტური უმრავლესობა სამედიცინო მიმართულებაზეა ორიენტირებული და ადამიანის სისხლის მიმოქცევის სისტემის შესწავლას ემსახურება.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, არასტაციონარულ და დრეკად კედლებიან არხებში

სითხის მოძრაობის თავისებურებათა ტექნიკურ მოწყობილობებში გამოყენების თვალსაზრისით გამოკვლევის აქტუალობა ეჭვს არ იწვევს.

სამუშაოს ძირითადი მიზანია არასტაციონარულ და დრეკად კედლებიან არხებში სითხის მოძრაობის თავისებურებათა შესწავლა ამ თავისებურებათა ტექნიკურ მოწყობილობებში გამოყენების თვალსაზრისით. კონკრეტულად კვლევა ჩატარდა არასტაციონარულ და დრეკადკედლებიან მილების თბოგადამცემ დანადგარებში და დრეკადი, პლასტიკური და ელასტიკური თხელი რულონური მასალების თერმული დამუშავებისათვის საჭირო დანადგარებში, აეროდინამიკური საყრდენების შესაძლო ეფექტური გამოყენების დასაბუთების მიზნით. სამუშაოს მიზანს შეადგენდა აგრეთვე კვლევის პროცესში გამოყენებული ექსპერიმენტული სტენდების დამუშავება ტექნიკური უმაღლესი სასწავლებლების თბოენერგეტიკული მიმართულებების სასწავლო ლაბორატორიებში გამოყენების თვალსაზრისით.

ვინაიდან აფსკის თერმული დამუშავების დანადგარი ფაქტიურად სითბოგადამცემ დანადგარს წარმოადგენს, ბუნებრივად წამოიჭრა მოსაზრება რეკუპერაციულ თბოგადამცემ დანადგარში გამყოფი კედლის როლში, პოლიმერული, პლასტიკური და ელასტიკური მასალის გამოყენების შესაძლებლობის შესახებ.

აღწერილი ტიპის რეკუპერაციული სითბოგადამცემები ხასიათდებიან შემდეგი უარყოფითი მხარეებით:

ლითონის მილების ბოლოების სამილე ცხაურასთან ჰერმეტიკული მიერთება წარმოადგენს რთულ, შრომატევად და ძვირ სამუშაოს. ტემპერატურის ცვლილებით გამოწვეული მექანიკური დეფორმაციების საკომპენსაციო მოწყობილობა ართულებს კონსტრუქციას და აძვირებს თბოგადამცემს. ლითონის მილის შიგა ზედაპირზე წარმოქმნილი ნადები ამცირებს სითბოს მატარებლის ნაკადის ტურბულენტური გულის დიამეტრს, რის გამოც იზრდება მილის ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობა და ენერგოდანახარჯები ტუმბოს ამძრავზე ანუ იზრდება თბოგადამცემის საექსპლუატაციო დანახარჯები. ლითონის მილები განიცდიან კოროზიას და მალე გამოდიან მწყობრიდან განსაკუთრებით იმ შემთხვევებში, როდესაც სითბოს მატარებლები წარმოადგენენ აგრესიულ ნივთიერებებს. ლითონის მილები ძვირია და მძიმე.

გარდა ზემოთ ჩამოთვლილისა, აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ კვების მრეწველობაში გამოყენებულ ლითონის მილებიან თბოგადამცემებს, ეკოლოგიური მოსაზრებებიდან გამომდინარე, ამზადებენ ძვირადღირებული უჟანგავი ფოლადისაგან ან ალუმინის სპეციალური შენადნობებისაგან, რის გამოც მკვეთრად იზრდება მათი თვითღირებულება.

მოსალოდნელია, რომ შემოთავაზებული კონცეპტუალური მოსაზრების რეალიზაცია უზრუნველყოფს აღნიშნული ნაკლოვანებების აღმოფხვრას.

მოსაზრების არსია ის, რომ თბოგადამცემში ლითონის მილების ნაცვლად ჩამონტაჟებულია ელასტიკური, პლასტიკური მასალისაგან დამზადებული მილები, რის ხარჯზეც თბოგადამცემმა შეიძლება შეიძინოს ახალი თვისებები და აღარ ხასიათდებოდეს ზემოთ ჩამოთვლილი ნაკლოვანი მხარეებით.

გარდა აღნიშნულისა, თბოგადამცემში თბოგადამტანების მოძრაობისას, პლასტიკური და ელასტიკური მილები განიცდიან რა რხევებსა და ვიბრაციას, მათ ზედაპირებზე მუდმივად მოხდება ლამინარული სასაზღვრო შრის რღვევა-გათხელება და მილების კედლების ორივე მხრიდან მიიღწევა თბოგაცემის კოეფიციენტების შედარებით მაღალი მნიშვნელობები, რაც იძლევა თბოგადამცემის სიმძლავრის გაზრდის საშუალებას. მილის შიგა ზედაპირზე წარმოქმნილი ლამინარული სასაზღვრო შრის გათხელებით კი გაიზრდება მილში მოძრავი თბოგადამტანის ნაკადის ტურბულენტური გულის დიამეტრი, რის გამოც შემცირდება მილის ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობა და შესაბამისად, ენერგოდანახარჯები ტუმბოს ამძრავზე.

დამატებით უნდა აღინიშნოს, რომ მილის კედლების ვიბრაცია ხელს უშლის მის

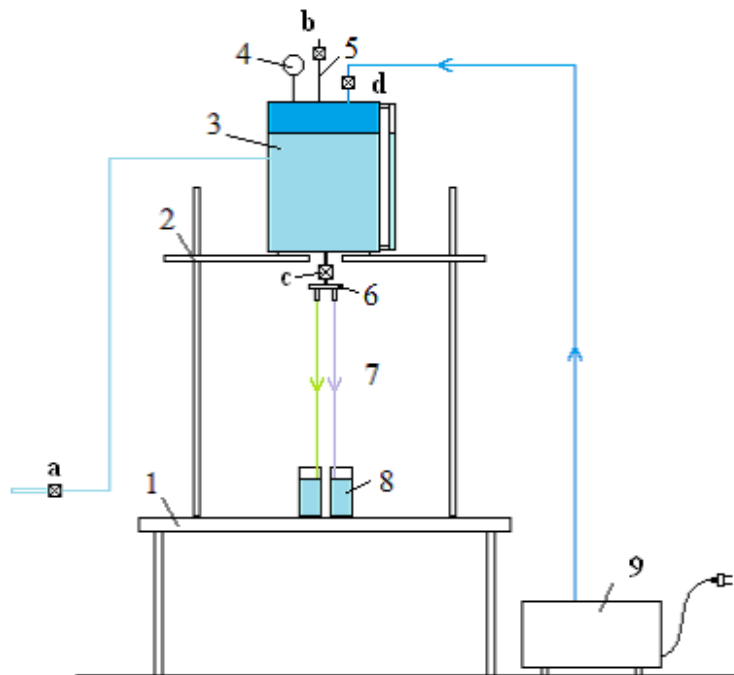
ზედაპირებზე სახვადასხვა დანალექის წარმოქმნას, რომლებიც დროთა განმავლობაში მნიშვნელოვნად ამცირებენ თბოგაცემის კოეფიციენტს როგორც შიდა, ასევე გარე მხრიდან.

გამოთქმული კონცეპტუალური მოსაზრების ზემოთ წარმოდგენილი ანალიზის საფუძველზე უნდა აღინიშნოს, რომ ამ მოსაზრების რეალიზაციით შესაძლებელია მნიშვნელოვნად ამაღლდეს ქიმიურ და კვების მრეწველობაში გამოყენებული თბოგადამცემების ენერგოეფექტურობა და მათი რემონტამდე მუშაობის რესურსი.

დასასრულ აღსანიშნავია, რომ პლასტიკური და ელასტიკური მასალებისაგან დამზადებული სითბოგადამცემების კვების მრეწველობაში გამოყენება მნიშვნელოვნად შეამცირებს პროდუქციის (სხვადსხვა სასმელის) თვითღირებულებას და გააუმჯობესებს მათ ეკოლოგიურ მახასიათებლებს.

გაანალიზებულია ჰუკის კანონი ელასტიკური და დრეკადი მილისათვის და განხილულია ამგვარ მილებში სითხის დინების ეგრეთწოდებული ფლატერული რეჟიმი, რის საფუძველზეც დასაბუთებულია თბოგადამცემ დანადგარებში პლასტიკური და ელასტიკური მილების გამოყენების პერსპექტიულობა ხსენებული დანადგარების მასალატევადობის შემცირების და ენერგოეფექტურობის შესაძლო შემცირების თვალსაზრისით.

აღწერილია მეტალის მყარი და პოლიმერული მასალის დრეკადი მილების ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობების ხარისხობრივი ურთიერთშედარების ჩასატარებელი ექსპერიმენტული დანადგარი №1, რომელიც წარმოდგენილია 1ნახ-ზე.



ნახ. 1. № 1 ექსპერიმენტული სტენდის სქემა

№ 1 დანადგარი წარმოადგენს ლაბორატორიულ მაგიდაზე (1) მოთავსებული სპეციალური სადგარს (2), რომელზეც განლაგებულია წყლის საწყისი მოცულობა (3). ამ უკანასკნელის ხუფზე მიერთებულია საწყის მოცულობაში განვითარებული წნევის გამზომი მანომეტრი (4) და „ბ“ ონკანიანი საპაერო მილი (5), ხოლო ფსკერზე – „ც“ ონკანის გავლით სამილტუნე კოლექტორი (6). სამილტუნე კოლექტორის მილტუნებზე მიერთებულია ლითონისა და ელასტიკური მასალისაგან დამზადებული გამოსაკვლევი და ურთიერთშედარებელი მილები (7), რომელთა ქვედა ბოლოები ჩაშვებულია სითხის მიმღებ და სითხის დონის მიხედვით მოცულობის მანვენებლებით აღჭურვილ ჭურჭლებში (8).



არასტაციონარულ და დრეკადკედლებიანი არხების თბოტექნოლოგიურ დანადგარებში გამოყენებით შესაძლებელია მათი ეფექტურობის გაზრდა, ასევე პოლიმერული და სხვა შემადგენლობის რულონური მასალების წარმოებაში აეროდინამიკურსაყრდენიანი მარტივი და მაღალეფექტური თბოლამამუშავებელი დანადგარების შექმნის თვალსაზრისით.

ექსპერიმენტულად გაზომილია ცალი მხრიდან არასტაციონარული და დრეკადი კედლის მქონე ბრტყელ არხში ჰაერის დინების მიმართულებით ჩამოყალიბებული სტატიკური წნევის განაწილება და არხის სისქის მნიშვნელობები. გამოკვლეულია აეროდინამიკური საყრდენის გეომეტრიული ზომები და დინამიკური მახასიათებლები.

ჩვენს მიერ დაპროექტებული და განხორციელებული ექსპერიმენტული სტენდები შეიძლება გამოყენებული იქნეს ტექნიკური უმაღლესი სასწავლებლების თბოენერგეტიკული მიმართულების სასწავლო ლაბორატორიებში.

ლიტერატურა

1. Дрейцер Г.А., Дзюбенко Б.В., Якименко Р.И. Интенсификация теплообмена и анализ методов сравнения теплогидравлической эффективности теплопередающих поверхностей. //Труды Второй Российской национальной конференции по теплообмену. – М.: МЭИ. 199 Т. С .99-102.
2. Гортышов Ю.Ф., Олипиев В.В., Попов И.А. Эффективность промышленно эффективных интенсификаторов теплопередачи (Обзор. Анализ. Рекомендации) // Известия РАН, Энергетика. 200 № С.102-118.
3. მაჭავარიანი ე., ჯიხვაძე მ. პოლიმერულ მილებიანი რეკუპერაციული სითბოგადამცემი. //საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“ შრომები. თბილისი, 2010 წ. გვ. 385–388.

POSSIBILITY OF THE CREATION OF INNOVATIVE HEAT-EXCHANGE EQUIPMENT WITH ELASTIC PIPES

M. JIKHVADZE, E. PANTSKHAVA, N. KSOVRELI

Georgian Technical University

Summary

The main objective of the work is to study specificities of movement of liquid in nonstationary flexible channel with regard to use these specificities in technical devices. Specific study has been made in nonstationary flexible heat-exchange facilities and in the devices necessary for thermal treatment of flexible, plastic and elastic thin roll materials in order to substantiate possible effective use of aerodynamic bearings. The aim of the work was also treatment of experimental stands used in researching process with regard to use them in heat-power training laboratories of the Higher Technical Institutes.

ვარციხე ჰეს-ის ჰიდრო ენერგოაბრეგატების ვიბრაციული მახასიათებლების ექსპერიმენტული კვლევა

ნ.კოკალიანი, ნ.გიორგელიძე, ო.შაუთიძე, ა.ყაველაშვილი

ა.წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ვარციხე ჰესი

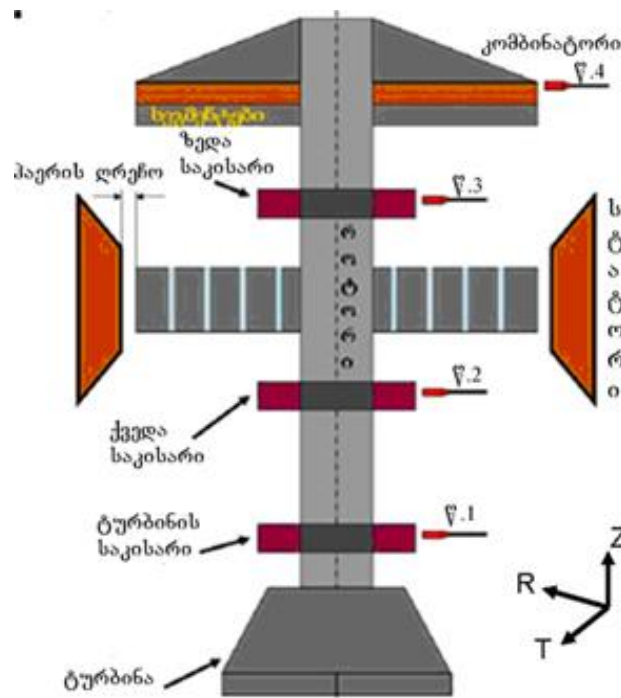
მოცემულია ჰესის ჰიდროაგრეგატების ვიბრაციული მახასიათებლების ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები. გაზომვები ჩატარებულია როტორის რადიალური, ტანგენციური გრძივი მიმართულებით აგრეგატის ოთხ წერტილში მუშაობის სტანდარტულ რეჟიმზე.

ჰიდრო ენერგოაგრეგატების ტექნიკურ მდგომარეობათა ვიბრაციული მონიტორინგისა და დიაგნოსტიკის საშუალებების დანერგვა პრაქტიკაში ითხოვს მათი ვიბრაციუ-

ლი ველების დრმა, დეტალურ ცოდნას. ამისათვის საჭიროა ჩატარდეს ვიბრაციული მახასიათებლების ექსპერიმენტული კვლევები, რათა შესწავლილი იქნას ვიბრაციების ამპლიტუდური და სისშირული მახასიათებლები ვიბრაციების გენერირების სრულ დიაპაზონში.

ქვემოთ მოცემულია ასეთი კვლევების ზოგიერთი შედეგები ვარცხე ჰეს-ის ჰიდრო ენერგობრუნვატების მაგალითებზე.

გაზომვები ჩატარდა სამივე მიმართულებებით ოთხ ვიბროაქტიურ წერტილებში - ტურბინაზე, ქვედა საკისარზე, ზედა საკისარზე და "კომბინატორზე", როგორც ეს არის ნაჩვენები ნახ.1.



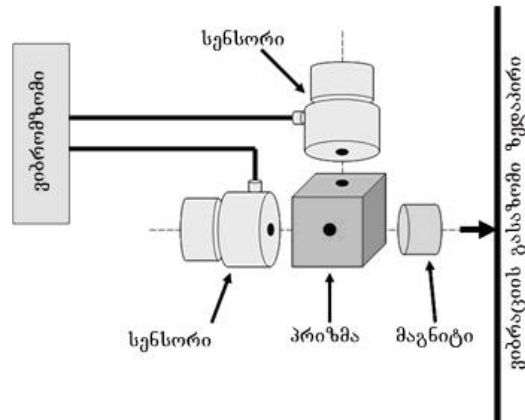
ნახ.1. ჰიდროაგრეგატის გაზომვების წერტილების სქემა

გამოყენებული იქნა ვიბრომზომი აპარატურა ВШВ-003 (სიზუსტის კლასი 1, ГОСТ 17187-81) და ვიბროაჩქარების პიეზო სენსორები ДН-3 (სისშირეთა დიაპაზონი 10 – 4000 ჰც), (ნახ.2).



ნახ.2. ვიბრომზომი ВШВ-003 და ვიბროაჩქარების სენსორები ДН-3.

სენსორები მაგრდებოდა გასაზომ ზედაპირზე მაგნიტისა და პრიზმის მეშვეობით, როგორც ეს ნახ.3 არის ნაჩვენები



ნახ.3. მზომი კვანძი

ვერტიკალურ მიმართულებით გაზომვისას მზომი კვანძი ბრუნდებოდა 90° გრადუსით საკუთარი ღერძის მიმართ და შემდეგ ზომავდა ტანგენციური მიმართულებით.

გაზომვის წინ ხდებოდა ხელსაწყოთა ელექტრული კალიბრება. გაზომვების სიზუსტე იყო

± 1 $\mu\text{მ}$. ხელსაწყო სრულიად გამოსადეგია ფარდობითი ვიბრაციების და შეფასებითი გაზომვებისას, მით უმეტეს რომ ხდება ორი და რამოდენიმე გაზომვების შედეგების შედარება ერთმანეთთან.

გაზომვებისას 20-30 წამიანი ვიბროსიგნალების მონაკვეთები იწერებოდა კომპიუტერში სპეციალური კომპიუტერული პროგრამით და შემდეგ ხდებოდა მათი დამუშავება და ანალიზი ლაბორატორიულ პირობებში.

ვიბროსიგნალები ციფრულად მუშავდებოდა როგორც სპეციალური კომპიუტერული პროგრამით, ასევე MathCAD-ის გარემოში.

განსაზღვრული იქნა და გაანალიზებული მოხსნილი სიგნალების შემდეგი ვიბრაციული მახასიათებლები:

- სიგნალების ფორმები;
- სიგნალების საშუალოკვადრატული მნიშვნელობები (რომლებიც სიგნალების ვიბრაციული ენერჯის პროპორციულია);
- კრესტ-ფაქტორები (რომლებიც მიუთითებენ დარტყმითი იმპულსების არსებობაზე სისტემაში);
- სიგნალების ჯამური დონეები, $\mu\text{მ}$;
- გადაადგილებები ჯამური დონეებით ძირითად მბრუნავ სისშირეზე, მმ;
- სიგნალების სპექტრალური შემადგენლობა სისშირეთა ოქტავურ ზოლებში, $\mu\text{მ}$;
- სიგნალების სპექტრალური შემადგენლობა სისშირეთა ტერც-ოქტავურ ზოლებში, $\mu\text{მ}$;
- სიგნალების ვიწროხოლიანი სპექტრალური შემადგენლობა (გატარების ზოლი 0.673 ჰც) მთელ სისშირულ დიაპაზონში და მდგენელების დეტალური ანალიზით, როგორც წრფივი, ასევე ლოგარითმული გაზომვების სკალით;
- ლოკალური და გლობალური მაქსიმუმების პოვნა თავის სისშირეებით;
- კეპსტრები (რომლებიც მიუთითებენ პერიოდულობაზე სიგნალებში);
- სიგნალების შემომვლელის სპექსპექტრალური შემადგენლობა;
- გაფილტრული მადალსისშირული სიგნალების შემომვლელის სპექსპექტრალური შემადგენლობა.

MathCAD-ის გარემოში სპეციალურად დამუშავდა და შეიქმნა კომპიუტერული პროგრამა, რომელიც რამოდენიმე წუთის განმავლობაში პოულობს ყველა ამ ვიბრაცი-

ულ პარამეტრებს და ადარებს ერთმანეთთან, როგორც რამოდენიმე გაზომვების შედეგებს, ასევე სხვადასხვა აგრეგატების გაზომვების შედეგებს საჭიროების შემთხვევაში.

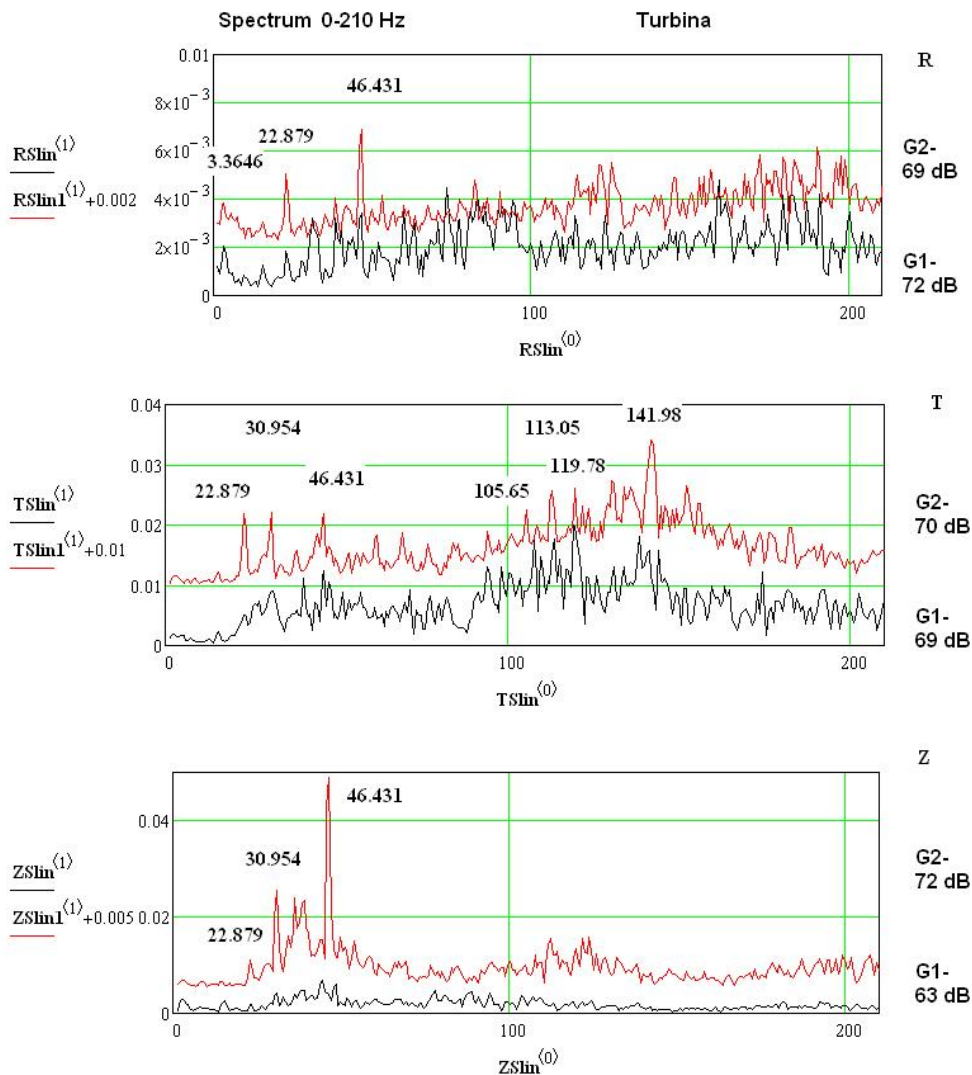
ჩვენს შემთხვევაში დამუშავდა და შედარდა 400 გრაფიკამდე. ერთერთი ტიპიური გრაფიკი მოყვანილია ქვემოთ ნახ.4.

მომავალში საჭიროა ყველა ჰიდრო ენერგობრუნვატებისათვის ვიბრაციული სიგნალების და მათი ვიბრაციული მახასიათებლების მონაცემთა ბაზის შექმნა. შემდეგ, ამ ბაზის გამოყენებით უნდა მოხდეს ანალიზი და ყველა შესაძლო წინაღუფექტური და დეფექტური ტექნიკურ მდგომარეობათა განსაზღვრა და ა.შ.

როტორის ნომინალური ბრუნვის სიხშირე ვარცხე ჰეს-ზე (ფრენსისის ტიპის დაბალი ბრუნვის ვერტიკალური აგრეგატები) შეადგენს 115.5 ბრ/წუთში, ანუ 1.923 ჰც. ყველა დინამიური პროცესები სისტემაში მეორდება $f_0 = 1.923$ ჰც პერიოდულობით. ეს არის როტორის ბრუნვის ძირითადი სიხშირე და ჰარმონიკები ჩნდება სიხშირეებზე $k \cdot f_0$, სადაც $k = 1, 2, 3, \dots$.

ტურბინას აქვს ოთხი ფრთა და ამიტომ ძირითადი ფრთის სიხშირე არის $f_1 = 1.923 \times 4 = 7.68$ ჰც, ესეგი ფრთის ჰარმონიკები განლაგდებიან $k \cdot f_1$ სიხშირეებზე.

3



ნახ.4. G1 და G2 გენერატორების სპექტრალური მდგენელების შედარება 0 – 210 ჰც სიხშირულ დიაპაზონში სამივე მიმართულებით (გაზომვის წერტილი 1, ტურბინა)

სამწუხაროდ სენსორების ДН-3 სისშირული დიაპაზონი შეადგენს 10 - 4000 ჰც. ეს იმას ნიშნავს, 10 ჰც ქვემოთ (ინფრაბგერითი რხევები) და 4000 ჰც ზემოთ ამ სენსორებით შეუძლებელია ზუსტად გაანალიზდეს ვიბრაციები, რაც ცუდად გამოისახე შედეგებში. არ მოხანს პირველი ძირითადი და ფრთის პარმონიკები და სუბპარმონიკები, რაც არ იძლევა შესაძლებლობას დიაგნოსტირება გაუკეთოთ მნიშვნელოვან ცვეთის დეფექტებს და აგრეთვე შეუძლებელია სრულად გავაანალიზოთ მაღალსიხშირული ვიბრაციების შემომგვლების სპექტრი მოდულირებული რხევების, ავტორხევების და კავიტაციის წარმოშობის შემთხვევებში.

გაზომვებმა მოგვცა შემდეგი შედეგები რადიალური მიმართულებით.

ცხრილი 1.

გაზომილი პარამეტრი	ტურბინა-№1		ქვედა საკ-№2		ზედა საკ-№3		კომბინატ-№4	
	G1	G2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2
ვიბრაციის ჯამურ. დონე (ვიბროანქარება), დБ	72	67	68	69	66	73	65	65
შესაბამისი გადაადგილება ძირითად სიხშირეზე fo=1.923 ჰც, მნიშვნელ-p _{ek} -ak	0.378 მმ	0.212 მმ	0.238 მმ	0.267 მმ	0.189 მმ	0.424 მმ	0.168 მმ	0.168 მმ
საშუალო კვადრატული მნიშვნელობა - RMS	100.1	58.6	65.9	71.3	57.1	105.2	50.8	49.8
კრესტ-ფაქტორი	6.3 *	4.3 *	3.2	3.1	2.8	2.3	2.3	2.0
გლობალური მაქსიმუმი სპექტრში სიხშირეზე	2362 ჰც	2084 ჰც	837.1 ჰც	71.3 ჰც	942 ჰც	800 ჰც	471 ჰც	800 ჰც
ძირითადი სიხშირის პარმონიკები fo = 1.923 ჰც	ძნელი გასარჩევია	----	----	-----	----	----	----	-----
ფრთის სიხშირის პარმონიკები fi = 7.68 ჰც დიაპაზონში 200 ჰც-მდე	50 დБ ქვევით	50 დБ	60 დБ	60 დБ	70 დБ	70 დБ	70 დБ	70 დБ
სპექტრის მდგენელების სიგრძე 200 ჰც-მდე	27120	23130	73990	79620	46670	60450	51290	62160
გვერდითი სიხშირეების არსებობა სპექტრში	არის - ანალიზი	არის - ანალიზი	არის - ანალიზი	არის - ანალიზი	138.6 ±2.02	არაა	არაა	არის
გამოყოფილი მდგენელები კეპსტრში, ჰც	3.4	3.4	5.4 и 95.6	3.4 и 140	3.4 и 20.8 ჰც	3.4 и 43.7 ჰც	140 ჰც	140 ჰც
გამოყოფილი მდგენელები შემომგვლების სპექტრში, ჰც	2.02	არა	24.89	34.3 и 135.3	4.04 ჰც	არა	25 и 50 ჰც	25 и 50 ჰც

*გენერატორების G1 და G2 ქვედა საკისრებში პრობლემებია რადიალური მიმართულებით 28.9±2.02 ჰც სიხშირის მახლობლობაში და სიხშირეების 49.9 ჰც G1-სათვის და 69.3ჰც - G2-სათვის გვერდითი სიხშირეების გამოჩენით. ალბათ-შეზეთვის რეჟიმის დარღვევა. მაღალი უტყუარობისათვის საჭიროა დაკვირვებათა სტატისტიკა.

ანალოგიური მახასიათებლების ცხრილები და გრაფიკები შექმნილი იქნა ყველა სამივე მიმართულებით. ჩატარებული გაზომვების და ანალიზის საფუძველზე შესაძლებელია შემდეგი დასკვნების გაკეთება:



**EXPERIMENTAL STUDIES OF VIBRATION CHARACTERISTICS OF VARTSIKHE
HPP HYDRO POWER GENERATING UNITS**

N. KOPALIANI, N. GIORKHELIDZE, O. SHAUTIDZE, A. KAVELASHVILI
Akaki Tsereteli State University, Vartsikhe HPP

Summary

Results of experimental studies of vibration characteristics are given in work a hydra of power units of Vartsikhe HES. Measurements were carried out in the radial, tangential and longitudinal directions of a rotor in 4 points of the unit on standard operating modes.

The analysis of results of measurements is provided in conclusions, and is specified that these results of measurements have to be used in the future in the analysis of vibrations of units, at detection of defects and an assessment of technical conditions of these units.

**ЭНЕРГО И - РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИИ
МАРГАНЦЕВЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ**

Г.В. ДЖАНДИЕРИ*, Д.В. РОБАКИДЗЕ, К. Р. НИЁЗОВ*****

*Институт Металлургии и материаловедения Фердинанда Тавадзе, Тбилиси, Грузия

**Государственный университет Акакия Церетели, Кутаиси, Грузия

***Горно-металлургический Институт (ГМИТ), Чкаловск, Таджикистан

Металлургия является наиболее энерго- и материалоемким отраслям тяжелой промышленности. В тоже время, благодаря непрерывному совершенствованию электроплавильных агрегатов (индукционных и дуговых печей), доля жидкого металла, получаемого в электропечах постоянно растет. Анализ статистических данных показывает, что эффективность использования тепла при электроплавки в среднем составляет 60 %. Потеря 40% энергии перед развитием электрометаллургии ставит задачу о разработке новых, более усовершенствованных конструкциях и технологиях электротермической плавки.

Известно, что производство ферросплавов один из наиболее энергоемких отраслей черной металлургии. В Грузии расход электроэнергии при электротермической плавки такого крупнотоннажного марганцевого ферросплава, как ферросиликомарганец, колеблется в пределах 2500-3000 кВт•ч/т. При минимальной стоимости электроэнергии 0,3-0,5 \$ за 1 кВт•ч, энергозатраты на 1 тонну расплава составляют 750-1000 \$, что существенно снижает конкурентоспособность этого производства. Необходимость использования так же дорогостоящего металлургического кокса, средний расход которого на тонну ферросплавной продукции составляет 0,400-0,450 т. стоимостью 150-200 \$, еще более усугубляют эту проблему. Перед этими проблемами стоят большинство электрометаллургических производств. Они вынуждены искать пути снижения энерго- и материалоемкости своих технологий.

В настоящее время разработан и апробирован ряд технологических процессов, которые позволяют существенно интенсифицировать работу печей и сократить удельный расход электроэнергии и одновременно обеспечить высокое качество жидкого металла. Среди них работа «с болотом», дожигание углекислый газ СО непосредственно в рабочем пространстве печи, подогрев шихты колошниковыми газами, использование тепла собственных жидких шлаков в агломерации шихты [1], расширение использования электродуговых печей постоянного тока и т.д. Эти мероприятия позволяют снизить средние удельные затраты электроэнергии на плавку в среднем на 15-20%.

Одним из самым эффективным решением считается предварительный подогрев шихты, но

к этому приему большинство печей не приспособлены, что требует значительных реконструкционных работ и капитальных расходов. По этому большинство металлургических заводов оберегаются этой пути.

В последнее время возобновились работы по созданию дуплекс-печей, которые представляют собой электропечей нового поколения и отличаются повышенной производительностью, энерго экономичностью и надежностью.

Наиболее прогрессивный агрегат описан в патенте РФ №2348881 [2] на «Печь Ванюкова для плавки материалов, содержащих цветные и черные металлы». Совершенствование этой печи предложено в патенте РФ №2380633 [3], целью которых являлся создание печного агрегата адаптированного к условиям выплавки марганцевых ферросплавов из железомарганцевых бедных руд, концентратов и техногенных отходов металлургии. Совокупность новых признаков существенного совершенствования прототипа [2] дает положительный энерго и – ресурсосберегающий эффект и устраняет почти всех недостатков известных традиционных электропечных агрегатов для выплавки марганцевых ферросплавов.

Дуплекс-печь для выплавки марганцевых сплавов содержит жидкофазную плавильную шахту с кессонированными поясами с нижним и верхним рядами фурм и с отверстиями для отвода газов и загрузки шихты и выпуска жидкого металла, наклонную или ступенчатую подину, перегородку с нижним окном или окнами для выпуска шлакового расплава в сифон, на своде которого установлены электроды для регулирования температуры расплава, и каналами для выпуска шлаковой и металлической составляющих расплава из нижней его части.

В ней роль торцевой стенки плавильной шахты и сифона выполняет перегородка, верхняя кромка которой опирается на свод плавильной шахты, а нижняя - на ее подину, свод сифона, через окна перегородки, выполненных для отвода газов из-под его свода, на уровне ниже горизонтальной оси верхнего ряда фурм жидкофазной плавильной шахты, сообщена с плавильной шахтой и содержит патрубки для загрузки углеродсодержащих материалов (кокс, уголь и т.д.) в зону горения дуги электродов, а в нижней части сифона установлена сплошная перегородка, верхняя кромка которой заканчивается выше горизонтальной оси нижнего ряда фурм, а нижняя кромка опирается на подину сифона. Параллельно установленные сплошная перегородка и поперечная перегородка с окнами образуют канал для перетока расплава из плавильной зоны на поверхность слоя углеродсодержащего восстановителя в сифоне.

Кроме того, дуплекс-печь для выплавки марганцевых сплавов, свод ее сифона через окно перегородки, играющей и роль общей торцевой стенки между плавильной шахтой и сифоном с электродами, сообщен с плавильной шахтой ниже горизонтальной оси верхнего ряда фурм, например, на 8-12 размеров устья фурм.

Дуплекс-печь для выплавки марганцевых сплавов из железомарганцевых бедных руд и концентратов и техногенных отходов металлургии схематично иллюстрирован на рис.1. Печь содержит: кессонированную жидкофазную плавильную шахту - 1 с корпусом - 2; фурмы нижнего ряда - 3; фурмы верхнего ряда - 4; свод - 6 с патрубками 7 для загрузки шихты на переработку и патрубками - 8 для отвода печных газов на своде и патрубков - 9 для отвода жидкого металла, подину - 10 (ровную, наклонную, ступенчатую или другой формы), сифон - 11 с установленными на его своде электродами - 12 для регулирования температуры расплава и каналами - 14 для выпуска шлаковой и металлической составляющей расплава, поперечную перегородку - 13, верхняя кромка которой опирается на свод 6 плавильной шахты - 1, а нижняя - на ее подину - 10; свод сифона - 14 с отверстиями для подачи углеродсодержащего угля или кокса (не обозначены); в качестве торцевой стенки корпуса 2 плавильной шахты 1 и сифона 11 использована перегородка 13, имеющая нижнего окна - 15 и окно - 16 для отвода печных газов из-под свода сифона 11 в нижнюю зону верхнего ряда фурм 4; торцевая стенка сифона 11 выполнена в виде сплошной поперечной перегородки 17, верхняя кромка которой заканчивается выше горизонтальной оси нижнего пояса ряда фурм 3, а сама перегородка 17 расположена параллельно поперечной

высоких скоростей отходящих газов в надшлаковом пространстве не создают условия для выноса пылей из жидкофазной плавильной шахты. Это подтверждено практикой работы печей: жидкофазная плавка при переработке мелкодисперсных материалов обеспечивает снижение выноса пылей до 30 раз по сравнению с шахтной, доменной или отражательной печи. Поскольку загружаемая марганецсодержащая шихта сначала, погружаясь в слой расплавленного шлака, смачивается, затем фурмами нижнего ряда выбрасывается в верхнюю зону плавильной шахты 1, реакция восстановления железа идет многократно интенсивнее, чем в других известных печных агрегатах, а отделение CO и H₂ от процесса восстановления происходит в верхней зоне шахты и дожигаются фурмами верхнего ряда фурм. При этом тепло, выделяющееся при дожигании CO и H₂, входя в контакт с мельчайшими частицами металла и шлака, возвращается обратно в жидкофазный барботирующий слой.

Образующийся расплав восстановленных оксидов в сифоне 11 выводится через патрубок (отверстие 14) сифона. Состав этого продукта плавки: 70-75% Mn, 17-20% Si, 1,5-2,5% C, 0,1-0,3% P и остальное Fe. Выделяющиеся при получении этого продукта газы CO непрерывно отводятся через окна 16 в перегородке 13 и сгорают до CO₂ (т.е. исчезает особо опасный для экологии диоксид), а тепло (ориентировочно 30% тепла плавильной зоны печи передается жидкофазному барботирующему слою.

Таким образом, совокупность новых элементов и их расположения позволяют повышать извлечение Fe на 30-35%, марганца на 15-25% и одновременно утилизировать тепло отходящих газов обратно в процессы дуплекс-печи, что снижает также энергозатраты на 15-25%, а также позволяет избавиться, практически полностью, от особо опасных для здоровья диоксидов.

В настоящее время, для производственных условий существующих со социалистических времен ферросплавных заводов, которые в основном оснащены руднотермическими электропечами, внедрение схемы дуплекс-плавки связано с значимыми инвестиционными затратами, но при одновременной наличии свободных мощностей в виде рафинировочных и стационарных руднотермических печей, есть возможность создания новой комбинированной электропечной системы, приближенной к конструкции дуплекс-печь. В частности, нами предлагается совмещение шлаковыплавляющего (рафинирующего) печного агрегата с ферросплавным рудовосстановительным печом.

Заявка на новой ресурсосберегающей технологии выплавки низкофосфористых высокомарганцевых шлаков из дисперсных пылевидных отходов ферросплавного производства, нами уже подана в патентное ведомство Грузии [4]. При совмещении этого процесса с параллельной выплавкой ферросплава, получим эффект дуплекс-печи. Энергетические затраты на выплавке конечного марганцевого продукта, в данном случае может сократится на 10-15%, что при эксплуатации физических и морально устаревших печных агрегатов можно считать наилучшим достижением.

ЛИТЕРАТУРА:

1. გ. ჯანდიერი, ნ. წერეთელი. დ. სახვაძე, გ. თავაძე, გ. ჯიშკარიანი. სამთო-მეტალურგიული ნარჩენებისა და წერილფრაქციული კონცენტრატებისაგან მანგანუმშემცველი კონგლომერატის მიღების მაღალმწარმოებლური ენერგოეფექტური ტექნოლოგია. აკადემიკოს თ. ლოლაძის 100 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი, 2011. გვ. 147-155
2. Патент RU 2348881, F27B17/00. Салихов З.Г., Щетинин А.П., Ишметьев Е.Н. Жидкофазная печь для плавки материалов, содержащих цветные и черные металлы. 27.09.2007
3. Патент RU 2380633, F27B17/00; C22C33/04. Салихов З.Г., Ишметьев Е.Н., Щетинин А.П. Дуплекс-печь для выплавки марганцевых сплавов из железомарганцевых бедных руд и концентратов и техногенных отходов металлургии. 27.01.2010
4. საქართველოს პატენტი AP 2013 / 013024 (საკონვენციო პრორიტეტი). ვ. ახოზაძე, გ. ჯანდიერი, თ. ახოზაძე, გ. ქველაძე, ლ. ლებანიძე. მანგანუმშემცველი ტექნოგენური ნარჩენების რეციკლირებისა და დაბალფოსფორიანი გადასამუშავებელი წილის გამოდნობის ხერხი.



ENERGY AND RESOURCE CONSERVATION IN ELECTROMETALLURGY OF MANGANESE FERRO-ALLOYS

G. JANDIERI*, D. ROBAKIDZE.** K. NIEZHOV***

*Ferdinand Tavavdze Institute of Metallurgy and materials science,

**Akaki Tsereteli State University

*** Mining-Metallurgical Institute, Tajikistan.

Summary

The paper considers manganese ferroalloys electrometallurgical energy and resource conservation problems. For energy production and resource conservation is offered new type of smelting aggregate duplex oven. There is For free enterprise capacity ferroalloy factories is offered manganese conditional man-caused waste low-phosphorus high-manganese slag melting utilizable reeving and traditional, reconstruction of ferroalloys melting high-manganese ovens considering of duplex oven technological principles and constructive particularities

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ УЗЕЛ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ РУДОПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

БАКУРАДЗЕ Э., ЗИВЗИВАДЗЕ Б., АБЕСАДЗЕ Н., БАКУРАДЗЕ К.

Государственный университет Ак.Церетели

В работе рассмотрен вопрос замены медных труб, применяемых для охлаждения электроконтактных узлов – „щёчек” рудоплавильных печей с целью повышения надёжности и продолжительности их работы.

Предложен альтернативный метод изготовления „щёчек” с применением композиционных труб из металл-текстиля. Дана технология изготовления композиционных труб и „щёчек” новой конструкции, конструкция испытана на надёжность в промышленных условиях.

Одним из источников электропитания электродов плавильных печей в ферроплавильном производстве является электроконтактный узел - „щёчки”, которые при длительной работе испытывают большую электро- и термонагрузку. Из-за этого их необходимо непрерывно охлаждать потоком холодной воды[1,2].

В зависимости от конструкции „щёчек” вода подаётся в них различными способами. Если „щёчки” изготовлены литейным методом, вода подаётся с помощью медных труб, вмонтированных в них в процессе их изготовления. Если же „щёчки” изготовлены кованным методом, то вода подаётся через проходной канал, который сформирован в „щёчках” в момент их изготовления. У „щёчек” этих конструкций имеются ряд недостатков, в частности – недостаточный взаимный контакт по всему периметру трубы и „щёчек” и пространственная неоднородность структуры.

Из-за указанных недостатков продолжительность работы „щёчек” ограничена, что вызывает частые простои печи, существенно снижает производительность оборудования.

Наблюдения за работой печи показали, что, несмотря на налаженность технологического процесса, взаимоконтакт между корпусом трубы и „щёчками” недостаточный и более малый, чем на других участках, что при длительной эксплуатации вызывает сокращение срока службы „щёчек”. Одну печь обслуживают три электрода, каждый из которых снабжен восьмью „щёчками”, т.е. печь обслуживают 24 „щёчки”. Вес каждой „щёчки” с учётом конструкции печи составляет 300-350 кг. Для замены „щёчек” в одной печи, а это происходит два раза в год, необходимо 14420-21600 кг. меди.

Учитывая актуальность проблемы, нами предложен альтернативная технология изготовления

„щёчек”, где медные трубы будут заменены трубами из композиционных материалов.

Объект и методы исследования.

Объектом исследования являются „щёчки” рудоплавильной печи. В процессе работы были исследованы длительность и надёжность предлагаемой нами конструкции „щёчек” в сравнении с существующими. Для достижения поставленной цели была применена комплексная методика исследования, включающая современные методы исследования, анализ достижений в данной области.

Постановка задачи.

Целью данной работы является повышение надёжности электротермических рудоплавильных печей с использованием „щёчек” новой конструкции из композиционных материалов.

Результаты и их обсуждения

Композиты представляют композицию, состоящую из разных материалов со специфической структурой и геометрической формой. При их изготовлении можно получить изделия с высокими эксплуатационными свойствами, которые невозможно получить при изготовлении изделий из отдельных компонентов этой комбинации [3].

При составлении композиции выбор сырья и технологии должен соответствовать производственным требованиям. Правильный выбор структуры композитов является важнейшим фактором для получения композитов с необходимыми эксплуатационными свойствами. Свойство готового изделия определяет выбор состава композита, метод его получения и форма. Нами предложен альтернативный вариант технологии замены медных труб с применением композиционных материалов. Это достигается тем, что после литья „щёчек” производим фрикционное разделение композиционных труб и постепенно выносим их из литейной формы. В результате этого в целом объёме литейной формы получаем электроконтактный узел (рис.1,б) с однородной структурой, улучшенным электро и теплообменным охлаждающим каналом [4], что в корне отличается от существующей конструкции (рис.1,а).

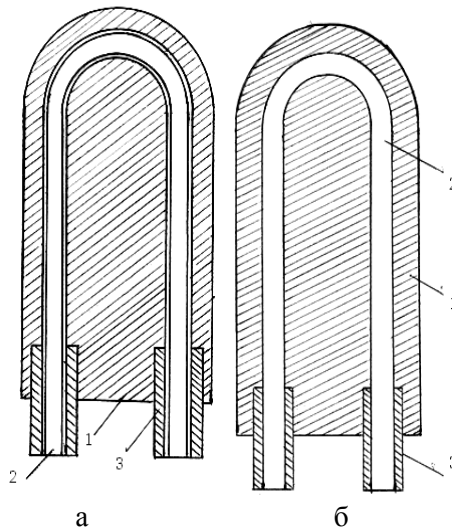


Рис.1.Конструкция „щёчек”. а) существующая конструкция; 1- корпус „щёчек”; 2- медная труба; 3- электроконтактные втулки.

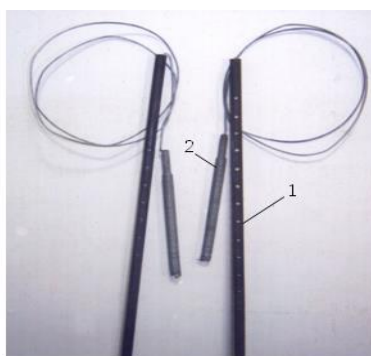
б) альтернативная конструкция. 1- корпус „щёчек”; 2-канал; 3-электроконтактные втулки.

Изготовление электроконтактного узла „щёчек” новым методом предусматривает формирование водяного канала путем предварительного помещения в литейную форму U-образной гнутой композиционной трубы с насаженными на её концы контактными втулками и последующей заливкой расплавленного металла в форму. После охлаждения „щёчек” производим вынос из формы композиционных труб фракционно (рис.2).



Рис.2. Технология изготовления „щёчек” из композиционных материалов.

При формировании альтернативных „щёчек”, помещенная в форму U-образная гнутая композиционная труба испытывает напор расплавленной меди, поэтому она должна обладать устойчивостью против деформации и температуры. Прямолинейные участки трубы должны быть изготовлены из термостойкого металла с перфорированной поверхностью. Перфорированная поверхность обязательна для вывода сгораемых газов из отливки в атмосферу, в противном случае возможно образование воздушных пузырьков в литье, что вызывает дефекты изделия. Изогнутая часть композиционной трубы должна быть изготовлена из термостойкой проволоки в виде спирали с нулевым шагом между витками, которая состоит из двух вставленных в друг друга частей. Такое расположение витков облегчает их выход из литейной формы. Расправленные концы спирали проходят по всей глубине трубы и выступают из неё на 15-20 см., что необходимо для последующего вывода спирали из трубы. В процессе изготовления должны быть учтены диаметр металлической трубы, толщина, размер отверстий, их количество, продольное сечение проволоки и размер витка. Так были изготовлены элементы металлической части композиционной трубы (рис.3).



**Рис.3. Элементы металлической части композиционной трубы.
1-перфорированная металлическая труба; 2- спиралевидный элемент.**

Сравнительно более специфичен и сложен подбор текстильного компонента. Он должен обладать различного уровня термо- и физико-механическими свойствами, т.к. в основном от их свойств зависит литьё „щёчек”, условия разделения на фракции для вывода их из литейной формы, размеры канала для прохода воды и чистота поверхности, и, в конечном счете, техническая надежность работы „щёчек”. Необходимое пространственное расположение композиционной трубы по периметру литейной формы регулируется фиксирующими шайбами.

Участки U-образной трубы должны быть покрыты несколькими волокнистыми слоями разной термостойкости. Необходимо, чтобы первый волокнистый слой имел термостойкость 600-700°C, т.к. он в момент заливки в форму должен быть сохранён начальный размер трубы, а на последующем этапе должен сгореть и разложиться, в результате чего между металлической поверхностью трубы и вторым волокнистым слоем образуется круглая пространственная пустота, что облегчает вывод перфорированных металлических труб из литейной формы. В противном

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ УЗЕЛ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ РУДОПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

случае вывод трубы из формы будет невозможен. Следующий волокнистый слой должен обладать большей, чем расплавленная медь, термоустойчивостью ($>1200^{\circ}\text{C}$). Это необходимо для того, чтобы соблюсти нужные размеры канала для прохода воды. Для этого был выбран термоустойчивый ровинг, который в виде спирали в несколько рядов обвивает первый волокнистый слой на всех участках. Третий слой сформирован в виде термоустойчивой волокнистой пасты ($>1200^{\circ}\text{C}$), которая придаёт поверхности композиционной трубы гладкий внешний вид. Это является обязательным фактором для нормального течения потока воды в „щёчках”.

На первом этапе формирования композиционной трубы нами применен метод навивки слоя термоустойчивого базальтового ровинга ($600-700^{\circ}\text{C}$) толщиной 3 мм. путем ручной раскладки. Второй слой формируется из асбестового ровинга, конструкции придаётся вертикальное положение. В конечном счёте получаем композиционную трубу с необходимыми заданными свойствами (рис.4)



Рис.4. Композиционные трубы разной конструкции.

Выводы

Производственные испытания композиционной трубы по предложенному нами методу на Зестафонском ферросплавном заводе показали, что электроконтактные „щёчки” и их охлаждающие каналы полностью отвечают требованиям, предъявляемым к этой части рудоплавильной печи. Продолжительность работы „щёчек” увеличилась в 2,0-2,5 раза по сравнению с существующими „щёчками”. С применением композиционных труб вес электроконтактного узла - „щёчек” уменьшился на 65кг. Внедрение предложенного метода на металлургических предприятиях даст существенный экономический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник “Сталеплавильное производство”, т.1 (под редакцией чл.-корр.АН СССР Самарина А), Москва: Металлургия, 1964. -125с.
2. Кашанашвили Г. Металлургия стали.Тбилиси., Мецниереба, 2002 (на грузинском языке), -223 с.
3. Любина Дж. Справочник по композиционным материалам, Москва, Машиностроение, 1988. -250 с.



4. Бакурадзе Е., Бакурадзе К. Патент Грузии, Бюлл.№7(251) АР 2006 009387, Тбилиси, 2008. Метод изготовления электроконтактного узла „щѣчки” электродов электротермических плавильных печей.

ALTERNATIVE UNIT FOR ELECTRO-THERMAL ORE-SMELTING FURNACES

E., BAKURADZE, B. ZIVZIVADZE, N ABESADZE., K BAKURADZE

Akaki.Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on the issue of replacing the copper pipes intended for water stream cooling of electro-contact units (so-called “jaws”) of furnace’s electrodes for the purpose of increasing the ore-smelting furnace operation reliability and durability. There are proposed the alternative methods of fabrication of jaws by using of composite materials. There is used the metal-textile composition, shown the technology for fabrication of composite materials and tests carried out on their reliability are considered. Tests carried out on composite materials made by using the proposed method have shown that the electro-contact jaws and their cooling duct completely meet the requirements imposed. The moisture and gases existing in a composite pipe completely leave the ingot form. The obtained jaws has a completely uniform structure, and its operation life is increased by 2-2,5 times. By using the composite pipe in the electro-contact unit – “jaw”, its weight was decreased by 65 kg.

ელექტრული ველი ლითონების ელექტროწიღური გადადნობისას

მ. შალამბერიძე, ა. კაკაუშიძე, თ. შხაპაძე, ა. სულამანიძე

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

განალიზებულია ელექტრული დენის გავლის შესაძლო ვხები და ელექტრული ველის განაწილება დნობადი ელექტროდით ელექტროწიღური გადადნობისას.

გამოკვლევულია ელექტრული ველის თავისებურებანი არადნობადი ელექტროდით ელექტროწიღური გადადნობისას და დადგენილია, რომ არადნობადი ელექტროდებით ელექტროწიღური გადადნობისას წიდის და ლითონის აბაზანების მახლობლობაში დენი არ ვადის და გადადნობისათვის საჭირო სითბო არ გამოიყოფა.

ლითონების ელექტროწიღური გადადნობა წარმოადგენს ელექტრომეტალურგიის სპეციალურ დარგს, რომლის მიზანს შეადგენს მაღალხარისხოვანი ფოლადების მიღება, რისთვისაც მეტალურგიაში მიღებული ჩვეულებრივი ფოლადისაგან წინასწარ დამზადებული ელექტროდის (1) გადადნობა ხდება კრისტალიზატორში (2). გადადნობისათვის საჭირო სითბო გამოიყოფა წინასწარ გამდნარ წიდის აბაზანაში (3) დენის (4) გავლით (სურ. 1).

ელექტრული კვების წყაროს წარმოადგენს სპეციალური ტრანსფორმატორი, რომელიც მიერთებულია დნობად ელექტროდთან (1) და კრისტალიზატორის ძირთან (5): ელექტროდი (1) სპეციალური სპეციალური მიმწოდი მექანიზმის საშუალებით, გადადნობის შესაბამისი სიჩქარით მიეწოდება წიდის აბაზანაში. გამდნარი ლითონი წიდის გავლით ქმნის გამდნარი ლითონის აბაზანას. გამყარებული გამდნარი ლითონი თანდათანობით გამოიწელება კრისტალიზატორის ქვედა ბოლოდან და ამით წიდის აბაზანის სიმაღლე რჩება უცვლელი.

დნობადი ელექტროდით ელექტროწიღური გადადნობის პროცესში წიდაში გამავალი დენი

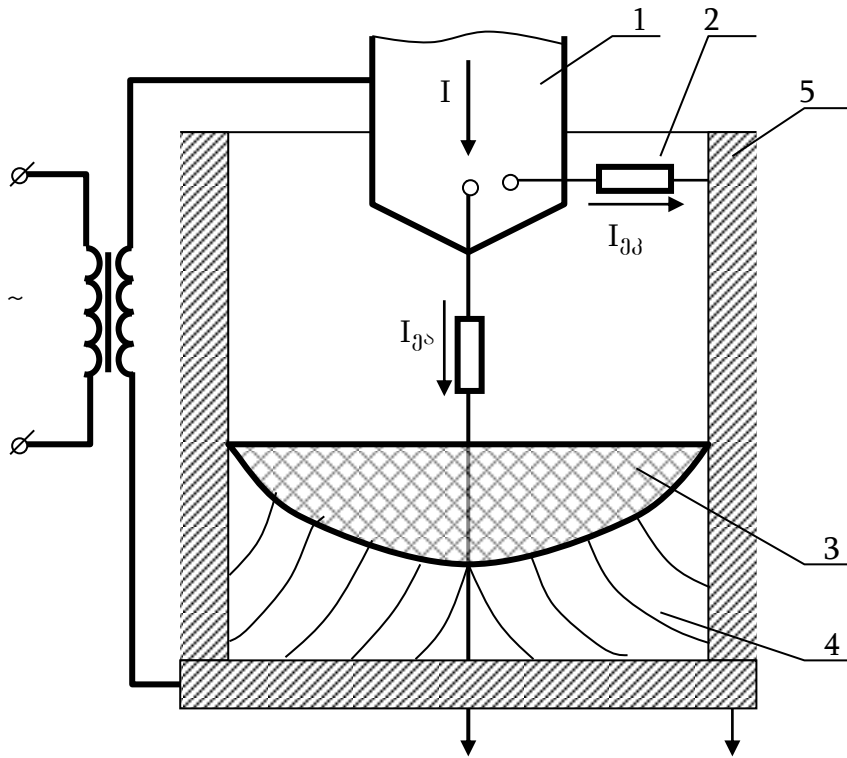
$$I=I_{ელ}+I_{კ}$$

სადაც, $I_{ელ}$ – ელექტროდსა და ლითონის აბაზანას შორის გამავალი დენია;

$I_{კ}$ – ელექტროდსა და კრისტალიზატორს შორის გამავალი დენია.

პროცესის ოპტიმალურ პირობებში დენის დიდი ნაწილი $I_{ელ}$ გადის ელექტროდის დნობად ტორცსა და ლითონის აბაზანას შორის. დენის მეორე მდგენელი $I_{კკ}$ ნაწილობრივ წიდის აბაზანის გავლით გადადის კრისტალიზატორის კედელში. დენების ორივე შემადგენელი სასარგებლო სითბოს გამოყოფს თხევადი წიდის მოცულობაში გავლისას. კრისტალიზატორის კედელში გავლისას გამოყოფილი სითბო წარმოადგენს არასასარგებლო სითბოს. ამ დენებს შორის თანაფარდობა დამოკიდებულია, სხვა თანაბარ პირობებში, ელექტროდის გარე დიამეტრისა და კრისტალიზატორის შიგა დიამეტრის შორის თანაფარდობაზე [2]. ელექტროდის დიამეტრის გაზრდით მცირდება $R_{კკ}$ წინაღობა და შესაბამისად იზრდება $I_{კკ}$ დენი. ელექტროდის დიამეტრის d_e კრისტალიზატორის დიამეტრთან მიხედობისას იქმნება საშიშროება კრისტალიზატორის კედელსა და ელექტროდს შორის დენის მოკლედშერთვის პროცესის დაწყებისა. გარდა ამისა, როცა $I \approx I_{კკ}$ და $I_{ელ} \approx 0$ წიდის აბაზანამ შეიძლება დაიწყოს გამყარება და გადადნობის პროცესი შეწყდეს. ამის მიზეზს წარმოადგენს ის, რომ $I_{კკ}$ დენი იწვევს გავლას გამდნარი წიდის შედარებით შეზღუდულ მოცულობაში, ელექტროდსა და კრისტალიზატორის არეში და შესაბამისად მცირდება გამოყოფილი ე.წ. ჯოულის სითბო.

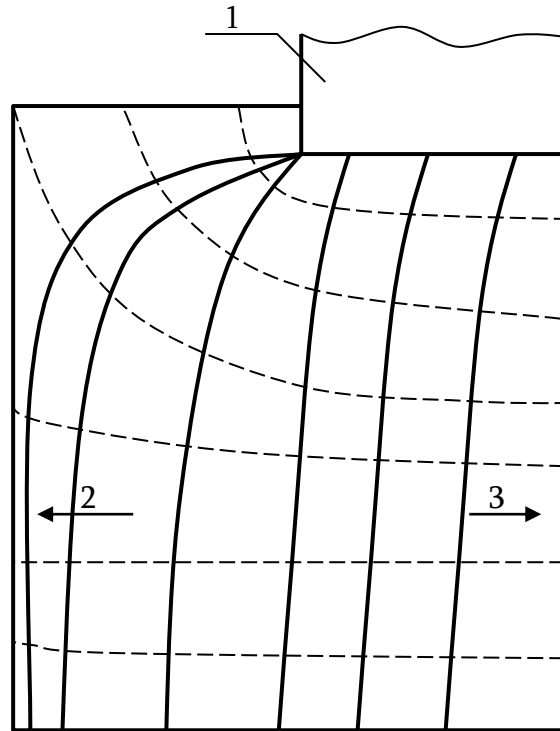
3



სურათი 1. ელექტროფიზური გადადნობის პროცესის და დენის გავლის სქემა.
 1 – დნობადი ელექტროდი; 2 – თხევადი წიდა; 3 – ლითონური აბაზანა; 4 – სხმული;
 5 – კრისტალიზატორი; 6. $I_{ელ}$, $I_{კკ}$ – კრისტალიზატორში და ლითონის აბაზანაში გამავალი დენები. I – გადადნობის სრული დენი.

ელექტროდის და კრისტალიზატორის შიგა დიამეტრის თანაფარდობის დაცვა მნიშვნელოვნად ამცირებს ელექტროფიზური გადადნობის მწარმოებლობას. დნობადი ელექტროდით ელექტროფიზური გადადნობისას წიდის აბაზანაში დენის შესაძლო გადანაწილება გამოკვლეულია გადადნობის პროცესის ფიზიკური მოდელის საშუალებით. რისთვისაც მოდელის საშუალებით იკვლევენ პოტენციალის განაწილებას წიდაში, აგებენ ექვიპოტენციალურ ხაზებს და მათი საშუალებით საზღვრავენ დენის გავლის გზას წიდაში. ერთ-ერთი ასეთი მოდელი წარმოდგენილია სურ. 2-ზე. მოდელის სიმეტრიულობის გამო

წარმოდგენილია მისი 1/4 ნაწილი. კერძოდ, კრისტალიზატორის და ელექტროდის მარცხენა ნაწილი. კრისტალიზატორის ცენტრალურ ნაწილში ელექტრული ველი თანაბრადაა განაწილებული. ამის დამადასტურებელია ის, რომ ექვივალენტური ხაზები და შესაბამისად დენის ხაზები თანაბრადაა განაწილებული. მოდელზე ელექტროდის დიამეტრის გაზრდით, კრისტალიზატორის შიგა დიამეტრის უცვლელობის შემთხვევაში, ეშიცვლება პოტენციალის მნიშვნელობები მოდელის ელემენტარულ უჯრედებში, და შესაბამისად იცვლება ექვიპოტენციალური ხაზების მდებარეობა.



სურათი 2. ელექტროწიფური გადადნობის ფიზიკური მოდელი.
 - დენის ხაზები; - - - ექვიპოტენციალური ხაზები.
 - ელექტროდი; 2 - კრისტალიზატორის კედელთან,
 3 - კრისტალიზატორის ღერძთან.

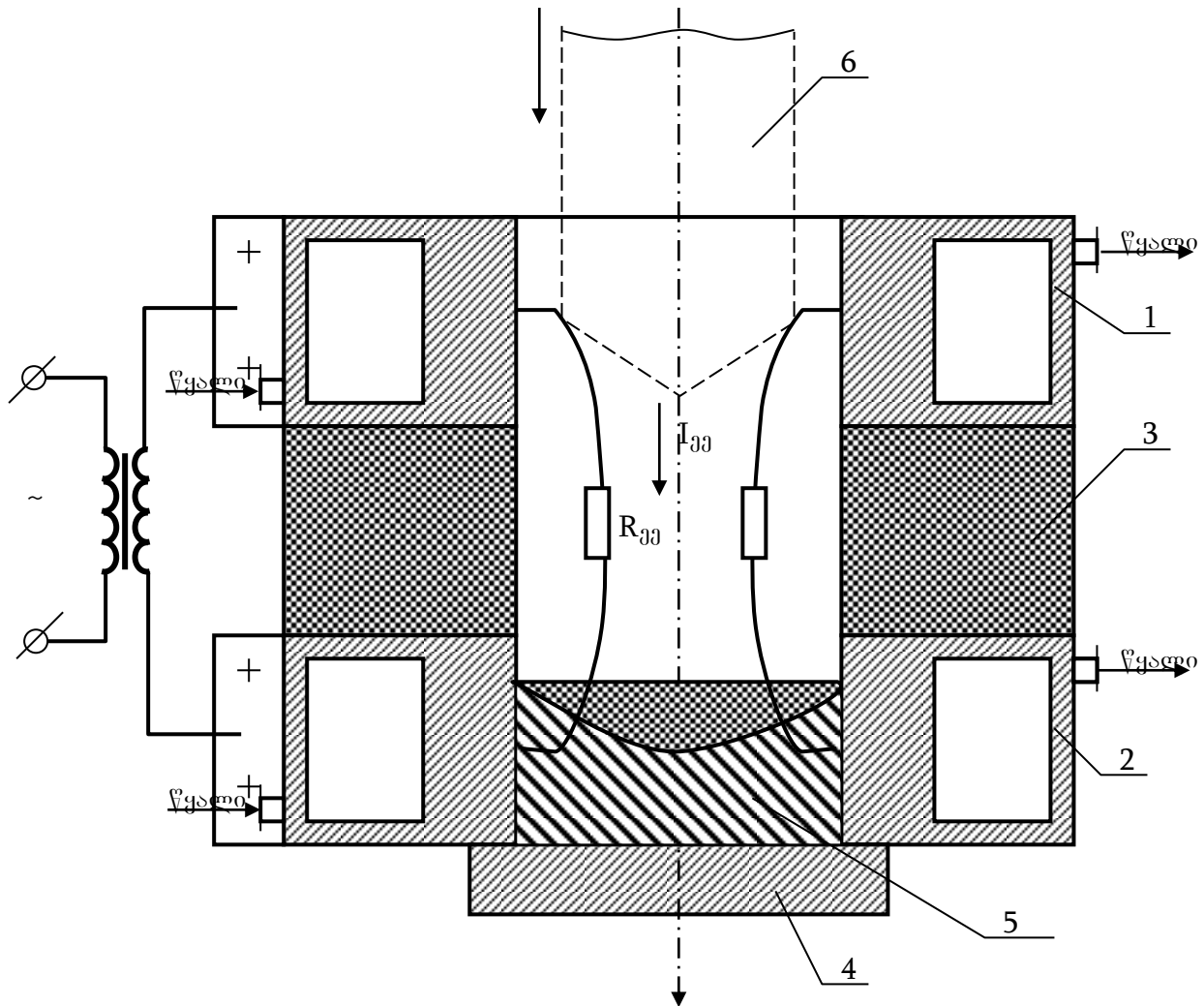
ელექტროწიფური გადადნობის სხვადასხვა სქემებისათვის შესაბამისი ფიზიკური მოდელის დამუშავებით და გამოკვლევით შესაძლებელია გამოკვლეულ იქნას მათი ელექტრული ველი და ელექტროწიფური გადადნობისას მიმდინარე პროცესების თავისებურებანი.

სურ. 3-ზე წარმოდგენილია ელექტროწიფური გადადნობის ახალი განსხვავებული სქემა;

სურ. 1-ზე წარმოდგენილი სქემისაგან განსხვავებით კრისტალიზატორი ორი არადნობადი ელექტროდისაგან შედგება, რომლებიც ერთმანეთისაგან იზოლირებულია. კვების წყაროსთან მიერთებულია არადნობადი ელექტროდები და კრისტალიზატორში გამდნარი წილის ჩასხმის შემდეგ დენის გავლით არადნობად ელექტროდებს შორის შენარჩუნებული იქნება წილის აბაზანა გამდნარ მდგომარეობაში. ახალი სქემის მიხედვით ელექტროწიფური გადადნობისას ელექტრული ველის გამოკვლევა შეადგენს წარმოდგენილი სამუშაოს მიზანს.

ამ მიზნით დამუშავებული იქნა არადნობადელექტროდებიან კრისტალიზატორში ლითონების ელექტროწიფური გადადნობის ფიზიკური მოდელი (სურ. 4). იგი წარმოადგენს 0,01 მმ სისქის ლითონის ფურცელს, რომლის სიგანეა კრისტალიზატორის შიგა დიამეტ-

რი d , ხოლო სიმაღლე შეესაბამება კრისტალიზატორის სიმაღლეს H . ფურცელი და-
 ყოფილია მასზე ამოკაწრული მართკუთხედებით, რომელთა სიგანეა $\Delta=10$ მმ, ხოლო სი-
 მაღლე $h=25$ მმ. მოდელს გააჩნია ორ-ორი დენმიმცემი მარცხენა და მრჯვენა მხარეს.
 ამით იმიტირებულია მოდელის სიმეტრიულობა კრისტალიზატორის დერძის მარჯვენა
 და მარცხენა მხარეში. მოდელი შესრულებულია მასშტაბში 1:1. მოდელის ლითონის მა-
 სალა შერჩეული უნდა იყოს ხვედრითი წინააღობის მიხედვით, ისე რომ იგი ტოლი უნდა
 იყოს გამდნარ მდგომარეობაში გამოყენებული წილის ხვედრითი წინააღობის.

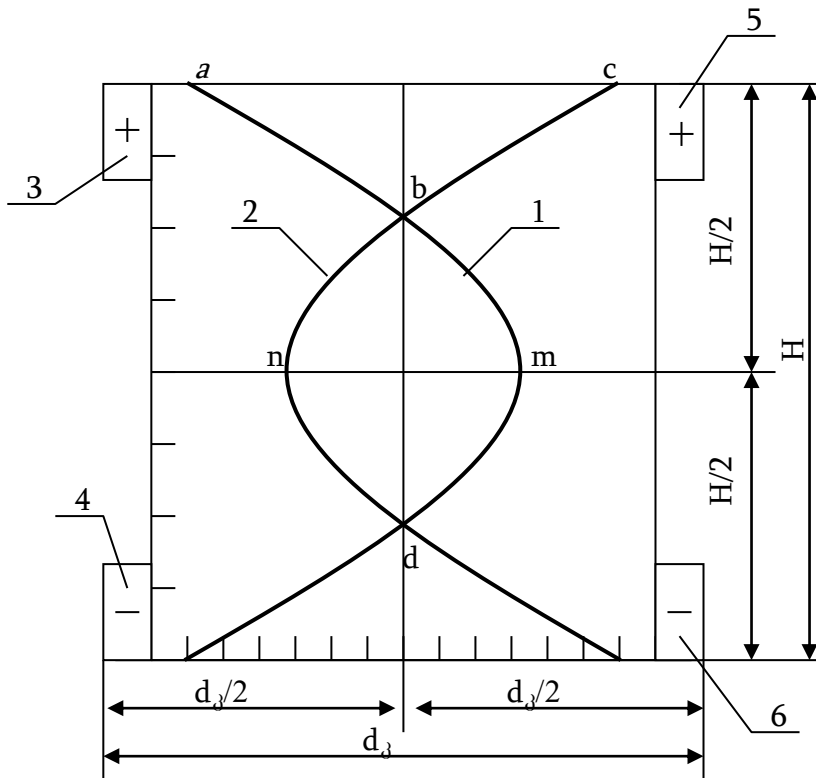


3

სურათი 3. არადნობად ელექტროდებიანი კრისტალიზატორში ლითონების ელექტროფიზური გადადნობის პროცესის და დენის გაგლის სქემა:

- 1, 2 – ზედა და ქვედა არადნობადი ელექტროდები;
- 3 – ელექტროდებს შორის საიზოლაციო სექცია;
- 4 – კრისტალიზატორის ძირი; 5 – გადადნობილი ლითონის სხმული;
- 6 – დნობადი ელექტროდი; 7 – წილის აბაზანა.

მოდელის მიხედვით ელექტრული ველის გამოკვლევისათვის ელექტროდებთან მიყ-
 ვანილი იქნა მუდმივი დენი. დენის წყარო უზრუნველყოფდა 10 ა დენს და ინარჩუნებდა
 მის მუდმივობას ექსპერიმენტის განმავლობაში. ორმაგი შუბის და მილიამპერმეტრის სა-
 შუალებით შესაძლებელი იყო მოდელის ორ წერტილს შორის ძაბვათა სხვაობით გა-
 მოწვეული დენის სიდიდის გაზომვა.



სურათი 4. მოდელში არადნობადი ელექტროდების ორმაგი კვებისას ნულთან პოტენციალის მდებარეობა და ელექტრული ველის არათანაბრობა.

ელექტრული ველის ერთგვაროვნების წინასწარი გამოკვლევის მიზნით, მუდმივი დენის წყარო მიერთებული იქნა მოდელის მარცხენა ზედა 3 და ქვედა 4 მომჭერებთან. შუპისა და ამპერმეტრის საშუალებით ნაპოვნი იქნა კრისტალიზატორის მარცხენა კედელთან უახლესი წერტილების მდებარეობა, რომლებშიც გამავალი დენი ტოლი იყო ნულის. მონაცემების მიხედვით აგებულ იქნა მრუდი 1. სურათი 4. იგი გვიჩვენებს, რომ ამ მრუდს გარე მდებარე ნებისმიერი წერტილის პოტენციალი ნულის ტოლია. რაც იმის მანიშნებელია, რომ მხოლოდ $abmdk$ მრუდით შემოსაზღვრულ ფართში გადის დენი და მხოლოდ იგი უზრუნველყოფს ელექტროწიდური გადადნობისათვის საჭირო სითბოს გამოყოფას.

თუ დენის წყარო მიერთებული იქნება მხოლოდ მოდელის 5,6 მომჭერებთან, მაშინ ანალოგიურად შეიძლება მიღებული იქნას მრუდი 2, სურ. 4. ამ შემთხვევაში პოტენციალის მნიშვნელობები ნოლისაგან განსხვავებული იქნება მხოლოდ $cbndp$ მრუდით შემოფარგულ ფართში.

ერთდროულად (3),(4) და (5),(6) მომჭერებთან დენის მიყვანის შემთხვევაში ელექტრული ველი არ იარსებებს მხოლოდ abc და kdp მრუდებით შემოფარგულ ფართებზე. ეს შემთხვევა მიახლოებულია ელექტროწიდური გადადნობისას კრისტალიზატორის რეალურ მდგომარეობასთან. რადგანაც ზედა და ქვედა არადნობადი ელექტროდების ერთ-ერთ რომელიმე ადგილზე დენის წყაროდან დენმიმყვანების მიერთებისას, ელექტროდების ნებისმიერ წერტილში ძაბვის პოტენციალი ერთნაირი იქნება. ამის გამო, დენის წყაროს დენმიმყვანის (3) მომჭერთან მიერთება ნიშნავს ამავე დროს მის მიერთებას კრისტალიზატორის (5) მომჭერთან. იგივე ითქმის ქვედა არადნობადი ელექტროდის (4),(6) მომჭერების შესახებ.



არადნობადელექტროდებიან კრისტალიზატორში ლითონების ელექტროწიდური გადადნობისა დამუშავებული ფიზიკური მოდელის გამოკვლევის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ:

1. არადნობადი ელექტროდებით ელექტროწიდური გადადნობისას წიდის აბაზანაში ელექტრული ველი არათანაბრადაა განაწილებული;
2. მოდელის იმ ნაწილში, რომელიც შეესაბამება გამდნარი წიდის და ლითონის აბაზანის ზედაპირების მახლობლობას, abc და kdp მრუდებით შემოფარგლულ ფართში ელექტრული ველი არ არსებობს, რაც იმის მანიშნებელია, რომ კიდის აბაზანაში, კერძოდ abc და kdp მრუდების ბრუნვით მიღებულ მოცულობაში ელექტრული დენი არ გადის, და შესაბამისად, ელექტროწიდური გადადნობისათვის საჭირო სითბო არ გამოიყოფა.

ლიტერატურა

1. Латам Ю.В., Медовор Б.И. Электрошлаковых переплав. М., «Металлургия», 1970, 240 с.
2. Медовар Б.И., Шевцов В.Л., Маринский Г.С., Демченко В., Махненко В.И. Тепловые процессы при Электрошлаковом переплаве. Киев. «Наукова думка», 1979. 302 с.

MELECTRIC FIELD DURING ELECTRO-SLAG MELTING OF METALS

M. SHALAMBERIDZE, A. KAKAURIDZE, T. PKHAKADZE, A. SULAMANIDZE

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on possible ways of electric current and the electric field distribution with fusible electrode during electro-slag melting.

There are studied the specific features of the electric field during electro-slag facing with non-fusible electrode, as well as established that during electro-slag melting with non-fusible electrodes, the current does not flow near the slag and metal baths, and there is no generated the heat required for melting.

ПОВЫШЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПУТЕМ ЛЕГИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА ШВА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ

КИПИАНИ П.Н., МИНДАДZE С.О.

Государственный университет Акакия Церетели

Рассмотрена возможность повышения ударной вязкости металла шва при многодуговой сварке труб большого диаметра, которое осуществляется применением разных сварочных материалов, в частности порошковой проволоки, легированной титаном и бором. Определено оптимальное содержание этих элементов, обеспечивающее высокую ударную вязкость металла шва.

Проблема снижения металлоемкости трубопроводов решается за счет увеличения уровня рабочих напряжений, для чего необходимо использовать более прочные стали.

Повышение характеристик прочности металла труб часто сопровождается понижением ударной вязкости и стойкости против хрупкого разрушения. По сравнению с остальными, корневые швы сварных соединений труб большого диаметра работают в более напряженном состоянии, поэтому первый слой многослойного сварного шва выполняется более пластичным и менее прочным металлом, по сравнению с последующими слоями, которые выполняются более

прочными сварочными материалами. Пластичные сварочные материалы в результате релаксации напряжений в этих участках обеспечивают более низкий уровень остаточных напряжений. Однако, во многих случаях этот метод не очень удобен для применения в заводских условиях, в связи с возможными ошибками при порядке применения проволок и неудобством применения двух сварочных автоматов.

В результате исследований, проведенных в НПО ЦНИИТМАШ, направленных на устранение вышуканных проблем, был разработан новый сварочный материал переменного циклического состава (ПЦС) путем создания по длине шва химической и физической неоднородности (т.е. циклическим расположением по длине шва прочных и пластичных зон). Предполагалось, что за счет высокопластичных зон будет повышаться технологическая прочность, за счет же прочных – конструктивная [1].

Сварные конструкции с такими «зонными швами» можно изготавливать путем использования двухдуговых сварочных автоматов и обычных электродных проволок или автоматов и электродных проволок переменного циклического состава, изготовление которых освоено в НПО ЦНИИТМАШ.

Электродные проволоки ПЦС могут быть изготовлены порошковыми или со сплошным сечением. Для исследования и промышленного использования предпочтение было отдано порошковым проволокам, применение которых существенно повышает ударную вязкость и температуру перехода в хрупкое состояние металла швов труб большого диаметра, но из-за трудности выбора в каждом конкретном случае геометрических параметров проволоки и относительно низких технологических свойств они пока не нашли должного применения в производстве.

В настоящее время при решении задачи повышения прочностных свойств металла швов труб большого диаметра, выполненных дуговой сваркой под флюсом эффективным способом ее решения является легирование швов титаном и бором. При этом улучшается структура металла шва, способствуя образованию игольчатого феррита внутри зерен и подавлению выделений первичного феррита по их границам. Для этой цели за рубежом применяют агломерированные флюсы алюминатно-основного типа АВ (EN 760), которые ограничивают содержание кислорода в швах, в сочетании со сварочной проволокой типа S3Mo-TiB или с порошковой проволокой (ПП), легированной титаном и бором. Разновидностью второго способа является более экономичный процесс FM1 (Fluxocord-Micro-Injection), при котором легирование многодугового шва осуществляется посредством ПП, устанавливаемой на одну из дуг [2,3]. Недостатками этих способов является высокая стоимость импортных агломерированных флюсов и относительно низкие технологические свойства большинства из них при сварке труб толщиной менее 14 мм (узкие швы с высоким усилением).

Цель настоящей работы – совершенствование процесса сварки за счет использования более экономичных и технологичных нейтральных плавящихся флюсов типа АН-67Б или АН-47П с обеспечением существенного повышения ударной вязкости металла швов на трубах, выполненных под этими флюсами.

Известно [4,5], что необходимым условием получения металла шва с высоким уровнем ударной вязкости является баланс титана, бора, кислорода, азота, а также активных раскислителей (алюминия, кальция, редкоземельных металлов). Подавление формирования первичного феррита по границам зерен обеспечивается наличием бора. Зародышами для формирования игольчатого феррита внутри аустенитного зерна в основном являются дисперсные частицы оксида титана TiO, образовавшиеся в результате соединения титана со свободным кислородом.

При сварке под основным флюсом рекомендуется, чтобы в металле шва присутствовало 0,015-0,030 мас.% Ti, 0,002-0,005 мас.% B, 0,02-0,04 мас.% [O] и не более 0,006-0,008 мас.% [N]. Содержание алюминия обычно постоянно и составляет 0,020-0,025 мас.%. Такое соотношение элементов способствует получению оптимальной структуры металла шва.

ПОВЫШЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПУТЕМ ЛЕГИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА ШВА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ

При выборе способа легирования шва применение ПП (процесс FM1) предпочтительно по той причине, что ПП можно изготавливать небольшими партиями, оперативно изменяя ее состав в зависимости от марки основного металла и условий сварки.

На начальном этапе работ определено оптимальное содержание титана и бора в швах, выполненных на хладостойкой стали 10Г2ФБ, которую применяют для труб ответственного назначения. Контрольные соединения стальных пластин толщиной 18,7 мм сваривали с двух сторон тремя дугами под флюсами АН-67Б и АН-47П. Опытные ПП с различным содержанием титана и бора устанавливали на второй дуге, а на остальных – экономичную молибденсодержащую проволоку сплошного сечения Св-08ХМ.

Для сравнения в некоторых опытах использовали проволоку S3Mo-TiB и агломерированные флюсы ОР 132 и ОК 10.74. Химический состав основного металла и сварочных материалов приведен в таблице 1 и 2.

В результате экспериментов установлено, что при сварке под указанными плавленными флюсами содержание кислорода и азота в металле шва изменяется соответственно в пределах 0,045-0,070 и 0,0077-0,0110 мас.%, т.е. оно выше, чем при сварке под основным флюсом, при этом массовая доля алюминия остается неизменной. Оптимальное для повышения ударной вязкости содержание титана в металле шва составляет 0,022-0,038 мас.% и бора – 0,0025-0,0065 мас.%. При содержании титана менее 0,018 мас.% положительный эффект отсутствовал, а при более чем 0,038 мас.% ударная вязкость резко снижалась. Как видно из таблицы 3 при сварке с использованием нейтральных плавленных флюсов микролегирование титаном и бором повышает ударную вязкость металла шва в 2-2,5 раза, по сравнению с вариантами сварки, в которых оно отсутствовало.

Таблица 1

Химический состав (мас.%) сварочных проволок и основного металла

Материал	C	Mn	Si	Mo	Ni	Cr	Ti	B	Al	Nb	S	P
S3Mo-TiB	0,08	1,3	0,28	0,52	0,05	-	0,165	0,0164	0,017	0,013	0,01	0,018
Св-08ХМ	0,10	0,6	0,29	0,61	0,17	1,2	-	-	-	-	<0,025	<0,030
Св-08Г1НМА	0,09	1,5	0,41	0,70	0,70	0,1	-	-	-	-	<0,015	<0,020
Осн. Мет.10Г2ФБ	0,11	1,7	0,32	<0,03	-	-	-	-	0,04	0,007	0,016	0,016

Таблица 2

Химический состав (мас.%) сварочных проволок и основного металла

Флюс	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CaF ₂	MnO	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	ZrO ₂
АН-67Б	35...40	<10,0	-	11...16	14,0...18,0	12...16	4,0...7,0	<1,0	-
АН-47П	10...18	12,0...17,0	6...10	8...13	10,0...16,0	27...30	4,0...7,0	0,8...3,0	3,5...5,0
ОР 132	23...26	3,5...6,0	20...24	13...16	6,5...8,5	17...20	2,0...3,5	1,3...3,2	-
ОК10.74	21...26	5,0...7,0	19...25	16...20	5,0...7,0	19...24	<1,3	-	-

Увеличение содержания бора вплоть до 0,0100 мас.% не приводило к снижению ударной вязкости металла шва, однако ввиду опасности образования трещин его предельное содержание ограничили 0,0065 мас.%. Такое значение близко к рекомендуемому в одной из работ оптимальному содержанию бора при N≤80 ppm и O=330-380 ppm. Оно определяется соотношением B=0,7N+15 ppm и равно 0,0071 мас.% при N≤80 ppm.

Известно, что при выполнении второго (наружного) шва трубы ударная вязкость металла первого (внутреннего) шва уменьшается на 20-30% вследствие дисперсионного упрочнения. Благодаря микролегированию создается «запас» ударной вязкости, который обеспечивает приемлемое ее значение для металла первого шва и места перекрытия швов. Однако при этом

возможно локальное снижение ударной вязкости на участках шва, где температура повторного нагрева превышает 750°C.

При использовании основных агломерированных флюсов микролегирование шва титаном и бором целесообразно в случае, если необходимо обеспечить высокую ударную вязкость при температуре ниже -20°C.

Вследствие низкой окислительной способности указанных флюсов оптимальное содержание титана и бора в металле шва (и соответственно в ПП) должно быть ниже, чем при сварке под нейтральными флюсами АН-67Б и АН-47П. В наших экспериментах при сварке проволокой S3Mo-B содержание указанных элементов в металле шва составило соответственно 0,024-0,026 и 0,0019-0,0025 мас.% (пп.7 и 9, табл.3).

Таблица 3

Химический состав (мас.%) и ударная вязкость металла швов, выполненных под флюсом

№	Флюс	Св.пров.	C	Si	Mn	Ti	B	[O]	[N]	KCV, Дж/см ²		
										0	-20°C	-40°C
Плавленные												
1	АН-67Б	Св-08ХМ	0,09	0,27	1,63	-	-	0,045	0,008	-	82	49
2		Св-08ХМ+ПП	0,07	0,30	1,60	0,030	0,0044	0,047	0,007	183	178	135
3	АН-47П	Св-08Г1НМА	0,10	0,48	1,61	-	-	0,047	0,010	76	49	-
4		Св-08ХМ+ПП	0,08	0,30	1,67	0,028	0,0034	-	-	-	122	87
Агломерированные												
5	ОК 10.74	Св-08Г1НМА	0,06	0,43	1,60	0,011	-	0,037	0,005	168	153	111
6		Св-08ХМ+ПП	0,07	0,41	1,62	0,036	0,0053	0,032	0,005	102	63	-
7		S3Mo-TiB	0,07	0,45	1,78	0,026	0,0025	0,022	0,006	-	187	151
8	ОР 132	Св-08Г1НМА	0,08	0,30	1,74	0,011	-	0,051	0,008	147	104	98
9		S3Mo-TiB	0,07	0,31	1,67	0,024	0,0019	0,048	0,008	216	205	195

При использовании в сочетании с агломерированными флюсами ПП не скорректированного состава содержание титана и бора в металле шва составило соответственно 0,036 и 0,0053 мас.%, что превысило их оптимальное содержание и привело к резкому уменьшению его ударной вязкости.

Состав металла швов, выполненных под флюсом ОК 10.74 проволоками S3Mo-TiB и Св-08ХМ+ПП отличается в основном содержанием титана и бора. Из этого следует, что корректировка состава ПП путем снижения содержания титана и бора позволит достичь при сварке под основными агломерированными флюсами таких же высоких результатов, как и при использовании проволоки S3Mo-TiB.

В ходе производственных испытаний установлено, что увеличение диаметра ПП с 4,0 до 4,5 мм повышает стабильность процесса многодуговой сварки на токе более 800А. При этом разница между массой 1 пог.м ПП диаметром 4,5 мм и проволоки сплошного сечения диаметром 4,0 мм не превышает 4%. На основании полученных данных разработаны ПП разных марок для многодуговой сварки под флюсом (табл.4).

Разработку состава ПП проводили с учетом типовых заводских режимов многодуговой сварки.

С целью расширения диапазона режимов сварки возможна установка ПП кроме второй, и на других дугах, поскольку ограниченное изменение режима горения дуги не оказывает существенного влияния на переход титана и бора из ПП в металл шва. Например, в условиях

ПОВЫШЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПУТЕМ ЛЕГИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА ШВА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ

трехдуговой сварки при увеличении напряжения на второй дуге на 7В (ток 850-900А) содержание титана в металле шва уменьшилось на 0,001 мас.%, а бора практически не изменилось (табл.4). Однако устанавливать ПП на первую дугу не желательно из-за избыточного количества наплавленного металла, которое для ПП диаметром 4,5 мм на 20-30% выше, чем для проволоки сплошного сечения диаметром 4,0 мм, а также соответствующего снижения провара. Кроме того, применять ПП на первой и последней дугах не рекомендуется в связи с возможностью возникновения неоднородности шва.

Таблица 4

Зависимость состава металла швов, выполненных на стали 10Г2ФБ под флюсом АН-67Б проволокой Св-08ХМ, от режима горения дуги на ПП

Колич. дуг	I, А	U, В	V, м/ч	Мас. доля элементов, %						
				С	Si	Mn	Cr	Mo	Ti	B
1	900	30	38	0,12	0,37	1,89	0,23	0,17	0,118	0,0212
		37		0,10	0,37	1,93	0,21	0,14	0,099	0,0170
3	850	30	80	0,10	0,33	1,63	0,28	0,15	0,027	0,0042
	900	37		0,10	0,33	1,65	0,27	0,15	0,026	0,0044

Примечания: 1. I-ток дуги; U-напряжение на дуге с ПП. 2. Режим трехдуговой сварки: I₁=1150А; U₁=37В; I₂=850...900А; U₂=30...37В; I₃=1000А; U₃=45...47В; V_{св}=80м/ч; ПП – на второй дуге.

Результаты лабораторных испытаний промышленной партии ПП марки ПП-АСФ-1-3 при трехдуговой сварке контрольного сварного соединения из стали 10Г2ФБ под флюсом АН-67Б приведены ниже:

- металл шва имел следующий химический состав, мас.‰: 0,074С; 0,30 Si; 1,60Mn; 0,32 Cr; 0,27 Mo; 0,027 Al; 0,030 Ti; 0,0044 В;

- среднее значение ударной вязкости металла шва при температуре испытаний 0, -20 и -40°С составило соответственно 183, 177 и 135 Дж/см²;

- твердость металла шва не превышала HV237, что удовлетворяет требованиям действующей нормативной документации на газопроводные трубы.

Результаты испытания шва на статическое растяжение, полученные на образцах типа II (ГОСТ 6996-66), приведены в таблице 5.

Таблица 5

Механические характеристики металла при испытании на статическое растяжение

Образец	σ _т , МПа	σ _в , МПа	σ _т /σ _в	δ, %	ψ, %
1	596,7	751,9	0,79	27,0	66,3
2	594,7	734,8	0,81	24,0	62,3

Проволоку ПП-АСФ, помимо проволоки типа Св-08ХМ, можно применять также в сочетании с проволоками Св-08ГМ (S2Mo). Использование проволоки типа Св-08Г1НМА не приемлемо из-за чрезмерного увеличения содержания в шве марганца и возможных падений значений ударной вязкости ниже допустимого уровня.

Металл швов, выполненных многодуговой сваркой проволоками Св-08ХМ и ПП-АСФ-1 под флюсом АН-67Б на трубах из стали класса прочности Х70, имел мелкодисперсную структуру, содержащую до 85 об.% игольчатого феррита практически при отсутствии межзеренного полигонального феррита. Применение флюса АН-68 приводит к некоторому снижению доли игольчатого феррита и появлению редких прерывистых прослоек межзеренного полигонального феррита толщиной 2-5 мкм. Твердость металла шва в обоих случаях составляла HV232..237.

При внедрении процесса многодуговой сварки с применением на одной из дуг ПП, легированной титаном и бором, основной проблемой является обеспечение соотношения суммы

скоростей подач проволок сплошного сечения и скорости подачи ПП. Учитывая широкий сортамент труб и диапазон изменения режимов сварки, целесообразно использовать для этой цели средства автоматического регулирования.

Выводы

1. Используемые сварочные материалы и технологические приемы не вполне удовлетворяют требованиям повышения ударной вязкости при дуговой сварке труб большого диаметра. Применение порошковых проволок ПЦС требует дальнейшей доработки технологических свойств.

2. Микролегирование швов титаном и бором при многодуговой сварке под нейтральными или слабокислыми флюсами 1,5-2,5 раза увеличивает их ударную вязкость на трубах из сталей типа 10Г2ФБ. Оптимальное содержание в металле шва титана и бора составляет соответственно 0,022-0,038 и 0,0025-0,0065 мас. %.

3. Исследован вариант микролегирования металла шва через ПП, установленную на одной из дуг, в сочетании с проволоками сплошного сечения Св-08ХМ на остальных дугах при сварке под флюсами АН-67Б, АН-68, АН-47П и смесью флюсов 50% АН-67Б+АН-60. Ударная вязкость последнего слоя шва в зависимости от марки флюса составляет 80-180 Дж/см².

4. Отношение суммы скоростей подач проволок сплошного сечения к скорости подачи ПП должно находиться в диапазоне значений, определяемом маркой ПП и условиями сварки.

5. Разработан состав ПП, легированной титаном и бором различных марок для многодуговой сварки низколегированных сталей под нейтральными или слабокислыми флюсами в сочетании с проволоками типа Св-08ХМ. Применение указанных ПП дало положительных результаты при сварке труб большого диаметра.

6. Микролегирование металла шва титаном и бором через ПП, установленную на одной из дуг, может найти применение при многодуговой сварке под флюсом различных конструкций из низколегированной стали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сурков А.В., Зубченко А.С, Кипиани П.Н. Технологическая прочность и распределение легирующих элементов в сварных соединениях с металлом шва переменного-циклического состава. //Сварочное производство, РФ, 2001, №9, с.31-34.
2. Файнберг Л.И., Рыбаков А.А, Алимов А.Н, Розерт Р. Микролегирование швов титаном и бором при многодуговой сварке газонепроводных труб большого диаметра. //Автоматическая сварка, Украина, 2007, №5, с.20-25.
3. Measures for toughness improvement of heavy-walled UOE pipe's submerged arc weld metal / F.Kawabata, SSacaguehi, J.Matsuyama, N.Nishiyama. – S.I.,1987. – 22p. (Intern. Inst. Of Welding; Doc XII-953-86 II-A-713-87).
4. Подгаецкий В.В. О влиянии химического состава шва на его микроструктуру и механические свойства (Обзор)// Автоматическая сварка, Украина, 1991, №2, с.1-9.
5. Походня И.К., Головки В.В., Денисенко Л.В., Грабин В.Ф. Влияние кислорода на образование структуры игольчатого феррита в низколегированном металле сыварных швов (Обзор)// Автоматическая сварка, Украина, 1999, №2, с.3-11.

INCREASING THE IMPACT VISCOSITY OF WELDED JUNCTION OF MAIN PIPELINES BY ALLOYING THE WELD METAL IN ARC-WELDING

P. KIPIANI, S. MINDADZE
Akaki Tsereteli State University

Summary

Possibility of increase of impact viscosity of weld metal is considered at the multi-arc welding of pipes of large diameter that is carried out by application of different welding materials, in particular the powder-like wire alloyed by titanium and boron. There is determined the optimal content of these elements, which provides high-impact viscosity of weld metal.



ლითონების ჭრის პროცესის ოპტიმიზაცია, როგორც ამ პროცესებზე ენერგოტეხვადობის უმცირების საშუალება

მოღვაძე ტ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლითონების ჭრის პროცესის სტატისტიკური ოპტიმიზაციის მიმართულებით ჩატარებული კვლევების საფუძველზე ავტორი ასაბუთებს, რომ ოპტიმალურობის კრიტერიუმის შერჩევაზე არ არის დამოკიდებული ენერგოტეხვადობა. ყველა შემთხვევაში ის იქნება ოპტიმალური. გამოყენებული მეთოდის საფუძველზე ჩატარებული კვლევა საშუალებას მოგვცემს, მოვახდინოთ ნებისმიერი მასალების ჭრის დამუშავების ოპტიმიზაცია.

მექანიკური დამუშავების პროცესების ოპტიმიზაცია წარმოადგენს მანქანათმშენებლობის ტექნოლოგიის ერთ-ერთ უმთავრეს ამოცანას.

ოპტიმიზაცია წარმოადგენს გადაწყვეტილებების კომპლექსს, რომელიც უზრუნველყოფს პროცესის ისეთ მიმდინარეობას, როცა ოპტიმალურობის კრიტერიუმი აღწევს ზღვრულ მნიშვნელობას და შენარჩუნებულია შეზღუდვების სისტემა მწარმოებლობაზე, მოწყობილობის ტექნოლოგიურ შესაძლებლობებზე, იარაღზე, სამარჯვზე და ა.შ.

ოპტიმიზაცია შეიძლება განხორციელდეს დეტერმინიზებული და სტატისტიკური მოდელებით. პირველი ითვალისწინებს ოპტიმალური კრიტერიუმების დაცვას წინასწარ დადგენილი პარამეტრებით, რომლებიც განისაზღვრებიან პროცესზე მოქმედი ფაქტორების საშუალო მნიშვნელობებიდან. მეორე ითვალისწინებს პროცესში მოქმედი ფაქტორების ალბათურ ბუნებას.

აქ შეიძლება განვასხვაოთ ადაფტიური მართვა და საანგარიშო ოპტიმიზაცია – აგებული სტატისტიკურ მახასიათებლებზე.

თუ დეტალის ზომას (A_{Δ}) წარმოვადგენთ, როგორც დაყენების ზომის ($A_{დაყ}$), სტატისტიკური განწყობის ($A_{სტატ}$) და დინამიური განწყობის ($A_{დინ}$) ზომების ჯამად

$$A_{\Delta} = A_{დაყ} + A_{სტატ} + A_{დინ}$$

ზომის უცვლელობის შესანარჩუნებლად შეიძლება გამოვიყენოთ სხვადასხვა მეთოდი. პირველი მდგომარეობს იმაში, რომ დინამიური განწყობის ზომის ნომინალიდან გადახრის კომპენსაცია ხდება სტატისტიკური განწყობის ზომაში ცვლილების შეტანით, შებრუნებული ნიშნით.

მეორე მეთოდი მდგომარეობს იმაში, რომ $\Delta A_{დინ}$ გადახრის კომპენსაციას ახდენენ დინამიური განწყობის ზომის ცვლილებით შებრუნებული ნიშნით. დინამიური გადახრის ანუ შემთხვევითი მოქმედი ფაქტორების შედეგად გამოწვეული ცდომილებების კომპენსაციისათვის შეიძლება გამოყენებული იყოს ჭრის რეჟიმის ერთი ან რამდენიმე პარამეტრის ცვლილება, სისტემის სიხისტის ცვლილება, იარაღის გეომეტრიის ცვლილება, მოთხოვნილი სიმძლავრის ცვლილება და ა.შ. ყველა შემთხვევაში მოთხოვნილი სიმძლავრე ხდება ოპტიმალური, პროცესში მოქმედი შემთხვევითი ფაქტორებით გამოწვეული ცდომილებების კომპენსაციის დაძლევის შესაბამისი. მაშინ, როცა ჩვეულებრივი დეტერმინირებული ოპტიმიზაციისას მისი საანგარიშო მნიშვნელობა განისაზღვრება ფაქტორების დასაშვები მაქსიმალური მნიშვნელობებიდან გამომდინარე.

ადაპტიური მართვის გარდა შემთხვევითი ფაქტორების გათვალისწინება შესაძლებელია საანგარიშო ოპტიმიზაციის მეთოდებით, რომლის მათემატიკურ მოდელებშიც, პირობების პარამეტრები, ოპტიმალურობის კრიტერიუმი, და შეზღუდვები წარმოადგენენ შემთხვევით სიდიდეებს. ასეთი ტიპის ამოცანები წარმოადგენენ სტატისტიკური პროგრამირების საგანს და იწოდებიან როგორც სტოხასტიკური ოპტიმიზაციის ამოცანები.

სტატისტიკურმა ოპტიმიზაციამ განვითარება კპოვა შრომებში [1, 2, 3, 4, 5]. ამ ნაშ-

3

რომლებში შემუშავებულია სტატისტიკური ოპტიმიზაციის მეთოდოლოგია ძნელად დასამუშავებელი ლითონებისთვის. ოპტიმალურობის კრიტერიუმად შემოთავაზებული იქნა პროცესის კუთრი ენერგოტევალობა წინასწარ ოპერაციებზე და ზედაპირული ფენის დეფორმაციის ფარული ენერგია სუფთა ოპერაციებზე. დამყარებულია ურთიერთკავშირი კუთრი ენერგოტევალობასა და ოპტიმალურობის ცნობილ კრიტერიუმებს შორის. დამტკიცებულია აზრი, რომ ჭრის პროცესების პარამეტრების ოპტიმიზაციის ამოცანა ხშირად გვევლინება მიზნობრივი ფუნქციის ექსტრემუმის მოძებნის ვარიაციულ ამოცანად. ამ შემთხვევაში ჭრის ოპტიმალური რეჟიმი მთლიანად დამოკიდებულია მოცემულ ტექნოლოგიურ შეზღუდვებზე. მიზნობრივი ფუნქციის ნამდვილი ექსტრემუმი შეიძლება იდოს დამუშავების დასაშვები რეჟიმების გარეთ და ოპტიმალურობის კრიტერიუმის შერჩევას არა აქვს პრინციპული მნიშვნელობა. კუთრი ენერგოტევალობის მინიმუმი შეესაბამება მინიმალურ თვითღირებულებას და მაქსიმალურ მწარმოებლობას.

ოპტიმიზაციის ამ მეთოდიკის განხორციელებისათვის საჭიროა შემთხვევითი ფაქტორების მოქმედების გავლენის შესწავლა და საინფორმაციო ბაზის მომზადება.

ეს ბაზა უნდა შეიცავდეს: 1) დასამუშავებელი და საიარაღო მასალების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებების ფორმალიზაციას სტატისტიკურ მონაცემებზე დაყრდნობით. 2) ნამზადების ნამატების სტატისტიკურ კვლევას და სტატისტიკური მახასიათებლების მათემატიკურ მოდელირებას.

ეს კვლევა ჩვენ მიერ ხორციელდებოდა [1, 2, 4, 5] და ხორციელდება მრავალფაქტორიანი რეგრესული ანალიზის საფუძველზე, რომლის განტოლებაც საერთო შემთხვევაში არის არა უმეტეს მეორე ხარისხის პოლინომი.

$$Y = B_o + \sum_{i=1}^m b_i X_i + \sum_{i=1}^m \sum_{y=1}^m b_{i,y} X_i X_y$$

ამას გარდა შესაძლებელია მაჩვენებლიანი ფუნქციის აგება.

$$Y = B_o X_1^{b_1} X_2^{b_2} \dots X_n^{b_n}$$

Y – არის გამოძახილი ზედაპირი

X_i – მოდელის პარამეტრები

B_o – მოდელის თავისუფალი წევრი

b_i – პარამეტრების კოეფიციენტები.

დასმული ამოცანის შესაბამისად შეიძლება ავირჩიოთ მაჩვენებლიანი ან ლოგარითმული მოდელი.

რუხი თუჯებისათვის გამოძახილ ზედაპირს წარმოადგენდა გაჭიმვაზე სიმტკიცის ზღვარი.

მიღებული იქნა დამოკიდებულება სიმტკიცის ზღვარსა და ქიმიურ შემადგენლობას შორის.

ნახშირბადიანი და ლეგირებული ფოლადებისთვის გამოძახილ ზედაპირად აიღებოდა სიმტკიცის ზღვარი ღუნვაზე. მისმა დამოკიდებულებამ ქიმიურ შემადგენლობასთან მოგვცა კორელიციის მაღალი კოეფიციენტები.

ანალოგიურად იქნა დადგენილი დამოკიდებულებები სხვადასხვა მეთოდებით მიღებული ნამზადების ნამატებსა და ნამზადების გაბარიტულ და ნომინალურ ზომებს შორის.

ამ მონაცემებმა საშუალება მოგვცა, განგვესაზღვრა ყველა ზემოთ განხილული ფაქტორების სტატისტიკური მახასიათებლები, რაც გამოყენებული იქნა ოპტიმიზაციურ მოდელში, სადაც ოპტიმალურობის კრიტერიუმად აღებული იქნა კუთრი ენერგოტევალობა [3].

გამოკვლევები გვიჩვენებს, რომ ამგვარი სახის ოპტიმიზაცია შესაძლებელია არამარტო ძნელად დასამუშავებელი ლითონებისთვის, არამედ ნებისმიერი მასალისათვის,



თუკი აღნიშნული მეთოდით ფორმალიზებული იქნება მათი სტატისტიკური მახასიათებლები, რაც აღარ წარმოადგენს სირთულეს კომპიუტერული ტექნიკის დღევანდელი განვითარების პირობებში.

ლიტერატურა:

1. Старков В.К., Модебадзе Т.П. "Формализация факторов, влияющих на технологическую надежность обработки деталей из серых чугунов". Горьковское областное правление НТО Машпром, 1984, с. 13-14.
2. Старков В.К., Модебадзе Т.П. Моделирование технологических факторов, необходимых для оптимизации механической обработки. Ярославское областное правление НТО Машпром. 1985, с. 29-31.
3. Расчет режимов резания и выбор геометрии инструмента при точении труднообрабатываемых материалов с учетом действий случайных факторов производства. САПР. Методические рекомендации, авт. Ю.М. Соломенцев, В.К. Старков, М.Ю. Масленникова, Т.П. Модебадзе. ВНИИМАШ, 1986, II редакция, с. 63.
4. Т.П. Модебадзе. МОделирование припуска у заготовок, полученных способом литья и обработки давлением. Национальная академия наук Азербайджана, Гянджинский региональный научный центр. 2008 г.
5. Т.П. Модебадзе. О методах моделирования технологических факторов, необходимых для статистической оптимизации процесса резания. Национальная академия наук Азербайджана, Гянджинский региональный научный центр. 2008 г.

3

**Metal cutting process optimization, As these processes are energy
 To reduce the possibility**

Modebadze T.

Akaki Tsereteli State University

Metal cutting process optimization of statistical studies based on the author asserts that the optimality criterion for the selection is not the attitude to energy. In any case, it would be optimal. Based on the methodology used in the study will allow us to make any of the materials in the cutting process optimization.

**ავტორიზირებული მასალების მაცივარდნადგარის ავტომატური
 მართვის უნივერსალური სისტემური ბლოკის შემუშავება**

ბ. ხაჭაპურიძე*, კ. ფარცხალაძე**

*შპს "REF SERVICE" ;

** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი.

აღწერილია ავტოსატრანსპორტო მაცივარდნადგარის ავტომატური რეგულირების სისტემაში უნივერსალური ბლოკის დანერგვა, რომელიც ასრულებს ტემპერატურული რეჟიმის ორფაზიან რეგულირებას. რის შემთხვევაშიც პაუზის დრო არსებითად აჭარბებს სამაცივრო ავრეგატის მუშაობის პერიოდს. სისტემური ბლოკის გამოცდით და გარდაქმნის კოეფიციენტის ანალიზით დადასტურებულ იქნა მოსალოდნელი დადებითი ეფექტი.

“უწყვეტი სამაცივრო ჯაჭვის” ტექნოლოგიის რეალიზაცია მიზნად ისახავს მაღალფუნქციონალური პროდუქტების შენახვას მათი გადატანისას მწარმოებლიდან მომხმარებელამდე: დიდ მანძილებზე, ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, სპეციალური სამაცივრო ტრანსპორტის მეშვეობით. როგორებიც არის სარკინიგზო, საზღვაო და საავტომობილო ტრანსპორტი. პროდუქტის გიგანტური მოცულობების გადაზიდვა მოითხოვს საერთაშორისო

რისო სტანდარტების (რეგულაცია EC No 852/2004) მკაცრად დაცვას იმ მიზნით, რომ შენარჩუნებული იქნას პროდუქტის საწყისი მაღალი ხარისხი და უვნებლობა. ბუნებრივია, რომ ამისათვის შექმნილია და გამუდმებით უმჯობესდება სპეციალური სატრანსპორტო საშუალებები, აღჭურვილი სამაცივრო დანადგარებით. მათი დანიშნულება არის საჭირო კლიმატური რეჟიმების შექმნა სატრანსპორტო საშუალების სატვირთო განყოფილებაში, საიმედო ექსპლუატაციით და ენერგო ეკონომიურობის მოთხოვნების დაცვით.

სატრანსპორტო სამაცივრო სისტემების განვითარებასთან ერთად წინა ფლანგზე წამოიწია ენერგო რესურსების ოპტიმალურად გამოყენების საკითხმა და აგრეგატის შემადგენელი ნაწილების ისეთ დონეზე დამუშავება-დახვეწამ, რომ მათი მუშაობისას ენერგო დანახარჯების შემცირების შედეგად სიმძლავრის გაზრდა ყოფილიყო შესაძლებელი. აღნიშნული საკითხი თანამედროვე სატრანსპორტო სამაცივრო სისტემების მწარმოებელმა კომპანიებმა (THERMO KING და CARRIER) გადაწყვიტეს სამი ძირითადი ასპექტის დახვეწის გზით. ესენია:

1. ძარის ეფექტური თბოიზოლაციის გამოყენება.
2. ამძრავი აგრეგატის მარგი ქმედების კოეფიციენტის გაზრდა.
3. სამაცივრო აგრეგატის მუშაობის ავტომატიზირებული მართვის გაუმჯობესება.

ნაშრომში წარმოდგენილია ავტორეფრიჟერატორებისათვის შექმნილი ავტომატური მართვის უნივერსალური მოწყობილობა, რომლის გამოყენების შედეგადაც შესაძლებელია ენერგეტიკული დანახარჯების საგრძნობლად შემცირება და სიცივის მწარმოებლურობის მნიშვნელოვანი ზრდა.

სატრანსპორტო სამაცივრო დანადგარებში, მათ შორის “რეფრიჟერატორებში” ენერგო რესურსების ეკონომიური და ეფექტური ხარჯვის მხრივ ძირითადი წილი მოდის დანადგარის მართვის სისტემებზე. კერძოდ კი ავტომატური მართვის სისტემურ ბლოკებზე, რომელთა მეშვეობითაც ხორციელდება ტემპერატურულ-კლიმატური რეჟიმების შექმნა, რამაც უნდა უზრუნველყოს პროდუქტის შენახვა მისი ტრანსპორტირების სრული პერიოდის განმავლობაში. ამ მხრივ სატრანსპორტო სამაცივრო დანადგარების მწარმოებელმა კომპანიებმა მიაღწიეს საკმაოდ დიდ პროგრესს. უახლესი ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენებით შექმნილია ისეთი მართვის სქემები, რომლებიც ადამიანის მხოლოდ მცირედი ჩარევის შედეგად ახორციელებს მითითებული პროგრამის შესრულებას. ანუ ადამიანის მიერ ხორციელდება მხოლოდ სასურველი რეჟიმის შერჩევა-მითითება, მართვის სისტემა კი ავტომატურად უზრუნველყოფს მის ისე შესრულებას, რომ საჭირო პერიოდში რიგი პარამეტრების ცვლით ენერგო დანახარჯი დაიყვანება მინიმუმამდე. აღნიშნული პარამეტრებია:

- კომპრესორის სიცივის მწარმოებლურობის ცვლა თბური დატვირთვიდან გამომდინარე;
- ამძრავი კვანძის სიმძლავრის, ბრუნთა რიცხვის მატება ან კლება თბური დატვირთვიდან გამომდინარე;
- სასურველი რეჟიმის მიღწევის შემდეგ აგრეგატის შეჩერება და ლოდინის რეჟიმში გადაყვანა ტემპერატურული რეჟიმის ზღვრულ ცვლილებამდე;
- სამაცივრო აგრეგატის მუშაობისას მისი მუშა პარამეტრების კონტროლი;
- დაზიანების და გაუმართაობის შემთხვევაში ავარიისგან დაცვა და ხარვეზის მიზეზის ინფორმირება.

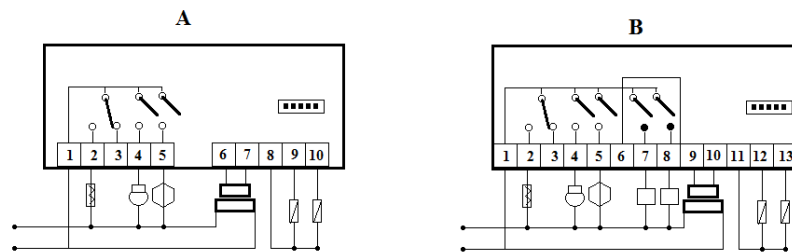
ასეთი ავტომატური მართვის სისტემებით დაკომპლექტებულია ძირითადად 2000 წლის შემდეგ წარმოებული სატრანსპორტო სამაცივრო აგრეგატები და რეფრიჟერატორული კონტეინერები. მაგრამ ამასთან ერთად არსებობს გასული საუკუნის ბოლო ათწლეულში წარმოებული სამაცივრო აგრეგატების დიდი რაოდენობა, რომლებიც იმყოფებიან საკმაოდ კარგ მუშა მდგომარეობაში, აკმაყოფილებენ სამაცივრო სისტემების მი-

მართ წაყენებულ ტექნიკურ მოთხოვნებს, მაგრამ არ არიან აღჭურვილნი თანამედროვე ავტომატური მართვის სისტემებით. საქართველოს ავტორეფორმატორული პარკის დაახლოებით 70 % შეადგენს სწორდ რომ მსგავსი სახის ტრანსპორტს. ამიტომ საჭირო გახდა დამატებითი ავტომატური მართვის ბლოკის შემუშავება, რომლის ჩანერგვაც მოხდებოდა აღნიშნულ სამაცივრო სისტემებზე ყველა იმ ფუნქციების შესრულების მიზნით, რომლებიც შეესაბამებოდა თანამედროვე ავტომატური მართვის სისტემებს.

წინა თაობის სატრანსპორტო სამაცივრო დანადგარების აღჭურვა უკვე შექმნილი თანამედროვე ავტომატური მართვის სისტემური ბლოკებით არ არის მიზანშეწონილი, ვინაიდან მის განსახორციელებლად საჭიროა თავად სატრანსპორტო სამაცივრო სისტემის ძირეული მოდერნიზაცია და გადაწყობა, რაც დაკავშირებულია საკმაოდ დიდ ფინანსურ დანახარჯებთან.

ამგვარად მიზანი ავტომატური მართვის უნივერსალური სისტემური ბლოკის შექმნისა იყო ის, რომ მისი ჩანერგვა წინა თაობის სატრანსპორტო სამაცივრო დანადგარებზე მოხდებოდა ძირეული მოდერნიზაციის გარეშე და ამ შემთხვევაში თავად მართვის სისტემა მოერგებოდა სატრანსპორტო სამაცივრო აგრეგატს და არა პირიქით, რაშიც მდგომარეობს აღნიშნული ბლოკის უნივერსალურობა.

მართვის უნივერსალური სისტემური ბლოკის მთავარ მმართველ-მაკონტროლებელ ელემენტად აღებული იქნა იტალიური წარმოების ტემპერატურის კონტროლერი ELIWELL 974. იგი წარმოადგენს ელექტრონულ თერმოსტატს, რომელიც ფართოდ გამოიყენება სამაცივრო სისტემებსა და სხვა სფეროებში ტემპერატურული კონტროლის და რეგულირებისთვის. სატრანსპორტო სამაცივრო დანადგარებში მის გამოსაყენებლად საჭირო გახდა აღნიშნული თერმოსტატის ცვლილება, მისი პროგრამული გადაკეთება და მართვის ელემენტების დუბლირება. ნახ.1-ზე ასახულია ტემპერატურის კონტროლერი ELIWELL 974-ის თავდაპირველი და მოდერნიზირებული სქემა.



ნახ 1: ტემპერატურის კონტროლერი ELIWELL 974 -ის თავდაპირველი (A) და მოდერნიზირებული (B) სქემა .

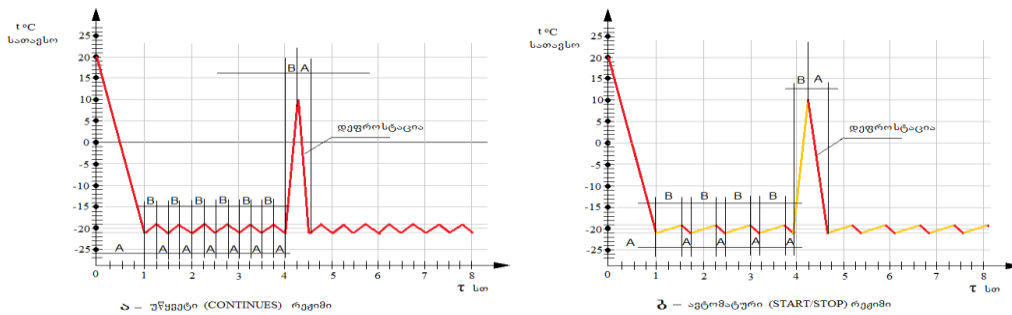
A - ELIWELL 974 -ის თავდაპირველი ვარიანტი: 1. კვების წყაროს საერთო პორტი. 2. დეფროსტაციის რელეს პორტი. 3. თავისუფალი პორტი. 4. კომპრესორის კონტაქტორის პორტი. 5. ელექტრო ვენტილიატორების კონტაქტორის პორტი. 6,7. კვების წყაროს პორტი 12 VDC. 8,9,10 – თერმოწყვილების პორტი.

B - ELIWELL 974 -ის მოდერნიზებული ვარიანტი: 1. კვების წყაროს საერთო პორტი. 2. დეფროსტაციის რელეს პორტი 3. თავისუფალი პორტი 4. სითბო-სიცივის რელეზე მიმავალი პორტი. 5,6 - გაუქმრებული ფუნქციის პორტი. 7. ძრავის სტარტერის რელეზე მიმავალი პორტი. (დამატებულია მოდერნიზების შედეგად) 8. ძრავის სინქარის სოლენოიდის რელეზე მიმავალი პორტი. (დამატებულია მოდერნიზების შედეგად). 9,10. კვების წყაროს პორტი 12 VDC. 11,12,13 - თერმოწყვილების პორტი.

ავტოსატრანსპორტო სამაცივრო დანადგარებში, განსაკუთრებით იმ სისტემებში,

რომლებიც კომპრესორის ამძრავ კვანძად იყენებენ ავტონომიურ შიგაწვის ძრავს, აუცილებელია დამატებითი პარამეტრების კონტროლი. ტემპერატურის კონტროლის (სითბო – სიცივე) გარდა სისტემურმა ბლოკმა უნდა აკონტროლოს ძრავის ბრუნთა რიცხვი და შესაბამისად აგრეგატის სიმძლავრე სიცივის მწარმოებლურობის სახით. ნახ.2–ზე მოყვანილია საკონტროლებელი პარამეტრების გრაფიკული გამოსახულება სატვირთო მოცულობაში ტემპერატურის ცვლილების შესაბამისად τ დროის განმავლობაში.

გრაფიკული სურათიდან ჩანს, რომ CONTINUOUS – უწყვეტ რეჟიმში აგრეგატის მუშაობისას ტემპერატურის კონტროლი ხორციელდება გაცივება-გათბობაზე გადართვით, ანუ მითითებული ტემპერატურული რეჟიმის მიღწევის შემდგომ გარკვეული ზღვრული ცვალებადობით სამაცივრო აგრეგატი ინარჩუნებს მითითებულ ტემპერატურულ რეჟიმს. აღსანიშნავია, რომ ამ პერიოდში სამაცივრო აგრეგატის ძრავი მუშაობს დაბალ ბრუნზე უწყვეტად. რაც იძლევა საწვავის ეკონომიას და შესაბამისად სამაცივრო აგრეგატის განტვირთვას.



ნახ. 2: ტემპერატურის ცვლილების გრაფიკი უწყვეტ და ავტომატურ რეჟიმში მუშაობისას.

START/STOP – ავტომატურ რეჟიმში მუშაობისას კი სამაცივრო აგრეგატი მითითებული ტემპერატურის მიღწევისას ახდენს ამძრავი კვანძის გათიშვას და მის გადაყვანას ლოდინის რეჟიმში. სატვირთო ნაკვეთურში ტემპერატურა მატულობს ძარის თბოიზოლაციის გავლით გარემოდან შემოსული თბოშენაკადების ხარჯზე. ტემპერატურის მატება გრძელდება კონტროლერში მითითებულ ზღვრამდე. ამ მომენტში ავტომატური რეგულირების სისტემა აქტიურდება და რთავს სამაცივრო აგრეგატს. იწყება ხელახალი გაცივება მითითებულ ტემპერატურამდე, რის შემდეგაც ციკლი მეორდება. ამასთან ერთად სატვირთო ნაკვეთურში ტემპერატურის ცვლილება ხდება ოპერატორის მიერ მითითებულ საზღვრებში. თვალნათელია, რომ START/STOP - ციკლი შედგება ორი ფაზისგან:

- სამაცივრო აგრეგატის მუშაობა სატვირთო ნაკვეთურში ტემპერატურის დაკლებით;
- სამაცივრო აგრეგატის უმოქმედობა სატვირთო ნაკვეთურში ტემპერატურის ბუნებრივი მომატებით.

ამ ფაზების ხანგრძლივობის შეფარდება განსაზღვრავს სატრანსპორტო სამაცივრო აგრეგატებში ავტომატური რეგულირების ბლოკის დანერგვის ეფექტურობას. აღნიშნული თანაფარდობა დამოკიდებულია რამოდენიმე ფაქტორზე, რომელთაგან მთავარია სატვირთო მოცულობის თბოიზოლაციის ეფექტურობა, მისი ჰერმეტიულობა, სამაცივრო დანადგარის სიმძლავრე, სატვირთო მოცულობის ჩატვირთვის სიმჭიდროვე, მასში ჰაერის განაწილება და სხვა. ავტომატურ რეჟიმში სამაცივრო აგრეგატის მუშაობისას ენერგეტიკული დანახარჯი გაცილებით დაბალია ვიდრე უწყვეტ რეჟიმში მუშაობისას. რადგან საჭირო ტემპერატურული რეჟიმის მიღწევის შემდეგ აგრეგატი ლოდინის რეჟიმში და გარკვეული ხნის განმავლობაში იმყოფება გათიშულ მდგომარეობაში, ამიტომ საწვავის ხარჯი ნულის ტოლია. მთავარი არსი უნივერსალური სისტემური ბლოკის

შექმნისა იყო სწორედ რომ სამაცივრო აგრეგატის ავტომატურ START/STOP რეჟიმში გადასვლის შესაძლებლობა.

მართვის უნივერსალური სისტემური ბლოკის მთავარ მმართველ-მაკონტროლებელი ელემენტი, ანუ კონტროლერი თავის მხრივ დამამზადებლის მიერ არ არის აღჭურვილი იმ პროგრამით თუ შემსრულებელი მექანიზმებით, რომლებიც უზრუნველყოფდნენ სატრანსპორტო სამაცივრო აგრეგატის START/STOP რეჟიმში მუშაობას. ამისათვის გახდა საჭირო მისი მოდერნიზება შემსრულებელი მექანიზმის დუბლირების გზით. მოდერნიზებული კონტროლერი გაყოფილია ორ ნაწილად, რომელთაგან პირველი, ძირეული ნაწილი აკონტროლებს უშუალოდ ტემპერატურას, ხოლო მეორე ნაწილი კი აკონტროლებს სამაცივრო აგრეგატის ამძრავის მუშაობას, მის ჩართვა-გამორთვას, ძრავის ბრუნთა რიცხვების მატება-კლებას. უნდა აღინიშნოს, რომ კონტროლერის მზომი კვანძი, ანუ ტემპერატურის მაკონტროლებელი ელემენტი თერმოწყვილების სახით დარჩა უცვლელი. ასევე უცვლელია დეფროსტაციის შემსრულებელი კვანძიც.

ავტომატური რეგულირების ჩვენს მიერ შემუშავებული ბლოკი დამონტაჟებულ და გამოკვლეულ იქნა მუშა რეჟიმებზე ავტორეფრიჟერატორ THERMO KING SB I (გამოშვებული 1991 წელს) ფირმა REF SERVICE –ის პირობებში. ბლოკის გამოყენების ეფექტურობის კრიტერიუმად მიღებულ იქნა გარდაქმნის კოეფიციენტი:

$$COP = \frac{Q_{საა}}{Q_{დაა}}$$

სადაც COP – ი არის გარდაქმნის კოეფიციენტი (coefficient of performance); სასარგებლო ენერგეტიკული ეფექტი $Q_{საა}$ – სამაცივრო აგრეგატის სიცივის მწარმოებლურობა; ხოლო დახარჯული ენერგია $Q_{დაა}$ – სატრანსპორტო სამაცივრო დანადგარების შემთხვევაში დანადგარის მიერ დახარჯული ენერგია. ლაბორატორიული დაკვირვებისათვის შერჩეულ იქნა სამაცივრო აგრეგატი რომლის სიცივის მწარმოებლურობაც (დუღილის ტემპერატურა $t_{აა} = -30^{\circ}C$, კონდენსაციის საშუალო $t_{კ} = 27^{\circ}C$, მუშაობის დრო $\tau = 8$ სთ) შეაგება $Q_{საა} = 6800$ ვატს (5847 კკალ/სთ). მისი ამძრავი დიზელის ძრავის მიერ მოხმარებული საწვავის ხარჯი კი 3.5 - 4ლ.სთ ძრავის დაბალ ბრუნზე, ხოლო მაღალ ბრუნზე კი 5ლ.სთ-ს. დაკვირვება ჩატარდა ორ ეტაპად: პირველი როდესაც აგრეგატი მუშაობდა უწყვეტ (CONTINUOUS), ხოლო მეორე ეტაპზე კი ავტომატურ (START/STOP) რეჟიმში.

ნახ.2ა-დან ჩანს თუ როგორ ხდება ტემპერატურის შენარჩუნება ორივე რეჟიმში მუშაობისას. გრაფიკებზე A მონაკვეთით გამოსახულია გაცივების პროცესი, ხოლო B მონაკვეთით კი გათბობის პროცესი. უწყვეტ რეჟიმში მუშაობისას აგრეგატის ჩართვისას სასურველი ტემპერატურის მიღწევამდე და დეფროსტაციის პროცესში, აგრეგატის ძრავი ბრუნავს მაღალი სიჩქარით. ამ დროს საწვავის ხარჯი შეადგენს 5 ლ/სთ. სასურველი ტემპერატურის მიღწევის შემდეგ ამძრავი გადადის დაბალ ბრუნზე და საწვავის ხარჯი იწევს 3.5 ლ/სთ-მდე. ჯამში აღნიშნული რეჟიმისათვის გრაფიკის მიხედვით საწვავის ხარჯი გამოიანგარიშება შემდეგნაირად:

$$Q_{დაა} = 10180 * (5 + 3,5 * 3 + 5 * 0,5 + 3,5 * 3,5) = 10180 * 30,5 = 310409 \text{ კკალ}$$

სადაც 10180კკალ არის ერთი ლიტრი დიზელის საწვავის დაწვისას გამოყოფილი ენერგია

ამგვარად გარდაქმნის კოეფიციენტი უწყვეტ რეჟიმში მუშაობისას გვექნება შემდეგი:

$$COP_{cont} = \frac{Q_{საა}}{Q_{დაა}} = \frac{8 * 5847}{310409} = 0,15$$

ავტომატურ რეჟიმში მუშაობისას სასურველი ტემპერატურული რეჟიმის მიღწევის შემდეგ სამაცივრო აგრეგატის ამძრავი ითიშება და გადადის ლოდინის რეჟიმში, ტემპე-

რატურის გარკვეული სიდიდით ცვლილებამდე. ანუ ნახ.2ბ-ზე ყველა B მონაკვეთში გარდა დეფროსტაციის რეჟიმისა, აგრეგატი იმყოფება გათიშულ მდგომარეობაში რის დროსაც საწვავის ხარჯი ნულის ტოლია. ამგვარად ავტომატურ რეჟიმში მუშაობის გრაფიკიდან დახარჯული ენერჯის სიდიდე და საწვავის ხარჯი შეგვიძლია გამოვიანგარიშოთ შემდეგნაირად:

$$Q_{\text{დახ}} = 10180 \times (5 + 0 + 3,5 \times 0,4 + 0 + 3,5 \times 0,4 + 0 + 3,5 \times 0,4 + 0 + 5 \times 0,75 + 0 + 3,5 \times 0,4 + 0 + 3,5 \times 0,4 + 0 + 3,5 \times 0,4 + 0 + 3,5 \times 0,4 + 0 + 3,5 \times 0,4) = 10180 \times 10,71 = 109028 \quad \text{კკალ}$$

ამგვარად გარდაქმნის კოეფიციენტი ავტომატურ რეჟიმში მუშაობისას გვექნება შემდეგი

$$COP_{\frac{\text{start}}{\text{stop}}} = \frac{Q_{\text{სას}}}{Q_{\text{დახ}}} = \frac{8 \times 5847}{109028} = 0,429$$

COP-ის გამოთვლისას დახარჯული ენერჯის კრიტერიუმად არჩეულ იქნა დიზელ-გენერატორის მიერ მუშაობისას მოხმარებული საწვავის რაოდენობა. ამ შემთხვევაში ავტომატურად გათვალისწინებული იქნა ყველა არსებული დანაკარგები: ამძრავის მ.ქ.კ. მაცივარი დანადგარის სამაცივრო კოეფიციენტი, მექანიკური და თბური დანაკარგები, საწვავის არასრული წვა, ხახუნის შედეგად არსებული დანაკარგები, დანაკარგები სარქველებში, გენერატორის ცვეთის შედეგად არსებული დანაკარგები და ა.შ.

სამაცივრო დანადგარის 8-საათიანი მუშაობისას CONTINUOUS და START/STOP რეჟიმებში COP-ის შედარებამ გვაჩვენა ენერჯის (საწვავის) საგრძნობი ეკონომია მეორე რეჟიმში. მან შეადგინა 64.9% CONTINUOUS რეჟიმთან შედარებით. თუმცა ეს რეზულტატი გათვალისწინებული უნდა იქნას როგორც კერძო შემთხვევა, რამდენადაც მასზე ზეგავლენას ახდენენ უკვე ზემოთ აღნიშნული რიგი ფაქტორები.

ლიტერატურა

კ. ფარცხალაძე, გ. კვირიკაშვილი. მცირე მაცივარი დანადგარები. სტუ, თბილისი. 2013. 157 გვ.

DEVELOPMENT OF UNIVERSAL SYSTEMIC BLOCK OF AUTOMATIC REGULATION FOR REFRIGERATOR TRUCKS

KHACHAPURIDZE G.*, K.PARTSKHALADZE**

*LTD “REF SERVICE”, ** Georgian Technical University

Summary

It is known that the some refrigeration units manufactured before 2000 year, which is the majority of trucking refrigerators exploited in Georgia, are not equipped with automatic temperature regulation systems in cargo section. What conditions the increased energy expanses, caused by increased fuel expanses from refrigerator diesel engine. It was offered to inculcate in system of automatic regulation the universal block, worked out on base temperature controller ELIWEL 974 and the temperature regulation by two regimes. When the time of pause is considerably much than the working period of refrigeration unit. With tests of systemic block and the analyze of coefficient of performance - COP, was confirmed the possible positive effect.



II საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



ელექტრომემბრანულ პროცესებში იონების გადატანის თანამედროვე მათემატიკური მოდელები

რუხაძე შ., აზრილონიძე მ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ელექტრომემბრანულ სისტემებში გაყოფის პროცესების ოპტიმალური რეჟიმების და აპარატების კონსტრუქციების შესარჩევად შექმნილია მათემატიკური მოდელები. სისტემა შეიცავს განტოლებათა დიდ რაოდენობას და შესაბამისად უცნობ ფუნქციებს, მათი რიცხვითი მეთოდებით ამოხსნა საკმაოდ რთული ამოცანაა. რიცხვითი ანალიზისთვის მნიშვნელოვნად ადვილია განტოლებათა სისტემის გახლეჩვა, სხვადასხვა გამარტივებული მოდელების გამოსაყვანად, რადგან მათგან უფრო ადვილია მივიღოთ აუცილებელი ინფორმაცია, ვიდრე განტოლებათა საწყისი სისტემა.

იონების გადატანის და მასთან დაკავშირებული კონცენტრაციული პოლიარიზაციის უბრალო ანალიზი შეიძლება ჩავატაროთ სამფენიანი ერთგანზომილებიანი მოდელის ჩარჩოში, რომელიც განიხილავს სტაციონალურ გადატანას სისტემაში დიფუზიური ფენა/მემბრანა/დიფუზიური ფენა [1,2,4]. დიფუზიური ფენის δ ქვეშ იგულისხმება ხსნარის, მემბრანის სასაზღვრო ფენა, სადაც ელექტროლიტის კონვექციური გადატანა შეიძლება უგულებელვყოთ. ამ მოდელის თანახმად i სიმკვრივის დენი მიედინება ელექტროლიტის ორი I (გამტენარებული ხსნარი) და II (კონცენტრირებული ხსნარი) ხსნარის, რომელთა იონური კონცენტრაციაა C_i^{I*} და C_i^{II*} ($i = 1, \dots, N$). შესაბამისად, გამყოფი მემბრანის ზედაპირის პერპენდიკულარულად. გადატანის განტოლება თითოეული ფენისათვის ჩაიწერება ნერსტ-პლანკის ტოლობის ფორმით კონვექციური წვევრის გარეშე:

$$J_i = -D_i \left(\frac{dC_i}{dx} + z_i C_i \frac{F}{RT} \frac{d\phi}{dx} \right), \quad (1)$$

ივარაუდება ლოკალური ელექტრონეიტრალობის პირობის შესრულება დიფუზიურ ფენებში

$$\sum_{i=1}^n z_i C_i = 0 \quad \text{და} \quad \sum_{i=1}^n z_i C_i = Q,$$

სადაც Q - მემბრანის მოცულობითი ტევადობა, აგრეთვე საზღვრებზე მემბრანა/დიფუზიური ფენა ელექტროქიმიური პოტენციალების ტოლობის პირობა, რომლებსაც მივყავართ ნიკოლსკის განტოლებებთან I საზღვარზე:

$$\frac{(\bar{C}_i^I)^{1/z_i}}{(\bar{C}_i^I)^{1/z_i}} = \bar{K}_{II} \frac{(C_{iS}^I)^{1/z_i}}{(C_{iS}^I)^{1/z_i}}. \quad (2)$$

ანალოგიური პირობები მიიღება II საზღვარზე. აქ J_i - i იონების ნაკადის სიმკვრივე, \bar{K}_{II} - იონცვლადი წონასწორობის თერმოდინამიკური მუდმივა, \bar{C}_i - I იონის კონცენტრაცია მემბრანაში, C_{iS} - i იონის კონცენტრაცია მემბრანის ზედაპირთან, I და II ინდექსები შესაბამისად ეკუთვნის მემბრანის მარცხენა და მარჯვენა საზღვრებს. ხსნარისა და იონცვლადი მემბრანის ფაზებს შორის მყარდება ეგრეთ წოდებული პოტენციალის დონანის ნახტომი, რომელიც გამოწვეულია ელექტროლიტების საკმაოდ განზავებული ხსნარების შემთხვევაში ტოლია [1]

$$\Delta\phi_D = -\frac{RT}{z_1 F} \ln \frac{\bar{C}_1}{C_{1S}} = -\frac{RT}{z_2 F} \ln \frac{\bar{C}_2}{C_{2S}}. \quad (3)$$

მოდელში ივარაუდება ხსნარების სიღრმეში კონცენტრაციის მუდმივობა. უმარტივეს შემთხვევაში იონების ელექტროსმოსური გადატანა არ გაითვალისწინება, მით უმეტეს რომ ავტორების [5] შეფასებით ელექტროსმოსური ტრანსპორტის გათვალისწინება არ ახდენს მნიშვნელოვან გავლენას საანგარიშო ვოლტამპერული მრუდის ფორმაზე მოცულობის კონვექციური გადატანის სიჩქარის 10^{-4} მმ/წმ ტოლ მნიშვნელობამდე გაზრდის დროსაც კი. კონცენტრაციული პოლიარიზაციის შეუღლებული ეფექტები [7], ერთგანზომილებიან მოდელში არ გაითვალისწინება. სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნიდან გამომდინარეობს, რომ კათიონცვლადი მემბრანის შემთხვევაში ბინარული ელექტროლიტისათვის ($i=1$ (საწინააღმდეგო იონი), 2 (კოიონი); $z_1^1 > 0, z_1^2 < 0$) კონცენტრაციული პროფილები მემბრანის მოსაზღვრე დიფუზიურ ფენებში საზოვანია, ხოლო სასაზღვრო კონცენტრაცია შეიძლება აღწერილი იყოს გამოსახულებით [1]:

$$C_s^{i(II)} = C_s^{i(I)} \pm \frac{z_1 z_2}{z_1 - z_2} \left(\frac{J_1}{D_1} + \frac{J_2}{D_2} \right) \delta^{i(II)} \quad (4)$$

პლიუს ნიშანი ეკუთვნის „გამტკნარებულ“ (I), ხოლო მინუს ნიშანი - „კონცენტრირებულ“ (II) ხსნარებს, რომლებიც გაბანს მემბრანას. გამოსახულების

$$\vec{i} = F \sum_{i=1}^n z_i \vec{j}_i$$

ანალიზი აჩვენებს, რომ დენის გაზრდით მარილის კონცენტრაცია C_s^I , მემბრანის ზედაპირთან, რომელიც იბანება „გამტკნარებული“ ხსნარით, მცირდება, ხოლო C_s^{II} „კონცენტრირებული“ ხსნარით გაბანილ ზედაპირთან იზრდება. თუ ვივარაუდებთ, რომ როცა გამტკნარებული ხსნარით მემბრანის გაბანის ზედაპირთან ნულოვანი კონცენტრაციის მიღწევის შემდეგ ელექტროლიტის იონების გადატანის ელექტროდიფუზიური მექანიზმი არ იცვლება, დენის შემდგომი ზრდა დაკავშირებული C_s -ის შემცირებასთან შეუძლებელია. ამიტომ დენის სიმკვრივეს i_{lim}^0 რომელზედაც C_s^I ხდება ნული, ეწოდება ზღვრული. ზღვრული დენი წარმოადგენს აბსტრაქციას, მინიჭებულს მოცემულ მათემატიკურ მოდელში.

თუ მემბრანა იდეალურად სელექციურია და არ ატარებს კოიონებს ($J_2 = 0$), მაშინ (4) და წინა განტოლებიდან გამომდინარეობს, რომ ზღვრული დენისათვის i_{lim}^0 ამ შემთხვევაში სამართლიანია გამოსახულება:

$$i_{lim}^0 = \frac{D_i C_i F}{\delta} \left(1 - \frac{z_i}{z_2} \right) \quad (5)$$

ამ ფორმულის სამართლიანობა ზომიერად განზავებულ ხსნარებში მემბრანებისათვის გადატანის რიცხვით $\bar{z}_i \approx 1$ არაერთხელ დასაბუთებულია ექსპერიმენტალურად [1]. ერთ ასეთ დასაბუთებას წარმოადგენს ჩოისა (Choi) და თანავტორების [6] სამუშაო, რომელთაც განსაზღვრული აქვთ მემბრანის CMX ზღვრული დენი LiCl, KCl, NaCl, CaCl₂, MgCl₂, AlCl₃ 0,025 მოლი ხსნარებში. თუ მემბრანა ატარებს კოიონებს, მაშინ $C_s^I = 0$ მნიშვნელობა მიიღწევა დენზე $i_{lim} > i_{lim}^0$, სადაც i_{lim}^0 შეესაბამება ზღვრულ დენს იდეალურად სელექციური მემბრანისათვის. ანალიზური ფორმულა i_{lim}^0 ამ განზავებისას უმეტეს შემთხვევაში უფრო მეტად შეესაბამება ზღვრულ დენს, ვიდრე (4) განტოლებამ. ცავს ორ უცნობ ხიდიღეს J_1 და J_2 . მაგრამ გამოსახულებიდან იონების i ნაკადისათვის, რომელიც ჩაწერილია ფორმით, სადაც შემოტანილია ეფექტური გადატანის რიცხვი \bar{z}_i :

$$J_i = -D \frac{dC_i}{dx} + \frac{i \bar{z}_i}{z_i F} = \frac{i \bar{z}_i}{z_i F} \quad (6)$$

ბინარული ელექტროლიტისათვის ადვილია მივიღოთ ფორმულა

$$i_{\lim i} = \frac{DC_i F}{(\bar{t}_i - t_i) \delta} \quad (7)$$

რომლიდანაც გამომდინარებს, რომ ელექტროდიფუზიური დენის სიმკვრივე პირდაპირ-პროპორციულია „გასამტკნარებელ“ ხსნარში ელექტროლიტის კონცენტრაციის C_i .

ტერნარული ელექტროლიტის შემთხვევაში სამფენიანი მოდელის ანალიზიდან გამომდინარეობს [2,3], რომ ზღვრულ მდგომარეობაში საწინააღმდეგო იონების ნაკადები ფორმირდებიან ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად და ტოლებია მათი სიდიდეების სისტემის ზღვრულ მდგომარეობაში ყოფნისას ბინარული ელექტროლიტის შესაბამისად, რომელთა კონცენტრაციები არევად ხსნარში ტოლია მოცემული საპირისპირო იონის კონცენტრაციის ტერნარულ სისტემაში. ზღვრული პარციალური დენი თითოეული საპირისპირო იონისათვის შეიძლება ვიანგარიშოთ ფორმულით:

$$i_{\lim i}^0 = \frac{D_i C_i F}{\delta} \left(1 - \frac{z_i}{z_2} - \frac{z_i i_{\lim 2} \delta}{z_2 D_2 C_2 F} \right) \quad (8)$$

ეს ფორმულა ტრანსფორმირდება 5-ში, თუ უგულებელვყოთ კოიონების გადატანას.

მოლიანად ასეთი მოდელები საშუალებას გვაძლევენ აღვწეროთ ელექტროდიფუზიური მასაგადატანის კანონზომიერებები და მოვახდინოთ მემბრანული სისტემების ქცევის პროგნოზირება, მაგრამ მათ აქვთ რიგი შეზღუდვები. კერძოდ ფორმულებით (5), (7), (8) ზღვრული დენის გაანგარიშებისათვის აუცილებელია ვიცოდეთ დიფუზიური ფენის სისქე.

ელექტრომემბრანული გაყოფის კონკრეტული პრაქტიკული ამოცანების გადასაწყვეტად აუცილებელია დიდი სარწმუნო ემპირიული მასალის არსებობა. მხოლოდ ამ შემთხვევაში ელექტრომემბრანული პოცესების რთული და ურთიერთდაკავშირებული მექანიზმები იპოვიან პრაქტიკისათვის ადეკვატურ ასახვას მათემატიკურ მოდელებში.

ლიტერატურა

1. Гельферих Ф. Иониты. - М.: Иностран. лит., 1992. - 490 с.
2. Заболоцкий В.И. Перенос ионов в мембранах / В.И. Заболоцкий, В.В. Никоненко. - М.: Наука, 1996. - 390 с.
3. Заболоцкий В.И. Модель конкурирующего транспорта ионов через ионообменную мембрану с модифицированной поверхностью / В.И. Заболоцкий, В. Никоненко, К.А. Лебедев // Электрохимия. - 1996. - Т.32, № 2. - С.258- 260.
4. Никоненко В.В. Электромассоперенос через неоднородные мембраны. Стационарная диффузия простого электролита / В.В. Никоненко, В.И. Заболоцкий, К.А. Лебедев // Электрохимия. - 1991. - Т.27, № 9. - С. 1103-1113.
5. Lee H.J. Designing of an electrodialysis desalination plant / H.J. Lee, F. Sarfert, H. Strathmann, S-H. Moon // Desalination. - 2002. - V.142. - P.267-286.
6. Choi J.-H. Effects of electrolytes on the transport phenomena in a cation-exchange membrane / J.-H. Choi, H.-J. Lee, S.-H. Moon // J. Colloid Interface Sci. - 2001. - V.238. - N 1. - P. 188-195.
7. შოთა რუხაძე, მეგი აფრიდონიძე „ელექტრომემბრანულ სისტემებში მასაგადატანის ინტენსი-
ფიკაციის პრობლემა“ შრომები, ქუთაისი, 6-8.10.2012, გვ. 219-222



II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



MODERN MATHEMATICAL MODELS OF ION TRANSPORT IN ELECTROMEMBRANE PROCESSES
SH. RUKHADZE, M. APRIDONIDZE

Mathematical modeling in electro-membrane processes required for the choice of optimal regimes of separation and apparatus design is hampered because of presence of several forms of transfer, high number of separating chambers in electrobaromembrane apparatus and by process instability .

To describe the mass-transfer processes in each phase, there are used the different physical theories and the corresponding Nernst-Planck and Navier-Stokes fundamental equations; flow continuities, the equations flowing from the model of solution-diffusion of irreversible thermodynamics, etc. In this case, there are used the first- and second order boundary conditions, but for description of transfer in membranes, there used the concepts of their homogeneous and heterogeneous structure. On the basis of these equations there are derived the mathematical models determining an interdependency between transfer parameters in elementary membrane cells.

აგროსაქონელწარმოებაში მემცენარეობის პროდუქციის წარმოების ბიოენერგეტიკული შეფასების საკითხისათვის

თავაძირიძე ს. ჯ., კილასონია ე. ო., წიქორიძე მ. ბ., კბილაშვილი დ. ბ.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

აგროსაქონელწარმოებაში მემცენარეობის მიღებული პროდუქციის შეფასება უნდა მოხდეს არა მხოლოდ ეკონომიკური, არამედ ბიოენერგეტიკული მახვენებლებით, რომელიც უფრო ზუსტი და სრულყოფილია.

ნაშრომში განხილულია აგროსაქონელწარმოებაში მემცენარეობის პროდუქციის წარმოებაზე ენერგეტიკული დანახარჯების სახეები, მათი გაანგარიშებისათვის საჭირო მონაცემები და მეთოდები. ნახვენებია შეფასების ბიოენერგეტიკული კრიტერიუმის გამოყენების უპირატესობა სხვა კრიტერიუმებთან შედარებით.

აგროსაქონელწარმოებაში მემცენარეობის პროდუქტების წარმოების მექანიზმული ტექნოლოგიების შერჩევა არსებული მეთოდიკებით ძირითადად ფულადი სახსრების ან კაპიტალდაბანდების ამოგების კრიტერიუმებით წარმოებდა, მაგრამ ქვეყანაში ჩამოყალიბებულმა საბაზრო-ეკონომიკურმა ურთიერთობებმა, მაშინ როდესაც ენერგეტიკულ-ტექნიკური საშუალებები, მარაგანაწილები, საექსპლუატაციო და ელიტარული სათესლე მასალები, მინერალური სასუქები თუ შხამქიმიკატების უმეტესობა უცხო ქვეყნებიდან შემოდის და მათ ფიქსირებული ფასები არ გააჩნიათ, ასევე რადგან დიდია დიაპაზონი ადგილობრივ წარმოებაში მატერიალურ-ტექნიკური საშუალებების გამოყენებაზე ფასების ცვალებადობისა, ამის გამო სასოფლო-სამეურნეო საწარმოების მნიშვნელოვანი ნაწილი უახლოეს წარსულში გაკოტრების პირას მივიდა.. ამდენად აგროსაქონელწარმოებაში სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოების მანქანური ტექნოლოგიების შერჩევისას აღნიშნული კრიტერიუმები რეალურად ვერ ასახავს საწარმოო სიტუაციას. ამიტომ აუცილებელი გახდა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების წარმოების მანქანური ტექნოლოგიების შერჩევისას პრიორიტეტი ინფლაციაზე ნაკლებად დამოკიდებულ კრიტერიუმზე შეჩერებულიყო, რომელიც მოცემულ პირობებში საუკეთესო ტექნოლოგიის შერჩევასთან ერთად განსაზღვრავდა ტექნიკურ საშუალებათა ენერგეტიკულ მარჯი ქმედების კოეფიციენტს, კერძოდ სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოების ბიოენერგეტიკული დანახარჯებს. თითოეული სასოფლო-სამეურნეო კულტურისათვის კონკრეტულ საწარმოო პირობებში საუკეთესოდ ჩაითვლება ის ტექნოლოგია, რომელიც უზრუნველყოფს საკვები ერთეულის კალორიის მიღებას მინიმალური ენერჯის დანახარჯით.

აგროსაქონელწარმოებაში სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოებაზე სხვადასხვა სახის, როგორც ბუნებრივი, ასევე ხელოვნური წარმოშობის ენერჯია იხარჯება. ბუ-

ნებრივ ენერგიას მიეკუთვნება მზის გამოსხივება, რომელიც უზრუნველყოფს ფოტოსინთეზის პროცესების რეალიზაციას, ხოლო ხელოვნური ენერგია თავის მხრივ გაყოფილია ორ ჯგუფად: ბიოლოგიურ და სამრეწველო ენერგიებად. ბიოლოგიური ენერგიაა ადამიანის კუნთებისა და ცოცხალი გამწვევი ძალის ენერგია, სამრეწველო ენერგია კი ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული, საწვავითა და სხვა სითბური წყაროებით მოპოვებული ენერგია.

სოფლის მეურნეობაში სამრეწველო ენერგო დანახარჯები იყოფა პირდაპირ და ირიბ დანახარჯებად. პირდაპირ დანახარჯებს მიეკუთვნება ის ენერგია, რომელიც ხმარდება უშუალოდ სოფლის მეურნეობაში შესრულებულ სამუშაო პროცესს, ხოლო ირიბს – ის ენერგო დანახარჯები, რომლებიც ხმარდება ტექნიკის, მინერალური სასუქების, პესტიციდების და ა. შ. წარმოებას.

სოფლის მეურნეობის პროდუქციის წარმოებაზე ენერგიის დანახარჯები განისაზღვრება ჯოულებში ან მეგაჯოულებში. ენერგიის მთლიანი ხარჯი $E_{\text{მთ}}$ გამოითვლება ფორმულით:

$$E_{\text{მთ}} = \sum_{P=1}^m E_{\text{პრ}} \quad (1)$$

სადაც $E_{\text{პრ}}$ - სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოებაზე ენერგიის დანახარჯებია, მჯ/ჰა ან მჯ/კგ;

ცალკეულ სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოთა შესრულებაზე დახარჯული ენერგიის გამოთვლა შესაძლებელია შემდეგი გამოსახულებით:

$$E_{\text{სამ}} = E_{\text{ს.ა.}} + E_{\text{ტ.ს.}} + E_{\text{საწ.}} + E_{\text{მ.ა.}} \quad (2)$$

სადაც $E_{\text{ს.ა.}}$ - სამუშაოს შესრულებაზე გამოყენებული საექსპლუატაციო მასალების (თესლი, სასუქი, შხამქიმიკატები და ა. შ) ენერგიაა;

$E_{\text{ტ.ს.}}$ - ტექნიკურ საშუალებათა დამზადებასა და მის მზადყოფნაზე დახარჯული ენერგია;

$E_{\text{საწ.}}$ - სამუშაოს შესრულებაზე დახარჯული საწვავის ენერგია;

$E_{\text{მ.ა.}}$ - სამუშაოს შესრულებაზე მომსახურე პერსონალის მიერ დახარჯული ენერგია.

პროდუქციის მიღებაზე ელექტროენერგიის დანახარჯით მიღებული ენერგია ტოლია:

$$E_{\text{ელ}} = H_{\text{ელ}} \cdot e_{\text{ელ}} \cdot K \quad (3)$$

სადაც $H_{\text{ელ}}$ - სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოებაზე დახარჯული ელექტროენერგიაა, კვტს/ჰა;

$e_{\text{ელ}}$ - ელექტროენერგიის ენერგო აღჭურვილობა, მჯ/კვტსო;

K - სასოფლო-სამეურნეო კულტურის მოყვანაზე დახარჯული ელექტროენერგიის წილი.

სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოებაზე დახარჯული ელექტროენერგიის გაანგარიშება შესაძლებელია შემდეგი ფორმულით:

$$H_{\text{ელ}} = \frac{N \cdot M}{W} \quad (4)$$

სადაც N - ელექტროამძრავის სიმძლავრეა, კვტ;

M - მანქანის მიერ გადამუშავებული პროდუქციის მასა, კგ;

W - მანქანის მწარმოებლობა, კგ/სთ.

სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების წარმოების ტექნოლოგიების ბიოენერგეტიკული შეფასების კრიტერიუმებად გამოიყენება ბიოენერგეტიკული კოეფიციენტი ($\eta_{ბგ}$) და წარმოების ბიოენერგეტიკული რენტაბელობა ($P_{ბგ}$).

მექანიზებული აგროსაქონელწარმოების ბიოენერგეტიკულ გამოკვლევათა შედეგია სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მოვლა-მოყვანისა და აღების ენერგოდამზოგი ტექნოლოგიების შემუშავება, ტექნიკური ფონდებისა და კადრების სტრუქტურა, ასევე შესაბამისი საწარმოო ქვედანაყოფების ფუნქციონირების სტრატეგია. ბიოენერგეტიკული კოეფიციენტის განსაზღვრა ხდება გამოსახულებით:

$$\eta_{ბგ} = \frac{V}{Q}; \quad (5)$$

სადაც V - მიღებული სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის ენერგოშემცველობა, მჯ;

Q - სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოებაზე ენერჯის საერთო დანახარჯები, მჯ;

სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის ენერგოშემცველობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$V = \sum_m F_\ell \cdot U_\ell \cdot \lambda'_\ell \cdot \exists_\ell (1 + \lambda''_\ell) \quad (6)$$

სადაც ℓ - მოსაყვან სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა ინდექსია ($\ell = 1, 2, \dots, m$);

m - მოსაყვან სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა რიცხვი;

F_ℓ - ℓ სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა ქვეშ დაკავებული ფართობი, ჰა;

U_ℓ - ℓ სასოფლო-სამეურნეო კულტურის დაგეგმილი მოსავლიანობა, კგ/ჰა;

λ'_ℓ - ℓ სასოფლო-სამეურნეო კულტურის მიღებული ერთეული პროდუქციის ერთ კგ მშრალ ნივთიერებაში გადამყვანი კოეფიციენტი;

λ''_ℓ - ℓ სასოფლო-სამეურნეო კულტურის თანამდევი პროდუქციის გამოსავლიანობის კოეფიციენტი;

\exists_ℓ - ℓ სასოფლო-სამეურნეო კულტურის ძირითადი პროდუქციის ერთ კგ მშრალ ნივთიერებაში ენერჯის შემცველობა;

სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოებაზე ენერჯის საერთო ხარჯი განისაზღვრება სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მოვლა-მოყვანისა და აღების ტექნოლოგიური რუქების ბაზაზე.

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad (7)$$

სადაც Q - სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოებაზე დახარჯული

აგროსაქონელწარმოების ენერჯის პროდუქციის წარმოების ბიოენერგეტიკული შეფასების საკითხისათვის

~~Q_1 - მანქანა ტრაქტორთა პარკით სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციაში გადატანილი ენერჯის მოცულობა, მჯ;~~

Q_2 - ტექნიკური სერვისის ობიექტებით სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციაში გადატანილი ენერჯის მოცულობა, მჯ;

Q_3 - გამოყენებულ საბრუნ საშუალებებზე დახარჯული საერთო ენერჯია, მჯ;
 გამოყენებულ საბრუნ საშუალებებზე (გარდა საწვავ-საცხები მასალებისა) გადატანილი ენერჯიის გაანგარიშება შესაძლებელია ფორმულით:

$$Q_3 = \sum_{\ell} \sum_i F_{\ell} \cdot q_{\ell,i} \cdot \Xi_i \quad (8)$$

სადაც i - საბრუნ საშუალებათა ინდექსია, $i = 1, 2, \dots, n$;
 n - გამოყენებულ საბრუნ საშუალებათა სახეების რიცხვი;
 $q_{\ell,i}$ - ℓ სასოფლო-სამეურნეო კულტურისათვის i საბრუნ საშუალებების ხარჯვის ნორმა, კგ/ჰა;
 Ξ_i - i საბრუნ საშუალებების ენერგეტიკული ექვივალენტი, მჯ/კგ.
 გახარჯული საწვავ-საცხი მასალებით გადატანილი ენერჯიის მოცულობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$Q_4 = \sum_{\ell} F_{\ell} \cdot \Pi_{\ell} \cdot \theta \cdot \Xi_{b.b.} \quad (9)$$

სადაც θ - საწვავის ხარჯია, კგ/ეტჰა;
 Π_{ℓ} - ℓ სასოფლო-სამეურნეო კულტურისათვის მექანიზებულ სამუშაოთა სიმკვრივე, კგ/ჰა;
 $\Xi_{b.b.}$ - საწვავ-საცხი მასალების ენერგეტიკული ექვივალენტი.
 სასოფლო-სამეურნეო მანქანებისა და მოწყობილობების შლეიფით გადატანილი ენერჯია განისაზღვრება ფორმულით:

$$Q_{1\text{შლ}} = \sum_s n_s \cdot T_s \cdot \Xi_s \quad (10)$$

სადაც n_s - S სასოფლო-სამეურნეო მანქანების რიცხვია;
 T_s - S ტიპის ერთ სასოფლო-სამეურნეო მანქანაზე დაყვანილი წლიური ნამუშევარი, სთ;
 Ξ_s - S ტიპის ერთ სასოფლო-სამეურნეო მანქანის ენერგეტიკული ექვივალენტი, მჯ/სთ ;
 n - სასოფლო-სამეურნეო მანქანებისა და მოწყობილობების მარკების რიცხვი.

ტექნიკური სერვისის ბაზის მიერ რეალიზებული ენერჯია განისაზღვრება ფორმულით:

$$Q_2 = \sum_z n_z \cdot T_z \cdot \Xi_z \quad (11)$$

სადაც n_z - სერვისული ბაზის Z -ობიექტების რაოდენობაა;
 T_z - Z -ტიპის ერთ ობიექტზე დაყვანილი მომსახურების საათური გამომუშავება, სთ;
 Ξ_z - Z ობიექტის ენერგეტიკული ექვივალენტი, მჯ/სთ;
 შრომითი რესურსებით რეალიზებული ენერჯია განისაზღვრება ფორმულით:

$$Q_3 = \sum_h n_h \cdot T_h \cdot \Xi_h \quad (12)$$

თავგებრიძე ს. ჯ., კილახონია ვ. ო., წიქორიძე მ. ბ., კბილაშვილი დ. ბ.
 სადაც n_h - h სპეციალიზაციისა და სპეციალობის მუშა-პერსონალის რაოდენობაა;
 T_h - h სპეციალობის ერთ მუშა-პერსონალზე დაყვანილი წლიური გამომუშავება, სთ;

\exists_h - შესაბამისი ენერგეტიკული ექვივალენტი, მჯ/სთ;

მანქანა-ტრაქტორების პარკის გამოყენებით სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის გადაზიდვისას ენერჯის დანახარჯი გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_j = \sum_j n_j \cdot T_j \cdot \exists_j \quad (13)$$

სადაც n_j - j მარკის ტრაქტორების რიცხვია;

T_j - j მარკის ტრაქტორების წლიური დატვირთვის კოეფიციენტი, სთ;

\exists_j - j მარკის ტრაქტორის ენერგეტიკული ექვივალენტი, მჯ/სთ;

ჯამური ენერჯის სიდიდე განისაზღვრება (8) – (13) მდგენელების შეკრებით.

ბიოენერგეტიკული კოეფიციენტების გაანგარიშებისას აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას დანაკარგების დონეების გამოვალისწინებელი კოეფიციენტი, რომელიც გვიჩვენებს დაგეგმილი მოცულობის სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის ვერ მიღების მიზეზებს. მათი რაოდენობა დაიყვანება მანქანა-აგრეგატების დაკომპლექტებისას დაშვებულ ხარვეზებზე, სერვისული მომსახურების დაბალ ეფექტურობაზე, მანქანა-აგრეგატების სერვისის არასწორ დაგეგმვაზე, სამუშაო მანქანების გამოყენებასა და მათზე გაწეული ენერგეტიკული დანახარჯების დისპროპორციაზე, კონკრეტული სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოსათვის მანქანა-აგრეგატის არასწორ შერჩევაზე, სამუშაო პერსონალის არაეფექტურად გამოყენებაზე და სხვა.

თანამედროვე სასოფლო-სამეურნეო მანქანა-მოწყობილობების ეფექტურად გამოყენების მიზნით შეფასებული უნდა იქნას ის ენერგეტიკული დანახარჯები, რომელიც გამოწვეულია მათი გაცდენებით.

$$Q_{\text{გაც}} = Q_{\text{გაც}}^{\text{მე}} + Q_{\text{გაც}}^{\text{ტრ}} + Q_{\text{გაც}}^{\text{მ.ო}} \quad (14)$$

გაცდენაზე ჯამური ენერჯის დანაკარგების თითოეული მდგენელი გამოითვლება დამოკიდებულებით:

$$Q_{\text{გაც}}^i = \sum_i T_{\text{გაც}}^i \cdot n_i \cdot \exists_{\text{გაც}}^i \quad (15)$$

სადაც n_i - i -ური რესურსის რაოდენობაა;

$T_{\text{გაც}}^i$ - გაცდენის დრო, სთ;

$\exists_{\text{გაც}}^i$ - შესაბამისი ენერგეტიკული ექვივალენტი, მჯ/სთ;


ჯამური ენერჯის გასაანგარიშებლად აუცილებელია გავითვალისწინოთ იმ ენერჯიების მოცულობები, რომლებიც დამატებით იხარჯება სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოების ოპტიმალური ვადების დარღვევის გამო.

$$V_{\text{გაც}} = \sum_e F_e \cdot U_e \cdot \exists_e \cdot K_e^{\text{სშწ}} \quad (16)$$

სადაც $K_e^{\text{სშწ}}$ - ℓ სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოებაზე დანაკარგის კოეფიციენტის დონის საშუალო შეწონილი სიდიდეა.

ამგვარად ნებისმიერი სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოებაზე ბიოენერგეტიკული კოეფიციენტი შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:


$\sum F_e \cdot U_e \cdot \lambda_e \cdot (1 + \lambda_e) \cdot \exists_e + \Delta$



საქართველოს სსრ-ის სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოების ენერგეტიკული კოეფიციენტის განსაზღვრის საერთაშორისო მეცნიერული კონფერენცია

II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



სადაც Δ - ენერჯის დანაკარგის დონეა.

რალს. ეს საკითხი (პრობლემა) აქტუალურია ქართველი ბიზნესმენებისთვისაც, რომლებიც დაკავებულნი არიან ასეთი პროდუქციის ქვეყნის გარეთ გატანით (ექსპორტით). ამჟამად მწვანილის ტრანსპორტირება წარმოებს ჩვეულებრივ ყინულის არეში, რაც სრულად ვერ აკმაყოფილებს შენახვის და ტრანსპორტირების პირობებს.

მწვანილის შენახვისათვის გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს შენახვის რეჟიმებს. შენახვის რეჟიმების რეგულირება ოპტიმალურ დონეზე და მისი შენარჩუნება ბუნებრივი კვებისა და ლპობით გამოწვეული დანაკარგების შემცირების ძირითადი საშუალებაა. იგი ხასიათდება ისეთი მახასიათებლებით, როგორცაა ტემპერატურა, ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა, აირის შემადგენლობა, განათებულობა და ჰაერმიმოცვლა. ყველა ამ მაჩვენებლის გავლენა შენახვის ხარისხზე არათანაბარია, ოპტიმალური მაჩვენებლის დადგენა მოითხოვს საკითხისადმი კომპლექსურ მიდგომას, რაც გულისხმობს ყველა პარამეტრის ერთდროული ზემოქმედების გათვალისწინებას. [1,2]

შენახვის ტემპერატურა ახდენს მნიშვნელოვან გავლენას მწვანილის მასის კვებადობაზე და ლპობისაგან დანაკარგებზე. მაღალ ტემპერატურებზე შენახვისას იზრდება წყლის აორთქლების და სუნთქვის ინტენსიურობა, ასევე სწრაფად მრავლდებიან მიკროორგანიზმებიც, მაგრამ ტემპერატურის შემცირებაც უსახდვროდ არ შეიძლება. შენახვის ტემპერატურის ქვედა ზღვარი არ უნდა სცდებოდეს ტემპერატურას, რომელზეც პროდუქცია იწყებს გაყინვას, რასაც მოსდევს ფუნქციონალური მოშლილობა და მწვანილის ქსოვილური სტრუქტურის რღვევა. [2]

მწვანილის სხვადასხვა სახეობისათვის შენახვის ოპტიმალური ტემპერატურული რეჟიმი მდებარეობს 0°C -თან ახლოს ($0^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$) ფარგლებში, რადგან ამ დროს ცხოველმოქმედების პროცესები შენელებულად მიმდინარეობს, მაგრამ არ წყდება. მიკროორგანიზმების გარავლების პროცესი მუხრუჭდება, ამიტომ მცირდება ნაყოფის დაზიანება. [3]

ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის შემცირება იწვევს მწვანილის ქსოვილებიდან წყლის გაძლიერებულ აორთქლებას, რაც იწვევს მასის დანაკარგებს, დაჭკნობისაგან გარეგნული ხედის გაუარესებას და ლპობის ალბათობის გაზრდას. საერთოდ, ბოსტნეულის სახეობების უმრავლესობისათვის ოპტიმალურად ითვლება ჰაერის $90\pm 95\%$ ფარდობითი ტენიანობა.

ჰაერმიმოცვლის ძირითადი დანიშნულებაა შენახვის თანაბარი რეჟიმის შექმნა, როგორც პროდუქტისგან თავისუფალ სივრცეში, აგრეთვე მის მასაში.

მწვანილის შენახვა რეგულირებად აიროვან გარემოში შესაძლებლობას გვაძლევს გავახანგრძლივოთ შენახვის ვადა და შევამციროთ დანაკარგები პროდუქტში.

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენს იმ ოპტიმალური პირობების დადგენა, რომლის დროსაც იქმნება მწვანილის შენახვისა და ტრანსპორტირების საუკეთესო პირობები. ამოცანას წარმოადგენს იმ ინერტული აირებისა და ტემპერატურის მოძებნა, რომლის დროსაც მაქსიმალურად შენარჩუნდება მწვანილის ხარისხი და სტრუქტურა.

ექსპერიმენტალური კვლევები წარმოებს აწსუ-ს სამაცივრო ტექნიკისა და ტექნოლოგიის ლაბორატორიაში. ამჟამად მიმდინარეობს კვლევები მწვანილის შენახვისა სხვადასხვა ინერტულ გარემოში. მიღებული შედეგების ბაზაზე ვიკვლევთ ორივე-გაცივებულ გარემოში და არჩეულ ინერტულ გარემოში მწვანილის შენახვის კომბინირებულ მიდგომას.

კვლევისას თვალყურს ვადევნებდით, თუ როგორ იცვლებოდა პროდუქტის ტემპერატურა აიროვანი გარემოს ტემპერატურისთან დამოკიდებულებაში. საწყის პირობებში პროდუქტის

ტემპერატურა ყველა წერტილში მივიღეთ 20°C -ის ტოლად. უფრო დაბალი ტემპერატურის ნარჯზე პროდუქტის ტემპერატურა შემცირდა და შენახვის (24 სთ) შემდეგ დასტაბილურდნა



ამრიგად, მწვანილის არეში დამყარებული ტემპერატურა განისაზღვრება შემავალი ჰა-

ერის ტემპერატურით, მაგრამ პროდუქტის და გამავალი ჰაერის ტემპერატურებს შორის რჩება გარკვეული სხვაობა. ეს სხვაობა იზრდება გარემოს ტემპერატურის გაზრდისას.

ლიტერატურა

1. Поморцева Т.И. Технология хранения и переработки плодоовощной продукции. - М.: ИРПО; ПрофОбрИздат, 2001. - 136 с.
2. Поморцева Т. И. Технология хранения и переработки плодоовощной продукции-М; ИРПО. ПрофОбрИздат, 2001-136 с.
3. Балан Е.Ф., Чумак И.Г., Картофяну В.Г., Иукурвдзе Э.Ж. Биоэнергетические основы холодильной технологии хранения фруктов и овощей. - К.: Техника-Инфо; Одесса: Рефпринтинфо, 2004 г. - 244 с.

STUDIES OF GREENS STORAGE AND TRANSPORTATION PROCESSES

D. TSAGAREISHVILI, O. SESIKASHVILI, T. TSKIPURISHVILI, S. TEVDORADZE

Akaki Tsereteli State University

Summary

In order to solve the challenge of full and qualitative provision of population with agricultural products, it is necessary not only to increase their production, but to reduce the losses in storage. Storage conditions are of crucial importance in storage process. In order to keep the storage conditions at the optimal levels, their regulation is a key means for reducing their natural decrease and reducing the losses caused by rot. Despite the fact that influence of different values of conditions on the quality of product is not the same, study of optimal value requires a comprehensive approach to the problem, as well as envisaging of simultaneous influence of all parameters on the product. Thus and so, we believe that it is necessary to study in this research the operating conditions of microclimate under the conditions of different inert ambients and temperatures.

СУШКА КРУПЫ ПОД КЕРАМИЧЕСКИМИ ИК ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ

С. В. ЗВЕРЕВ*, О. Ш. СЕСИКАШВИЛИ**

*Московский Государственный Университет пищевых производств.

**Государственный Университет Акакия Церетели

Статья посвящена процессу сушке зернопродуктов, в частности, перловой крупы в потоке инфракрасного излучения. Дана модель процесса сушки крупы и используя программу нелинейного моделирования, идентифицированы параметры процесса сушки. Рассмотрено влияние режимов сушки (мощности, высоты установки керамических излучателей) и исходного влагосодержания крупы на процесс нагрева и обезвоживания.

Использование инфракрасного (ИК) нагрева в процессах переработки пищевых продуктов, как правило, преследует одну из двух целей:

- сушка, т.е. обезвоживание при сохранении некоторых технологических и потребительских свойств.
- термообработка - изменение ряда технологических и потребительских свойств, при этом потеря влаги сопутствующий и не всегда желательный процесс;

Экспериментальная оценка влияния различных факторов на процесс обезвоживания при ИК нагреве проводилась с керамических излучателей модели ЕСН1 фирмы «Elcer». В качестве независимой переменной естественным образом выступает время обработки.

Оценивались:

- убыль влаги относительно массы влаги в исходной навеске – относительная убыль влаги

$$\Delta m_w = (m_0 - m_1) / (m_0 W_0) = \Delta m_0 / (m_0 W_0),$$

где m_0 – начальная масса навески,

m_1 – масса навески после термообработки,

W_0 – исходная влажность;

- температура крупы.

С учетом специфики процесса ИК нагрева рассматривалось влияние следующих контролируемо варьируемых факторов:

- вид продукта с учетом его дисперсности. Чем мельче крупа, тем больше удельная поверхность (площадь поверхности единицы сыпучей массы) и, соответственно, должна быть больше скорость испарения (при сопоставимых изотермах сорбции);
- облученность, которая менялась двумя способами:
 1. Увеличивалось число идентичных ИК излучателей на единицу площади рабочей зоны. При этом спектр излучения не меняется и влияние очевидно – с ростом облученности скорости влагопотери и изменения температуры возрастают.
 2. Менялась температуру излучателя. В этом случае меняется спектр излучения и характер влияния не столь очевиден.
- исходная влажность. В соответствии с теорией сорбции, чем выше влажность, тем слабее адсорбционная связь влаги с продуктом и тем выше скорость сушки.

Для случая керамического излучателя (при высоте его установки 50 мм) зависимости относительной убыли влаги Δm_w ($W_0 = 20\%$) перловой крупы от времени облучения при различной мощности даны на рис. 1.

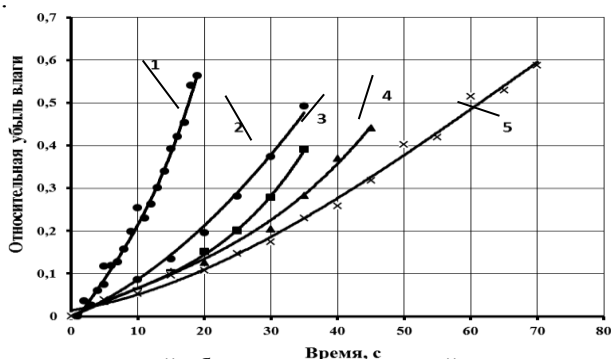


Рис.1. Зависимость относительной убыли влаги перловой крупы от времени облучения при различной мощности на керамическом излучателе (исходная влажность $W_0 = 20\%$, высота установки излучателя $h = 50$ мм): 1 – 900 Вт, 2 – 800 Вт, 3 – 700 Вт, 4 – 600 Вт, 5 – 500 Вт.

Соответствующие данные по изменению температуры представлены на рис.2.

Как видно, изменение спектрального состава при изменении мощности на ИК излучателе и, соответственно, его температуры не сказывается на характере их влияния – с их возрастанием растет и температура и скорость обезвоживания.

Как видно, с ростом исходной влажности относительная убыль влаги Δm_w убывает, однако, если рассматривать влагопотерю относительно исходной массы сухого вещества (убыль влагосодержания), то картина меняется (рис.4).

Приращение температуры в процессе ИК нагрева видно из рис. 5.

Аналогичные данные по обезвоживанию семян подсолнуха можно найти в работе [3]

СУШКА КРУПЫ ПОД КЕРАМИЧЕСКИМИ ИК ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ

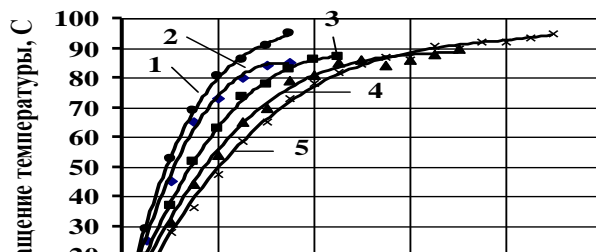


Рис.2. Зависимость приращения температуры перловой крупы от времени облучения при различной мощности на излучателе (исходное влажосодержание $U_0 = 0.2$, высота установки излучателя $h = 50$ мм): 1 – 900 Вт, 2 – 800 Вт, 3 – 700 Вт, 4 – 600 Вт, 5 – 500 Вт.

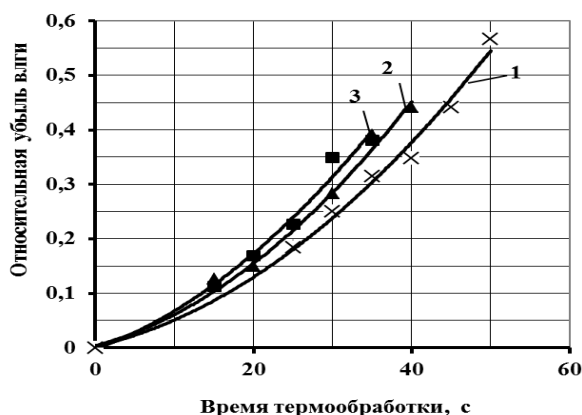


Рис.3. Зависимость относительной убыли влаги Δm_w перловой крупы от времени облучения при различной исходной влажности (высота установки излучателя $h = 50$ мм, мощности на излучателе 890 Вт): 1 – 30%, 2 – 20%, 3 – 15%.

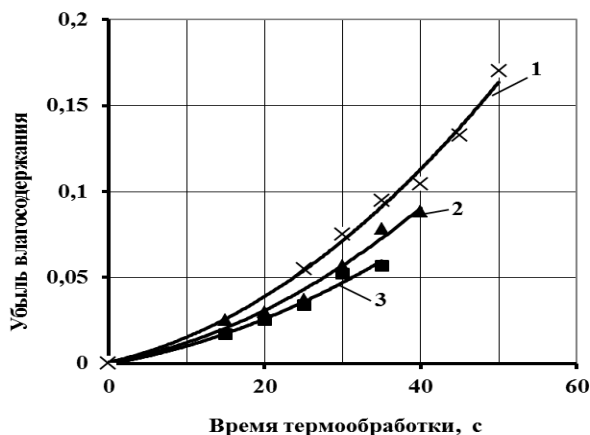


Рис.4. Зависимость убыли влажосодержания перловой крупы от времени облучения при различном исходной влажности (высота установки излучателя $h = 50$ мм, мощности на излучателе 890 Вт): 1 – 30%, 2 – 20%, 3 – 15%.

С. В. ЗВЕРЕВ, О. Ш. СЕСИКАШВИЛИ

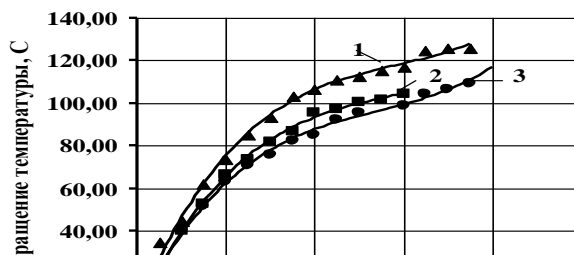


Рис.5. Зависимость приращения температуры перловой крупы от времени облучения при различной исходной влажности (высота установки излучателя $h = 35$ мм, мощности на излучателе 900 Вт): 1 – 15%, 2 –20%, 2 –30%.

Моделирование процесса сушки

Как правило, установки ИК сушки работают в условиях постоянных мощности ИК излучателей и высоты их установки над монослоем продукта. Варьируемой переменной является исходная влажность. В качестве математической модели для данного случая рассмотрим зависимость [4]

$$U/U_0 = \exp\left\{-\left[a \int_0^t \exp\left(-\frac{T_a}{T}\right) dt\right]\right\} \quad (*)$$

- где U – текущее влагосодержание;
 U_0 – исходное влагосодержание;
 T – температура продукта, К;
 $T_a = 4893$ К – температура активации;
 a – эмпирический коэффициент.

Используя программу нелинейного моделирования можно идентифицировать параметр «а». В зависимости от влажности и высоты установки ИК излучателя значения параметра «а» несколько меняются, как это видно из табл.1

Таблица1.

Зависимость параметра «а» модели (*) от исходной влажности

Р, кВт	Т, °С	Н, мм	Влажность					
			0.12	0.15	0.20	0.30	Во всем диапазоне	
							а	R ²
0.6		35	-	3759	4955	3646	3931	0.997
		35	11108	13657	-	-	-	0.994
0.9		50	11322	10953	13932	-	11963	0.997
		75	-	12086	10118	-	11162	0.997

Однако изменение скорее носит случайный характер и в рассмотренном диапазоне влажности и высоты установки он может быть принят постоянным с хорошим коэффициентом корреляции.

Существенное влияние на параметр «а» оказывает мощность на ИК излучателе (см.табл.2).

Для $W_0 = 15 - 30\%$ при высоте установки излучателя $h = 35$ мм и его номинальной мощности $P = 600$ Вт результаты эксперимента и расчета по модели (1) после идентификации параметров даны на рис.6.

Таблица 2

Зависимость параметра «а» модели (1) от мощности излучателя ($W_0 = 15 - 30\%$)

Мощность, кВт	a	R ²
0.5	5604	0.997
0.6	7093	0.999
0.7	8871	
0.8	9334	
0.9	12915	

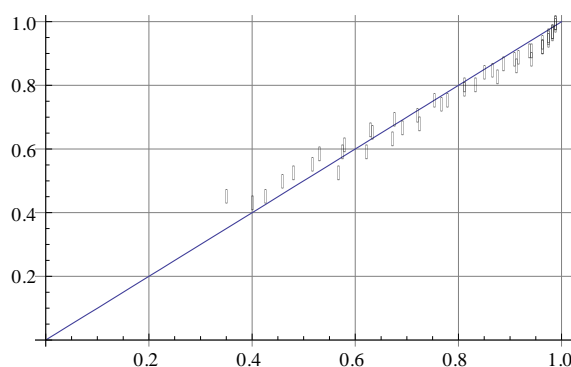


Рис.6. Расчетно-экспериментальные данные по модели (2) для ИК термообработки перловой крупы с исходным влажностью $W_0 = 15 - 30\%$ при высоте установки излучателя $h = 35$ мм и мощности $P = 600$ Вт ($a = 3931$, $R^2 = 0.997$).

Однако следует заметить, что данная модель в условиях переменной температуры продукта имеет скорее теоретическое значение, поскольку зависимость $T(t)$ априори неизвестна [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Зверев С.В., Тюрев Е.П. Техника и технология ИК нагрева в пищевой промышленности. Состояние вопроса. //Труды МГУПП, М.: МГУПП, 2010.
2. Зверев С.В. Высокотемпературная микронизация в производстве зернопродуктов. М.: «ДеЛи принт», 2009. -210 с.
3. Зверев С.В., Изосимов В.П., Гусаров К.С., Шаззо А.А. ИК термообработка семян подсолнечника с целью повышения эффективности шелушения.// Сборник научных трудов ВПА: Вып. IX. Под ред. В.А. Бутковского. – М.: ГИОРД, 2011.
4. Зверев С.В., Козин Е.В., Ковальчук П.Г. Моделирование процесса дегидратации зернопродуктов. Часть 2. Термообработка при инфракрасном энергоподводе.//М.:. Хранение и переработка зерна, № 6, 2010.

CEREALS IR DRYING BY THE CERAMIC INFRARED HEATERS

S. ZVEREV, O. SESIKASHVILI

Summary

The article is devoted to the drying process of the grain products, such as drying of the pearl barley in the flow of infrared radiation. The article gives the model of the grain drying process and identifies the parameters of the drying process through the usage of the nonlinear simulation program. Article also reviews the influence of the drying modes (power, mounting height ceramic IR heaters) and the initial moisture content of the grains in the process of heating and dehydration.



II საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
 II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
 II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРУДАТОВ

ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОЙ ЭКСТРУЗИЕЙ

Д. ЦАГАРЕИШВИЛИ, Т. ЦКИПУРИШВИЛИ, Ш. ЦАГАРЕИШВИЛИ.

Кутаисский государственный университет им. А. Церетели

Задача изучения механизма формирования экструдатов той или иной структуры сводится к изучению формы экструдатов изотропной и анизотропной микроструктуры, полученных на основе изолята белков бобов сои, крахмала и их смесей. Такой выбор объектов исследования позволяет сделать лишь первый шаг к пониманию механизма формирования той или иной структуры в процессе термопластической экструзии.

В последнее время в пищевой промышленности все большее внимание уделяется экструзионному способу обработки растительного сырья. Этот вид обработки позволяет расширить ассортимент продуктов, а также получить продукты с заранее данными свойствами. Однако в нашей стране производство экструзионных продуктов питания занимает незначительное место и ограничивается производством кукурузных и рисовых палочек. Между тем, использование нетрадиционных видов сырья в качестве наполнителя, в частности это может быть рыбный порошок или фарш из малоценных пород рыб, позволяет расширить ассортимент экструзионных продуктов питания типа „Готовый завтрак“ и повысить их биологическую и питательную ценность.

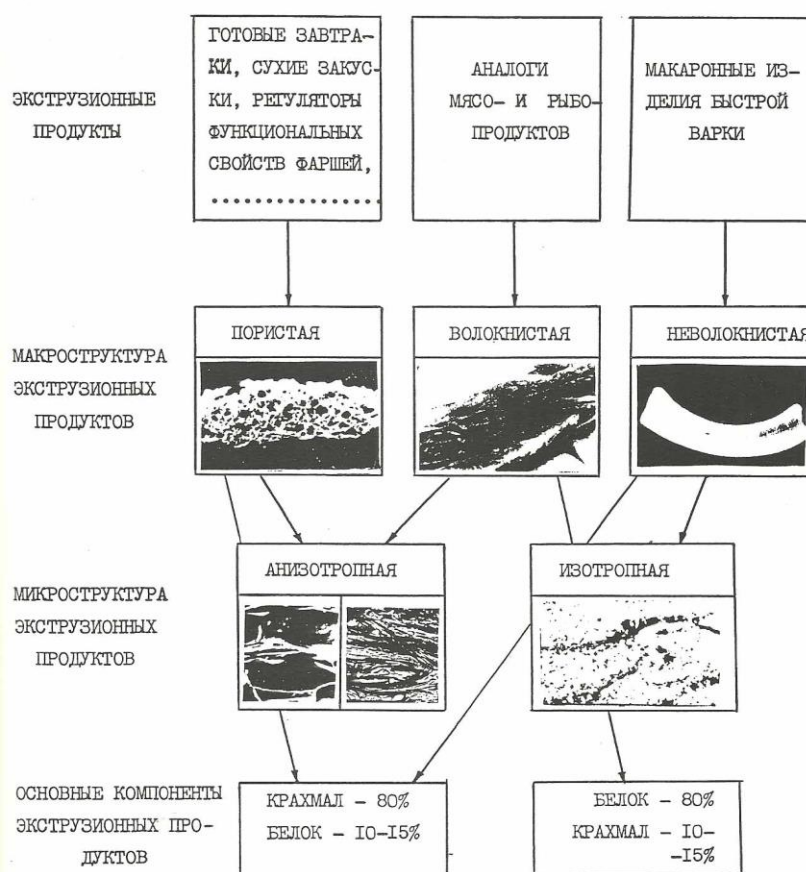
В основе получения экструзионных продуктов той или иной структуры лежат две концепции. Это концепции Ж. Харпера и В. Б. Толстогузова. Если первая концепция основана на явлении ориентации макромолекулярных цепей, то вторая базируется на явлении деформации дисперсных частиц гетерофазного расплава биополимеров. Известно, что в последнем случае свойства экструдатов определяются свойствами непрерывной фазы. Вполне естественно, что при получении экструзионных продуктов на основе крахмалсодержащего сырья, непрерывной фазой является крахмал. В первом приближении такие экструдаты можно рассматривать как высококонцентрированные гели крахмалов. Однако вопросы, касающиеся изучения структуры и свойств высококонцентрированных гелей крахмалов, практически не изучены. В частности, в литературе отсутствуют данные о структуре и свойствах таких гелей, а также об их изменении в процессе старения. Учитывая, что существенную роль в процессе старения таких гелей играет вода, интересно было исследовать влияние воды на изменение физико-химических свойств таких гелей. Кроме того, вода играет существенную роль в процессе экструзии. При этом, функции воды в процессе получения экструдатов могут быть другими.

Отсюда следует, что изучение функциональности воды, как в процессе получения экструдатов, так и при изменении условий их хранения являются одной из принципиальных задач разработки новых экструзионных продуктов.

Разработка рецептур новых экструзионных продуктов базируется на использовании методов планирования многофакторного эксперимента. В частности, они были использованы авторами [1, 2], при получении экструзионного крахмала и продуктов типа „Готовый завтрак“ из рисовой крупы. Полученные ими обобщенные уравнения могут существенно отличаться от уравнений, описывающих процесс экструзии зернового сырья с наполнителем животного происхождения. При решении такой задачи необходимо также учитывать, что результаты оптимизации процесса получения новых продуктов могут быть использованы при разработке системы управления процессом с обратной связью.

Исходя из изложенного, целью настоящего исследования явилась разработка процесса производства экструзионных продуктов на основе крахмалсодержащего сырья с наполнителем животного происхождения, изучение влияния технологических режимов на качество готового продукта и условий его хранения.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРУДАТОВ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОЙ ЭКСТРУЗИЕЙ



Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Провести исследования, посвященные выяснению влияния воды на температуру клейстеризации крахмалов и свойства образующихся гелей;
- Изучить влияние условий экструзионной обработки на ключевые функциональные свойства экструдатов;
- Установить оптимальные параметры процесса термопластической экструзии для производства продуктов типа „Готовый завтрак“ с наполнителем животного происхождения;
- Определить условия хранения таких продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов В.Г. Получение набухающих крахмалопродуктов экструзионным методом: Дис. канд. техн. наук /МТИИП:05.18.05-М.-1981.-184 с.
2. Шипулина Е.Г. Технология новых экструдированных продуктов из крупяного сырья: дис. канд. техн. наук /МТИИП:05.18.02-М.-1987.-167 с.

PHYSICAL-CHEMICAL CONCEPT OF OBTAINING THE EXTRUDATES BY THERMOPLASTIC EXTRUSION

D. TSAGAREISHVILI, T. TSKIPURISHVILI, SH. TSAGAREISHVILI

Akaki Tsereteli State University

Summary

We have set the purpose of the present study in a given article to investigate the influence of technological parameters on the production of quality products (extrudates), as well as on their storage conditions.

While solving these tasks, we have selected the following objects of research: starches of different origin; gels, produced from them; starch-containing raw material with a filling agent of food fish powder. Also there used the following basic methods of research: X-ray crystal analysis; nuclear magnetic resonance (NMR); nephelometry; planning procedure of multiple-factor experiment and so on.



მრავალფუნქციური ბრუნვითი რხევების ინერციული ბენერატორი

ცირეპიძე ნ., ბებუჩაძე ზ., ცირეპიძე ტ., კიბაბიძე ნ.
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

გრეხითი რხევების ინერციული გენერატორი შეიცავს ცალკე კორპუსში მოთავსებულ საერთო სიბრტყეში ერთნაირი სიხშირითა და მიმართულებით ბრუნვის შესაძლებლობის მქონე დეზალანსებს, რომელთა ექსცენტრისიტეტის მყისა განლაგება, მათ ბრუნვის დერძებზე გამავალი სიბრტყის გადაკვეთის ფაზაში, სიმეტრიულია აღნიშნულ დერძთა შორის მდებარე სიმეტრიის დერძის მიმართ; ასევე, ის შეიცავს საყრდენ ჩარჩოს, რომელთანაც დრეკადი ელემენტებით დაკავშირებულია დეზალანსთა კორპუსის პერიფერიები.

სხვადასხვა სამეურნეო დანიშნულებით გამოიყენება მბრუნავი მასების ინერციულიობაზე დაფუძნებული მოწყობილობები კუთხურ-რხევითი და ცვლადი ბრუნვითი მოძრაობების მისაღებად.

ცნობილია ვიბრატორები ორი [1] და სამი [2] დეზალანსით, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია კბილანებით. ამათგან პირველი წარმოადგენს თვითბალანსირებულ ინერციულ ვიბრატორს [1], რომელიც შეიცავს ორ დეზალანსს საერთო ბრუნვის სიბრტყით, რომელთა ბრუნვის დერძებზე გამავალი სიბრტყის გადაკვეთის ფაზაში დეზალანსთა ექსცენტრისიტეტების მყისა განლაგება სიმეტრიულია აღნიშნული სიბრტყისადმი მართობული და დეზალანსთა ბრუნვის დერძებს შორის მათგან თანაბარ მანძილზე დაშორებული სიბრტყის, ანუ ამ სიბრტყეების გადაკვეთაზე მდებარე სიმეტრიის დერძის მიმართ. ხოლო სამდეზალანსიან ვიბრატორში [2] ორი დეზალანსის ბრუნვა სინქრონულია.

ცნობილია აგრეთვე ვიბროიმპულსური თვითმავალი მექანიზმი [3] თვითბალანსური (ორდეზალანსიანი) ინერციული ვიბრატორით [1], რომელიც თავის პერიფერიებში დრეკადი ელემენტებით დაკავშირებულია საყრდენ ჩარჩოსთან, რომელთანაც თავისუფალი სვლის ქუროებით დაკავშირებულია სავალი თვლები.

ცნობილი ვიბრატორების [1, 2] და ვიბროიმპულსური თვითმავალი მექანიზმის [3] საერთო თვისებაა მექანიკურ რხევათა გავრცელება გარემოში; ამასთან, სამი დეზალანსის შემთხვევაში [2] გარემოსადმი გადაცემულ რხევებს გააჩნია რთული მახასიათებლები და უსარგებლოდ იფანტება ენერგია, რასთანაც დაკავშირებულია მათი მართვისა და გამოყენების სიძნელე. თვითბალანსირული ინერციული ვიბრატორებით [1, 3] კი მიიღება მხოლოდ წრფივი იმპულსები, ხოლო გრეხითი დინამიკური დატვირთვებისაგან მათი ამძრავების განტვითვისათვის (ე.ი. ენერგიის გაფანტვის გამოსარიცხავად) საჭიროა დეზალანსების ბრუნვის სიბრტყე იყოს ან მხოლოდ თარაზული, ან მხოლოდ შვეული და თანაც ამ შემთხვევაში ემთხვეოდეს მოძრაობის მიმართულების თანმხვედრ გრძივშვეულ სიბრტყეს [3], რისი უზრუნველყოფაც სატრანსპორტო პირობებში (განსაკუთრებით კი რთული რელიეფის პირობებში) ძალზედ ძნელია.

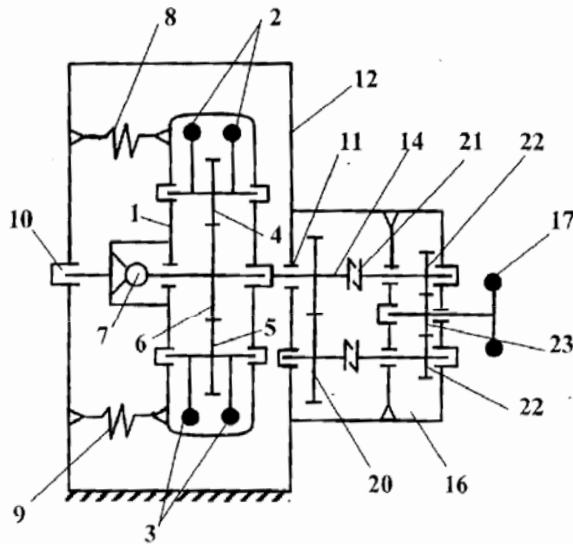
ცნობილია აგრეთვე ე.წ. “ჰობსის”, “ჩალმერისის” და “ლევისის” იმპულსური მექანიზმები [4], ყველა დეზალანსის ერთნაირი სიხშირით და ერთნაირი მიმართულებით ბრუნვის შესაძლებლობებით.

ცნობილი იმპულსური მექანიზმები [4] ახდენს მათი სიმეტრიის დერძებზე გრეხითი რხევების და შესაბამისად ნიშანცვლადი მგრეხი მომენტების გენერაციას, მაგრამ ვერ უზრუნველყოფს მათ სრულ კონცენტრაციას გამომავალ ლილვზე და საჭიროებს მქნევარა მასებს ამძრავ ლილვზე, რის გამოც დაბალია მათი მქკ.

აღნიშნული ცნობილი მოწყობილობების [1, 2, 3, 4] ნიშანთვისებათა ერთობლიობით შესაძლებელია სიმეტრიის დერძზე გრეხითი რხევების კონცენტრაციის უზრუნველ-

ყოფა და ამის შედეგად (აღნიშნული და სხვა ცნობილი ანალოგებისაგან განსხვავებით) ცვალებადი მგრესი მომენტებით ამძრავის გადატვირთვის გამორიცხვა, მაგრამ ასეთი სახით შეუძლებელია გრესითი რხევების აღწარმოება სასარგებლო სამუშაოს შესასრულებლად. ამ მიზნის მისაღწევად ამძრავი ხისტად დაკავშირებულია ბრუნვითი საყრდენების დამაკავშირებელ რგოლთან (მაგალითად, კორპუსთან), რომელიც ჩარჩოსთან დაკავშირებულია სიმეტრიის ღერძისადმი თანადერძული სახსრული საყრდენებით, რომელთა თანადერძულად, აღნიშნულ რგოლთან ხისტად დაკავშირებულია ერთი ან ორი გამოშვალა ლილვი, რომელთანაც შესაძლოა დაკავშირებული იყოს თავისუფალი სვლის მექანიზმი და/ან ბრუნვის მიმართულების გამმართველი მექანიზმი, რომელიც წარმოადგენს ერთმანეთთან მოდებაში მყოფი კბილანა წყვილის თითოეულ კბილანასთან თავისუფალი სვლის მექანიზმით დაკავშირებულ თითო კბილანას და ამათთან ერთდროულად მოდებაში მყოფ ამყოლ კბილანას [5].

3

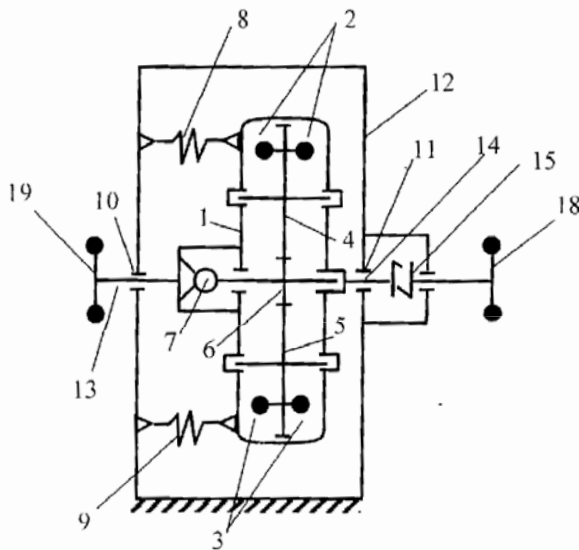


ფიგ. 1.

გრესითი რხევების ინერციული გენერატორი წარმოდგენილია კინემატიკური სქემებით: ფიგ.1 – მულტიპლიკატორის რეჟიმში, ერთი გამოშვალა ლილვითა და ბრუნვის მიმართულების გამმართველი მექანიზმით; ფიგ.2 – რედუქტორის რეჟიმში, ორი გამოშვალა ლილვითა და ერთი თავისუფალი სვლის მექანიზმით; ფიგ.3 ÷ ფიგ.10 მგრესი მომენტების ფორმირების კანონზომიერებები ორი დებალანსის მაგალითზე, ერთი სრული ბრუნვის 8 ფაზაში.

გრესითი რხევების ინერციული გენერატორი შეიცავს კორპუსის ბრუნვით საყრდენებში (სიცხადის გამო პოზიციები გამოტანილი არ არის) ჩასმულ დებალანსებს 2 და 3, რომლებიც ხისტად და ექსცენტრულად დასმულ ღია ერთნაირ ამყოლ კბილანებზე 4 და 5, რომლებთანაც ჩაჭიდებაში იმყოფება საერთო წამყვანი კბილანა 6, რომლის ამძრავიც 7 დამაკავშირებელია კორპუსზე 1 (ანუ დებალანსებიანი 2 და 3 კბილანების 4 და 5 ბრუნვითი საყრდენების დამაკავშირებელ რგოლზე), რომელიც დრეკადი ელემენტებითა 8 და 9 და წამყვანი კბილანის 6 (ანუ სიმეტრიის) ღერძისადმი (სიცხადის გამო პოზიციები გამოტანილი არ არის) თანადერძული სახსრული საყრდენებით 10 და 11 დაკავშირებულია საყრდენ ჩარჩოსთან 12, რომლიდანაც აღნიშნული სიმეტრიის ღერძისადმი თანა-

დერძულად გამოტანილია კორპუსთან 1 ხისტად დაკავშირებული ერთი 14 ან ორი 13 და 14 გამომავალი ლილვი, რომელთაგან ერთ-ერთი 13 ხისტად და მეორე 14 თავისუფალი სვლის მექანიზმით 15 ან ბრუნვის მიმართულების გამმართველი მექანიზმით 16 დაკავშირებულია გრეხითი მომენტების ერთ 17 ან ორ 18 და 19 დამტვირთველებთან (რომლებიც კინემატიკურ სქემებზე წარმოდგენილია დაყვანილი მქნევარა მასების სახით). ამასთან, ბრუნვის მიმართველი მექანიზმი 16 წარმოადგენს ერთმანეთთან მოდებაში მყოფი კბილანა წყვილის თითოეულ კბილანასთან 20 თითო თავისუფალი სვლის მექანიზმით 21 (სიცხადის გამო პოზიციები გამოტანილია თითოეული წყვილის მხოლოდ თითო ელემენტიდან) დაკავშირებულ თითო კბილანას 22 და ამათთან ერთდროულად მოდებაში მყოფ ამჟომ კბილანას 23.



ფიგ. 2.

გრეხითი რხევების ინერციული გენერატორის ტექნიკური შედეგია სიმეტრიის დერძულად გრეხითი რხევების კონცენტრაციით და აღწარმოებით ფუნქციური საიმედოობისა და მქკ ამაღლება, რაც მიიღწევა დებალანსთა კბილანების სინქრონული ბრუნვით ერთი და იმავე მიმართულებით (რაც შესაძლოა განხორციელდეს მათი აპკრით, მაგალითად, საერთო წამყვანი კბილანით) და მათი რხევებით რკალებზე, რომელთა ცენტრი ემთხვევა სიმეტრიის (ანუ აღნიშნული წამყვანი კბილანის) დერძულად; ეს რხევები გამომავალ ლილვზე (ან ლილვებზე) წარმოშობს გრეხით რხევებს, ხოლო ბრუნვის ნებისმიერ ფაზაში დებალანსების ურთიერთგაწონასწორებისა და სიმეტრიის (ანუ წამყვანი კბილანის) დერძულად მასების (მათ შორის დებალანსების) ცენტრის თანხვედრა გამორიცხავს რხევითი ენერჯის გაფანტვას.

გრეხითი რხევების ინერციული გენერატორი მუშაობს შემდეგნაირად:

ამძრავიდან 7 ბრუნვა გადაეცემა წამყვან კბილანას 6, ხოლო ამ უკანასკნელით – ამჟომ კბილანებს 4 და 5, რომლებიც დაბრუნდებიან რა ერთნაირი მიმართულებითა და სინქრონით აიყოლიებენ მათზე დასმულ დებალანსებს 2 და 3. აღნიშნული გარემოება წარმოშობს კორპუსის 1 სინუსოიდურ (ჰარმონიულ) რხევებს, რომლებიც გადაეცემა გამომავალ ლილვებს 13 და 14, რომლებზეც წარმოიქმნება ნიშანცვლადი მგრეხი მომენტები, რომლებიც გადაეცემა გამომავალი ლილვიდან 13 პირდაპირ, ხოლო გამომავალი

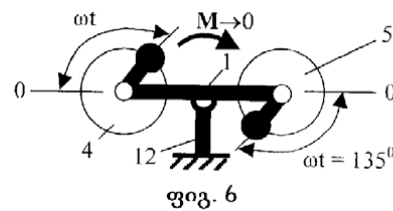
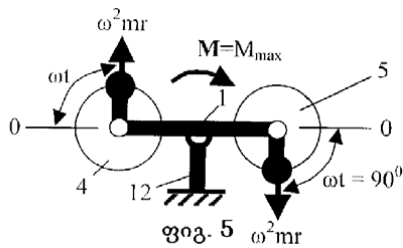
ლილვიდან 14 კი – თავისუფალი სვლის მექანიზმით 15 ან ბრუნვის მიმართულების გამართველი მექანიზმით 16 მგრესი მომენტების დამტვირთველებს შესაბამისად 19, ან 17 და 18 (ფიგ. 1 და ფიგ. 2). ამ დროს ბრუნვის ნებისმიერ ფაზაში წარმოქმნილი მგრესი მომენტი იანგარიშება ფორმულით:

$$M = 2\omega^2 nr(\ell + r \cos \omega t) \sin \omega t$$

სადაც M – მგრესი მომენტი, ω – დებალანსთა 2 და 3 ბრუნვის სიხშირე (კუთხური სიჩქარეა), m – თითოეული დებალანსის 2 ან 3 მასაა, r – დებალანსების 2 და 3 მასათა ცენტრების ექსცენტრისიტეტია, l – დებალანსთა 2 და 3 ბრუნვის ღერძთა შორის მანძილია, t – საწყისი ფაზიდან ათვლილი დროა მოცემულ ფაზამდე.

თუ საწყის ფაზად აღებული იქნება დებალანსების 2 და 3 მასათა ცენტრების მყისა განლაგება მათ ბრუნვის ღერძებზე გამავალ სიბრტყეზე, ხოლო ერთი სრული ბრუნი დაყოფილი იქნება რვა ფაზად (45 -იანი ინტერვალით), მაშინ თითოეულ ფაზაში წარმოქმნილ მგრეს მომენტს ექნება შემდეგი მნიშვნელობები (ფიგ.3 ფიგ.10, ფიგურების ნუმერაციებს ემთხვევა მათი აღმწერი ფორმულების ნუმერაციები):

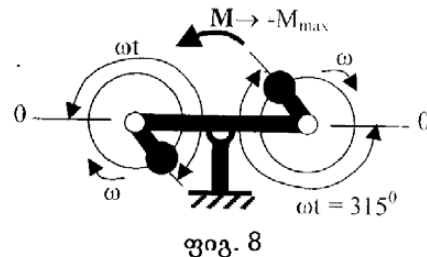
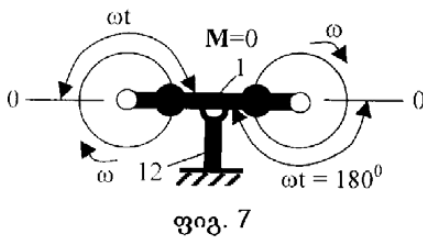
როცა $\omega t = 0^\circ$, მაშინ $M = 0$ (ფიგ. 2)



როცა $\omega t = 45^\circ$, მაშინ $M \approx 1,41\omega^2 nr(l + 0,7r)$ (ფიგ. 3)

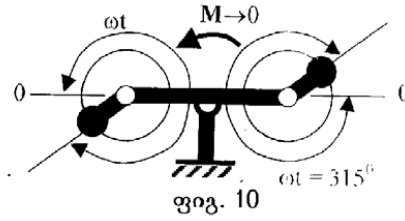
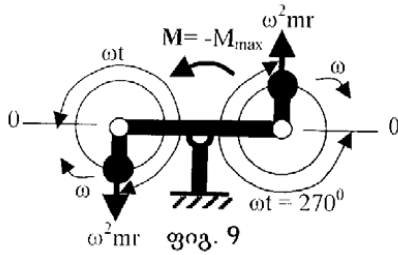
როცა $\omega t = 90^\circ$, მაშინ $M = 2\omega^2 nr l$ (ფიგ. 5)

როცა $\omega t = 135^\circ$, მაშინ $M \approx 1,41\omega^2 nr(l + 0,7r)$ (ფიგ. 6)



როცა $\omega t = 180^\circ$, მაშინ $M = 0$ (ფიგ. 7)

როცა $\omega t = 225^\circ$, მაშინ $M \approx 1,41\omega^2 nr(l + 0,7r)$ (ფიგ. 8)



როცა $\omega t = 270^\circ$, მაშინ $M = -2\omega^2 mrl$ (ფიგ. 9)

როცა $\omega t = 315^\circ$, მაშინ $M \approx 1,41\omega^2 mr(l + 0,7r)$ (ფიგ. 10)

ბრუნვის მიმართულების გამმართველი მექანიზმის 16 (ფიგ. 1) კბილანა წყვილის კბილანათაგან 20-ის, რომელიც დასმულია გამომავალ ლილვზე 14 წამყვანია, მეორე კი ამჟოლი და ორივე მათგანი, იმყოფება რა მუდმივ მოდებაში, ერთდროულად იმეორებს კორპუსის 1 რხევით (კუთხურ) მოძრაობებს ურთიერთ-საპირისპირო მიმართულებებით, რასაც გადაცემს მათთან დაკავშირებულ ერთსა და იმავე მიმართულებაზე ორიენტირებულ თავისუფალი სვლის მექანიზმებს 21, რომლებიც მორიგეობით გადაცემენ მოძრაობას (რადგან კბილანები 20 მორიგეობით ასრულებს თავისუფალი სვლის მექანიზმების 21 ბრუნვითი ორიენტაციის მიმართულებით მოძრაობას) მათთან დაკავშირებულ კბილანებს 22, რომლებიც (იმეორებს რა ამ ერთმხრივ მიმართულ ბრუნვით მოძრაობას მორიგეობით) გადაცემს ამ მოძრაობას ამჟოლი კბილანას 23, რომელიც აღნიშნულის შედეგად მოიყვანება ერთმხრივ მიმართულ უწყვეტ პულსირებულ ბრუნვით მოძრაობაში დადებითი მგრეხი მომენტებით, რომლებიც გადაეცემა გრეხითი მომენტის დამტვირთველს 17. რაც შეეხება დრეკად ელემენტებს 8 და 9, ისინი აწონასწორებენ კორპუსის 1 მდებარეობას საყრდენი ჩარჩოს 12 მიმართ და აგრეთვე არბილებენ “იმპულსებს შორისი გადასვლების” სიმკვეთრეს მათ ნულოვან დონეებთან, რაც გამოიხატება აჩქარებების (დადებითისა და უარყოფითისა) სიდიდეთა შემცირებაში.

ერთი თავისუფალი სვლის მექანიზმის 15 გამოყენების შემთხვევაში (ფიგ. 2) მიზანშეწონილია დრეკად ელემენტთა 8 და 9 სიხისტეებს შორის იყოს მკვეთრი განსხვავება, კერძოდ – იმ დრეკადი ელემენტის (მაგალითად, დრეკადი ელემენტის 8) უპირატესი სიხისტით, რომელსაც დრეკადი დეფორმაცია (მექანიკური ენერჯის დაგროვების რეჟიმში) უხდება გამომავალი ლილვის 14 უქმი სვლისას; ეს იწვევს დრეკადი ელემენტის 8 მიერ მასში აკუმულირებული მექანიკური ენერჯის “გამოთავისუფლებას” და გადაცემას კორპუსზე 1, კორპუსიდან 1 – გამომავალ ლილვზე 14, გამომავალი ლილვიდან 14 – თავისუფალი სვლის მექანიზმზე 15, ამ უკანასკნელიდან კი (მის მიერ მუშა სვლის შესრულებისას) – გრეხითი მომენტის დამტვირთველზე 18, რაც ზრდის დროის ინტერვალებით დისკრეტულად გადაცემული (ნახევარპერიოდებით დაცილებული) იმპულსებისა და შესაბამისად მგრეხი მომენტის პიკური მნიშვნელობების სიდიდეს. კორპუსის 1 შიგნით კბილანა გადაცემა (კბილანებით 6, 5 და 4) მულტიპლიკატორის (დამაჩქარებლის) რეჟიმში (ფიგ. 1) მცირე ამპლიტუდისა და მაღალი სიხშირის რხევებით ახდენს ამავე სიხშირისა და დიდი ამპლიტუდის იმპულსების გენერაციას, ხოლო რედუქტორის (შემანელებლის) რეჟიმში (ფიგ. 2) დიდი ამპლიტუდისა და დაბალი სიხშირის რხევებით კი – ასევე დაბალი სიხშირისა და მცირე ამპლიტუდის იმპულსების გენერაციას. შვიდი ელემენტის ოთხ ელემენტიანი ვარიაციები (ა – მულტიპლიკატორი ან რედუქტორი, ბ – ერთი ან ორი გამომავალი ლილვი, გ – თავისუფალი სვლის მექანიზმი ან ბრუნვის მიმარ-



თულების გამმართველი მექანიზმი, ან პირდაპირი გადაცემა, დ – დებალანსების რაოდენობა იძლევა კომბინაციებს, რომელთა ცალ-ცალკე დახასიათება (კომბინატორიკის მეტოდის სიცხადის გამო) აუცილებლობას არ წარმოადგენს და მათგან რომელიმესათვის უპირატესობის მინიჭება, კერძო საინჟინრო ამოცანის გადაწყვეტისას, ხდება ოპტიმიზაციის ტრადიციული მეთოდების გამოყენებით.

ყოველივე აღნიშნული იძლევა წარმოდგენილი გრეხითი რხევების ინერციული გენერატორის ფართომასშტაბიანი გამოყენების შესაძლებლობას მრავალფუნქციური და ნიშნულებით.

ლიტერატურა:

1. Гончаревич И.Ф. Вибрация – нестандартный путь: вибрация в природе и технике. _ М.: Наука, 1986. _ 209с., ил, _ стр.31, рис.5.
2. Там-же: с.32, рис.6.
3. Там-же: с.175, рис.37.
4. Леонов А.И. Инерционные автоматические трансформаторы вращающего момента. _ М.: Машиностроение, 1978. _ 224с., ил. _ с.с.31 и 32, табл.1.
5. ზაალ გეგუჩაძე. გრეხითი რხევების ინერციული გენერატორი. საქართველოს პატენტი № P 2002 2771 B, მთ. კლ.: F16H33/00, განაცხადის გამოქვეყნების თარიღი: 2002-01-10.

THE MULTIFUNCTIONAL INERTIAL TORSIONAL VIBRATIONS GENERATOR
TSIREKIDZE N., GEGUCHADZE Z. TSIREKIDZE T., KIKABIDZE N.

Akaki Tsereteli State University

Summary

For increase of efficiency and safety a generator comprises debalances mounted rotatably in the supports, which are rigidly and eccentrically mounted on the same driven rack-wheels. The common drive rack-wheel is engaged with the mentioned rack-wheels. The drive is attached on the body, which by elastic elements and hinged supports coaxial to the drive rack-wheel 6 is joined to the support frame. To the body the output shaft coaxial to the axis of symmetry is rigidly joined, which by rectifying mechanism of direction of rotation is joined to the loader of the torsional vibrations.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА
ПОЛУЧЕНИЯ ОЗОНА

НАКАШИДЗЕ В.Н.

госуниверситет им. А. Церетели

В статье рассматриваются методы получения озона химическими и физическими методами.

Химический метод предполагает получение озона в лабораторном сосуде с использованием препаратной химии. Химические методы получения озона нашли свое применение в основном в лабораторной практике при отсутствии потребности в большом количестве озона.

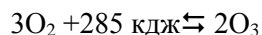
Значительные концентрации и количества озона можно получить при помощи физических методов и средств. Эти методы основываются на обращении к кислороду какой-либо энергии: тепловой, электрической, кратковолнового излучения (рентгеновые, ультрафиолетовые и катодные).

Значительное место в генерации озона занимает ультрафиолетовый (УФ) метод и средства получения озона, который является самым энерго-экономным методом получения озона.

Получение озона осуществляется двумя методами: физическими и химическими.

Химические методы и средства. Получение озона химическими методами производится в

обычной лабораторной посуде при помощи препаративной химии. Образованию озона должно предшествовать существование атомарного кислорода. При этом не должны присутствовать легкоокисляемые вещества. Присутствие небольшого количества азотной кислоты HNO_3 стабилизирует озон, а в сосудах их стекла при температуре $-78\text{ }^\circ\text{C}$ практически не разлагается. Озон образуется по обратной реакции



Можно привести все химические реакции получения озона, однако в этом нет необходимости. Мы перечислим реактивы, при взаимодействии которых образуется озон. Таким является взаимодействие серной кислоты с перманганатом калия, окиси металлов с термически диссоциированной иодной кислотой (HIO_4), при разложении окиси водорода, при взаимодействии фтора с водой, при слабом нагревании персульфата аммония вместе с концентрированной азотной кислотой или при воздействии концентрированной серной кислоты на BaO_2 .

Озон получают также при электролизе воды при помощи трудноокисляемых электродов.

Высокие концентрации озона можно получать при помощи электрода водного раствора концентрированной хлорной кислоты (HClO_4) при низкой температуре и низком давлении [1,2].

Химические методы получения озона нашли свое применение в основном в лабораторной практике при отсутствии потребности в большом количестве озона.

Физические методы и средства. Значительные концентрации и количества озона можно получить при помощи физических методов и средств. Эти методы основываются на обращении к кислороду какой-либо энергии: тепловой, электрической, кратковолнового излучения (рентгеновые, ультрафиолетовые и катодные).

При получении озона с использованием термической энергии струю воздуха (или кислорода) направляют на разогретый на высокой температуре предмет. Струю можно направить также на пламя водорода или другого газа, но в таком случае концентрация озона невелика.

К термическому относится способ получения озона при помощи разогретой платиновой проволоки, находящейся в жидком воздухе или кислороде. В это время полученный озон растворяется в жидкости и сам превращается в жидкость. Количество получения озона зависит от продолжительности опыта [3]. Описанный способ характеризуется ограниченным применением из-за дороговизны и взрывоопасности. Более распространен способ получения озона при помощи так называемого «тихого разряда». Такой разряд происходит между электродами, когда на два электрода подается высокое напряжение (несколько квольт). Упомянутый разряд способен диссоциировать на атомы молекулы кислорода, находящегося в промежутке между электродами. Диссоциированные атомы кислорода, соединяясь, образуют озон. Результат достигается только при разряде «тихом разряде». В других случаях, когда при разряде температура повышается, озон начинает разлагаться и уже при температуре $200\text{ }^\circ\text{C}$ почти полностью исчезает.

На производительность озонаторов всех типов больше всего влияет влажность перерабатываемого воздуха. Работа с высушенным воздухом дает 3-4 раз больше озона, чем работа с влажным воздухом. Для сушки воздуха используют холодильные машины, которые почти полностью вымораживают влагу из воздуха. Расход энергии на высушивание воздуха составляет 10-15 % от всей используемой озонатором энергии, который является незначительным, так как кроме увеличения производительности озонатора, использование сухого воздуха способствует увеличению срока службы озонатора.

Максимальная концентрация, получаемая на озонаторах с «тихим разрядом» не превышает 3-4 % при использовании сухого воздуха и 10 % при использовании чистой кислорода.

Низкочастотные озонаторы работают на промышленной частоте напряжения, что создает определенное удобство при их эксплуатации, хотя высокочастотные озонаторы отличаются низкой металлоемкостью и характеризуются небольшими габаритными размерами.

На практике часто требуются низкочастотные озонаторы с невысокой производительностью, и соответственно обладающие небольшими габаритами. таким является

лабораторный озонатор «Озон-1», который предназначен для получения озона из воздуха и может быть использован для стерилизации и дезинфекции помещений и т.д. [4].

Рефрижераторные генераторы озона РГО-1 предназначен для озонирования атмосферного озона. Может быть использован для санитарной обработки хранилищ сельскохозяйственных продуктов и других продуктов питания, а также вагонов, рефрижераторных кораблей и др. Производительность этих озонаторов регулируется в зависимости от объема потребности озона и за час может достигать 10 г*, а концентрация 0,15 г/м³.

При сравнении высокочастотных озонаторов с низкочастотными оказывается, что первые имеют преимущество перед последними. Несмотря на то, что для высокочастотных озонаторов дополнительно требуется устройство, преобразующее низкую частоту на высокое, капитальные расходы на их изготовление значительно ниже, чем на изготовление низкочастотных озонаторов, а энергетические затраты обоих типов примерно равны [5]. Высокочастотные озонаторы «Озон-1,5», «Озон-4» и «Озон-10» разработаны в Московском государственном университете. Их производительность соответственно равны 1,5; 4,0 и 10 кг/час. Их рабочая частота составляет 2500 Гц [5].

В литературе [6] описывается низкотемпературный озонатор для озонирования воды. На электроды устройства подается воздух, который охлаждается той же водой, которая подвергается озонированию.

В работе Р. Ланкина [7] представлена конструкция озонатора, характерной чертой которой является высокая производительность на 1 квт электроэнергии. В тоже время для получения озона применяется не чистый кислород, а атмосферный воздух. Данный озонатор не требует наличия отдельного источника воды для охлаждения и его температура превосходит температуры окружающей среды на 10 °С.

Группа авторов [8] исследовала возможности получения озона при помощи радиолиза кислорода при разных мощностях и заключили, что данный метод имеет перспективу.

Во французском патенте [9] представлен озонатор, конструкция которого позволяет увеличить концентрацию производимого озона. Используют для обработки воды (очистка и т.д.) Данный озонатор работает в двухстадийном режиме. На первой стадии производится зарядка электродов, на второй стадии – их разрядка–зарядка производится от источника постоянного тока с небольшим значением постоянной времени. Данное решение можно считать оригинальным. Во первых вместо переменного тока используется постоянный ток, хотя попеременные зарядка и разрядка электродов имитирует переменный ток, присутствуют и различные моменты. Самое главное – как бы разделены процесс диссоциации кислорода (разряд) и процесс рекомбинации озона (время зарядки).

В патенте США [10] представлен генератор озона на «тихом разряде» с контролируемой скоростью образования озона, которое происходит при температуре жидкого озона. Скорость генерации озона постоянна (при 19 кв – 11г/час, при 15 кв – 6 г/час), что позволяет точно определить концентрацию озона.

В другом патенте США представлена конструкция озонатора, с электродами из плоских пластинок металла в форме треугольников. Между треугольниками расположены диэлектрические пластинки. В результате создается эффект купельного разряда. Эти озонаторы отличаются высокой точностью, надежностью, хорошими эксплуатационными характеристиками.

В работе описан [11] способ получения озона в смеси газов. В данном случае озон генерируется из чистого кислорода. Очаг образования озона продувается смесью газов, унося с собой озон. Следующим шагом унесенный озон подвергается оглашению (сорбции) от силикагеля, а потом в нужное время и десорбции от силикагеля в поток нужного газа.

В работе [12] автор предлагает способ увеличения концентрации получаемого озона в

* Единицы измерения приводятся по оригиналам источников.

озонаторах с коронным зарядом с помощью добавления в кислород небольшого количества окиси углерода (СО). Описана схема установки непрерывного действия, которая применяется для приготовления озоносодержащих смесей.

В работе [13] представлена генератор озона, электроды которого состоят из одинаковых трубкообразных элементов, расположенных в цилиндрическом корпусе. Здесь особое внимание привлекают результаты исследования указанного устройства, а именно то, что температура в зазоре, где происходит образование озона температура не должна превышать 43 °С, мощность подаваемая на электроды должна составлять 5,4 Вт/см², лучшие результаты достигаются, когда напряжение находится в пределах 25 кВт, а его частота – 5 кГц.

Англичане считают [14], что лучшие результаты получаются, когда озон генерируется при помощи «тихого разряда», а разряд производят при температуре жидкого озона. В этом случае по утверждению авторов достигается высокий выход по озону на единицу израсходованной мощности. Такое утверждение несколько противоречит результатам, полученным в предыдущей работе. Примерно такой же генератор озона представлен в патенте США [15].

Внимание привлекает озонатор на полупроводниках, при помощи которого в лабораторных условиях можно получить небольшие концентрации озона – до 10⁻³ % [16]. Это устройство очень проста, стабильно, не требует охлаждения, собирается из стандартных деталей и имеет низкую стоимость.

Оригинальный способ построения генераторов озона предложен в работе [17]. Этот способ совмещает химический и физический методы приготовления озоновых смесей. Предлагается возможность экономного и целенаправленного способа производство озона на хемоядерных реакторах. По мнению авторов идеи, этот способ может оказать конкуренцию известным методам получения.

Значительное место в генерации озона занимает ультрафиолетовый (УФ) метод и средства получения озона.

Сравнительно малые концентрации озона получают озоногенераторами, в которых используется лампы ультрафиолетового излучения. В данном обзоре рассмотрены только УФ озоногенераторы. Из озоногенераторов данного типа известны озоногенераторы, которые содержат последовательно соединенные друг с другом узел подачи электроэнергии в виде автотрансформатора, пусковой механизм коммутатор и блок кварцевых ламп.

Недостаток указанного озоногенератора в том, что при коммутации ламп необходим контроль над подаваемым напряжением, а напряжение питания зависит от изменения напряжения сети.

Группой авторов разработан ряд конструкций УФ озоногенераторов, которые свободны от указанных недостатков: ОМН-1, ОМН-2 и ОМН-3.

ОМН-1 вместо автотрансформатора используется стабилизированный источник питания, а само пусковое устройство содержит регулируемый генератор высокой частоты, оборудование, регулирующее продолжительность импульсов, управляющий усилитель и повышающий трансформатор высокой частоты. А источник стабилизированного напряжения питает систему, состоящую из регулируемого генератора высокой частоты, управляющего усилителя импульсов и пульта управления которые содержит коммутатор для включения в систему необходимого количества УФ ламп.

Результат достигается путем использования стабилизированного источника питания и генератора высокой частоты. Тем самым отпадает необходимость использования специального пускового устройство, а концентрация озона регулируется при помощи пульта управления в зависимости от количества ламп, включенных управляющим усилителем.

Озоногенератор кроме названных узлов включает в себя также оборудование регулировки продолжительности импульсов, блок кварцевых ламп и компрессор для подачи воздуха на блок кварцевых ламп.

В озоногенераторе ОМН-2 вместо пульта управления используется блок фотоэлектрических преобразователей. Устройство регулирования продолжительности импульсов имеет обратную электрическую связь с блоком фотоэлектрических преобразователей, на который попадает лучи от блока кварцевых ламп. При помощи обратной электрической связи поддерживается заданное значение продолжительности импульсов (оно пропорционально интенсивности облучения фотоэлектрических преобразователей).

Описываемая система питается от стабилизированного источника питания и, в связи с применением высокой частоты, УФ лампы зажигаются при сравнительно низком напряжении и необходимость использования специального пускового оборудования для их зажигания отпадает (основное достоинство схемы), а концентрация озона, которая в определенном диапазоне частот пропорциональна интенсивности излучения УФ лучей, регулируется при помощи изменения продолжительности импульсов, которая в свою очередь, как было отмечено, пропорциональна интенсивности облучения, а отсюда, и концентрации озона.

Регулирование продолжительности импульсов происходит автоматически. Вторым параметром для регулировки концентрации озона является количество УФ ламп, включаемых управляемым усилителем также автоматически.

В озоногенераторе ОМН-3 результат достигается тем, что концентрация озона регулируется при помощи изменения количества УФ ламп (как и в предыдущих системах) и изменения амплитуды питающего напряжения. Озонегенератор работает следующим образом: От стабилизированного источника питания электроэнергия одновременно подается регулируемому генератору высокой частоты, регулируемому устройству продолжительности импульсов и управляемому усилителю; в то же время регулирующий генератор высокой частоты образует импульсы и подает устройству продолжительности импульсов, откуда импульсы заданной продолжительности пультом управления подаются на повышающий трансформатор высокой частоты, откуда они подаются коммутатору, который по требованию в блок кварцевых ламп подает импульсы заданной амплитуды и включает необходимое количество ламп. Образование озона происходит по тем же принципам, что и в предыдущих схемах, только концентрация озона регулируется путем изменения количества подключаемых кварцевых ламп.

Испытания ОМН-1, ОМН-2 и ОМН-3 показали, что при наличии в каждом генераторе количество ламп $n=3$ УФ-излучения, при температуре $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и расходе воздуха $Q_v=2\text{ л/час}$ ($0,33(3) \cdot 10^{-4}\text{ м}^3/\text{с}$) концентрация озона в зависимости от выделяемой на каждой мощности составит при $W=10\text{ Вт}$ концентрация озона $C=0,0066\text{ ‰}$

$W=100\text{ Вт}$ - $C=0,0177\text{ ‰}$

$W=200\text{ Вт}$ - $C=0,0162\text{ ‰}$

$W=300\text{ Вт}$ - $C=0,0123\text{ ‰}$

Максимальное значение $C=0,0190\text{ ‰}$ при $W=110\text{ Вт}$.

Увеличение частоты напряжения питания 10 раз от 1 кГц до 10 кГц при всех равных условиях сопровождается увеличением выходной концентрации озона 2,2 раза. Уменьшение температуры пропускаемого воздуха (газа), омывающего поверхности УФ-ламп от $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ при всех равных условиях увеличивало концентрацию озона 1,4 раза.

Рассмотренные озонегенераторы практически исчерпывают все типы существующих на сегодня озонегенераторов УФ излучения. Подобное положение указывает на то что мы имеем дело с молодой отраслью производства озонегенераторов и в будущем следует ожидать интенсивное развитие рассмотренного направления. Эти соображения продиктованы широкими возможностями озонегенераторов УФ излучения. Указанные озонегенераторы обеспечивают высокую точность получения концентрации озона; их применение особо эффективно как для градуировки озонметров, так и озонирования воды в бытовых условиях, помещений, хранилищ, а также в исследовательских целях. Они малогабаритны и эффективны при необходимости получения малых концентраций озона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Некрасов Б.В. "Основы общей химии". т.1 М., "химия", 1965- с.85-92.
2. Саука Я.Я., Блуш А.Я., Марица В.Ж., Берзиня В.Я. Кислотность среды - определяющий фактор образования озона при разложении $K_2S_2O_8$. "Известия АН Латвийской ССР", №3(1).-Рига: Химия, 1968.- с.392-412.
3. Накашидзе В. Методы получения озона. – Труды Кутаисского государственного технического университета, №2(11).– Кутаиси: Сакартвело, 2002.– с. 147-151. (на грузинском языке).
4. Емельянов Ю.М. Лабораторный генератор озона "Озон-1".-Москва: наука, 1972.-с.197-209.
5. Емельянов Ю.М. Современные озонаторы.-москва: наука, 1978.-с. 97-105.
6. Блез Р. Низкотемпературный озонатор Пат. США, кл. 204-321, № 3365383, заявл. 12.12.96, №12, опубл. 23.01.98.- с.38-44.
7. Ланкинс Р. Усовершенствованный генератор озона. Англ.пат. кл. Н (СО I в), №1099428, заявл. 12.10.95, №10, опубл. 17.01.98.-с.17-23.
8. Seazs John T. Sutherland James W. Radiolitic formation and decomposition of ozone / J. Phis "Chem." t.72, №4, 1998.- p.116-121.
9. Носел Л.Н. Повышенная эффективность озонатора при электрическом разряде, Проспект ЦИНТИ химнефтмаш, 1973.-с. 103-109.
10. Бастле Е.Р., Ериксон П.Р., Маиер Б.Ф. Получение озона. Пат.США. кл.204-176 (СОIв 13/12, СОIв 13/12) №3616382, заявл. 4.11.99, №11 опубл. 26.10.01.-с. 57-62.
11. Шафез Р. Озонатор Пат. США, кл. 250-532 (СОIв 13/12), №3801791. заявл. 15.11.91, №11, опубл. 2.04.94.- с. 59-64.
12. Кромвел В. Метод получения озона. Пат. США. кл. 214-496 (С 01 в 13/12), №2857323, заявл. 17.04.98, №10, опубл. 21.10.00.-с.63-72.
13. Волики Дж. Озонатор с жидкостным охлаждением. Пат. США, кл.204-321 (СОIв 13/10, СОIв 13/12), №3766051, заявл. 22.09.91, №9 опубл. 16.10.93. -с. 81-85.
14. Вестер Т. Получение озона. Англ. пат. №822502, заявл. 12.03.99, №10, опубл. 28.10.99.-с. 81-89.
15. Балзак Е.Р., Денис В. Получение озоносодержащего газа. Пат. США. кл. 207-406 (С 01 в 14/11), №2864757, заявл. 17.06.98, №6, опубл. 16.12.00. -с.71-76.
16. Каенс И. Генератор озона на полупроводниках. Пат. США. кл. 217-401 (С 01 в 14/10), №3576692, заявл. 17.08.97, №8, опубл. 14.02.99. -с.56-61.
17. Sears John T., Sutez-land james W. Estimates of ozone yields in proposed chemonuclear reactor. "Nucl. Applic", t.75, №2, 1968, p.62-66.
18. Гиулезд Дж. Новый трубчатый озоногенератор. Франц.пат. кл.СОIв, №1531528, заявл.22.05.97, №5 опубл. 27.05.98.-с. 74-79.
19. Бин Е.А. Получение и стоимость озона. Перевод с английского из книги "Ozone Chemistry and technology" Washington. 1950. p.430-436.- Рубежное: Рубежэанский химкомбинат, 1961.-с.443-450.
20. Рухадзе Т.Г. Методы измерений концентраций озона. "Материалы III республиканской научно-технической конференции по метрологии".- Тбилиси, Институт неорганической химии и электрохимии, 1974.- с.35-41.
21. Мгалоблишвили Д., Угулава А., Накашидзе В. Метрологические параметры озонметрии. – Доклады II Международной научной конференции “Современные проблемы текстильной и легкой промышленности”. – Кутаиси: Сакартвело, 1998. – с. 241-244. (на грузинском языке).
22. Мгалоблишвили К.Д. Разработка первычного преобразователя ультрафиолетового облучения.-Тбилиси: всесоюзный научно-исследовательский институт Охраны труда, 1984.-с.3-202.
23. Накашидзе В. Озоногенераторы. Журнал “Интеллект”, №3 (14). – Тбилиси, 2002. – с. 58-60. (на грузинском языке).
24. d. Мгалоблишвили Д., Накашидзе В., Кашиа М., Чафидзе К. Озоногенераторы. Патент №764 U, МКИ С 01 В 13/00. Дата подачи 1998.06.08., дата опубликования 2001.02.10. Официальный бюллетень промышленной собственности Грузии, №3 (80), Тбилиси, 2001.- с. 26-27. (на грузинском языке).
25. Мгалоблишвили Д., Накашидзе В., Кашиа М., Чафидзе К. Озоногенераторы. Патент №765 U, МКИ С 01 В 13/00. Дата подачи 1998.06.08., дата опубликования 2001.02.10. Официальный бюллетень промышленной собственности Грузии, №3 (80), Тбилиси, 2001.- с. 27. (на грузинском языке).
26. Мгалоблишвили Д., Накашидзе В., Кашиа М., Чафидзе К. Озоногенераторы. Патент №766 U, МКИ С 01 В 13/00. Дата подачи 1998.06.08., дата опубликования 2001.02.10. Официальный бюллетень промышленной собственности Грузии, №3 (80), Тбилиси, 2001.- с. 27. (на грузинском языке).
27. Накашидзе В. Экспериментальное исследование озоногенератора с лампочками ультрафиолетового излучения.– Труды Кутаисского государственного технического университета, №2(11).– Кутаиси: Сакартвело, 2002.– с. 140-146. (на грузинском языке).



28. Рухадзе Т.Г. Исследование и разработка устройств для дозирования и контроля концентрации озона. Дисс. ... к.т.н.: - 05.11.03. – Москва: МИХМ, 1985.-с. 196-201.
 29. Мгалоблишвили К.Д. Метрологическое обеспечение измерения малых и микроконцентраций отравляющих и взрывоопасных парагазовых и газовых смесей. Дисс. ... к.т.н.- Москва: ВНИИФТРИ, 1980.-с. 240-245.
 30. Бурдин Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии.- Москва: Изд-во стандартов, 1985.- с. 215-219.

ENERGY-SAVING METHODS AND MEANS FOR OBTAINING THE OZONE

V. NAKASHIDZE

Akaki Tsereteli State University

Sumaary

The paper dwells on the chemical and physical methods of receiving the ozone. Particular attention is given to receiving the ozone from physical methods, as by using the method, of so-called quiet discharging action as well as by means of ultraviolet ozone generators. This is used for receiving ozone of rather less volume, that is caused by the reason, that the amount of electrical energy spent on the ozone the same amount received by ultraviolet emission.

3

ორგტექნიკური საშუალებების ქაღალდგამტარი კვლევითი მუშაების მიზანმიმართული მეთოდების განსაკუთრებული

ორმოცათმეცხრე ნ.შ*, ბიბილეიშვილი დ.ვ., ფილია რ.მ.***

*აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სტატიაში განიხილება ქაღალდგამტარი სისტემების ორგტექნიკის კონსტრუქციული თავისებურებანი, მოყვანილია კლასიფიკაცია და მექანიზმი ქაღალდგამტარი გზის კვანძებისა და კვლევითი მუშაების მეთოდების კვლევისა.

ორგტექნიკის გამოყენებით დამზადებული დოკუმენტების ექსპერტ-კრიმინალისტიკური კვლევა წარმოადგენს რთულ და ნაკლებად შესწავლილ მიმართულებას. პრობლემური საკითხების გადაწყვეტა დაკავშირებულია საბეჭდო ნიშნების მასინთეზირებელი მოწყობილობით დამზადებული მყარი კოპიების ტექნიკურ-კრიმინალისტიკური ექსპერტიზის მეთოდის სრულყოფასთან, ტრადიციულად ეს ეხება შემდეგ ძირითად მომენტებს: 1. ქაღალდგამტარი სისტემებისა და მისი ცალკეული კომპონენტებისაგან წარმოქმნილი საბეჭდო პროცესების ტექნიკური ფუნქციონირების და ამ პროცესის ჩაშლის, დეფექტებისა და კვანძების, განსაკუთრებულობების კვლევა; 2. ნაწერის მასალების კვლევა (ტონერი, მელანი ჭავლური აპარატისათვის და სხვა.); 3. ექსპერტული კვლევების ოპტიმიზაცია და დასკვნების ფორმალიზაცია.

საექსპერტო პრაქტიკისა და არსებული მეთოდური ლიტერატურის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ქაღალდგამტარი სისტემის მიერ წარმოქმნილი კვანძები მოიცავს დიაგნოსტიკური და საიდენტიფიკაციო ხასიათის ინფორმაციის დიდ ნაწილს, რომელიც მოითხოვს დეტალურ გადამუშავებას სამეცნიერო დონეზე.

პუბლიკაციებში, რომლებიც მიძღვნილია ასეთი სახის დოკუმენტების კვლევისადმი, საერთოდ არაფერია ნათქვამი რეკომენდაციებისა თუ კონკრეტული წინადადებების სახით, მით უმეტეს არავითარი მეთოდოლოგია არ არის შემოთავაზებული. ასეთი კვლევები ჩატარებულია, მაგ. ამერიკაში ინდიანას შტატის უნივერსიტეტში "Purdue University" ამერიკელი მეცნიერების მიერ ედვარდ დალფის ხელმძღვანელობით, თანამედროვე ტექნოლოგიებზე დაყრდნობით, შემუშავებული იქნა მეთოდოლოგია გრაფიკული გამოსახულების წამ-

კითხველი პროგრამა, რომლის მიხედვითაც შესაძლებელი ხდება გაირკვეს, თუ რომელი პრინტერით არის ამობეჭდილი ესა თუ ის დოკუმენტი. ამ პროგრამის გამოყენებით შესაძლებელია იმ გამოსახულების სრული ანალიზი, რომელიც თითოეული ლაზერული პრინტერისათვის ინდივიდუალურია. გარკვეული ტესტირების გავლის შემდეგ მომავალში ექსპერტებისათვის ალბათ შესაძლებელი იქნება მისი გამოყენება. კომპანია “XEROX” –მა ლაზერულ პრინტერებში გამოიყენა პრინტერის საიდენტიფიკაციო დაშიფრული კოდის ფურცელზე დატანის მეთოდი. აღნიშნული კოდი წარმოადგენს მცირე ზომის შეფერილ წერტილებს და ფურცელზე შესამჩნევი ხდება მხოლოდ გამაღიდეგელი ხელსაწყოებით დათვალიერებისას. მარკირების მეთოდის დახმარებით შესაძლებელი ხდება პრინტერის იდენტიფიცირება და ამობეჭდვის დროის დადგენა და ბოლოს მეთოდის გამარტივების მიზნით არსებობს პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც თვითონ ანხორციელებს კოდის ამოკითხვას და გაშიფრვას. მიუხედავად ამისა, შედეგები ნაკლებად ცნობილი და მიუწვდომელია, რაც არ იძლევა მათი მეცნიერული დასაბუთებისა და უტყუარობის შემოწმების საშუალებას. საბეჭდი ელემენტებისა და ქაღალდის ერთმანეთთან კონტაქტის სახეობიდან გამომდინარე განასხვავებენ კონტაქტურ და უკონტაქტო საბეჭდ მოწყობილობებს. კონტაქტური საბეჭდი მოწყობილობებია: საბეჭდი მანქანა, ნემსებიანი პრინტერი და სხვა., უკონტაქტოს მიეკუთვნება პრინტერების სხვა დანარჩენი სახეობები; ლაზერული, ჭავლეური სუბლიმაციური და სხვა. თუმცა ასეთი დაყოფა ყველა შემთხვევაში არასწორი იქნებოდა, მაშინ როცა ქაღალდი ყველა შემთხვევაში შეხებაში მოდის პრინტერის რომელიმე ნაწილთან მაინც. მით უმეტეს ექსპერტ კრიმინალისტიკის თვალსაზრისით ამ შემთხვევაში მხოლოდ ქაღალდი ინახავს, იმ ინფორმაციას, თუ რა გზა განვლო მან და რისი და როგორი ზემოქმედება განიცადა დოკუმენტის გაყალბებისას. თავისთავად ქაღალდგამტარი სისტემა წარმოადგენს მბეჭდავი მოწყობილობის განუყოფელ ნაწილს და იგი მოიცავს კრიმინალისტიკური თვალსაზრისით მნიშვნელოვან ინფორმაციას, კერძოდ კი ქაღალდგამტარი სისტემის მიერ დატოვებული კვანძების ფიქსაცია, ამოღება და ექსპერტული გამოკვლევა წყვეტს შემდეგ საკითხებს: 1. საბეჭდი მოწყობილობის ტიპის, სახეობის და მოდელის დადგენა; 2. კონკრეტული აპარატის იდენტიფიკაცია; 3. დოკუმენტების დამზადების სხვადასხვა გარემოებების დადგენა, მათ შორის აბსოლუტური დროის, ქრონოლოგიური თანმიმდევრობის, მონტაჟის და სხვა.

ამიტომ შეეჩერდებით ქაღალდგამტარი სისტემის ცნებებზე, სისტემაზე და ტიპური ქაღალდგამტარი სისტემის გზის მოწყობილობებზე, როგორც კვლწარმომქმნელ ობიექტებზე. ორგტექნიკისა და მათ შორის პრინტერების კონსტრუირების ტენდენცია ისეთია, რომ მისი მექანიზმი, კვანძები და დეტალები ურთიერთკავშირშია და გაერთიანებულია ერთ სისტემაში და ეწოდება ქაღალდგამტარი. ტექნიკურ მონაცემებზე და ორგტექნიკის სხვადასხვა რიგის მოდელებზე ჩატარებულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ ისინი შეიძლება წარმოდგენილი იქნან შემდეგი სახით: ქაღალდგამტარი სისტემა – რთული ერთმანეთთან დაკავშირებული სისტემაა, რომელიც შედგება ქაღალდის მიმტაცებელი, გამწევი და გამომტანი მექანიზმებისაგან, რომლის დანიშნულებაა დოკუმენტის დამზადების ყველა ეტაპზე ფურცლოვანი მასალის მარშრუტიზაციის უზრუნველყოფა.

1. ქაღალდგამტარი მექანიზმი – დამოუკიდებელი მექანიზმია, ქაღალდგამტარ სისტემაში, რომელიც 3 ძირითადი ფუნქციიდან ანხორციელებს ერთს – ქაღალდის მიტაცებას, გაწევას და გამოშვებას.

2. ქაღალდგამტარი კვანძი – არის მიზნობრივი დანიშნულების ფუნქციის შემსრულებელი კომპონენტი ქაღალდგამტარ სისტემაში.

3. ქაღალდგამტარი დეტალი – ქაღალდგამტარი კვანძის ელემენტია, რომელიც კონკრეტული დანიშნულებისაა ფურცელთან კონტაქტის დროს.

თანამედროვე ქაღალდგამტარი სისტემის შემადგენლობაში შედის ხონჩა, ქაღალდის დამჭერები, მისი მიმტაცებელი მექანიზმი, მიმღები და ქაღალდის ტრასპორტირების მოწყობილობა, ქაღალდის გამომტანი მოწყობილობა, მიმღები ხონჩა და მაკონტროლებელი

გადამწოდი და სხვა. თუ განვიხილავთ ქალაღღ-გამტარი სისტემის ტექნიკურ მხარეს უფრო ვრცლად, ქალაღღგამტარი ტრაქტში შედის გამოსახულების გადატანის მოწყობილობა: ფოტორეცეპტორი დოღურას ტიპის და გამოსახულების დასამაგრებელი მექანიზმი, რომლებიც თავისი ძირითადი ფუნქციის შესრულების გარდა, ხელს უწყობს დაბეჭდილი მასალის გადაადგილებას. საბეჭდი მოწყობილობის კონსტრუქციული მოდიფიკაციისა დაკლასისაგან დამოკიდებულებით, ასეთ სისტემებს კიდევ ემატება დამხმარე მექანიზმები. ვერ პრინტერს აქვს ქალაღღის მიწოდების ორი გზა. პირდაპირი და შებრუნებული. შესაბამისად ორი ე. წ. ხონჩა ანუ ბაქანი, დაბეჭდილი პროდუქციის მისაღებად (ქვედა და ზედა) . ზოგიერთი ქსელური ორგტექნიკის მოწყობილობაში გათვალისწინებულია ქალაღღთან მუშაობის სპეციალური სახეობები, ქარაღღის შერჩევა და განლაგება რამდენიმე ხონჩიდან ანუ ბაქნიდან და სხვა. მაგ. თუ აპარატი აღჭურვილია ქალაღღის დამხარისხებლით, კოპიოები შედის ამ მექანიზმში. დოკუმენტების ორმხრივად მიღების შემთხვევაში აპარატი კომპლექტდება დუპლექსური მოდულით ქალაღღის გადასაბრუნებლად ერთი მხრიდან მეორეზე და მისაწოდებლად. ამგვარი მოწყობილობებით არის აღჭურვილი ის ხელსაწყოები, რომლებიც ანხორციელებენ დაბეჭდვის შემდეგ პროცესებს (დაკეცვა, აკინძვა და სხვა). ამის ქალაღღის გაგლის მარშრუტი პირდაპირ დამოკიდებულებაშია საბეჭდი ფურცლის ჩატვირთვის ხერხთან, რომლის რეალიზაციაც ხდება საბეჭდ დანადგარში: მწყობრი, პირდაპირი, შებრუნებული, რაც აგრეთვე განსაზღვრავს კვალის წარმოქმნის თავისებურებებს ქალაღღგამტარ მექანიზმში და ძიების მეთოდებს მათ გამოსავლენად.

კვალის ასახვის მიზნით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება საკონტაქტო ზედაპირის მასალებს და კვალწარმომქმნელი რელიეფის ობიექტებს. სამუშაო ზედაპირის რელიეფის მიხედვით ფართო გაგრცელება კპოვა პაპილიარის მსგავსი, გვერდულა აღნაგობის მქონე, შაგრენის ანუ რელიეფური ტიპის და შედარებით გლუვზედაპირიანმა ქალაღღგამტარმა ლილვებმა. ქალაღღგამტარი კბილანების სამუშაო ზედაპირი მზადდება პოლიმერული მასალისაგან ან მეტალტა შენადნობებისაგან. მასტანავე კბილანების მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს ელასტიურ ლილვთან ან გორგოლაჭებთან დაკავშირებულ კონტაქტში, მათ შორის ქალაღღის გაგლისას. ქალაღღსაყრდნობი მტკიცე გვერდები როგორც წესი პოლიმერული მასალისგანაა დამზადებული და წარმოადგენენ ქალაღღ-გამტარი კვანძის შემადგენელ ნაწილს. ეს დეტალები ანხორციელებენ დამხმარე ფუნქციას მოცემულ მარშრუტზე ფურცლოვანი მასალის სწორად დაჭერისა გადაადგილებისათვის.

ორგტექნიკური საშუალებების ქალაღღგამტარი სისტემის მუშაობის გამარტივებული ვარიანტ შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ.

1. ქალაღღგამტარი გამწვევი მექანიზმი. დასაბეჭდი ფურცლოვანი მასალა თავსდება ქალაღღის გადამცემზე (ან ხელით იჭერენ), რის შემდეგაც ამუშავდება ქალაღღის მიმტაცებელი კვანძი, რომელიც ქარღღღის მიმტაცებელი ლილვიტ გაქაჩავს და მიაწოდებს ქალაღღს გამწვევ მექანიზმს. კვალის წარმოქმნა განპირობებულია ქალაღღის თრევით ერთი მხრიდან მიმწოდებლის მტკიცე გვერდებზე, ხოლო გვერდებიდან – ქალაღღის ფორმატის შემზღდვით. მეტ ინტერესს იწვევს კვალწარმომქმნელი მექანიზმი, ქალაღღ-დმიმტაცებელი ლილვის სამუშაო ზედაპირი, იგი მნიშვნელოვნად ზემოქმედებს ამ პროცესზე.

რხევის კვალები წარმოიქმნება ლილვის მიმღებ-მბრუნავი მოძრაობისა და წარმოადგენს მისი სამუშაო ზედაპირის გაშლას სიბრტყეში. მისი წარმოქმნის მექანიზმი ტრასოლოგიური ბუნებისაა და სტატიკური კვალების წარმოქმნის მექანიზმის ანალოგიურია, რადგან ლილვის სამუშაო ზედაპირის აგებულების განსაკუთრებულობის ასახვის მომენტი დგება კვალწარმომქმნელი და კვალმიმღები ობიექტების ხანმოკლე სტატიკური კონტაქტის შედეგად. მაგრამ ლილვი ფურცლოვან მასალასთან კონტაქტისას შეიძლება გაცურდეს კვალის მიმღები ზედაპირიდან, რაც თავისთავად დაკავშირებულია ქალაღღის ტიპის, სახეობის და ხარისხისაგან (მაგ. საწერი, ცარცის და სხვა), აგრეთვე ლილვის ტიპსა და გაცვეთილობაზე. ყველაფერ ამას კვალის წარმოქმნის პროცესში შეაქვს



დინამიკის ელემენტები. ჩამოთვლილი ფაქტორები იმის მიზეზია, რომ ერთი და იგივე კვლების ზომის მახასიათებლები შეიძლება განსხვავდებოდეს ერთმანეთისაგან. კერძოდ დადგენილია, რომ პაპილიარული ქაღალდმომტაცებელი ლილვიდან, როგორც წესი წარმოიქმნება ორი უბნისაგან შემდგარი დინამო-სტატიური კვალი, ან დინამო-სტატიო-დინამიური სამი უბნისაგან შემდგარი კვალი.

2. ქაღალდგამწვევი მექანიზმის მუშაობა დამყარებულია ქაღალდგამწვევი ლილვებით დაბეჭდილი ფურცლის თრევაში მტკიცე გვერდებზე. ცოცვის კვლების წარმოქმნის პროცესი მიმდინარეობს ფურცლის კონტაქტით და გადაადგილებით ერთი მხრიდან მეორე გვერდებზე, ხოლო სტატიკურისა ქაღალდგამწვევი ლილვების საშუალებით – რხევის გზით.

3. ქაღალდგამომწვევი მექანიზმის მუშაობა მდგომარეობს ქაღალდის გამოქაჩვით ქაღალდმომწვევისაგან გაერთიანებული ლილვების საგორავებისა და კბილანების საშუალებით მიმღებ პლატფორმაზე ანუ ხონჩაზე.

პირველ შემთხვევაში შესაძლებელია გამოყენებული იქნას კბილანებთან დაკავშირებული საგორავი სისტემები, მოცემულ შემთხვევაში სტატიკური კვალწარმოქმნის მექანიზმს განაპირობებს ერთის მხრივ კბილანას კბილები და ამას შეიძლება დაედოს მეორე ლილვებიდან წარმოქმნილი. კბილანას რხევისას წარმოქმნილი მოცულობითი (ჩაწნეხილი) კვლებით მიმდინარეობს ფურცლოვანი მასალის ზედაპირის მორფოლოგიური ცვლილება. სიმაღლე, კბილების სისშირე, ქაღალდის სისქე, მუყაო დასხვა საბეჭდი მასალა მოქმედებს კვალმიმღები ობიექტის ნარჩენ დეფორმაციაზე. მეორე შემთხვევაში კი შესაძლებელია სისტემის მიღება ერთნაირი ან სხვადასხვა შემადგენლობისა და აღნაგობის საგორავების კონტაქტით. კვლების ასახვის პროცესი ბევრ რამეში ზემოთ აღწერილის ანალოგიურია.

SPECIFICS OF PAPER-CONDUCTIVE TRAC-FORMING MECHANISM OF OFFICE EQUIPMENT

ORMOTSADZE N.S.*, BIBILEISHVILI D. V. FILIA R.M.***

*Akaki Tsereteli State University,

**Georgian Technical University

Summary

In the scientific article design of systems submitting paper of office equipment are considered, classification and the mechanism of formation of traces from details and modules of system submitting paper is given.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ТЕРМОСТОЙКИХ ПОЛИМЕРОВ

Н. ОРМОЦАДЗЕ*, Д. БИБИЛЕИШВИЛИ**

Государственный Университет Акакия Церетели*,

Технический Университет Грузии**

Проведена разработка получения 6 – 10% -ных стабильных растворов форполимера поли [(о-амино) фенил] нафталымиды в N-метил-2-пирролидоне для получения из них лакокрасочных покрытий. Разработан режим термической обработки полученных покрытий. Исследованы прочностные и адгезионные свойства покрытий. Проверена морозостойкость, а также стойкость покрытий к действию воды, моющих средств и минеральных масел. Определена термостойкость и огнестойкость полученных покрытий на основе форполимера.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ТЕРМОСТОЙКИХ ПОЛИМЕРОВ

Для получения полимерных покрытий (пк) применяли 5, 6, 10 и 15%-ные растворы поли [(о-амино) фенил] нафталъимида (ПАНИ) в N-метил-2-пирролидоне (НМП). Растворы наносили на заранее приготовленные пластины толщиной 3мм из алюминия и стали. ПК формировали при разных температурах сушки, после чего изучали свойства полученных лакокрасочных покрытий (результаты приведены в таблице 1, 2).

Как видно из таблиц 1, 2, стойкость пк после сушки при 60⁰С в течение 4-5 часов к действию воды не соответствует стандарту. Однако после сушки при повышенных температурах, при: 120⁰С в течение 2-х часов; 150⁰С в течение 3-х часов и 220⁰С в течение 2-х часов получались однородные, блестящие, темно-вишневого цвета, без механических примесей пк толщиной 18 и 20 мкм. Полученные пк обладают стойкостью к размыванию скоростным потоком воды. Проводились испытания покрытий на морозостойкость в течение одного года при минусовой температуре изменения не наблюдаются.

Таблица 1

Растворы пани в Нмп	Температура ⁰ С, продолжительность высыхания в часах	Внешний вид пк	Условная вязкость раствора по ВЗ-4 при 20 ⁰ С	Прочность при изги-бе в мм по ГОСТ 4765-73 и 6806-73	Прочность при ударе в мм по ГОСТ 4765-73	Стойкость к действ. Мин. Масел по гост 799-75
6, 5%	60 ⁰ С/4, 5	Однородная блест.Без. мех.примес	16, 7	Соответст. стандарту	Соответст. стандарту	Соответст. стандарту
10%	60 ⁰ С/15; 120 ⁰ С/2;	Однородная блест.Без. мех.примес	29, 5	Соответст. стандарту	Соответст. стандарту	Соответст. стандарту
10%	60 ⁰ С/2; 150 ⁰ С/3;	Однородная блест.Без. мех.примес	29, 5	Соответст. стандарту	Соответст. стандарту	Соответст. стандарту
10%	60 ⁰ С/2; 220 ⁰ С/3	Однородная блест.Без. мех.примес	29, 5	Соответст. стандарту	Соответст. стандарту	Соответст. стандарту

Таблица 2

Растворы пани в Нмп	Температура ⁰ С, продолжительность высыхания в часах	Стойкость к действ воды по гост 21065- 75	Твердость пк-по гост 5255-76	Стойкость к действию моющих средств	Толщина пленки	Содержание сухого остатка в %	Термостойкость в ⁰ С
6, 5%	60 ⁰ С/4, 5	Не соответ. Стандар.	0, 70	Соответст. стандарту	18	Кч(при нагревании 850 ⁰ С в инертной среде) составляет величины порядка 70-80%	550 ⁰ С (в инертной среде)
10%	60 ⁰ С/15; 120 ⁰ С/2;	Появление матовости и изменен. Цвета пк	0, 71	Соответст. стандарту	20		
10%	60 ⁰ С/2; 150 ⁰ С/3;	Без измен. 5месяцев	0, 72	Соответст. стандарту	20		
10%	60 ⁰ С/2; 220 ⁰ С/3	Без измен. 5месяцев	0, 72	Соответст. стандарту	20		

Второй этап данной работы предусматривал оценку адгезионных свойств пк, полученных из растворов поли[(о-амино) фенил]нафталъимида. В связи с этим, было проведено комплексное исследование влияния химической структуры пленко-образующего и природы металла на адгезионные свойства пк.

Для получения пк использовали форполимеры ПАНИ, синтезированные по методикам [1, 2]. Адгезионную прочность определяли методом отслаивания от алюминиевой фольги марки А-5 при

скорости движения зажима разрывной машины 10 мм/мин под углом 180°. Растворы наносили на фольгу в виде 15%-ных лаковых растворов в НМП и формировали при ступенчатой термообработке до 200°С, толщина пк 50 мк.

Как показали данные исследования, максимальная степень повышения адгезионной прочности наблюдается при повышении температуры сушки до 200°С (таблица 3)

Таблица 3

Температура термообработки, °С	Разрывная прочность пк, кг/мм ²	Относительное удлинение пк, в %	Усилие отслаивания н/м	
			На меди	на алюминии
Продолжительность сушки, мин				
100/180; 150/60; 200/60.	13, 5	14, 5	520	320

При сравнение прочности адгезионной связи покрытий, полученных из реакционного раствора форполимера без добавления тетрааминного компонента и после добавления тетрааминного компонента оказалось, что увеличение числа функциональных групп в макромолекуле влечет за собой симбатное повышение адгезионных свойств пк, что вполне согласуется с положениями молекулярной теории адгезии полимеров.

Для антикоррозионных пк, эксплуатирующихся при повышенной влажности (воде и водных средах), особо важное значение имеет стабильность их адгезионной связи с подложкой. Для ускорения испытаний стабильность адгезии пк оценивали в горячей воде. Пк после 3 часов сушки при комнатной температуре и 10 часов испытаний в горячей воде теряют адгезионную прочность практически полностью. Повышение температуры сушки до 200 °С позволяет сохранить адгезионную прочность пк при воздействии горячей воды на высоком уровне. Наблюдается очень прочное сцепление с подложкой и между слоями. Слои как будто внедрены друг в друга.

Установленное явление повышения прочности адгезионной связи форполимерных пк после добавления стабилизаторов открывает перспективу повышения защитных свойств и долговечности пк в условиях воздействия горячей воды и водных сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.Ш. Ормоцадзе., Бибилеишвили Д.В. Получение и исследование пленок на основе форполимеров ПНБИ// Международный научный журнал научные новости грузии. №2 (6) 2010.ст. 51-54.
2. Н.Ш. Ормоцадзе., Бибилеишвили Д.В. Получение и исследование покрытий на основе форполимеров полинафтоиленбензимидазолов//Тезисы докладов международной научной конференции ЭНЕРГЕТИКА: РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ Кутаиси, 2010. С. 126-129.
3. Н.Ш. Ормоцадзе., Бибилеишвили Д.В. Исследование возможности применения полимеров полинафтоиленбензимидазолов для получения термостойких покрытий //Тезисы докладов международной научной конференции «КОЛХА» Кутаиси, 2009.С.155-157.

PRODUCING AND STUDYING THE COATINGS ON THE BASIS OF THERMALLY-RESISTANT POLYMERS ORMOTSADZE N.S.*, BIBILEISHVILI D. V.**

*Akaki Tsereteli State University,

**Georgian Technical University

Summary

There is developed the producing of 6-10% of stable solutions of prepolymer poly [(o-amino) phenyl] naphthalimide in N-methyl-2-pyrrolidone for producing the paint coatings from them. There is developed regime of thermal treatment of coatings; investigated the strength and adhesion properties of coatings; verified the frost resistance, as well as resistance of coatings to water, detergent and mineral oils; determined thermal and fire resistances of coatings on the basis of the prepolymer.



ელექტრომაგნიტური დაბრკოლებების გადამცემის და მიმღების
 ბზების აღწერა

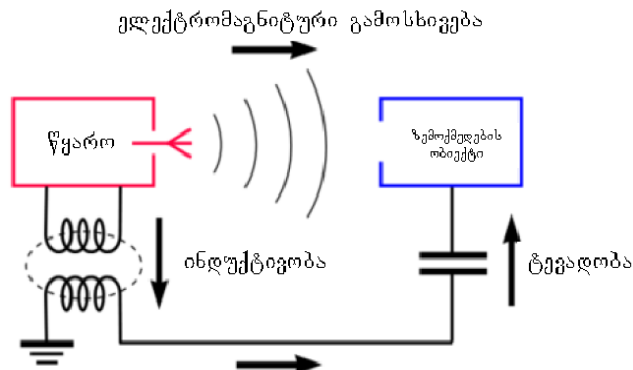
ზიზზივაძე ლ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ელექტრომოწობილობათა მუშაობის უზრუნველყოფა ელექტრომაგნიტური გავლენის დასაშვებ ინორმების ფარგლებში ნიშნავს მათი ელექტრომაგნიტური თავსებადობის უზრუნველყოფას. ამამოცანის გადასაწყვეტად საჭიროა იმ ღონისძიებით აღამუშავება, რომლებიც საშუალებას მოვცემს დაიცვათ ელექტრომოწობილობები და დანადგარები ხელისშემშლელი და სახიფათო გავლენისაგან.

სტატიაში მოცემულია ელექტრომაგნიტური დაბრკოლებების გადამცემის და მიმღების გზების აღწერის განსხვავებული მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა მარტივად განისაზღვროს სისტემის გამოსასვლელზე პროცესის სპექტრული სიმკვრივე და შესაბამისად დაბრკოლების სპექტრის საშუალებით გათვლილი იქნას საჭირო დაბრკოლებადამცავი ფილტრი, ეკრანი, საცდელი იმპულსი მოდელირებისათვის და ა.შ.

ნებისმიერი ელექტრული ხელსაწყო წარმოადგენს სხვა ობიექტებზე ზემოქმედების წყაროს. ეს ზემოქმედება შეიძლება განხორციელდეს ელექტრომაგნიტური გამოსხივებით, ინდუქციით, უშუალოდდენით, ან ობიექტების ელექტრული ტევადობის მეშვეობით.



თანამედროვე ტექნოლოგიურ გარემოში უამრავი ხელსაწყოა. ყველანი ერთმანეთზე მოქმედებენ სხვადასხვა სიმძლავრით. ელექტრომოწობილობათა მუშაობის უზრუნველყოფა ელექტრომაგნიტური გავლენის დასაშვები ნორმების ფარგლებში ნიშნავს მათი ელექტრომაგნიტური თავსებადობის უზრუნველყოფას.

ელექტრომაგნიტური თავსებადობის ქვეშ იგულისხმება ელექტროენერგეტიკული ობიექტების და რადიოსისტემების ისეთი თვისებები და ფუნქციონირების ისეთი პირობები (ტერიტორიული, სიხშირული და დროითი დაშორისშორება), როდესაც მათ შორის არ წარმოიქმნება არასასურველი ელექტრომაგნიტური კავშირები, რაც გამოიხატება ამ სისტემების ურთიერთხელშემშლელის გარეშე მუშაობაში.

ელექტროტექნიკაში მრავალი ამოცანის გადაწყვეტა დაიყვანება ამა თუ იმ სირთულის მოწობილობაში მიმდინარე პროცესების მოქმედების შესწავლამდე. ამ მოწობილობებში მიმდინარე ელექტრული პროცესების, ასევე სხვადასხვა პარაზიტული (აქტიური, ინდუქციური, ტევადური) კავშირების ანალიზისათვის სარგებლობენ ამ მოწობილობების და მათ შემადგენლობაში შემავალი ელემენტების ჩანაცვლების სქემებით.

მიღებულია მოწობილობების ელემენტების დაყოფა ორ ძირითად ჯგუფად – არაწრფივ არაინერციულ და წრფივ ინერციულ (დინამიკურ) ელემენტებად.

3

ელექტროტექნიკური მოწყობილობები მიეკუთვნება არაწრფივ ინერციულ ძირითად ჯგუფს. მათში მიმდინარე პროცესების ანალიზისას დასმული ამოცანების მათემატიკური გადაწყვეტა გართულებულია. ამიტომ, შემოგვაქვს ელემენტების პირობით დაყოფა წრფივად და არაწრფივად, რაც გამართლებულად მიგვაჩნია. ცალკეული ამოცანის გადაწყვეტისას ცდომილება შეიძლება შეფასებული იქნას კონკრეტული ელემენტის (მოწყობილობის) გათვალისწინებით.

მოწყობილობებს, რომლებიც თავის შემადგენლობაში შეიცავს წრფივ ინერციულ ელემენტებს, მივაკუთვნებთ წრფივ ინერციულ სისტემებს. ხოლო, რომლებიც შეიცავენ არაწრფივ არაინერციულ სისტემებს, შესაბამისად მივაკუთვნებთ არაწრფივ არაინერციულ სისტემებს.

ინერციულ სისტემებში პროცესის $y(t)$ მნიშვნელობა მის გამოსასვლელზე დამოკიდებულია არა მარტო პროცესის $x(t)$ მნიშვნელობაზე, რომელიც მოქმედებს შესასვლელზე დროის იმავე მომენტში, არამედ დამოკიდებულია აგრეთვე პროცესის მნიშვნელობაზე დროის სხვადასხვა მომენტებში. ხაზური ინერციული სისტემა ხასიათდება იმით, რომ პროცესის გამომავალი სიდიდე $y(t)$ მიიღება $x(t)$ პროცესის შემავალი ყველა სიდიდის შეკრებით; თანაც, თითოეული მათგანი მრავლდება $h(t, \tau)$ კოეფიციენტზე, რომელიც დამოკიდებულია როგორც შესასვლელზე τ პროცესის მოდების მომენტზე, ასევე დამოკიდებულია სისტემის გამოსასვლელზე t პროცესის დაკვირვების მომენტზე. თუ დაკვირვების პროცესში სისტემის პარამეტრები რჩებიან უცვლელი სიდიდის, მაშინ კოეფიციენტის $h(t, \tau)$ მნიშვნელობა დამოკიდებულია მხოლოდ სხვაობაზე $h(t-\tau)$. ამ შემთხვევაში პროცესის მნიშვნელობა სისტემის გამოსასვლელზე $y(t)$ დაკავშირებულია სისტემის შესასვლელზე პროცესთან შემდეგნაირად:

$$y(t) = \int_0^{+\infty} h(t-\tau)x(\tau)d\tau.$$

$h(t, \tau)$ ფუნქციას უწოდებენ გარდამავალი ფუნქციის იმპულსს. წარმოდგენილი ფუნქცია არის სისტემის რეაქცია მის გამოსასვლელზე, როცა მის შესასვლელზე მოქმედებს ერთეული იმპულსური ფუნქცია $\delta(t)$.

ხაზური ინერციული სისტემის სისწორულ არეში ანალიზის დროს დასახასიათებლად იმპულსური გარდამავალი ფუნქციის მაგიერ იყენებენ ე.წ. გადამცემ ფუნქციას $k(\omega)$, რომელიც წარმოადგენს $h(t, \tau)$ ფუნქციის ფურიეს გარდაქმნას

$$k(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(u)e^{-j\omega u} du,$$

სადაც $u=t-\tau$.

მუდმივი პარამეტრების მქონე ხაზოვანი სისტემის იმპულსური გარდამავალი ფუნქცია დაკავშირებულია გადამცემი ფუნქციით ფურიეს უკუ გარდაქმნებითან:

$$h(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} k(\omega)e^{j\omega t} d\omega.$$

გადამცემი ფუნქციის $k(j\omega)$ მოდული და არგუმენტი ეწოდება ხაზოვანი სისტემის სისწორულ ω და ფაზურ $\phi(\omega)$ მახასიათებლებს:

$$k(\omega) = C(\omega)e^{j\phi(\omega)}.$$

სისწორული მახასიათებლის გატარების ზოლის სიგანე ეწოდება მართკუთხედის ფუნქციის სიგანეს, რომლის სიმაღლე მაქსიმალური ორდინატის $C^2(\omega)$ ტოლია, ხოლო ფართი ტო-

ლია სისშირული მახასიათებლის მრუდის ქვეშ ფართისა:

$$\Delta_c = \frac{\int_0^\infty C^2(\omega) d\omega}{C^2(\omega_0)}$$

თუ სისშირულ მახასიათებელს ω სისშირის მახლობლობაში აქვს მკვეთრად გამოკვეთილი რეზონანსის არე, ე.ი. $\omega \gg \Delta_c$, მაშინ ასეთი მახასიათებლის მქონე ხაზოვან სისტემას უწოდებენ ვიწროხოლურს.

ხაზოვანი ინერციული სისტემის გადამცემი ფუნქცია საშუალებას იძლევა საკმაოდ მარტივად განისაზღვროს სისტემის გამოსასვლელზე პროცესის სპექტრული სიმკვრივე:

$$\dot{X}_2(\omega) = k(\omega)^* \dot{X}_1(\omega).$$

თუ გადავამრავლებთ დაბრკოლების წყაროს გამოსასვლელზე პროცესის სპექტრულ სიმკვრივეს $\dot{X}_{\text{ყ}}(\omega)$, დაბრკოლების გადაცემის არხის გადაცემის ფუნქციაზე $k_{\text{დ}}(\omega)$, და, აგრეთვე, მიმღების გადაცემის ფუნქციაზე $k_{\text{მიმ}}(\omega)$, მაშინ მივიღებთ მიმღებში დაბრკოლების სპექტრულ სიმკვრივეს $\dot{X}_n(\omega)$:

$$\dot{X}_n(\omega) = \dot{X}_{\text{ყ}}(\omega) k_{\text{დ}}(\omega) k_{\text{მიმ}}(\omega).$$

ლოგარითმულ მასშტაბში გამრავლებას შეესაბამება შეკრება, ამიტომ, თუ შევაჯამებთ შემავალი დაბრკოლების ამპლიტუდას განაწილების სიმკვრივის მრუდს, გადაცემის ტრაქტის ამპლიტუდურ-სისშირულ მახასიათებელთან, მაგალითად, ფილტრის ჩახშობის მრუდთან, მაშინ მივიღებთ ფილტრის შემდეგ დაბრკოლების ამპლიტუდის სიმკვრივის განაწილების გრაფიკს. ამრიგად, დაბრკოლების სპექტრის საშუალებით შეიძლება გათვლილი იქნას საჭირო დაბრკოლებადამცავი ფილტრი, ეკრანი, საცდელი იმპულსი მოდელირებისათვის და ა.შ.

ლიტერატურა

1. Дьяков А. Ф., Максимов Б.К., Борисов Р.К., Кужекин И.П., Жуков А.В. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике. (Под редакцией чл.корр. РАН, дтн, проф. Дьякова А.Ф.). М.Ж Энергоатомиздат, 2003. – 768с.
2. ლ. ზივივაძე, დამხმარე სახელმძღვანელო საგანში „ელექტრომაგნიტური თავსებადობა“ ქუთაისი 2009
3. www.ieeetsu.ge/wp-content/uploads/2011/03/Lecture-9.pdf

ZIVZIVADZE L.

Akaki Tsereteli state University

Summary

Provision of operation of electrical appliances within the limits of permissible standards of the electromagnetic effect means assurance of their electromagnetic compatibility. In order to resolve this problem, it is necessary to develop those arrangements, which should enable us to protect electrical appliances and equipment from interfering and hazardous effect.

The paper dwells on special method for describing the ways of interfering transmitter and transducer, which should enable to simply determine spectral concentration of process at the outlet of system, and consequently, by means of interference spectrum, to calculate the required anti-interference filter, screen, prototype impulse for modeling and so on.



არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების გამოყენების
 პერსპექტივები საქართველოში

ქობაშვილი ნ, საღალაშვილი ლ.
 გორის სახელმწიფო სასწავლო უნივერსიტეტი

თანამედროვე ეტაპზე, როცა ტრადიციული ორგანული სათბობი რესურსები თანდათან მცირდება და ენერგეტიკული კრიზისი მწვავედება, კაცობრიობის ინტერესი სულ უფრო და უფრო იზრდება იმისათვის რომ განახლდეს ენერჯის არატრადიციული რესურსები. საქართველოს ბუნებრივ-კლიმატური პირობები იძლევა იმის შესაძლებლობას, რომ გამოყენებულ იქნას მზის და ქარის ენერჯია, გეო-თერმული წყლები და ბიომასა (მერქანი და მისი გადამუშავების ნარჩენები). ნაშრომში სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე გაკეთებულია არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების პოტენციალის შეფასება და მათი გამოყენების ეკონომიკური ეფექტიანობა.

მსოფლიოში ენერგეტიკული განვითარების ტენდენციები მიუთითებს ახალი ეტაპის დასაწყისზე, რომლის მიხედვით ტრადიციული წარმოშობის სათბობის (ქვანახშირი, ნავთობი, გაზი და სხვა) ენერგორესურსების მოხმარებიდან ენერჯის არატრადიციული წყაროების გამოყენებაზე.

მზის ენერჯის გამოყენებას საქართველოში გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან ცდილობდნენ. ამ პერიოდში აშენდა 17 ჰელიო დანადგარი ცხელი წყლის მიწოდებისათვის, რომელიც გარკვეული დროის მერე დანადგარის მდარე ხარისხის გამო მწყობრიდან გამოვიდა. ამ პერიოდში ჩატარებულმა გაანგარიშებებმა უჩვენა ამ დანადგართა გამოყენების მიზანშეწონილობა და ეკონომიკური ეფექტი.

საქართველო მდიდარია ენერჯის არატრადიციული სახეებით, ისეთი განახლებადი და ეკონომიკურად სუფთა რესურსებით, როგორცაა მზის და ქარის ენერჯია. მზე – ჰელიო რესურსი არის ენერჯის უდიდესი წყარო, რომლის სიმძლავრე შეადგენს 4×10^{23} კვტ. ამასთან დედამიწის წილზე მოდის დაახლოებით 10^{14} კვტ. ანუ 34 მლრდ. ტონა პირობითი სათბობი წელიწადში. მზის ენერჯის გამოყენება უდაოდ რაციონალურია, რაც შეეხება ენერჯის მიღებას - ჯერ კიდევ ძვირადღირებული წყაროა, თუნცა განვითარებულ ქვეყნებში ამ მხრივ მნიშვნელოვანი მუშაობა ტარდება. აღნიშნული სახის ენერჯიას კარგად იყენებენ ისეთი ქვეყნები, როგორებიცაა: აშშ, იაპონია, იტალია, საფრანგეთი და ესპანეთი, სადაც მრავლადაა მზის ელექტროსადგურები.

საქართველოში მზის ნათება დასავლეთ საქართველოში 2000–2500 საათია, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში 2400–2500 საათი. არსებულ ვითარებაში, საქართველოში ეკონომიკურ ეფექტს მოგვცემს ჰელიო დანადგარების გამოყენება სითბური კოლექტორებით, რომელიც გამოიყენება ცხელი წყლით მომარაგებისათვის, წლის განმავლობაში თბომომარაგებისათვის. რაც შეეხება ენერჯის მიღებას ეს ჯერ კიდევ ძვირადღირებული წყაროა. რადგან ცნობილია, რომ ჩვენი ქვეყნისათვის ერთეული ენერჯის თვითღირებულება, რომელიც მიღებულია ჰელიო დანადგარებიდან ბევრად ძვირი ჯდება ვიდრე ტრადიციული გზით მიღებული ერთეული ენერჯის თვითღირებულება. საგულისხმოა ისიც, რომ ერთი კვადრატული მეტრი მზის კოლექტორი საშუალებას გვაძლევს ეკონომია გაუკეთოთ 120–150კვ. პირობით სათბობს წელიწადში. მზის კოლექტორის მუშაობა ფიზიკური ცვეთის გათვალისწინებით 10 წელია, ხოლო მისი ამოგება ხდება დაახლოებით 4–8 წელიწადში. საქართველოს უმეტეს რაიონებში მზის ნათების წლიური ხანგრძლიობა საკმაოდ

დიდია და მერყეობს 200–250 დღემდე. წლის განმავლობაში მზის ნათების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი აღინიშნება როდიონოვკაში (2633სთ), ყველაზე დაბალი საირმეში (1147სთ). ზამთრის თვეებში მზის ნათება საშუალოდ 80–120 სთ-ს, ხოლო ზაფხულის თვეებში 225–300 სთ. შეადგენს.

მზის ენერჯის ხვედრითი მაჩვენებელი საქართველოს ტერიტორიის 1 კვ. მეტრზე წელიწადში თეორიულად შეადგენს 1300–1800 კვტ. სთ-ს, ხოლო ჯამური ენერგეტიკული პოტენციალი ქვეყნის მთელ ფართობზე გაანგარიშებით შეადგენს 10 მლრდ. კვტ. სთ-ს, რაც 34 მლრდ. ტ. პირობითი საწვავის ექვივალენტურია. მზის თბური კოლექტორების დახმარებით შეიძლება დაეზოგოს წელიწადში ენერჯის ეკვივალენტური 7 მლნ. ტონა პირობითი საწვავი. ამჟამად საქართველოში მზის ენერჯის გამოყენება საწყის ფაზაშია. მზის ენერჯის ძირითადი უარყოფითი მხარეა მისი არათანაბარზომიერება (დამით, ღრუბლიან ამინდში, ზამთარში), ამიტომ სარეზერვო დანადგარებისა და აკუმულიატორების შექმნაა საჭირო.

ქარის ენერჯია უძველესი დროიდან გამოიყენებოდა ნაოსნობასა და სოფლის მეურნეობაში. ქარის უმარტივეს დანადგარებს ვხვდებით ჯერ კიდევ ძველ ჩინეთსა და ეგვიპტეში. ჩვ. წ. აღრიცხვის VII საუკუნეში სპარსელები აგებდნენ ქარის ქვის წისქვილებს, რომლებიც მოგვიანებით გაჩნდა რუსეთში, პოლანდიაში, დანიაში და ინგლისში. ქარის ენერჯის გამოყენებამ განსაკუთრებულ მნიშვნელობას მიიღწია XVII-XVIII საუკუნეებში გერმანიასა და პოლანდიაში. ენერჯის ამ წყაროს იყენებდნენ ასევე ჭაობების ამოსაშრობად და სამრეწველო მიზნებისათვის.

ქარის ენერჯის გამოყენების საკითხში დიდი მიღწევები აქვთ: დანიას, პოლანდიას, საფრანგეთს, ინგლისს, შვედეთს. ისეთი ქვეყნებში კი როგორცაა აშშ, დანია უკვე ხდება დიდი სიმძლავრის ქარის ელექტროაგრეგატების დანერგვა.

საქართველო ქარის ენერჯის გამოყენების თვალსაზრისით პერსპექტიული ქვეყანაა.

საქართველოს ქარის რესურსები

ცხრილი 1.

ზონა	ქარის საშუალო წლიური სიჩქარე, მ/წ	ქარის საერთო სიჩქარე	ხანგრძლივობა სთ.	ინტენსივობა	ქარის მუშა სიჩქარე მ/წ	უწყვეტობა სთ
პირველი კატეგორია						
• ქედები	5.5-9.0	6900	4150	1800	30-35	10-13
• სამცხე-ჯავახეთის ცენტრალური ნაწილი	3.8	6150	3450	2250	20-25	12-14
	4.5-5.5	6100	3700	2675	20-25	12-13
კოლმხეთის დაბლობის ცენტრი						
მეორე კატეგორია						
• მტკვრის ხეობის ცენტრალური ნაწილი	4.0-6.5	4225	2975	4650	18-25	20-22
• სამცხე-ჯავახეთის სამხრეთი ნაწილი	2.5-3.0	4575	1915	4200	18-20	15
• ზღვის სანაპირო	3.5	4280	2000	4480	18	17
• ყაზბეგი	6.5	4590	3900	4170	27	25
• მესამე კატეგორია						
• კოლხეთის დაბლობი	2.5-5.0	3350	1600	51150	13-18	18-22



• აღმ. საქართველოს მთათაშუეთი	3.0-3.5	3475	1675	5450	14-18	20-26
• გაგრის ქედი	3.0	3400	1920	5360	17	27
მეოთხე კატეგორია						
• ივრის ზეგანი	2.5-4.0	2875	1175	6175	13-15	20-28
• სიონი	2.5	2900	1300	5770	13	17
პასიური ზონა	2.5-3.0	1600	520	7200	10-20	

ექსპერტთა შეფასებით საქართველოში ქარის ენერჯის თეორიული რესურსი შეადგენს 10¹² კილოვატ საათს, რაც თითქმის გამოუყენებელია. რეალურად ქარის ენერჯეტიკის წილად შეიძლება წელიწადში მივიღოთ 2–3 მლრდ კვტ.საათი ელექტროენერჯია. ეს უკანასკნელი ქარის ენერჯეტიკის პერსპექტიულ განვითარებაზე მიუთითებს. ქარის ენერჯიაზე ინტერესის გაღრმავება მოხდა გასული საუკუნის 70–იან წლებში, მსოფლიო ენერჯეტიკაში კრიზისული მოვლენებიდან გამომდინარე როცა ორგანულ საწვავზე დაიწყო ფასების მომატებამ.

ქარის რესურსების პოტენციალი დამოკიდებულია ქარის სიჩქარეზე და ხანგრძლივობაზე. საქართველოს ტერიტორიაზე ქარის საშუალო წლიური სიჩქარე წამში მერყეობს 0,5–0,9 მეტრის ფარგლებში. ქარის სიჩქარის შემცირება შეიმჩნევა ღრმა ხეობებში და დაბლობებზე. რიგ რაიონებში ქარის სიჩქარე წამში სჭარბობს 15 მ. –ს. ასეთი ადგილებია მტკვრის და რიონის ხეობები. ამ რაიონებში საშუალოდ წლიურად ძლიერ ქარიან დღეთა რიცხვი აღწევს 35–ს. ტერიტორიის მნიშვნელოვან ნაწილზე ქარების ხანგრძლიობა წელიწადში საკმაოდ მაღალია. მამისონის უღელტეხილზე შეადგენს 6980 სთ–ს, ცხრაწყაროზე 6714 სთ–ს, დიღომში 4020–სთ–ს, ფოთში 4280–სთ–ს, ურეკში 5233– სთ–ს, გორში 5017 სთ–ს, ბათუმში 6242– სთ–ს, თბილისში 4436– სთ–ს, ყაზბეგში– 4951 სთ–ს. ასევე ხელსაყრელი პირობებია ქარის ენერჯეტიკის განვითარებისათვის გარდაბანში, ბოგდანოვკაში და სხვა. საქართველოს 165 მეტეოსადგურზე რამდენიმე ათეული წლების განმავლობაში დაგროვილია დიდძალი სტატისტიკური მონაცემები ქარის სიჩქარეზე და მიმართულებებზე. ამ მონაცემების საფუძველზე რამდენიმე კონკრეტულ ადგილზე დასაშვებია დაიწყო ქარის სადგურების დაპროექტება და მშენებლობა. კერძოდ ეს არის ღიხის ქედზე განლაგებული მთა - საბუეთის მეტეოსადგურის შემოგარენი, ფოთის პორტის მოლი, კახაბერის დაბლობში კაპანდიბის მეტეოსადგურის შემოგარენი.

დღეისათვის საქართველო არ ფლობს ქარის ენერჯეტიკული დანადგარების წარმოების ტექნიკურ საშუალებებს, მაგრამ საერთაშორისო კომპანიების დახმარებით, მთასაბუეთზე წარმოებს პირველი საცდელი სადგურის მშენებლობა, რაც მნიშვნელოვნად გაზრდის ქარის ენერჯეტიკის გამოყენების შესაძლებლობას.

საქართველოს მდინარეები ხასიათდება მაღალი ჰიდროენერჯეტიკული პოტენციალით და გეოთერმიული რესურსებით, რომელიც განახლებადი ენერჯის უშრეტი წყაროა, რომელიც თერმიული წყლების და ორთქლის სახით ამოდის მიწის ზედაპირზე და შედარებით ადვილი ხელმისაწვდომია ადამიანებისათვის. გეოთერმიული წყლები გამოიყენება კომუნალურ მეურნეობაში, სასაბურე მეურნეობაში, ბალნეოლოგიურ კურორტებზე და სხვა. ჭაბურღილები ღიხის ტბის მიდამოებში, საბურთალოს რაიონში, ბალნეოლოგიური კურორტი ორთაჭალაში გამოიყენება ნაწილობრივ 30–35%. დანარჩენი იღვრება და იწვევს გარემოს ტერიტორიის როგორც თბურ, ისე ეკოლოგიურ დაზიანებებს.

გეოთერმიული წყლები ენერჯეტიკული მიზნით გამოიყენებოდა გასული საუ-

არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების გამოყენების პერსპექტივები საქართველოში

კუნის 50-იან წლებში. ქ. ზუგდიდის მახლობლად ქვანახშირის მაძიებელმა მიაგნო სოფელ ცაიშის მიდამოებში 80°C წყალს. საქართველოს ტერიტორიულ ტერიტორიულ დღეისათვის აღრიცხულია 250-მდე ბუნებრივი წყარო და ხელოვნური ჭაბურღილი. მათი ჯამური დებიტი შეადგენს 160 ათასამდე კუბურმეტრს დღე-ღამეში. დღეისათვის გეოთერმიული წყლების საპროგნოზო მარაგი შეადგენს 350-400 მილიონ კუბურ მეტრს წელიწადში, რომლის თანამედროვე ტექნოლოგიით ათვისების შემთხვევაში შესაძლებელი იქნება ყოველწლიურად დაეზოგოთ 2,5 მილიონი ტონა პირობითი საწვავი. საქართველოში გეოთერმიული ენერგეტიკის აღორძინების ორი გზა არსებობს; პირველი, საბადოს დაცვა დაცლისაგან და მეორე ახალი საბადოების ათვისება. ორივე შემთხვევაში საჭიროა სოლიდური ინვესტიციები, რომელიც შემდგომ მოიტანს ეკონომიკურ ეფექტს.

საქართველოს გააჩნია ბიომასის რესურსებიც, რომელშიც შედის მერქანი და მისი გადამუშავების ნარჩენები, სოფლის მეურნეობის, აგროწარმოებების, მეღვინეობის, შაქრის წარმოების ნარჩენები.

საქართველოს ტყის ფონდი მერქნის მარაგი

ცხრილი 2.

მცენარის სახე	ფართი, ათასი ჰა	მერქნის მარაგი ათასი მ ³
სოჭია	72.5	11967.99
აღმოსლური ნაძვი	119.5	34660.85
კავკასიური სოჭი	200.2	1120014.03
მუხა	186.0	17525.42
აღმოსავლური წიფელა	1035.0	236568.84
წაბლი	46.6	10529.88
რცხილა	119.5	12930.79
რცხილისებრი	31.4	1145.61
ბზა	5.9	1084.68
თხმელა	59.9	5691.50
ურთხელი	0.3	73.12
სხვა	128.8	7507.41
სულ	2005.6	451700.12

საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული მერქნის საერთო მარაგი 451700,12 მლნ კუბურ მეტრს შეადგენს. თანამედროვე ეტაპზე სულ უფრო მზარდი მნიშვნელობა ენიჭება მერქნის გამოყენებას სათბობ-ენერგეტიკული მიზნებისათვის.

ქ. თბილისში კომუნალური ნარჩენების გადამამუშავება დღეისათვის არ ხდება, მისი გადამამუშავებით შეიძლება მიღებული იქნას ბიოგაზი, რომელიც იქნება 100 ათასი ტონა პირობითი სათბობის ექვივალენტი.

ამრიგად არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების პოტენციალის შეფასებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მათი გამოყენების ეკონომიური ეფექტიანობის განსაზღვრას. დღემდე ასეთი ეფექტი განისაზღვრბოდა მხოლოდ ორგანული სათბობის იმ ეკონომიით, რომელიც შეიძლება მიღებულიყო ენერჯის არატრადიციული სახეების გამოყენებით. ეკონომიკურ ეფექტიანობაზე მოქმედებს სხვა ფაქტორებიც: ენერგომომარაგების ახალ სისტემაზე გაწეული დანახარჯები, ორგანული სათბობის ეკონომია, გარემოს დაბინძურების შედეგად გამოწვეული ზარალის შემცირება.



ლიტერატურა

1. ა.თვალჭრელიძე, პ. კერვალიშვილი, დ. გეგია, ს. ესაკია, ს. სანაძე, საქართველოს ეკონომიკური განვითარების პრიორიტეტები: ანალიზი და უახლოესი პერსპექტივა. რედაქტორი: ა. თვალჭრელიძე, თბილისი 2002.
2. ა.სილაგაძე, ჯ. კახნიაშვილი, ე. მექვაბიშვილი, მიკროეკონომიკსი, თბ. 2006.
3. საქართველოს გეოლოგიის სახელმწიფო დეპარტამენტის ინფორმაციული ბიულეტენი, თბილისი 2000.
4. საქართველოს ბუნებრივი რესურსები და გარემოს დაცვა. თბილისი 2006.
5. www.solar-energy.com
6. www.Statistics.ge

NON-TRADITIONAL ENERGY RECOURSES THE OUTLOOKS OF ITS USING IN GEORGIA

N. KOKASHVILI L. SADAGASHVILI

Summary

On the modern stage, when the recourses of traditional organic fuel are gradually reduced and the energy crisis is intensified, the attention of mankind is more and more focused on the non-traditional, renewable recourses. Their using is more economy and safe.

As for energy recourses of our country, it includes hydro-recourses, renewable energy sources – solar, wind, biomass and geothermic waters potential recourses. For eradicating of energy crisis in the country, attention should be focused on exactly the last one or non-traditional, renewable energy recourses.

Natural- climate conditions of Georgia have great potential of intensive using of solar, wind, geothermic waters and biomass energies. Its potential should be estimated precisely, equipped with the relevant technique and the current obstacles should be solved in time.



სექცია №4 ენერგეტიკის ეკონომიკა და მენეჯმენტი

**საქართველოს ელექტროენერგეტიკის განვითარების
 ტენდენციები და ამოცანები**

დ.ჩომახიძე*, ძ.ცხაკაია**

* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

** აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საქართველოს დამოუკიდებლობის საწყისს ეტაპზე ელექტროენერგეტიკა კრიზისულ მდგომარეობაში აღმოჩნდა, განახევრდა ელექტროენერჯის წარმოება და მოხმარება. შესამჩნევი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ძვრები ელექტროენერჯის წარმოებაში მხოლოდ 2005 წლის შემდგომ პერიოდში ფიქსირდება. სტატიაში ჩამოყალიბებულია საქართველოს ელექტროენერგეტიკული კომპლექსის განვითარებისათვის აუცილებელი ამოცანები და მათი რეალიზაციის ღონისძიებები. მითითებულია ადგილობრივი რესურსების მიზანდასახულად გამოყენების საჭიროებაზე სხვადასხვა ასპექტების გათვალისწინებით.

მე-20 საუკუნის ბოლო ათწლეულში საქართველოს ელექტროენერგეტიკა კრიზისულ მდგომარეობაში აღმოჩნდა. ცნობილი მიზეზების გამო ელექტროენერჯის წარმოება და მოხმარება განახევრდა. ენერჯისტიკმა იძულების წესით არასტანდარტულ და ავარიულ ზღვარზე დასული პარამეტრებით მუშაობდა. ეს კი დამანგრეველად მოქმედებდა სისტემის მოწყობილობა-დანადგარებზე. დარგი ახალი ურთულესი სიმძვლევების წინაშე დადგა. საჭირო სახსრების უქონლობის გამო თითქმის შეწყდა ენერგობიექტების სარემონტო სამუშაოები და გაძნელდა ელექტროსადგურების საწვავით მომარაგება. ვერ ხერხდებოდა ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნების მართვა. უკიდურესად მოუწესრიგებელი აღმოჩნდა ენერჯის აღრიცხვისა და მოხმარების საფასურის ამოღების საქმე, მეტისმეტად გაიზარდა ელექტროენერჯის დანაკარგები. ვერ ხერხდებოდა არსებული სიმძლავრეების სრული გამოყენება. 1995 წლის დასაწყისში საქართველოში ყველა სახის ელექტროსადგურის ჯამური სიმძლავრე 4800 ათას კვტ-ს უდრიდა, მაშინ როცა მუშა მდგომარეობაში მხოლოდ 1800 ათასი კვტ, ანუ 28,7% იყო. ენერგეტიკულმა კრიზისმა პიკს მიადწია. სახეზე იყო ეკონომიკური დესტაბილიზაცია, დარგში აღმასრულებელი დისციპლინის მოშლა, ენერგეტიკული ობიექტების ძარცვა, კვალიფიციური კადრების გადინება და სხვა ნეგატიური მოვლენები.

2000 წლის ბოლოს საქართველოში მოქმედი ელექტროსადგურების ჯამური დადგმული სიმძლავრე 4447,1 მგტ-ს (აქედან ჰესების 2729,1 და თესების 1718,0), ხოლო ელექტროენერჯის წლიური გამომუშავება 7446 მლნ კვტ-სთ-ს შეადგენდა. იმ დროისათვის ქვეყანაში არ არსებობდა საპროექტო პარამეტრებით მომუშავე არცერთი ელექტროსადგური. შედეგად საქართველოს ელექტრობალანსი დეფიციტური (-401,0 მლნ კვტ-სთ) აღმოჩნდა. დეფიციტი კიდევ უფრო გაღრმავდა 2005 წელს (-1276,8 მლნ კვტ-სთ).

საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში შესამჩნევი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ძვრები მოხდა 2000-2010 წლებში (იხ. ცხრილები 1,2). დარგის პროდუქცია ღირებულებით მაჩვენებელში მოქმედი ფასებით გაიზარდა 68,4%-ით, ხოლო ნატურალურ მაჩვენებელში – 33,2%-ით. შედარებით დაბალი იყო ელექტროენერჯის მოხმარების ზრდა – 9,8%. გაუმჯობესდა სხვა პარამეტრებიც. 2011 წლის მდგომარეობით, დარგში დასაქმებულია 11,6 ათასი ადამიანი, თავმოყრილია 1967,5 მლნ ლარის ღირებულების ძირითადი კაპიტალი და წლის განმავლობაში გამოშვებულია 668,6 მლნ ლარის პროდუქცია.

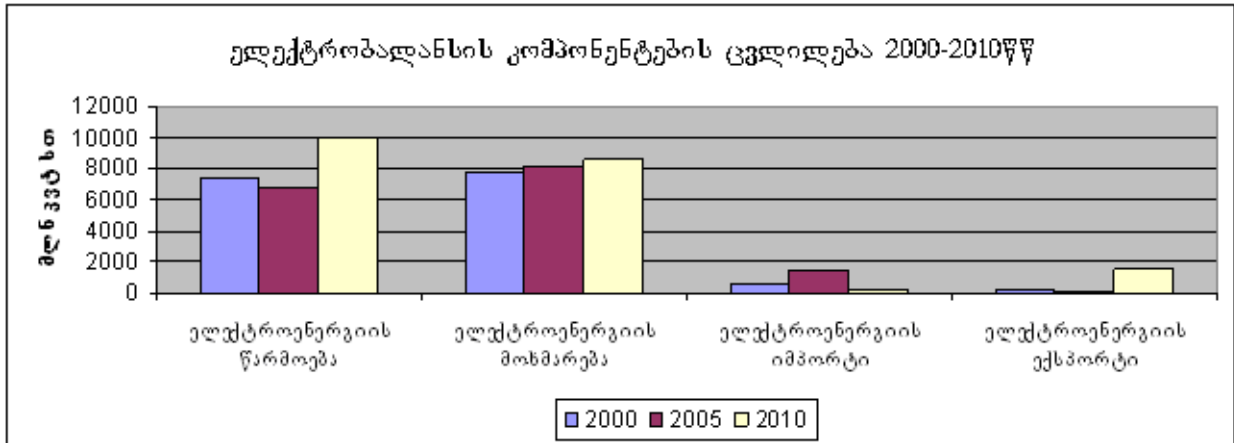
საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში პოზიტიური ძვრები ზოგადად სახეზეა 2005 წლის შემდგომ პერიოდში. ამ დროიდან მოყოლებული ელექტროენერჯის წარმოება წლითი წლობით დიდდება და 2009 წელს მან 8278,1 მლნ კვტ-სთ-ს მიაღწია. 2005 წელთან შედარებით ეს ზრდა 16,6%-ს შეადგენს, შესაბამისად, შემცირდა იმპორტის მოცულობა 5,5-ჯერ და გაიზარდა ექსპორტი 6,2-ჯერ, თუ 2005 წელს ელექტროენერჯის საერთო მოხმარებაში იმპორტის წილი 16,7%-ს შეადგენდა, 2009 წელს ეს მაჩვენებელი 3,3%-მდე, ანუ 5-ჯერ და მეტად შემცირდა. ეკონომიკის განვითარების თანამედროვე პირობებში ელექტროენერჯის ბალანსში უკვე სიჭარბეა. აღნიშნული ტენდენცია 2007 წლიდან დაფიქსირდა და მან 2009 წელს თითქმის 500 მლნ კვტ-სთ-ს მიაღწია. ამ პროცესში თავისი დადებითი როლი შეასრულა ელექტროენერჯის მომჭირნე და რაციონალურმა გამოყენებამ. ამ ფაქტორის გავლენით 2005-2009 წლებში ქვეყანაში ელექტროენერჯის მოხმარება 7,1%-ით შემცირდა. რეფორმის შემდგომ პერიოდში ელექტროენერჯის წარმოების რეკორდული დონე აღინიშნა 2010-2012 წლებში – თითქმის 10 მლრდ კვტ-სთ.

ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებაში ენერგეტიკის უდიდესი როლიდან გამომდინარე, საჭიროა, რომ ეს დარგი ეკონომიკის განვითარებასთან შედარებით წინმსწრები ტემპით ვითარდებოდეს. უკანასკნელი ათწლეულის მონაცემებით, კი ეს მოთხოვნა არა თუ ენერგეტიკის, არამედ ელექტროენერჯის კუთხითაც საქართველოში ვერ სრულდება. 2000-2010 წლებში საქართველოში ელექტროენერგეტიკული პროდუქციის ზრდის ტემპი როგორც ღირებულებით, ისე ნატურალურ მაჩვენებლებში სისტემატიურად ჩამორჩება მშპ-ის ზრდის ტემპებს. ელექტროენერჯის მოხმარების სტრუქტურაში წამყვანია კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მოხმარება და დაბალია ინდუსტრიული მოხმარების წილი.

ცხრილი 1. საქართველოს ელექტროენერგეტიკის განვითარების მაჩვენებლები 2000-2010 წლებში.

მაჩვენებლები	ზომის ერთეული	წლები			2010 წ. %--ბით	
		2000	2005	2010	2000 წ-თან	2005 წ-თან
წარმოებული პროდუქცია	მლნ ლარი	367,8	457,0	619,5	168,4	135,5
მომუშავეთა რაოდენობა	ათ. კაცი	14,3	13,6	11,3	79,0	83,1
ძირითადი კაპიტალის ღირებულება	მლნ ლარი	1000,0	986,2	1793,2	179,3	181,8
საწარმოთა რაოდენობა	ერთეული	105	95	42	40,0	44,2
ელექტროენერჯის წარმოება	მლნ კვტ-სთ	7446,0	6880,8	9919,2	133,2	144,2
ელექტროენერჯის მოხმარება	მლნ კვტ-სთ	7847,0	8157,6	8616,9	109,8	105,6
ბალანსი (+), (-)	მლნ კვტ-სთ	-401,0	-1276,8	+1302,3	-	-
ელექტროენერჯის იმპორტი	მლნ კვტ-სთ	599,5	1398,6	222,0	37,0	15,9
ელექტროენერჯის ექსპორტი	მლნ კვტ-სთ	198,5	121,8	1524,3	7,7 ჯერ	12,5-ჯერ
ელექტროენერჯის წარმოება მოსახლეობის 1 სულზე	კვტ-სთ	1691,7	1643,1	2235,8	132,2	136,1
ელექტროენერჯის მოხმარება მოსახლეობის 1 სულზე	კვტ-სთ	1769,2	1814,8	1902,9	107,6	104,9

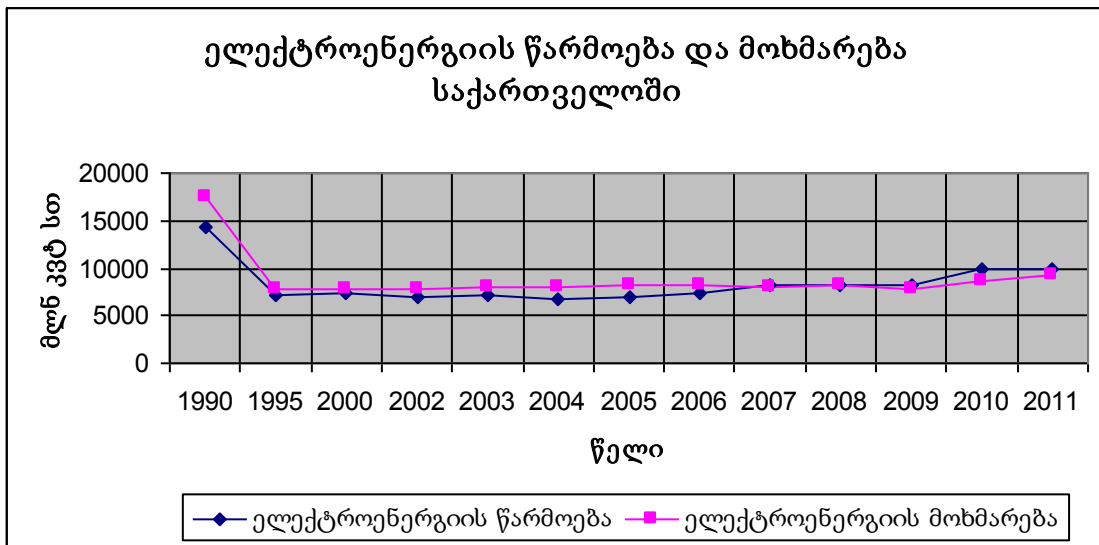
შენიშვნა: ცხრილი შედგენილია “საქსტატის” მონაცემების საფუძველზე.

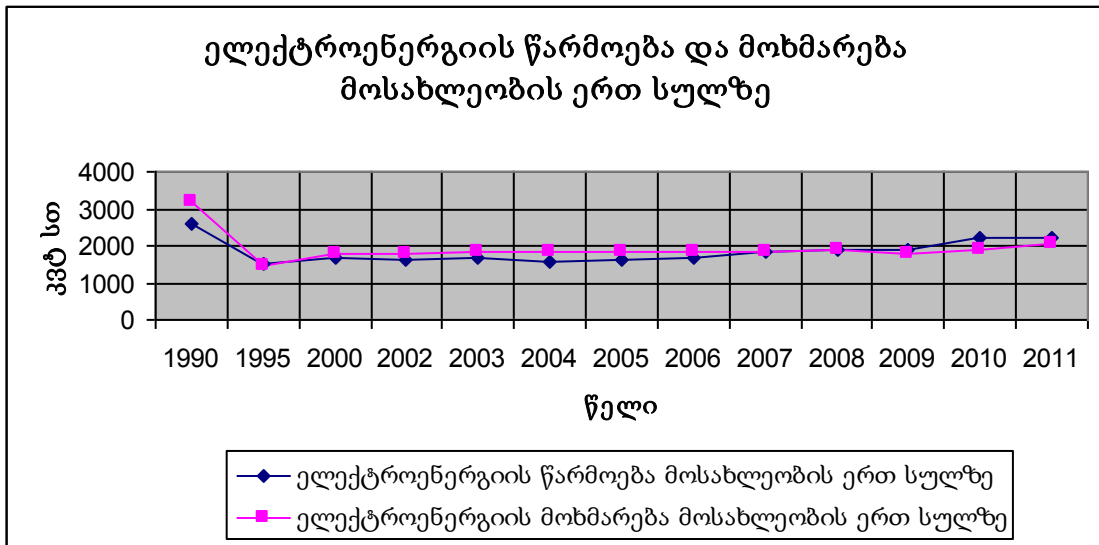


ცხრილი 2. ელექტროენერგიის წარმოება და მოხმარება საქართველოში.

წლები	წარმოება			მოსახლეობის ერთ სულზე, კვტ-სთ	ომარება	
	სულ მლნ კვტ-სთ	მათ შორის ჰესი	თესი		სულ მლნ კვტ-სთ	მოსახლეობის ერთ სულზე, კვტ-სთ
1990	14246	7600	6646	2611	17450	3198
1995	7082	6383	699	1492	7836	1446
2000	7446	5905,6	1540,4	1691,7	7847	1769,2
2002	7045,6	6532,1	513,5	1611,7	7725	1767
2003	7163	6527,9	635,1	1649,5	7898	1818,7
2004	6706	5892,8	813,2	1554	7916	1834,4
2005	6880,8	6070	810,8	1643,1	8157,6	1814,8
2006	7419,9	5316,1	2103,8	1685,8	8115	1843,7
2007	8169,5	6724,5	1445	1858,9	7973	1814,3
2008	8279,1	7053,6	1225,5	1889,2	8248	1882,3
2009	8278,1	7314,6	963,5	1887,6	7784	1774,8
2010	9919,2	9263,3	655,9	2235,8	8616,9	1902,9
2011	9912,2	7788,7	2123,5	2204	9255	2058

შენიშვნა: ცხრილში გამოყენებულია სემეკის მასალები.





საქართველოს ეკონომიკის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის განსაკუთრებით საჭიროა ეფექტიანი ღონისძიებები გატარდეს ენერგეტიკული კომპლექსის განვითარებისათვის. ამისათვის კი აუცილებელია:

1. გარემოს დაცვის მოთხოვნათა გათვალისწინებით რაციონალურად გამოვიყენოთ საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების მთელი კომპლექსი - ჰიდროენერჯია, ქვანახშირი, ნავთობი და ენერჯის არატრადიციული წყაროები;
2. ჩამოყალიბდეს საქართველოს პირობებისათვის შესაფერისი სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის ოპტიმალური სტრუქტურა. სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსში, ენერგეტიკულ, ეკოლოგიურ და სოციალურ-ეკონომიკურ მოთხოვნათა გათვალისწინებით, თავიანთი ადგილი უნდა მიეკუთვნოს როგორც ჰიდრო, ისე თბოსიმძლავრეებს და ენერჯის სხვა ალტერნატიულ წყაროებს.
3. აუცილებელია ქვეყნის ენერგოუსრუნველყოფის საქმეში დიდი როლი შეასრულოს ამ რესურსების ეკონომიურმა და რაციონალურმა გამოყენებამ;
4. საქართველომ საიმედო და ხელსაყრელი საგარეო ენერგეტიკული კავშირები უნდა დაამყაროს მსოფლიოს მოწინავე და მეზობელ სახელმწიფოებთან.

მართალია, საქართველო ენერგეტიკული რესურსებით მდიდარი არ არის, მაგრამ მის ტერიტორიაზე მეტ-ნაკლები ზომით ამ რესურსების თითქმის ყველა სახე გვხვდება. მათ შორის განსაკუთრებით აღსანიშნავია ჰიდრორესურსები. ასევე მნიშვნელოვანია ალტერნატიული ენერგორესურსების (მზე, ქარი და სხვა) სიუხვე. გასათვალისწინებელია სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების - ნავთობის, გაზის, ნახშირის, თერმული წყლების და სხვა წიაღისეულის არსებული და პროგნოზული მარაგები.

საქართველოს დიდი და საშუალო სიდიდის მდინარეთა თეორიული ჰიდროენერგორესურსები დაახლოებით 136, ტექნიკური - 68 და ეკონომიკური - 32 მლრდ კვტ-სთ-ია; თუმცა მათი გამოყენების დონე დაბალია. 2011 წლის მონაცემებით, ქვეყანაში ათვისებულია ტექნიკური ჰიდრორესურსების 11,5% და ეკონომიკური პოტენციალის 24,3%.

უკანასკნელ წლებში საქართველოში ხორციელდება ჰესების მშენებლობის ფართო პროგრამა. წარმოების ზრდასთან ერთად ამავდროულად საჭიროა უფრო სწრაფად გაიზარდოს ელექტროენერჯის შიდა მოხმარება, განსაკუთრებით ინდუსტრიულ სექტორში. 2000-2011 წლებში ელექტროენერჯის წარმოების 33,2%-იანი მატების პირობებში, მისი მოხმარება მხოლოდ 18%-ით გაიზარდა. საქართველოში ძირითადად უნდა შენდებოდეს საშუალო და მცირე ზომის, გამონაკლისს შემთხვევაში შედარებით მსხვილი

ჰიდროელექტროსადგურები. აუცილებელია სხვა ენერგორესურსების გამოყენების გაფართოებაც. სამხრეთ კავკასიაში ნახშირის მარაგები მხოლოდ საქართველოს გააჩნია, მდიდარია მისი მოპოვების ტრადიციებიც. ჯერ კიდევ 1958 წელს საქართველოში მოპოვებული იქნა 3014 ათასი ტონა, 1990 წლიდან კი იგი თანდათან მცირდებოდა და ბოლო წლებამდე თითქმის შეწყვეტილი იყო. 2010 წელს კი ნახშირის მოპოვებამ 236 ათასი ტონა შეადგინა. მაგრამ ეს მაჩვენებელი ქვეყანაში არსებული სამრეწველო მარაგის მხოლოდ 0.06%-ია. დაახლოებით იგივე შეიძლება ითქვას ნავთობის შესახებაც. 1982 წელს საქართველომ მოიპოვა 3331 ათასი ტონა ნავთობი. ახლა კი ეს მაჩვენებელი 55-60 ათასი ტონის ფარგლებში მერყეობს და მიზერულია მისი მონაწილეობა ქვეყნის სათბობის ბალანსში. კვლავ გადაუწყვეტელი რჩება ჩვენთან ბუნებრივი გაზის მოპოვების საკითხი, თუმცა ჩატარებულმა გეოლოგიურ-საძიებო სამუშაოებმა რემდენჯერმე დაადასტურა მისი არსებობა საქართველოს წიაღში. ამასთან დაკავშირებით აუცილებელია აიგოს მიწისქვეშა გაზსაცავიც. ასეთი გაზსაცავი უკვე გააჩნიათ სომხეთს, აზერბაიჯანსა და ბევრ სხვა ქვეყანას.

უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ენერგეტიკაში განხორციელებული ინვესტიციები ქვეყნისთვის ერთ-ერთი ყველაზე უფრო მომგებიანია. ჩატარებულმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ თუ ერთმანეთს დაუპირისპირებთ ენერგეტიკის განვითარებისათვის საჭირო ინვესტიციების მოცულობას და ენერჯის დანაკლისით გამოწვეული ეროვნული შემოსავლის შესაძლო ზარალს, დავინახავთ, რომ ეს უკანასკნელი 5-ჯერ მეტია პირველზე. მაშასადამე, სოციალურ-ეკონომიკური და ენერგეტიკის განვითარების დაუბალანსებლობა გაცილებით უფრო მეტ ზარალს იძლევა, ვიდრე ამ დარგის განვითარებისათვის არის საჭირო კაპიტალური დაბანდებები.

რა თქმა უნდა, მხოლოდ ახალი ენერგეტიკული ობიექტების მშენებლობა სასურველ შედეგს ვერ მოგვცემს, საჭიროა ეკონომიის რეჟიმის განხორციელება.

ჩვენი ქვეყნისათვის ენერგორესურსების დაზოგვის საკვანძო მიმართულებებია: მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის დაჩქარება ენერგორესურსების წარმოებისა და მოხმარების სფეროში; ეკონომიკის დარგობრივი, ტექნოლოგიური და ტერიტორიული სტრუქტურის სრულყოფა; ენერჯის არატრადიციული (მზისა და ქარის ენერჯია; თერმული წყლები, ბიომასა, მეორადი ენერგორესურსები და სხვა) სახეობებისა და მცირე მდინარეთა ენერჯის გამოყენების გაფართოება, ენერგოდაზოგვაში სამეურნეო მენეჯმენტისა და მექანიზმის სრულყოფა.

ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებაში ენერგეტიკის მაღალი პასუხისმგებლობიდან გამომდინარე, რომელიც მოითხოვს მის ინტენსიურ და უწყვეტ დაფინანსებას, რათა შეინარჩუნოს ფუნქციონირების უნარი და იმავდროულად მიადწიოს პროგრესს მაკროეკონომიკური გარემოს მოთხოვნების შესაბამისად, დარგი საჭიროებს სახელმწიფო რეგულირებას, რომელიც მომავალში კიდევ უფრო უნდა დაიხვეწოს.

ენერგეტიკის სახელმწიფო რეგულირების მთავარი მიზანია დარგში სტაბილურობის, ეფექტიანობის და სამართლიანობის მიღწევა. ენერგეტიკა როგორც ბუნებრივი მონოპოლიის დარგი, წარმოადგენს საზოგადოებისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობის პროდუქციის და მომსახურების მომწოდებელს და სწორედ მის გამართულ ფუნქციონირებაზე დამოკიდებული მოსახლეობის ცხოვრების დონე, ჯანმრთელობა, მთლიანად ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური ძლიერება. ამიტომ, ძალიან მნიშვნელოვანია სახელმწიფოს მხრიდან აღნიშნული დარგების ეფექტიანი ფუნქციონირების ხელშეწყობა, ანუ ბუნებრივი მონოპოლიების მიერ წარმოებული პროდუქციისა და მომსახურების საბოლოო მომხმარებელამდე მადახარისხიანი მიწოდების უზრუნველყოფა.

რამდენადაც ბუნებრივი მონოპოლიების არსებობა ეკონომიკაში ობიექტური აუცილებლობაა, უნდა გავითვალისწინოთ რომ სახელმწიფოს მხრიდან აზრი არა აქვს მათ წინააღმდეგ განსაკუთრებული შეზღუდვების გამოყენებას. აქ ეკონომიკური პოლიტიკის



მთავარი ამოცანაა ორივე მხარის ინტერესების დაბალანსების მიღწევა; ანუ სახელმწიფომ, ერთი მხრივ, უნდა დაიცვას მომხმარებელი ბუნებრივი მონოპოლიების მხრიდან არასწორი ქმედებებისაგან, ხოლო, მეორე მხრიდან, ხელი უნდა შეუწყოს ბუნებრივი მონოპოლიების დარგების განვითარებას საზოგადოებრივი ინტერესების სასარგებლოდ. დაცვა ესაჭიროება ენერჯის როგორც მომხმარებელს, ისე მიმწოდებელს, განსაკუთრებით ეს ითქმის ტარიფებზე და მომსახურების ხარისხზე.

მშპ-ის ენერგოტევალობის შემცირება უნდა განხორციელდეს ეკონომიკის სტრუქტურული ცვლილებების ბაზაზე, რაც გამოიხატება მასში ნაკლებად ენერგოტევალი წარმოებების წილის გაზრდითა და ელექტროენერგეტიკული ეფექტიანობის ამაღლებით, ყველა სფეროს ძირეული ტექნიკური გადაიარაღების განხორციელებით. ენერგოდაზოგვის ეროვნულმა პროგრამამ უნდა მოიცვას ეკონომიკის ყველა დარგი.

ზემოთ აღნიშნულმა ღონისძიებებმა უნდა უზრუნველყოს ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოება. ახლა საქართველოში ერთ სულ მოსახლეზე დაახლოებით 2000 კვტ-სთ ელექტროენერგია იწარმოება. მომავალში საჭიროა ეს ციფრი მინიმუმ 2,5-3,0-ჯერ მაინც გაიზარდოს, რათა ქვეყანა და მისი თითოეული მოქალაქე მუდმივად და გარანტირებულად იყოს უზრუნველყოფილი საჭირო ელექტროენერგიით.

ლიტერატურა:

1. თ. გველესიანი, დ. ჩომახიძე. საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოება. თბილისი, 2011 “უნივერსალი”, გვ.468.
2. დ. ჩომახიძე. ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების რეგულირების პრინციპები. თბილისი, 2012 “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, გვ.266.
3. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური “საქართველოს სტატისტიკური წელიწადგული”, 2011.
4. საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისია (სემეკი), 2000-2011 წლების წლიური ანაგრიშები.

DEVELOPMENT TRENDS AND OBJECTIVES OF GEORGIAN POWER INDUSTRY

D.CHOMAKHIDZE*, K.TSKHAKAIA**

*Georgian Technical University,

**Akaki Tsereteli State University.

Summary

At the initial stage of Georgia's independence, the power industry sector was in a crisis situation, and electric power generation and consumption were halved. Considerable quantitative and qualitative shifts in electric power generation were observed only in the period following 2005. There are formulated in a given article the objectives necessary for the development of the energy industry of Georgia, as well as activities required for implementation of them. There is emphasized the necessity of purposeful use of indigenous resources taking into consideration the various aspects.

ელექტროენერგეტიკის როლი ეკონომიკაში

კონჯარია ე.

ზუგდიდის სასწავლო უნივერსიტეტი

ელექტროენერგეტიკა წარმოადგენს რთულ მრავალდარგოვან ტექნიკურ-სამეურნეო სისტემას, რომელშიც შედის ელექტროენერჯის გადაცემის, და განაწილების ობიექტები. დიდია მისი როლი და მნიშვნელობა ქვეყნის ეკონომიკაში. ეს განპირობებულია იმ გარემოებით რომ ნებისმიერი საწარმოო და ტექნოლოგიური პროცესი ეკონომიკის ყველა დარგში მჭიდროდაა დაკავშირებული ელექტრო ენერჯის გამოყენებასთან. შრომის ელექტრო აღჭურვილობა კი მთავარი მატერია-

ლური საფუძველია საზოგადოებრივი წინსვლისათვის.

ცნობილია რომ ელექტროენერჯით საიმედო და ხარისხიანად უზრუნველყოფა საზოგადოებისათვის აუცილებელია და აქედან გამომდინარე, მას სახელმწიფოს განსაკუთრებული ყურადღება ესაჭიროება.

მე-20 საუკუნის მიწურულს ცხადი გახდა, რომ ცენტრალური და აღმოსავლეთ ევროპის მეტწილ ქვეყნებში, ყოფილი საბჭოთა კავშირის რესპუბლიკებში და მათ შორის საქართველოში ცენტრალიზებული გეგმიანი ეკონომიკიდან საბაზრო ურთიერთობებზე გადასვლის პროცესი მოიცავს საკმაოდ ხანგრძლივ და წინააღმდეგობათა აღსავსე პერიოდს. განსაკუთრებით მტკივნეულად მიმდინარეობდა ეკონომიკაში სისტემური გარდაქმნები, რომელიც გულისხმობს საკუთრებით ურთიერთობათა რადიკალურ ცვლილებებს, შრომისა და კაპიტალის ბაზრის ფორმირებას, საბაზრო ეკონომიკური საკანონმდებლო ბაზის შემუშავებას, აგრეთვე ეროვნული ეკონომიკის მსოფლიო ბაზართან ადაპტაციის პროცესს, ხარჯვითი ეკონომიკის საბაზრო მოთხოვნაზე ორიენტირებულ ფექტიან ეკონომიკად ტრანსფორმაციას. განსაკუთრებით რთული აღმოჩნდა საქართველოსათვის ეკონომიკური რეფორმების საწყისი ეტაპი.

საქართველოში ეკონომიკური გარდაქმნების განვლილი პერიოდი მოიცავს ორ ეტაპს-ლოზუნგური რეფორმების ეტაპი(1991-1993) და შედარებით აკადემიური რეფორმების ეტაპი(1994 წლიდან დღემდე)

1991 წლიდან დღემდე ჩვენს ქვეყანაში ენერჯეტიკის სფეროში როგორც სხვა დარგებში უმნიშვნელოვანესი რეფორმები განხორციელდა. თანამედროვე ეპოქაში ენერჯეტიკის განვითარების აქტუალობიდან გამომდინარე, მეცნიერული კვლევა და სწავლება განისაზღვრება იმის და მიხედვით თუ რა დადებითი შედეგების მომტანი უნდა იყოს სახელმწიფოსა და საზოგადოებისათვის. ნებისმიერ ქვეყანაში და მათ შორის საქართველოში დარგთაშორისი განვითარების საფუძველს ენერჯეტიკა და მისი სწორად მართვის სისტემის ჩამოყალიბება წარმოადგენს. დარგის აქტუალობიდან გამომდინარე მას სახელმწიფოებრივი მნიშვნელობა ენიჭება. ეს დარგი ბუნებრივ მონოპოლიას წარმოადგენს, სადაც კონკურენცია გარკვეულწილად შეზღუდულია. ასეთ პირობებში სწორედ ეკონომიკური რეგულირება ენაცვლება კონკურენციას. დაცვა სჭირდება როგორც ელექტროენერჯის მომხმარებლებს ისე მწარმოებლებს. განსაკუთრებით ეს ითქმის ელექტროენერჯის ტარიფებსა და მომსახურების ხარისხზე. ორივე შემთხვევაში რეგულირება იმგვარად ემსგავსება საბაზრო ქცევებს, თითქოს ადგილი ჰქონდეს კონკურენციას. კონკურენტუნარიანი ბაზრის მსგავსად ელექტროენერჯია მიეწოდება მხოლოდ იმ მომხმარებლებს, რომლებსაც სურთ და შეუძლიათ მომსახურების საფასურის გადახდა, სამაგიეროდ ამ შემთხვევაში ფასები ელექტროენერჯიაზე უფრო ხელმისაწვდომია, ვიდრე მონოპოლიის ან კონკურენციის არსებობის სხვა ალტერნატივების დროს.

ქვეყნის ენერჯეტიკაში უკანასკნელი 2-3 წლის განმავლობაში სხვადასხვა საერთაშორისო ორგანიზაციების დახმარებით ინტენსიურად მიმდინარე ეკონომიკური რეფორმები მოწოდებულია გააუმჯობესოს სექტორის მართვა, შექმნას ხელსაყრელი საინვესტიციო გარემო და ხელი შეუწყოს ენერჯეტიკის სხვადასხვა დარგების განვითარებას.

ელექტროენერჯეტიკულ სფეროში მიმდინარე რეფორმების ლოგიკურ შედეგს და ინსტიტუციონალური გარდაქმნების დამასრულებელ ეტაპს წარმოადგენს ელექტრობაზარი (როგორც სტრუქტურა). მისი შექმნა და განვითარება არის საერთაშორისო საკრედიტო ინსტიტუტებთან თანამშრომლობის ერთ-ერთი მთავარი პირობა.

როგორც ცნობილია, დამოუკიდებლობის მოპოვების პირველ წლებში საქართველომ ვეღარ შეძლო თავისი ეკონომიკის ავტონომიური ენერგოუზრუნველყოფა. გარედან ენერგორესურსების შემოტანა თითქმის დაუძლეველ ტვირთად დააწვა ქვეყნის ისედაც მძიმე ეკონომიკურ მდგომარეობას. საკმარისია ითქვას, რომ აღნიშნულ წლებში შე-

მოტანილ ენერგიაშემცველებზე დანახარჯებმა 90 %-ს გადააჭარბა მთელ იმპორტულ პროდუქციაში. საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ელექტროენერგეტიკის განვითარების ტემპი წინ უნდა უსწრებდეს ეკონომიკის, მათ შორის მრეწველობის განვითარების ტემპს. აღნიშნულ წლებში კი ეს თანაფარდობა დაირღვა.

ნებისმიერ ქვეყანაში და მათ შორის, საქართველოში დარგთაშორისი განვითარების საფუძველს ენერგეტიკა და მისი სწორად მართვის სისტემის ჩამოყალიბება წარმოადგენს. სისტემის შექმნა მეცნიერულ დონეზე დამუშავებული ენერგეტიკული პროგრამების დანერგვაზე და პრაქტიკულ გამოყენებაზეა დამოკიდებული. საბჭოთა სისტემა, ანუ როგორც მას უწოდებენ საბჭოთა კავშირი (რომელიც 15 მოკავშირე რესპუბლიკისაგან შედგებოდა) ძირითადად დამყარებული იყო საკუთრების სახელმწიფო სისტემაზე. ამიტომ, ენერგეტიკაც ერთიან სახელმწიფო ენერგოსისტემას წარმოადგენდა. ერთიანი ენერგოსისტემის დაშლამ და საკუთრების ფორმის შეცვლამ ეს დარგი მძიმე პირობებში ჩააგდო. ენერგეტიკული მეურნეობა მოიშალა, სიმძლავრეები გაჩერდა, ფინანსური უზრუნველყოფა სავალალო მდგომარეობაში აღმოჩნდა. საკადრო მომზადების დონე დროს ჩამორჩებოდა. ყოველივე ეს უარყოფითად აისახა დამოუკიდებელი ქვეყნის განვითარებაზე. მართალია, შეიქმნა კანონი ელექტროენერგეტიკის შესახებ, ჩამოყალიბდა ელექტროენერგეტიკისა და გაზის მარეგულირებელი სტრუქტურა, მაგრამ ყოველივე ამან დადებითი შედეგების მიღება სრულად ვერ უზრუნველყო. თითოეულ მათგანში ძველი საბჭოთა სისტემის გავლენა უფრო დომინირებდა, ვიდრე სიახლე.

არსებული სისტემის უარყოფით თვისებას რეფორმების ფორმალური მხარე განაპირობებდა. ქვეყნის ენერგეტიკის ფლაგმანმა „საქენერგომ“ და განსაკუთრებით მისმა ადმინისტრაციამ, დროის მოთხოვნები ვერ დააკმაყოფილა. ტექნიკური დარგის მართვა პოლიტიკურმა სტრუქტურებმა (მუნიციპალიტეტებმა, გამგეობებმა, სამინისტროებმა და ა. შ.) იტვირთეს. მათ ვერ უზრუნველყვეს სათანადო მმართველობითი სისტემის შექმნა და დარგის შემდგომი განვითარება. დღეს მსოფლიოს მრავალი ქვეყანა „ენერგეტიკულ შიმშილს“ განიცდის. თანამეორვე მეცნიერების მთავარი ამოცანაა ისეთი ენერგეტიკული რესურსების მოძიება, რომელიც ეკოლოგიურად გამართლებულია და უზრუნველყოფს მომხმარებელთა მოთხოვნების დაკმაყოფილებას. ეს კი ითხოვს მართვის ახალი სისტემის დამუშავებასა და დანერგვას. დარგში მუდმივად მზარდი მოთხოვნების დაკმაყოფილება, მხოლოდ სწორი რეფორმების გატარების შედეგად არის შესაძლებელი.

ელექტროენერგეტიკის ძირითადი ამოცანა-უზრუნველყოს ქვეყანა მაღალხარისხოვანი და საჭირო რაოდენობის ელექტროენერგიით, განაპირობებს მისი განვითარების დამოკიდებულებას ეკონომიკის ზრდის ტემპებსა და მასშტაბებზე. დიდია მისი გავლენა საზოგადოებრივი წარმოების ეფექტიანობაზე. პირველ რიგში ეს გამოიხატება შრომის ელექტროაღჭურვილობის და მაშასადამე, შრომის ნაყოფიერების დონის ამაღლებაში. იგი მოქმედებს წარმოების კონცენტრაციისა და სპეციალიზაციის პროცესებზე, აგრეთვე შრომის ტერიტორიულ დანაწილებაზე. ენერგეტიკა ტექნიკური პროგრესის საფუძველია, მაგრამ თვითონ ამავე დროს ვითარდება უახლესი ტექნიკის ბაზაზე.

კაცობრიობის ისტორიის მთელმა მსვლელობამ კარგად დაამტკიცა ელექტროენერგეტიკის რევოლუციური როლი და მნიშვნელობა საზოგადოების განვითარებისათვის. იგი ეკონომიკის რთული სამეურნეო ორგანიზმის მაცოცხლებელ ძარღვს წარმოადგენს. ამ დარგში მცირე შეფერხებები და კრიზისი დიდ საფრთხეს უქმნის მთლიანად მსოფლიო ცივილიზაციის განვითარებას. ამის ნათელი დადასტურებაა მსოფლიოში პერიოდულად მიმდინარე ენერგეტიკული კრიზისები. ეს კარგად გამოჩნდა საქართველოში გასული საუკუნის 90-იანი წლების შემდგომ პერიოდში.

ელექტროენერგეტიკა სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის წამყვანი დარგია, რომელზეც არსებითადაა დამოკიდებული ქვეყნის ენერგოუზრუნველყოფის დონე. ისი ჯეროვანი განვითარების გარეშე არარეალური იქნება არა მარტო ქვეყნის ეკონომიკის

აღორძინება, არამედ საფრთხე შეექმნება მის დამოუკიდებლობასაც. საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ საქართველოს ელექტროენერგეტიკის განვითარებაში ბევრმა პრობლემამ იჩინა თავი. ფაქტობრივად განახევრდა ელექტროენერჯის წარმოება და მოხმარება, მინიმუმამდე დაეცა ქვეყნის ელექტრომომარაგების დონე და ელექტრიფიკაციის მაჩვენებლები. აქედან გამომდინარე, შეფერხდა ქვეყნის ეკონომიკური განვითარება, მძიმე შედეგებმა იჩინა თავი როგორც მატერიალური წარმოების, ისე კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო სფეროში.

საქართველოს ეკონომიკის განვითარების ყველა ეტაპზე ელექტროენერგეტიკის როლი და მნიშვნელობა ყოველთვის დიდია, მაგრამ იგი განსაკუთრებულია თანამედროვე პირობებში. ელექტროენერგეტიკა, შეიძლება ითქვას, ერთ-ერთი მთავარი დარგია, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს დამოუკიდებლობის გზაზე დამდგარი ქვეყნის ეკონომიკურ-სოციალური მდგრადი განვითარების საჭირო პირობები. ამ თვალსაზრისით მას არა მარტო ეკონომიკურ-სოციალური და გარემოს დაცვითი, არამედ პოლიტიკური დატვირთვაც აქვს. ელექტროენერგეტიკის ჯეროვანი განვითარების გარეშე საფრთხე შეექმნება არა მარტო სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებას, არამედ ქვეყნის დამოუკიდებლობასაც.

ლიტერატურა

1. ჩომახიძე დ. საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოება თბილისი: 2003-488გვ
2. ჩოგოვაძე გ. ჩიხლაძე ნ. ვიასაშვილი, გ. საქართველოს ელექტროენერგეტიკის ისტორია.. თბილისი: 1998.
3. მ. გუდიაშვილი, გ არაბიძე. ენერგეტიკული წარმოების ეკონომიკა და მენეჯმენტი. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“: 2007. 74 გვ
4. რ. არველაძე, ნ კერესელიძე. XX საუკუნის ენერგეტიკა-მისი შემდგომი პრობლემები და პერსპექტივები // ჟ. ენერჯია №4 2000წ. გვ 3-13
5. ი. მესხია. ი. ეკონომიკური რეფორმა საქართველოში// ჟ .ეკონომიკური რეფორმები დღეს. 1999 წ. № 1. გვ. 55
6. თ. ცაბაძე. საქართველოს ელექტრო სისტემაში ელექტროენერჯის აღრიცხვის და კონტროლის ავტომატიზირებული სისტემის შექმნის შესახებ// ჟ ენერჯია № 3. 2000 წელის.გვ 7-13
7. ნ. სამსონია, მ. ლომსაძე-კუჭავა,, საქართველოს ენერგეტიკული სტრატეგიის ძირითადი ამოცანები// სოციალური ეკონომიკა №2 (8), გვ. 60-63. 2010 წ



THE ROLE OF POWER INDUSTRY IN THE ECONOMY

E. KONJARIA

Zugdidi Educational University

Summary

Providing with electric power is one of the most important problems in the modern world. Providing the country with electricity is one of the consisting parts of national security. As is known, the electric energy has the direct purpose of usage as well as it's the biggest source of income. In modern life the development of power industry doesn't mean only the development of only one sphere, but it is tightly linked with other spheres. You could hardly find any sphere which has such a big influence on the development of others. Envisaging all aspects of human's social life including their personal lives energetic becomes one of the most important striking force. Satisfying the needs of the country with electricity and its production is one of the most difficult tasks. Especially when the state has lost its right to own and passed its rights and obligations to the private property. Without a proper development of power industry the social-economic development of the country as well as its independence will be under danger.



საინვესტიციო მენეჯმენტი და ენერჯეტიკა

სახუთაშვილი ე.ე. ხუნჯარია ლ.ჯ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საინვესტიციო მენეჯმენტი სახელმწიფო პოლიტიკის შემადგენელი ნაწილია. იგი წარმოადგენს ქვეყნის ეკონომიკურ განვითარებაზე ზემოქმედების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ინსტრუმენტს.

საინვესტიციო მენეჯმენტი წვევს შემდეგ ამოცანებს: საწარმოს ეკონომიკური განვითარების მაღალი ტემპების უზრუნველყოფა; შემოსავლების მაქსიმიზაციის უზრუნველყოფა; საინვესტიციო რისკების მინიმიზაციის უზრუნველყოფა; ფირმის ფინანსური მდგრადობის და გადახდისუნარიანობის უზრუნველყოფა; საინვესტიციო პროგრამების რეალიზაციის დაჩქარების გზების ძიება.

საინვესტიციო მენეჯმენტისთვის ენერჯეტიკაში მნიშვნელოვანია რეალური, ფინანსური, ინტელექტუალური ინვესტიციების მართვა დაბალანსებით და სინქრონიზებით.

გლობალიზაციის შეუქცევადი პროცესები სახელმწიფოს წინაშე წარმოშობს პრობლემებს, განსაკუთრებით სოციალურ-ეკონომიკურ პროცესებში, რომელთა დაძლევა შესაძლებელი იქნება საინვესტიციო საქმიანობის ეფექტური მენეჯმენტით.

საინვესტიციო მენეჯმენტი მთავარი მიზნის რეალიზაციის პროცესში წვევს შემდეგ ამოცანებს: საწარმოს ეკონომიკური განვითარების მაღალი ტემპების უზრუნველყოფას ეფექტიანი საინვესტიციო საქმიანობის გზით; საინვესტიციო საქმიანობიდან შემოსავლების მაქსიმიზაციის უზრუნველყოფა; საინვესტიციო რისკების მინიმიზაციის უზრუნველყოფა; ფირმის ფინანსური მდგრადობის და გადახდისუნარიანობის უზრუნველყოფა საინვესტიციო საქმიანობის განხორციელების პროცესში; საინვესტიციო პროგრამების რეალიზაციის დაჩქარების გზების ძიება.

საინვესტიციო მენეჯმენტისთვის ენერჯეტიკაში მნიშვნელოვანია რეალური, ფინანსური და ინტელექტუალური ინვესტიციების მართვა; ასევე საინვესტიციო რესურსების ფორმირების მართვა, საინვესტიციო საქმიანობისათვის განპირობებული ფულადი ნაკადების მართვა დაბალანსებით და სინქრონიზებით.

საინვესტიციო მენეჯმენტი სახელმწიფო პოლიტიკის შემადგენელი ნაწილია. იგი წარმოადგენს ქვეყნის ეკონომიკურ განვითარებაზე ზემოქმედების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ინსტრუმენტს, მასზე დიდათაა დამოკიდებული ეკონომიკური ზრდის ტემპები და აქედან გამომდინარე მოსახლეობის ცხოვრების დონე.

საქართველოს წინაშე მდგარი სტრატეგიული ამოცანებიდან გამომდინარე საქართველოს საინვესტიციო პოლიტიკის მიზანია არსებული სამეცნიერო-ტექნოლოგიური პოტენციალის განვითარებაზე ორიენტირებით პრიორიტეტული დარგების განსაკუთრებით ენერჯეტიკის და სხვა სფეროების განვითარება, ქვეყნის ეკონომიკის აღმავლობის დაჩქარება.

საქართველოში დიდია უცხოური ინვესტიციების როლი ენერჯეტიკის სფეროში. ენერჯეტიკის გლობალიზაცია ინტერნაციონალიზაციის თანამედროვე რთული ფორმაა, რამაც გამოიწვია მსოფლიო ეკონომიკის რაოდენობრივი და თვისობრივი ცვლილებები.

ეკონომიკის გლობალიზაციაში წამყვან როლს თამაშობს კაპიტალის საერთაშორისო მოძრაობა (ე.ი. უცხოური ინვესტიციები და მათი მენეჯმენტი). მთელი თანამედროვე საერთაშორისო ეკონომიკის ხერხემალი ტრანსნაციონალური კორპორაციებია (ტ ნ კ).

უცხოური ინვესტიციების მოზიდვა მომგებიანი და ხელსაყრელია. ის გულისხმობს ახალი ტექნოლოგიების შემოტანას, მენეჯმენტური გამოცდილების ამაღლებას, ფინანსირების სტაბილური წყაროების წარმოქმნას, ზრდის შრომის ზღვრულ პროდუქტს, ქვეყნის ეკონომიკურ განვითარებას, წარმოების გაფართოებას და ექსპორტის ზრდას.

უცხოური ინვესტიციების როლი საქართველოსთვის მნიშვნელოვანია, რადგან იგი შესაძლებლობას აძლევს ეროვნულ მომხმარებელს აწარმოოს უფრო კონკურენტუნარიანი პროდუქცია, განავითაროს საქმიანობის ახალი სახეობები, ზრდის თანამედროვე მმართველობით ჩვევებს, მაღალკვალიფიციური კადრების შექმნას, აგრეთვე ეროვნულ შემოსავალში ინვესტიციების მოხმარების დინამიკას.

აუცილებელია ინვესტიციების მენეჯმენტი დაფუძნებული იყოს ლოგიკური მოდელის შემუშავებაში, ადმინისტრაციული, სოციალურ-ფსიქოლოგიური და ეკონომიკური ზემოქმედების სპეციალური მეთოდების გამოყენებით, როგორცაა მართვის ადმინისტრაციული მეთოდები, მართვის სოციალურ-ფსიქოლოგიური მეთოდები, ეკონომიკური მართვის პირდაპირი და არაპირდაპირი მეთოდები.

ინვესტიციების მენეჯმენტის აქტივობის ამადლებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ამ მიმართებით ქვეყანაში არსებული საკანონმდებლო ბაზა, რამაც უნდა უზრუნველყოს საინვესტიციო პროცესების სამართლებრივი რეგულირება საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისად.

საქართველოში განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა უცხოური ინვესტიციებისთვის ხელსაყრელი პირობების შექმნას. პირველი კანონი უცხოურ ინვესტიციებზე მიღებული იქნა 1991 წლის 25 ივლისს: „კანონი უცხოური ინვესტიციების შესახებ“, შემდეგ 1995 წლის 30 ივნისს დამტკიცდა ახალი კანონი „უცხოური ინვესტიციების შესახებ“, რომელიც ითვალისწინებდა მნიშვნელოვან შედავატებს, კერძოდ, პირველი მოგების მიღებიდან ორი წლის მანძილზე უცხოური ინვესტიციები თავისუფლდებოდა მოგების გადასახადიდან, ხოლო შემდგომი 4 წლის მანძილზე იხდიდა მხოლოდ 50%-ს. ეს კანონი 1996 წლის 12 ნოემბერს კიდევ უფრო გაუმჯობესდა, მიღებული იქნა კანონი: „საინვესტიციო საქმიანობის ხელშეწყობისა და გარანტიების შესახებ“.

აღნიშნული კანონები ხელს უწყობდა სხვადასხვა საქმიანობაში ინვესტირებას, განსაკუთრებით ენერგეტიკის სადისპეტჩერო საქმიანობაში.

საქართველოს კანონი „საქართველოს ეროვნული საინვესტიციო სააგენტოს შესახებ“, მიღებული იქნა 2002 წელს, რომელიც განსაზღვრავს ამ სააგენტოს როლს და უფლებებს, ხელშეწყობის უცხოური და ადგილობრივი პროგრამების განხორციელებას, ხოლო 2006 წელს მიღებული საქართველოს კანონი „ინვესტიციების სახელმწიფო მხარდაჭერის შესახებ“ დადგინდა სპეციალური ნორმები და ხელშეწყობი ღონისძიებები ინვესტიციების წახალისებისათვის.

საქართველოში შექმნილია საქართველოს ეროვნული საინვესტიციო სააგენტო, რომელშიც ფართოდაა წარმოდგენილი, როგორც სააგენტოს, ასევე ინვესტორის უფლება-მოვალეობანი. კერძოდ, ინვესტორი, რომელიც გეგმავს 8 მლნ. ლარზე მეტი ოდენობის ინვესტიციებს და მის მიერ განხორციელებული ინვესტიცია მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს საქართველოს ეკონომიკისა და ინფრასტრუქტურის განვითარებაზე, შეუძლია მოითხოვოს განსაკუთრებული მნიშვნელობის ინვესტორის სტატუსის მინიჭება.

საინვესტიციო საქმიანობის მართვის პროცესი მდგომარეობს ინვესტირების უფრო ეფექტიანი ობიექტების გამოვლენაში, აუცილებელი რესურსების მოძიებაში, საინვესტიციო პროგრამის და მისი რეალიზაციისათვის საჭირო ღონისძიებების შემუშავებაში.

საინვესტიციო საქმიანობის მართვის მეთოდები წარმოადგენენ ადგილობრივი ორგანოების ზემოქმედების ინსტრუმენტების და ხერხების ერთობლიობას სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების მიზნების მისაღწევად. მართვის მეთოდები იყოფა ორი ნიშნის მიხედვით, მმართველობითი ზემოქმედების ხასიათის და მარეგულირებელი ინსტრუმენტების მიხედვით. გამოყოფენ პირდაპირი და არაპირდაპირი ზემოქმედების; აგრეთვე ადმინისტრაციულ, ეკონომიკურ, ინსტიტუციურ და სოციალური პარტნიორობის მეთოდებს.

საინვესტიციო საქმიანობაში უნდა შეფასდეს საინვესტიციო რისკები ნეგატიური ტენდენციებით, ასევე ფინანსური რისკი, საკანონმდებლო, ეკოლოგიური, კრიმინალური

რისკები საინვესტიციო გარემოს ანალიზის საფუძველზე.

გარემოს ანალიზის საფუძველზე, სვანეთში ხუდონ ჰესის მშენებლობა დიდ სარისკო მოვლენასთანაა დაკავშირებული. კაშხალმა შეიძლება დატბოროს დასახლებული სოფლები. საკითხი ბოლომდე შესასწავლია საერთაშორისო ექსპერტების მიერ.

საინვესტიციო საქმიანობის შესასრულებლად საჭიროა პროექტის შედგენა, რომელიც წარმოადგენს იმ ღონისძიებათა კომპლექსს, რომელიც უზრუნველყოფს ინვესტირების შედეგად წინასწარ განსაზღვრული მიზნების მიღწევას დადგენილ დროში. მასშტაბურობის მიხედვით საინვესტიციო პროექტები არის: მსხვილი, საშუალო და მცირე მასშტაბიანი პროექტები. რეალიზაციის ვადების მიხედვით მოკლე (1 წლამდე), საშუალოვადიანი (1-დან 5 წლამდე) და გრძელვადიანი (5 წლის ზევით) პროექტები.

საინვესტიციო პროექტს გააჩნია სასიცოცხლო ციკლი, რომელიც შედგება 4 ფაზისაგან: კონცეფციის შექმნა, დამუშავება, რეალიზაცია და დამთავრება. პროექტის შედეგების ძირითადი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლებია: სამუშაოთა მოცულობა, ხარისხი და კონკურენტუნარიანობა, კომერციული რისკი, სოციალური რისკი, სოციალური და საზოგადოებრივი მნიშვნელობა. პროექტის წარმატებით განხორციელებისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება პროექტის მონაწილეთა მენეჯმენტს, გარემოს სხვადასხვა ფაქტორების გათვალისწინებით. განსაკუთრებით აღსანიშნავია პროექტის ხელმძღვანელობის სტილი, პროექტის სწორი ორგანიზაცია (მონაწილეების ურთიერთდამოკიდებულება, მოვალეობების განაწილება), კომუნიკაციის თანამედროვე საშუალებები და მეთოდები, სოციალური პირობები - მონაწილეთა შრომის და უსაფრთხოების პირობების დაცვის უზრუნველყოფა.

საინვესტიციო პროექტების განუყოფელი ნაწილია ბიზნეს-გეგმის შედგენა, რომელიც წარმოადგენს ინვესტიციების აუცილებლობის დასაბუთების საფუძველს: ეს არის დოკუმენტი, რომელშიც ასახულია მონაცემები მოსალოდნელი გაყიდვების და მოგების შესახებ, რაც ეხმარება ინვესტირების რისკის პროგნოზირებაში. ბიზნეს-გეგმა ფინანსური რესურსების მოზიდვის მნიშვნელოვანი ინსტრუმენტია, ხოლო ინვესტორებისათვის - კაპიტალის საიმედო და მომგებიანი დაბანდების გარანტია, მისი ეფექტიანობა და უსაფრთხოება.

პროექტის ანალიზი იძლევა არჩევანის საშუალებას სათანადო ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების საფუძველზე. პროექტის ანალიზი უნდა ჩატარდეს შემდეგი მიმართულებებით: ტექნიკური, კომერციული, ეკოლოგიური, ორგანიზაციული, სოციალური და ფინანსური, ბიზნეს-გეგმა ანუ ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება წინასწარ ჩატარებული მარკეტინგული კვლევების მენეჯმენტით შეფასდება.

ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება უნდა იძლეოდეს ყველა საჭირო ინფორმაციას ინვესტირების შესახებ გადაწყვეტილების მისაღებად, ალტერნატიული ვარიანტების განხილვას და მათგან საუკეთესოს არჩევას.

ბიზნეს-გეგმის მიხედვით შესაძლებელი ხდება ყველა ძირითადი ასპექტის მიხედვით გადაწყვეტილების მიღება, რომელთა შორის მნიშვნელოვანია მართვა და ზედნადები ხარჯები, პროექტის რეალიზაციის სქემა, ფინანსური ანალიზი, ინვესტიციების შეფასება, ეროვნული ეკონომიკის ანალიზი, (პროექტის მთავარი ღირსებები და ძირითადი ნაკლოვანებები, პროექტის განხორციელების ალბათობა, პროექტის რეალიზაციის მიზანშეწონილობა).

საინვესტიციო საქმიანობის და პროექტების დაფინანსება ხდება შინაგანი და გარეგანი წყაროებით, ანუ, საკუთარი და ნასესხები საშუალებებით. ორივე შემთხვევაში გაითვალისწინება საწარმოს მოგება, საამორტიზაციო ანარიცხები (5-20 პროცენტის ფარგლებში), კრედიტები, ობლიგაციური კრედიტები, საბიუჯეტო დაფინანსება, დაფინანსების არატრადიციული წყაროები - ვენჩურული, ფრანჩაიზინგი, ფაქტორინგი, ლიზინგი.

დიდია უცხოური ინვესტიციების როლი ეროვნული ეკონომიკის განვითარებაში. სა-

ქართველოში არსებითი მნიშვნელობა აქვს პირდაპირ უცხოურ ინვესტიციებს, რაც მრავალი თვალსაზრისით მომგებიანი და ხელსაყრელია. საქართველოს ტრანსფორმაციული ეკონომიკისათვის დამატებითი რესურსების, ახალი ტექნოლოგიების და ხარისხის კონტროლის თანამედროვე სისტემების მიწოდება, თანამედროვე მმართველობითი ჩვევების, ტექნოლოგიებისა და მაღალკვალიფიციური კადრების შექმნა, საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისი საკანონმდებლო ბაზა უცხოელ ინვესტორებს შეუქმნის გარკვეულ გარანტიებს და სტიმულირებას.

საქართველოში უცხოური ინვესტიციების შემოსვლა იყოფა სამ პერიოდად: პირველი პერიოდი - 1995-1996 წლებიდან 2002 წლამდე; მეორე პერიოდი - 2003-2007 წლები და მესამე პერიოდი - 2008 წლიდან დღემდე. პირველი პერიოდი ემთხვევა საქართველოში სახელმწიფო ქირების პრივატიზების პროცესს; მეორე ეტაპი „ვარდების რევოლუციას“ შემდეგ ბიზნესის წარმოებისათვის ხელსაყრელი გარემოს შექმნას. თუ პირველ პერიოდში ის შეადგენდა 490701 ათას აშშ დოლარს, მეორე პერიოდში მნიშვნელოვნად გაიზარდა და შეადგენდა 1002371 ათას აშშ დოლარს. 2007 წელს საქართველოში განხორციელდა 2014,8 მილიონი აშშ დოლარის პირდაპირი უცხოური ინვესტიცია, რაც 2-ჯერ აჭარბებს წინა ათ წელიწადში განხორციელებულ ინვესტიციებს.

ინვესტიციები შემოვიდა ევროკავშირის ქვეყნებიდან: ჩეხეთიდან, დანიიდან, ნიდერლანდებიდან, დიდი ბრიტანეთიდან; ასევე დსთ-ს ქვეყნებიდან - რუსეთიდან და ყაზახეთიდან; ასევე არაბთა გაერთიანებული ემირატებიდან, თურქეთიდან, ვირჯინიის კუნძულებიდან.

2007 წელს ყველაზე მეტი უცხოური ინვესტიცია ჩაიღო ტრანსპორტსა და კავშირგაბმულობაში (416,7 მლნ აშშ დოლარი), ენერჯეტიკაში (362,6 მლნ აშშ დოლარი) და ა.შ. საქართველოში 2012 წელს ინვესტიციები შეადგენდა 269,4 მლნ აშშ დოლარს.

ამჟამად საქართველოში იდება ინვესტიციები განათლებაში მედიცინაში, განახლებად ენერჯიაში, სხვადასხვა ქარხნების მშენებლობაში, ინვესტიციები ჩინეთიდან (თბილისის ზღვის მიდამოებში იგეგმება „ჩინური ქალაქის“ აშენება), 2013 წელს შემოსული ინვესტიციებით ეკონომიკური ზრდა 7%-ს გადააჭარბებს. ასევე საინტერესოა გრძელვადიანი საინვესტიციო პროექტები ენერჯეტიკაში. საქართველოში უნდა აიგოს 40-მდე მცირე ჰესი სიმძლავრით 1872 მგვტ-ით, რომელშიც ჩაიდება ინვესტიცია 3 მილიარდი აშშ დოლარი, რომელშიც მონაწილეობას იღებენ თურქეთი, ჩეხეთი, ნორვეგია, ინდოეთი. აღსანიშნავია თურქი ინვესტორების ინტერესი საქართველოსადმი ისეთ სფეროებში, როგორცაა ტურიზმი, სოფლის მეურნეობა, გემთმშენებლობა, ტექსტილის წარმოება, მრავალპროფილიანი საავადმყოფოს მშენებლობა. და ა.შ. ასევე ცალკე აღსანიშნავია ინდური ბიზნეს-ინვესტიციები ენერჯეტიკაში. „ტატა-გრუპი“ გეგმავს საქართველოში 700 მილიონი დოლარის ინვესტირებას. ყველაფერი ეს კი მოითხოვს კვლევის ეფექტურ მენეჯმენტს.

როგორც საქართველოს პრემიერ-მინისტრი ბ.ივანიშვილი აღნიშნავს ინვესტიციების მოზიდვის მიზნით იქმნება სამი ახალი ფონდი:

1. სუვერენული;
2. კერძო საინვესტიციო ფონდი;
3. ახალგაზრდული.

ამრიგად, ზემოთ ხსენებულის საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ საინვესტიციო საქმიანობა ყველა სფეროში და მისი სწორი მენეჯმენტი ყველაზე მნიშვნელოვანია ეროვნული ეკონომიკის სფეროში წარმატების მისაღწევად. განსაკუთრებით აღსანიშნავია საინვესტიციო საქმიანობის ოპტიმალური წარმართვა ენერჯეტიკაში, რომელიც იქნება მძლავრი სტიმული საქართველოს ეკონომიკის ასაღორძინებლად.



ლიტერატურა

1. ბარათაშვილი ე. ქოქიაური ლ., მენეჯმენტის პრინციპები (სახელმძღვანელო), გამომცემლობა „ინოვაცია“, თბ. 2010. 605 გვ.
2. ქოქიაური ლ. საინვესტიციო მენეჯმენტი, თბ.თსუ. 2008
3. სტატისტიკის დეპარტამენტი., თბ. 2009. 117 გვ.
4. სიჭინავა ა. ინვესტიციები. თეორია, ანალიზი, ორგანიზაცია, მართვა. ლექციების კურსი. თბილისი, საერთაშორისო სამართლისა და მართვის ქართულ-ბრიტანული უნივერსიტეტის სტამბა, 2010 – 350 გვ.

INVESTMENT MANAGEMENT AND ENERGY

E. KHAKHUTASHVILI, L. KHUNTSARIA

Georgian Technical University

Summary

Investment management is important component of the State Politics. It represents the one of the main influential instrument of country politics development.

The investment management resolves the following tasks: provides high speeds of Enterprise Economic Development through the effective investment activities; provides maximal incomes from investment activities; provides investment risks minimization; provides the financial condition and solvency of firms in the process of investment activities; finds out the different ways of investment programs realization acceleration.

Real financial and intellectual investment ruling through balancing and synchronizing is important component of investment management energy.

The Georgian legislations about providing favorable conditions for foreign investment, supplying their security and guarantees promote investment activities, especially in energetic field. Investment activities need effective management. For approaching social-economical goals must be used impact instruments and methods of local bodies. Management methods are divided into two parts in accordance to the following characteristics: managerial impact characteristic and regulatory instrument. But in accordance to the influence it can be direct or indirect also administrative, economical, institutional and social partnership.

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ ГРУЗИИ**

Т. КУПРАШВИЛИ

Государственный Университет им. Акакия Церетели

В настоящее время активно обсуждаются вопросы реформирования электроэнергетики путем «искусственного внедрения сверху» рыночных отношений структурной перестройки и отмены государственного регулирования.

Цель данного исследования - объективно рассмотреть к каким социально-экономическим последствиям может привести «внедрение рынка» в грузинскую электроэнергетику и будут ли достигнуты цели, официально объявленные реформаторами. Для этого необходимо:

- рассмотреть современное состояние электроэнергетики в Грузии ее особенности проблемы влияние энерготарифов на экономику;
- проанализировать является ли отрасль естественной монополией;
- рассмотреть различные точки зрения на возможность конкуренции в электроэнергетике;
- выявить официально провозглашенные и истинные цели реформирования;
- проанализировать социально-экономические последствия принятой стратегии реформирования отрасли.

Грузинская энергосистема - сложная интегрированная структура, состоящая из объединенных энергетических систем административных единиц Грузии. В связи с проведением в Грузии рыночных реформ электроэнергетика оказалась в тяжелом положении. В настоящее время для решения наиболее важных проблем отрасли необходимы:

- обновление основных производственных фондов привлечение инвестиций в отрасль;
- снижение задолженности потребителей особенно бюджетных;
- поиск резервов снижения себестоимости;
- обеспечение надежного энергоснабжения;
- стимулирование энергосбережения;
- эффективное использование топливно-энергетических ресурсов;
- оптимизация структуры топливно-энергетического баланса страны.

Непрерывность и совпадение во времени циклов производства передачи и распределения электроэнергии обуславливают невозможность ее хранения запаздывание момента ее оплаты по сравнению с моментом отпуска потребителю. К качеству электроэнергии предъявляются очень высокие требования, его нарушение может привести к авариям у потребителей и производителей.

Рассмотрим влияние электроэнергетики на экономику региона. Для населения и некоммерческих потребителей электроэнергия является потребительским благом. Их спрос на электроэнергию является первичным определяется предельной полезностью энергии для потребителя стремящегося максимизировать свою полезность зависит от доходов населения соотношения темпов роста доходов и темпов роста цен на энергоносители и потребительские товары.

Для коммерческих потребителей электроэнергия - фактор производства используемый для осуществления основной деятельности с целью получения прибыли. Их спрос является вторичным зависит от спроса на производимую продукцию (выполняемые работы, оказываемые услуги) наличия взаимозаменяемых энергоресурсов и цен на них. Эластичность их спроса, как правило, выше, чем у населения и некоммерческих потребителей, так как некоммерческие потребители имеют возможность перейти на альтернативные источники энергии или построить собственную электростанцию.

Отрасль имеет инфраструктурное значение от ее состояния зависит развитие других отраслей народного хозяйства и уровень жизни населения. Кроме того стоимость электроэнергии оказывает непосредственное влияние на экономику. Можно выделить прямое и косвенное влияние роста энерготарифов на экономику. Прямое влияние выражается в росте расходов потребителей на оплату электроэнергии при повышении тарифов косвенное влияние вызвано ростом цен других товаров и услуг следующим за повышением тарифов на электроэнергию. Последствия косвенного влияния могут быть намного сильнее, чем последствия прямого [1].

Ниже перечислены факторы, влияющие на степень роста цен на товары (работы услуги) отечественных производителей при повышении тарифов на электроэнергию:

- доля затрат на электроэнергию в себестоимости продукции;
- возможность выработки собственной электроэнергии;
- доля полуфабрикатов сырья и материалов местного производства;
- индексация заработной платы, предусмотренная трудовыми и коллективными договорами.

Негативное влияние повышения тарифов на электроэнергию на экономику региона будет проявляться сильнее, если производимая продукция (работы услуги) предназначена для внутреннего потребления, так как это вызовет еще большее сокращении реальных доходов населения. Таким образом, от размера тарифов на электроэнергию зависят цены на другие товары и услуги конкурентоспособность финансовое состояние национальных производителей экономический рост и уровень жизни населения. Для того чтобы проанализировать каковы будут социально-экономические последствия реформирования отрасли нужен ли отказ от государственного регулирования необходимо рассмотреть каким образом собираются

реформировать отрасль какие цели при этом ставятся провести сравнение с зарубежным опытом.

Официально провозглашаемые цели реформирования электроэнергетики Грузии:

- обеспечение устойчивого функционирования и развития экономики и социальной сферы страны;

- повышение эффективности производства и потребления электроэнергии;

- обеспечение надежного и бесперебойного энергоснабжения, как в процессе реформирования, так и после его завершения.

При этом истинные цели отечественных реформаторов состоят в следующем:

- вывод отрасли из-под государственного регулирования;

- направление финансовых потоков в нерегулируемые виды деятельности;

- максимальное использование «обесцененных стоимостей» имеющихся генерирующих мощностей с минимальными вложениями в их ремонт и реконструкцию с последующим выводом их из строя;

- создание дефицита производственных мощностей до тех пор пока тарифы не поднимутся до нужного уровня;

- повышение тарифов на электроэнергию до мирового уровня а, следовательно, и рост прибыли отрасли;

- привлечение крупных частных инвесторов желательно иностранного (что нарушает принцип энергетической безопасности страны);

- отмена перекрестного субсидирования - намерение переложить оплату электроэнергии на потребителей с менее эластичным спросом и более высокой платежной дисциплиной (на население и некоммерческих потребителей).

Можно указывать еще на одну цель, которую преследуют развитые страны Европейского союза: подчинение каналов доступа к дешевой электроэнергии развивающихся стран и снижение за счет этого энерготарифов в Европейском союзе [2]. Таким образом, энергетическая безопасность Грузии может быть нарушена.

Целями реформирования электроэнергетики в странах Запада были:

- снижение тарифов на электроэнергию;

- рост эффективности производства;

- усиление межсистемных связей.

В отличие от Грузии, реформаторы которой стремятся к росту тарифов на электроэнергию главной целью реформирования электроэнергетики в странах Запада было снижение тарифов на электроэнергию.

В Грузии исходными условиями реформирования являются низкие цены на электроэнергию и дефицит генерирующих мощностей их сильная изношенность и проблема поиска инвестиций, а в западных странах высокие тарифы на электроэнергию и избыточные мощности.

Принятая стратегия реформирования электроэнергетики заставляет задуматься о том насколько возможна конкуренция в так называемых «конкурентных секторах» этой отрасли. Это тем более важно, поскольку исторически конкурентные рынки появляются стихийно «снизу» а не по инициативе государства «сверху».

Как известно модель совершенной конкуренции предполагает наличие большого количества покупателей и продавцов, каждый из которых хорошо информирован о ценах независим, мал относительно рынка в целом и, следовательно, не может оказывать влияние на цену и количество товара на рынке при этом продукция является однородной и не существует непреодолимых барьеров входа в отрасль.

Будут ли соблюдаться эти условия при реализации реформы электроэнергетики?

Предполагается создание десяти генерирующих компаний, т.е. число продавцов будет небольшим. При этом возникнет олигополистическая структура рынка далекая от совершенной конкуренции.

Создание «с нуля» новых генерирующих мощностей требует огромных и финансовых ресурсов должно быть окупаемым и прибыльным.

Среда потребителей неоднородна: существуют, как крупные промышленные потребители способные оказывать влияние на цену имеющие пакеты акций энергокомпаний, так и мелкие потребители, полностью зависящие от предоставленных условий.

Кроме того на электростанциях дополнительно к основной продукции - электроэнергии - вырабатывается тепловая энергия причем их совместное производство снижает себестоимость как электрической так и тепловой энергии т. е. для электроэнергетики характерна экономия от совмещения производств.

В. Байнев также считает, что построение в электроэнергетике эффективного классического рынка невозможно так как она одновременно попадает во все известные «зоны провала рынка» такие как:

- ограниченность конкуренции (отрасль является естественной монополией);
 - внешние эффекты - электроэнергетика является источником как отрицательных (загрязнение окружающей среды) так и положительных (база для научно-технического прогресса) внешних эффектов;
 - асимметрия информации (между заказчиками и подрядчиками менеджерами и акционерами)
- [2].

В. А. Козлов подчеркивает, что для создания конкурентной среды на потребительском рынке электроэнергии необходимо, чтобы потребитель мог присоединяться к разным энергосистемам, что невозможно в силу условий рационального использования территорий [4].

Зарубежный опыт показывает, что попытки сделать рынок электроэнергии конкурентным приводят к развитию монополии или олигополии концентрации капитала и поглощению конкурентов организации картелей заключению явных, а впоследствии скрытых соглашений об ограничении конкуренции и удержании цен образованию тарифов на основе рыночной власти, а не на основе взаимодействия спроса и предложения. Реформы уже начатые за рубежом не привели к ожидаемому снижению тарифов (в отдельных странах наоборот тарифы на электроэнергию заметно выросли) и вызвали ряд энергетических кризисов [2].

Планируемое создание десяти оптовых генерирующих компаний без участия государства изменит структуру рынка с монополии на олигополию что приведет не к конкуренции, а к сговору. «для участников олигополии - более доступное и эффективное направление взаимодействия, гарантирующее более высокую прибыль, чем конкуренция» [5]. Как известно участники олигополии, вступившие в сговор ведут себя как монополист, ограничивая объем выпуска, завышая цену на продукцию и получая при этом монопольную прибыль. Общество при этом несет безвозвратные потери.

Так как будет декларирована конкуренция, тарифы станут свободными от государственного регулирования и возрастут по разным оценкам в 2-6 раз [5]. Последствия такого роста тарифов для экономики описаны выше.

Отечественные реформаторы возлагают надежду на частных инвесторов, которые придут в электроэнергетику в результате реформы. Но в рыночной экономике частные инвесторы будут осуществлять капитальные вложения только тогда когда они будут иметь уверенность в возврате своих средств с определенными процентами. Таким образом, впервые годы реформ придется ожидать не частных инвесторов напротив возможен выход из строя генерирующих мощностей создание их дефицита рост тарифов на электроэнергию. Последствия дефицита электроэнергии могут быть катастрофичными для экономики Грузии, так как строительство электростанций длится 10-15 лет а «невидимая рука рынка» не сможет обеспечить оптимальный ввод электростанций по их видам (базисные пиковые и полупиковые) местам расположения и срокам [6]. «Внедрение конкуренции» в электроэнергетику может вызвать технологический кризис по калифорнийскому типу. Именно поэтому нельзя отказываться от государственного регулирования

отрасли. Еще одно противоречие - неравномерность состава электростанций. Рентабельность атомных электростанций и гидроэлектростанций выше, чем тепловых. Естественно на тепловых электростанциях являющихся самыми дорогими тарифы будут выше, что в результате конкуренции может привести к их закрытию увеличению дефицита электроэнергии и как следствие росту тарифов, а также к прекращению производства не только электрической, но и тепловой энергии. В случае установления тарифов на уровне самых высоких предельных издержек - издержек тепловых электростанций - владельцы атомных электростанций и гидроэлектростанций будут получать сверхприбыли для изъятия, которых должен быть разработан специальный механизм.

Рассмотрим, будут ли достигнуты официально провозглашенные цели реформирования электроэнергетики.

Первая цель - обеспечение устойчивого функционирования и развития экономики и социальной сферы страны - явно не может быть достигнута, так как внедрение рыночных отношений в электроэнергетику приведет к скрытой нерегулируемой монополизации отрасли росту тарифов снижению реальных доходов населения падению конкурентоспособности отечественной продукции.

Планируемая отмена перекрестного субсидирования, под которым в настоящее время понимается оплата электроэнергии потребляемой населением и бюджетными потребителями по более низким тарифам за счет

более высоких тарифов для промышленных потребителей приведет не только к росту тарифов, но и к возникновению принципиально новых видов перекрестного субсидирования таких как:

- перекрестное субсидирование крупных потребителей (как правило, экспортно-ориентированных отраслей) за счет мелких потребителей (так как крупные потребители могут самостоятельно изменить поставщика) [5];
- перекрестное субсидирование потребителей электроэнергии за счет потребителей тепловой энергии (так как тепловые электростанции будут занижать издержки электрической энергии и завышать издержки тепловой энергии, чтобы выиграть в конкурентной борьбе);
- перекрестное субсидирование экономик развитых стран Европейского союза за счет экономик развивающихся стран, в том числе Грузии.

Возможность достижения второй цели - повышения эффективности производства и потребления электроэнергии - требует эффективного менеджмента грамотной тарифной политики и целенаправленной государственной политики. Как было показано выше электроэнергетика - отрасль с положительным эффектом от масштаба разделение и дезинтеграция отрасли приведут, наоборот, к росту издержек.

Достижение последней цели - обеспечения надежного и бесперебойного энергоснабжения, как в процессе реформирования, так и после его завершения - вызывает большие сомнения из-за отсутствия у конкурентных производителей электроэнергии экономических стимулов обеспечивать ввод новых генерирующих мощностей, так как в случае возникновения дефицита электроэнергии на его устранение может потребоваться 10-15 лет.

Таким образом, возможные социально-экономические последствия реформирования электроэнергетики:

- скрытая монополизация отрасли путем сговора энергопроизводителей;
- потеря государством возможности влиять на функционирование отрасли;
- искусственное создание дефицита электроэнергии;
- энергетический кризис;
- замедление научно-технического прогресса;
- прекращение производства самыми нерентабельными - тепловыми электростанциями;
- повышение тарифов на электрическую энергию;

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ ГРУЗИИ

- переток капитала в более выгодные сферы деятельности; диверсификация энергетических производств;
 - появление новых видов перекрестного субсидирования;
 - потеря Россией энергетической безопасности;
 - снижение рентабельности и конкурентоспособности отечественной промышленности;
 - инфляция издержек;
 - снижение реальных доходов и уровня жизни населения Грузии;
 - замедление экономического роста в Грузии;
 - закрепление Грузии в качестве энергетическо-сырьевого придатка развитых стран.
- Для предотвращения негативных социально-экономических последствий необходимы:
- сохранение целостности энергосистемы страны расширение интеграции энергосистемы Грузии с зарубежными энергосистемами;
 - расширение степени государственного регулирования в электроэнергетике;
 - участие государства как владельца атомных электростанций и инвестора электростанций на основе альтернативных источников электрической энергии;
 - утверждение государственной программы развития электроэнергетики согласованной с программами развития других отраслей;
 - прогноз развития электроэнергетики и других отраслей на 10-15 лет и более;
 - поиск внутренних резервов повышения эффективности отрасли снижения себестоимости электроэнергии;
 - совершенствование маркетинга и менеджмента.

4

ЛИТЕРАТУРА

1. Гальперова Е. В. Влияние на экономику региона изменения тарифов на электроэнергию // Энергетик. - 2002. - № 6. - С. 3-5.
2. Байнев В. Электроэнергетика: пути развития // Экономист. - 2004. - № 10. - С. 42-55.
3. Дьяков А. Ф. Некоторые проблемы развития электроэнергетики // Энергетик. - 2001. - № 9. - С. 2-3.
5. Козлов В. А. Электроэнергетика и рынок // Энергетик. - 2001. - № 9. - С. 4-5.
6. Архангельский В. Электроэнергетика - комплекс общегосударственного значения // Экономист. - 2004. - № 12. - С. 30-41.
7. Беляев Л. С. Электроэнергетические системы и рынок в электроэнергетике // Энергия: экономика техника экология. - 2004. - № 1. - С. 10-17.

TENDENCIES OF DEVELOPMENT OF THE MARKET RELATIONS IN ELECTRIC-POWER INDUSTRY OF GEORGIA

KUPRASHVILI T.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The problems of the branch are analyzed. Both direct and indirect influence of electric-power industry on the economy as a whole is described. It is proved that the branch is a natural monopoly incompatible with the market economy due to restrained competition external effects and information asymmetry. The discrepancy of officially declared and true aims of electric-power industry reforming in Georgia as well as initial conditions and aims of its reformation both in Georgia and abroad are shown. The adopted strategy of reforms is described. It was proved that the strategy realization will result not in the increase of competition but in the branch monopolization introduction of new types of cross-subsidies and negative social and economic consequences. The necessity to enforce the state control to keep the energy system integrity to expand its integration into foreign electric-power systems to reveal interior reserves of increasing the branch efficiency is proved.



**საქართველოს ენერგოსისტემის
სტრუქტურის ოპტიმიზაციის საკითხისათვის**

ჩიტაშვილი ბ.პ., ქავშიშვილი ნ.ა., ჯაფხანაშვილი ნ.ბ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

იმ მრავალ პრობლემათა შორის, რომლებიც ამჟამად ჩვენი ენერგეტიკის წინაშე დგას, ბაზისური სიმძლავრეების დეფიციტის აღმოფხვრა და თბომომარაგების პრობლემის მოგვარება - ეველაზე აქტუალური და საჭირობოტოა. მსოფლიოს წამყვანი ქვეყნების გამოცდილება გვკარნახობს, რომ ამ ორი პრობლემის ერთდროულად და რაციონალურად გადაწყვეტა შესაძლებელია მხოლოდ მაღალტექნოლოგიური კოვენერაციული სადგურების (თეცების) აგება-ამოქმედებით. აუცილებელია აგრეთვე ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირის რაციონალური გამოყენება თანამედროვე ტექნოლოგიების გათვალისწინებით.

ენერგეტიკა ქვეყნის ეკონომიკის უმნიშვნელოვანესი შემადგენელი ნაწილია. საყოველთაოდ აღიარებულია, რომ ეკონომიკის რაციონალური განვითარებისათვის აუცილებლად დაცული უნდა იყოს ერთ-ერთი მთავარი - ენერგეტიკის წინმსწრები განვითარების ფუნდამენტური პრინციპი, რაც ჩვენთან ხშირად ირღვეოდა.

ენერგოსისტემის მაგენერირებელი სიმძლავრეების განვითარებამ უნდა უზრუნველყოს დატვირთვის დაგეგმილი ნამატის სრული დაფარვა ელექტროენერჯის სათანადო ხარისხის პირობებში. ასაშენებელი სადგურების ოპტიმალური სტრუქტურის განსაზღვრა წარმოადგენს რთულ ტექნიკურ-ეკონომიკურ ამოცანას, რომლის გადაჭრის პირველ ეტაპზე საჭიროა მოიძებნოს სხვადასხვა ტიპის ელექტროსადგურების სიმძლავრეთა ოპტიმალური თანაფარდობა, რომლებიც განსხვავდება გამოყენებული ენერგორესურსების სახეობით და ძირითადი მოწყობილობის ტიპებით, ამასთან ეს ამოცანა გადაწყვეტილი უნდა იქნეს ქვეყნის სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის ოპტიმიზაციასთან მჭიდრო კავშირში [1].

საქართველოს ენერგოსისტემა ათეული წლების მანძილზე ვითარდებოდა როგორც ერთიანი საკავშირო ენერგოსისტემის შემადგენელი ნაწილი და ამიტომ ჩვენთან ნაკლები ყურადღება ექცეოდა მაგენერირებელი სიმძლავრეების ოპტიმალური სტრუქტურის ჩამოყალიბებას. საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ ჩვენ ენერგოსისტემას პრაქტიკულად ავტონომიურ რეჟიმში უხდებოდა მუშაობა და ამ პირობებში თავი იჩინა მრავალმა სირთულემ და ხარვეზმა, რომლებიც ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში დაგროვდა სისტემაში. აქ პირველ რიგში აღსანიშნავია ბაზისურ სიმძლავრეთა დეფიციტი [2]. ნებისმიერი მდგრადად მომუშავე ენერგოსისტემის საფუძველს წარმოადგენს ბაზისური ელექტროსადგურები, რომელთა დადგმული სიმძლავრის გამოყენების ხანგრძლივობა წელიწადში, როგორც წესი, უნდა იყოს არანაკლებ 550046000 საათი. ასეთი სადგურებია ძირითადად ატომური ელექტროსადგურები (აესები) და ორგანულ სათბობზე მომუშავე სხვადასხვა ტიპის თბოელექტროსადგურები - კონდენსაციური თესები და თბოელექტროცენტრალები (თეცები).

საქართველოს ენერგოსისტემის სპეციფიკიდან გამომდინარე, ჩვენთან ყოველთვის იყო ბაზისური სიმძლავრეების დეფიციტი, რომელიც სხვადასხვა დროს 400-დან 700 მგაგატამდე (მგვტ) მერყეობდა. ახალი ენერგოტევადი საწარმოების შექმნის და ამუშაების პირობებში ეს დეფიციტი მომავალში აუცილებლად გაიზრდება.

ჰიდროელექტროსადგურების წვლილი ბაზისური დატვირთვის დაფარვაში შედარებით უმნიშვნელოა, ვინაიდან ისინი განკუთვნილია ძირითადად პიკური და ნახევრადპიკური ელექტრული დატვირთვების დასაფარავად. ამას განაპირობებს საქართველოს მდინარეების ჩამონადენის მკვეთრი ცვალებადობა წლის სეზონების მიხედვით. ცხადია, უნდა გავითვალისწინოთ, რომ საქართველო მდიდარია ჰიდროენერგეტიკული რესურსე-

ბით, ამიტომ ჰიდროენერგეტიკის ინტენსიური განვითარება, ახალი ჰესების მშენებლობითა და არსებულების რეაბილიტაციით უნდა გაგრძელდეს; ამის შედეგად შეიძლება გარკვეულწილად შემცირდეს ბაზისური ენერჯის დეფიციტი, თუმცა ეს საკმარისი არ იქნება.

ბაზისური ენერჯის ნაკლებობის გამომწვევი რამდენიმე მიზეზი არსებობს, მათ შორის: ენერგოსისტემის სიმძლავრეთა არაოპტიმალური სტრუქტურა, ბაზისურ სიმძლავრეთა ნაკლებობა, საკუთარი ორგანული სათბობის სიმწირე და მისი შეძენის აუცილებლობა მსოფლიო ფასებით, ენერგეტიკული დანადგარების ფიზიკური და მორალური დაძველება და სხვ.

მიგვაჩნია, რომ იმ მრავალ პრობლემათა შორის, რომლებიც ამჟამად ჩვენი ენერგეტიკის წინაშე დგას, ბაზისური სიმძლავრეების დეფიციტის აღმოფხვრა და თბომომარაგების პრობლემის მოგვარება - ყველაზე აქტუალური და საჭირობოა. მსოფლიოს წამყვანი ქვეყნების გამოცდილება გვკარნახობს, რომ ამ ორი პრობლემის ერთდროულად და რაციონალურად გადაწყვეტა შესაძლებელია მხოლოდ მაღალეფექტური კოგენერაციული სადგურების (თეცების) აგება-ამოქმედებით.

ახალი თესების მშენებლობის დაგეგმვისას უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ორგანული სათბობის მარაგის შემცირება და მისი გაძვირება მსოფლიო ბაზარზე ძალზე აქტუალურს ხდის მთელ მსოფლიოში ელექტროენერჯის გენერაციის ეფექტურობის ამაღლებას. ეს საკითხი განსაკუთრებით აქტუალურია საქართველოსთვის, რომელიც ღარიბია საკუთარი ორგანული სათბობის რესურსებით. ამიტომ ჩვენ უნდა ავაშენოთ და ვამუშაოთ ისეთი ბაზისური სადგურები, რომლებსაც ექნებათ მაღალი მქ კოეფიციენტი და შესაბამისად სათბობის მინიმალური კუთრი ხარჯები გამომუშავებულ ელექტრულ და თბურ ენერჯიებზე. ამასთან ეს სადგურები უნდა ხასიათდებოდეს შედარებით მცირე კაპიტალდაბანდებით და კარგი ეკოლოგიური მახასიათებლებით.

ამჟამად საქართველოს ენერგოსისტემაში ფუნქციონირებს ერთადერთი მძლავრი ბაზისური ელექტროსადგური - თბილსრესი (გარდაბანში), რომლის თავდაპირველი ჯამური სიმძლავრე იყო 1250 მგვტ (8 ენერგობლოკი). დღეისათვის ამ ორთქლტურბინული ბლოკების დიდი ნაწილი, რესურსის ამოწურვის გამო, გაუქმებულია. ექსპლუატაციაშია რეალურად მხოლოდ ორი მათგანი, საერთო სიმძლავრით 270 მგვტ (მქკ - 33%), აგრეთვე „მტკვარი-ენერგეტიკა“-ს №9 300 მგვტ-იანი ორთქლის ზეკრიტიკულ პარამეტრებზე მომუშავე ენერგობლოკი (მქკ - 37%);

საჭიროდ მიგვაჩნია განხორციელდეს მათი რეაბილიტაცია-რეკონსტრუქცია ბინარული ტიპის ორთქლაირულ ბლოკებად, რითაც მათი სიმძლავრე მნიშვნელოვნად მოიმატებს, მარგი ქმედების კოეფიციენტი კი 50%-ს გადააჭარბებს.

2006 წ. გარდაბანში აშენდა 110 მგვტ სიმძლავრის პირველი აირტურბინული ელექტროსადგური. პროექტით გათვალისწინებული იყო, რომ ის უნდა ყოფილიყო ორთქლაირული ტიპის, თუმცა ორთქლტურბინული ნაწილი არ დამონტაჟდა, რის გამოც მნიშვნელოვნად გაუარესდა სადგურის ტექნიკურ-ეკონომიკური და ეკოლოგიური მაჩვენებლები. აუცილებლად მიგვაჩნია ამ სადგურის რეკონსტრუქცია ორთქლაირულ თესად, რის შედეგად მისი სიმძლავრე გაიზრდება 160 მგვტ-მდე, სათბობის კუთრი ხარჯი კი შემცირდება 30%-ით. ამჟამად გარდაბნის აირტურბინული ელექტროსადგური წარმოადგენს სასისტემო რეზერვს, რეკონსტრუქციის შემდეგ ის გახდება ბაზისური ენერჯის გენერაციის ეფექტური წყარო.

ელექტროენერჯის და სითბოს კომბინირებული გამომუშავება სხვადასხვა ტიპის თეცებში (კოგენერაცია) ენერგოდაზოგვის და ენერგორესურსების რაციონალური გამოყენების უმნიშვნელოვანესი სტრატეგიული მიმართულებაა. უპირატესობა უნდა მიენიჭოს კოგენერაციული სადგურების ახალ სახეობას - მცირე და საშუალო სიმძლავრის (50 მგვტ-მდე) აირტურბინულ ბლოკ-თეცებს, რომელთა ფუნქციონირება ენერგოსისტემაში უზრუნველყოფს ორგანული სათბობის 30-35%-მდე ეკონომიას (თბოელექტრომომარაგე-

ბის განცალკავებულ მეთოდთან შედარებით) [3]. აირტურბინული თეცები ყველაზე იაფი, ენერგოეფექტური და ეკოლოგიურად სუფთა სადგურებია. მათი აგება-ამოქმედება სწრაფად ხდება. მომხმარებლებთან ახლოს განლაგების გამო ელექტროენერჯის დანაკარგები ელექტროგადამცემ ხაზებში და სითბოს დანაკარგები თბოქსელებში მინიმალურია. ასეთი სადგურების სრული მარჯი ქმედების კოეფიციენტი 80-85%-ს აღწევს.

კოგენერაციის განვითარებას საქართველოში სახელმწიფოებრივი მხარდაჭერა სჭირდება, როგორც ეს სხვა ქვეყნებშია (აშშ, გერმანია, ჩეხეთი, ლატვია და სხვ.). 2004 წ. ევროკომისიამ მიიღო ახალი დირექტივა კოგენერაციის შესახებ, რომელიც აწესებს სტიმულებს მისი განვითარებისათვის ევროკავშირსა და გარდამავალი ეკონომიკის ქვეყნებში [4].

მსოფლიო ბაზარზე ორგანულ სათბობზე ფასების პერმანენტული ზრდა, ასევე მათი იმპორტი პოლიტიკურად არასტაბილური რეგიონებიდან სულ უფრო აქტუალურს ხდის არსებული ადგილობრივი რესურსების გამოყენების აუცილებლობას.

დღეისათვის საქართველოში ტყობული-შაორის საბადოს ქვანახშირი ერთადერთი ადგილობრივი ენერჯიაშემცველი ნედლეულია, რომლის დადგენილი მარაგი (330 მლნ. ტონა) საშუალებას იძლევა შეიქმნას ქვეყნის ენერგოდამოუკიდებლობისათვის დამატებითი საფუძველი და გაიზარდოს ენერგოსისტიემის მდგრადობა და ეფექტურობა [5]. აღნიშნული ენერგორესურსების ოპტიმალური გამოყენების საკითხი დღემდე არ არის სათანადო დონეზე გადაჭრილი. საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის ეფექტური განვითარებისათვის უფრო ფართოდაა საჭირო ამ რესურსების გამოყენება, როგორც ელექტროენერჯის წარმოებაში, ასევე სამრეწველო და თბომომარაგების დანადგარებში. ამ მხრივ საყურადღებოა თუნდაც პოლონეთის მაგალითი. ეს ქვეყანა ფლობს ქვანახშირების დიდ მარაგებს, რაც განსაზღვრავს გენერირებული სიმძლავრეების (29000 მგვტ) სტრუქტურას, კერძოდ 55 ელექტროსადგური (გენერაციის 97%) მუშაობს ქვანახშირზე. 1998-2004 წლებში კომპანია Foster-Wheeler-ის მიერ პოლონეთში აშენებული იქნა ექვსი ბლოკი ჯამური სიმძლავრით 1500 მგვტ, ხოლო 2009 წელს ექსპლუატაციაში შევიდა კიდევ ერთი - 460 მგვტ-იანი ბლოკი ორთქლის ზეკრიტიკული პარამეტრებით. ახალი ბლოკები მუშაობენ ქვანახშირის ე.წ. ცირკულაციურ მდულარე შრეში წვის ტექნოლოგიით, რაც საშუალებას იძლევა სრულად დაიწვას ყველაზე დაბალხარისხიანი ქვანახშირებიც კი. ამ ტექნოლოგიას აქვს კიდევ ის უპირატესობა, რომ იგი ყველაზე მკაცრ ევროპულ სანიტარულ ნორმებს აკმაყოფილებს ეკოლოგიური უსაფრთხოების თვალსაზრისით.

პოლონეთის მსგავსად, სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკაში ქვანახშირის წილი ენერგოგენერაციაში 90%-ს აჭარბებს. ჩინეთსა და ავსტრალიაში ეს მაჩვენებელი დაახლოებით 80%-ია, გერმანიასა და ინდოეთში - 66%, დიდ ბრიტანეთში - 40%, უნდა აღინიშნოს რომ მყარ სათბობზე დამომუშავებული ელექტროენერჯის წილი მთელ მსოფლიოში 40%-ია, ხოლო ბუნებრივ აირზე (გაზზე) - 20%.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ენერგეტიკაში ადგილობრივი სათბობის გამოყენების ერთ-ერთ პროგრესულ ტექნოლოგიას წარმოადგენს სათბობის წვა ცირკულაციურ მდულარე შრეში. ამ ტექნოლოგიით მომუშავე 300 მგვტ-იანი სადგურის აშენება ტყობულში მნიშვნელოვნად აამაღლებს ბაზისური სადგურების წილს ენერგობალანსში და ამავედროულად შეამცირებს თბილსრესში იმპორტული გაზის მოხმარებას. შესაბამისად გაიზარდება ქვანახშირის მოპოვება ტყობულში წლიურად არა ნაკლებ 2 მლნ. ტონამდე, რაც რეგიონის ეკონომიკურ მდგრადობას მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს. შესაძლებელია აგრეთვე ამ ქვანახშირის გამოყენება ორთქლაირულ დანადგარებში ქვანახშირის შიგადაცხურის გაზიფიკაციით [6].

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ:

საქართველოს ენერგოსისტიემის მაგენერირებელ სიმძლავრეთა სტრუქტურის ოპტიმიზაციის და ბაზისური სიმძლავრის დევიციტის შემცირების მიზნით საჭიროა:

ა) თანამედროვე მაღალეფექტური აირტურბინული და ორთქლიაირული დანადგარების დანერგვა თბილსრესში; მომავალში უნდა შეიქმნას სხვა ანალოგიური სადგურები.

ბ) აუცილებელია ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირის რაციონალური გამოყენება თანამედროვე ტექნოლოგიების გათვალისწინებით;

გ) უნდა განხორციელდეს გარდაბნის აირტურბინული ელექტროსადგურის რეკონსტრუქცია და მისი გადაკეთება ბინარულ ორთქლიაირულ თესად;

დ) მომხმარებლების თბოელექტრომომარაგების მკვეთრი გაუმჯობესების მიზნით ქვეყანაში, უშუალოდ მომხმარებლებთან სიახლოვეს, უნდა შეიქმნას და ამუშავდეს მცირე და საშუალო სიმძლავრის აირტურბინული ბლოკ-თეცები, რომელთა ფუნქციონირება მნიშვნელოვნად შეამცირებს იმპორტირებული ბუნებრივი აირის საჭირო რაოდენობას;

ე) ქვეყანაში უნდა გაგრძელდეს ჰიდროენერგეტიკის ინტენსიური განვითარება; უნდა დაიგეგმოს აგრეთვე არატრადიციული ენერგორესურსების პრაქტიკული გამოყენების სამუშაოები.

ამისათვის ჩვენი ქვეყნის მთავრობამ და ენერგოსექტორის ხელმძღვანელობამ უახლოეს დროში უნდა გამოძებნოს ოპტიმალური გზები და საჭირო საშუალებები: მოიზიდოს ადგილობრივი და უცხოური ინვესტიციები, კვალიფიციური ექსპერტების მონაწილეობით ჩაატაროს ეკონომიკური გაანგარიშებები და სხვ.

ბაზისური სიმძლავრეების შექმნას საქართველოს ენერგოსისტემაში უნდა მიენიჭოს სახელმწიფოებრივი პრიორიტეტი და მის განსახორციელებლად უნდა შექმნავდეს შესაბამისი სტრატეგიული გეგმა.

ლიტერატურა

1. Справочник по проектированию электроэнергетических систем// под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. М. : Энергия. 1977.- 288 с.
2. არველაძე რ., რეხვიაშვილი ი., მახვილაძე ლ., გორდუხიანი ზ. კიდევ ერთხელ საქართველოში ბაზისური სადგურების მშენებლობის აუცილებლობის შესახებ // ენერჯია. თბილისი, 2006. №1, გვ. 3-13.
3. Читашвили Г.П. Номограмма для определения экономии топлива в энергосистеме при функционировании газотурбинных ТЭЦ// Теплоэнергетика. М.,2003. № 4, с. 68-71.
4. От холода к теплу- политика в сфере теплоснабжения в странах с переходной экономикой//МЭА. Париж, 2005. Янв., с.301.
5. Читашвили Г.П., Джишкариани Т.С., Асланикашвили Н.А. Перспективы комплексного использования углей Ткибули-Шаорского месторождения // Горный журнал. М.,2005. № 6, с. 77-78.
6. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. М.: МЭИ , 2002.-584 с.

ON THE ISSUE OF OPTIMIZATION OF GEORGIAN POWER SYSTEM

G. CHITASHVILI, N. KEVKHISHVILI, JAVSHANASHVILI N.

Georgian Technical University

Summary

Georgian energy system has non-optimal structure and installed capacity with increasing deficit. Also there is unsolved supplying of consumers with heat. It is planned rational methods how to solve all these problems as are: reconstruction of Tbilisres energy-blocks based on steam-air technology, inculcate of effective co-generative stations (air-turbine block-heat power plant) in the Georgian cities and etc. All of these activity will promote reduction of basic energy deficit, recovering of environment, too much natural gas will be economized, it is necessary to effectively utilize coal of Tkibuli-shaori layer using modern technologies, which reserve gives us possibility to consolidate power independence of our country. It is very necessary to continue intensive development of hydropower and it must be attracted more attention to non-traditional energy resources utilization.



მენეჯმენტის თავისებურებები ელექტრონერბეტიკაში

ე. უკლება

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საბაზრო ეკონომიკის პირობებში წარმატების მიღწევა სწორი მენეჯმენტის გარეშე შეუძლებელია. მენეჯმენტის საკითხი გამორჩეულად აქტუალურია ენერგეტიკისათვის, რომელიც რიგი თავისებურებებით ხასიათდება. იგი როგორც ბუნებრივი მონოპოლიის ტიპური წარმომადგენელი საჭიროებს სახელმწიფო რეგულირებას; ენერგეტიკის სექტორში აუცილებელია მნიშვნელოვანი რაოდენობის დამატებითი ინვესტიციების მოზიდვა. ეს კი სხვა ობიექტური ფაქტორების ერთობლივი გავლენის შედეგად კიდევ უფრო ზრდის დარგის კაპიტალტევადობას. შესაბამისად, მაღალია საინვესტიციო რისკი, მაგრამ რისკი უნდა იყოს გონივრული და კარგად მოფიქრებული. აქ კი მენეჯერული ცოდნა შეუცვლელია.

ელექტრონერგეტიკა წარმოადგენს ქვეყნის ეკონომიკის წინმსწრებ და საბაზისო დარგს, რომელიც ქმნის ეკონომიკის სასიცოცხლო და მწარმოებლურობის ძალის ფუნქციონირების აუცილებელ პირობებს. ელექტრონერგეტიკის ფუნქციონირების საიმედოობა და ეფექტიანობა, მომხმარებელთა ელექტრო ენერჯის შეუფერხებელი მომარაგება არის ქვეყნის ეკონომიკის სტაბილურად განვითარების საფუძველი, მოსახლეობის კომფორტული საყოფაცხოვრებო პირობების უზრუნველყოფის ფაქტორი. ამასთან გასათვალისწინებელია, რომ ელექტრონერგეტიკის წარმოება არის მაღალტექნოლოგიური, მთლიანად ავტომატიზირებული პროცესი, რომლის პირობებშიც ერთიან ენერგეტიკულ სისტემასა და მის შემადგენელ ენერგეტიკულ კომპანიებში სინქრონულად მუშაობს ელექტრულ სადგურთა ასობით გენერატორი, რომელთა შეუფერხებელი და ეფექტინი მუშაობა დამოკიდებულია მაღალკვალიფიციური კადრების მენეჯმენტზე.

როგორც ვიცით მენეჯმენტის მთავარი მიზანია წარმოების მაღალი ეფექტიანობისა და რესურსული პოტენციალის უკეთ გამოყენების მიღწევა. განსაკუთრებით დიდია მენეჯმენტის როლი ადამიანთა ცხოვრებაში.

თანამედროვე ეტაპზე მენეჯმენტის მეცნიერების განვითარებისათვის მნიშვნელოვანი პრობლემები იკვეთება. თუ აქამდე მენეჯმენტის თეორეტიკოსებმა დასაბუთებულად წარმოაჩინეს მენეჯმენტის ფუნქციების, მართვის მეთოდების, მართვის პრინციპებისა და კანონზომიერებების ზედმიწევნით დახვეწილი წესები, დღეისათვის ეს არ არის საკმარისი. ვინაიდან ორგანიზაციებს უწევთ საქმიანობა უწყვეტი ცვლილებების პირობებში და შესაბამისად, კონკურენციის გაძლიერებისა და გარემო პირობების სხვა მრავალ ფაქტორთა ურთიერთგავლენების გათვალისწინებით, თანამედროვე მენეჯმენტი, მისი მუდმივად ცვლადი პირობების მიმართ მაღალი ადაპტირების უნარის გამომწვევას მოითხოვს.

დღეს მენეჯმენტის პრაქტიკულად ყველა სპეციალისტი აღიარებს, რომ XXI საუკუნეში წარმატებას ძირითად განაპირობებს ორგანიზაციაში არსებული სამუშაო ატმოსფერო, ადამიანური ურთიერთობები, გუნდურობა, მენეჯერის ლიდერობა და ა.შ. როგორც გ. ჰემელმა თქვა: “თანამედროვე მენეჯმენტის მოდელი წარმოადგენს ერთიან ინტეგრირებულ მიდგომას მართვისადმი, იგი არ შეიძლება მარტივად, მექანიკურად დაგანაწევროთ შემადგენელ ელემენტებად და რომ მართვისადმი ახლებური მიდგომები მოითხოვენ ადამიანურ შესაძლებლობათა რადიკალურ მობილიზაციას. თანამედროვე მენეჯერი დაქვემდებარებული პერსონალისათვის უნდა იყოს რაციონალური ავტორიტეტი. მას უნდა გააჩნდეს ბიზნესის ახლებური ხედვის უნარი; ნდობა, როგორც მენეჯმენტის თანამედროვე პრინციპი; ეფექტური მენეჯმენტი და ლიდერობა; მოტივაცია.

ელექტრონერგეტიკაში, ისე როგორც ნებისმიერი ადამიანის ცნობიერებაში ჩნდება სამი შეკითხვა იმ დროს, როდესაც ისინი ინტერესდებიან მართვის მეცნიერული ორგანიზაციის საფუძვლებით. პირველი, რა განსხვავება არსებობს ორგანიზაციის მეცნიერული მართვის

საფუძვლებსა და ზოგადი სახის ორგანიზაციათა ტიპებს შორის? მეორე, რა მიზეზებით არის გამოწვეული ის, რომ მეცნიერული ორგანიზაციის შემთხვევაში უკეთეს შედეგს ვღებულობთ ვიდრე სხვა შემთხვევაში? მესამე, მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს საუკეთესო მუშაკის პოვნა და მისი დანიშვნა კომპანიის ხელმძღვანელად. თუკი ასეთი პიროვნება ნაპოვნია, მიზანშეწონილია თუ არა მივანდოთ მას საწარმოს ორგანიზაციის ტიპის შერჩევა?

ჩვენი უმთავრესი ამოცანაა ვიპოვოთ პასუხი ამ კითხვებზე.

ჩვენმა ქვეყანამ თავისი მომავალი კარგა ხანია საბაზრო ეკონომიკას დაუკავშირა. ბაზარი კი რთული და მოულოდნელობებით აღსავსე ეკონომიკური ურთიერთობებია, სადაც წარმატების მიღწევა სწორი მენეჯმენტის გარეშე შეუძლებელია.

მენეჯმენტის საკითხი გამორჩეულად აქტუალურია ენერგეტიკისათვის, რომელიც რიგი თავისებურებებით ხასიათდება. ჯერ ერთი, იგი ეკონომიკის დარგთა შორის მაღალი ინტელექტუალური შრომატევადობითა და კაპიტალტევადობით ხასიათდება; მეორე, დარგი მოითხოვს ინტენსიურ და უწყვეტ დაფინანსებას რათა შეინარჩუნოს ფუნქციონირების უნარი და, იმავდროულად მიაღწიოს პროგრესს მაკროეკონომიკური გარემოს მოთხოვნების შესაბამისად; მესამე, სხვა დარგებისაგან განსხვავებით, ენერგეტიკას აკისრია მაღალი სოციალურ-ეკონომიკური პასუხისმგებლობა; მეოთხე, იგი როგორც ბუნებრივი მონოპოლიის ტიპური წარმომადგენელი საჭიროებს სახელმწიფო რეგულირებას; მეხუთე, აუცილებელია მნიშვნელოვანი რაოდენობის დამატებითი ინვესტიციების მოზიდვა. ეს კი სხვა ობიექტური ფაქტორების ერთობლივი გავლენის შედეგად კიდევ უფრო ზრდის დარგის კაპიტალტევადობას. შესაბამისად, მაღალია საინვესტიციო რისკი, მაგრამ რისკი უნდა იყოს გონივრული და კარგად მოფიქრებული. აქ კი მენეჯერული ცოდნა შეუცვლელია.

თანამედროვე მსოფლიოში ელექტროენერგეტიკით უზრუნველყოფა ნებისმიერი ქვეყნისთვის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს. ხაზგასასმელია ის გარემოება, რომ მსოფლიოს ენერგეტიკული რესურსები თანდათან იღვევა. ალტერნატიული წყაროების მიგნება და გამოყენება ჯერ კიდევ გადაუწყვეტელია. ქვეყნის ელექტროენერგით უზრუნველყოფა ეროვნული უსაფრთხოების ერთ-ერთი მთავარი შემადგენელი ნაწილია. როგორც ცნობილია ელექტროენერგიას აქვს როგორც მოხმარების პირდაპირი დანიშნულება, ასევე იგი წარმოადგენს შემოსავლის უდიდეს წყაროს. თანამედროვე მსოფლიოში სწორედ ამ ორი მიმართულებით არის აქტუალური ელექტროენერგის გამოყენება.

ენერგიის სამომხმარებლო ციკლი მოიცავს სამ ძირითად პროცესს – ენერგიის წარმოებას, მის ტრანსპორტირება-განაწილებას მომხმარებლებისათვის და მოხმარებას. სამივე პროცესში არსებობს ენერგიის დანაკარგები, რაც განაპირობებს ენერგიის გადიდებულ დანახარჯებს. ამ დანაკარგების შემცირება ყოველთვის იყო ენერგოკომპანიებისა და მომხმარებლების მიზანი. უკანასკნელ პერიოდში ენერგორესურსების დაზოგვის მიზნით მთელ მსოფლიოში ფართოდ ინერგება ენერგოდამზოვი ტექნოლოგიები როგორც ენერგიის წარმოება-მიწოდების, ისე მისი მოხმარების სფეროში.

ზოგადად მიმოვიხილოთ მენეჯმენტის როლი ელექტროენერგეტიკაში და ენერგოკომპანიების ბიზნეს გარემოზე.

მენეჯმენტის პირველი რიგის ამოცანა ბიზნეს საქმიანობაში არის საქმიანობის მოწესრიგება, ანუ მათი იმ მდგომარეობაში მოყვანა, როცა ყველა საორგანიზაციო ელემენტი მუშაობს სინქრონულად ახალი ამოცანების შესაბამისად. საქმე ეხება ორგანიზაციულ წესს, ფორმალურ სისტემებს, ბალანსირებულ კონსტრუქციას, სადაც პასუხისმგებლობა ერწყმის უფლებებს, რისკის ხარისხი – პოტენციურ შემოსავალს, მართვის სისტემა – შიდა კორპორაციული ურთიერთობების სახეს.

ენერგოკომპანიის ბიზნეს გარემო მოიცავს ინვესტორებს, ენერგიის მომხმარებლებს, საწვავის და მატერიალურ-ტექნიკური რესურსების მიმწოდებლებს, შუამავლებს, კონკურენტებს, მარეგულირებელ ორგანოებს, მოსახლეობას და სხვადასხვა საზოგადოებრივ ორგანიზაციას. ენერგეტიკულ ბიზნესზე ასევე გავლენას ახდენს საკანონმდებლო ბაზა, საბაზრო კონიუნქტურა, პოლიტიკური, სოციალური, კულტურული და მრავალი სხვა ფაქტორი.

შეიძლება ითქვას, რომ ენერგოკომპანიებზე ზემოქმედი ფაქტორები უფრო მრავალრიცხოვანია ვიდრე სხვა დარგის კომპანიებისათვის. გარემო ფაქტორების ანალიზი გვიჩვენებს აგრეთვე ენერგოკომპანიების ბიზნეს-გარემოს მაღალ არასტაბილურობას. აქედან გამომდინარე აქტუალური ხდება ბიზნეს გარემოს რეგულარული წინასწარი ანალიზი იმ ფაქტორების გამოვლენის მიზნით, რომლებიც ხელს უწყობენ ენერგოკომპანიების კომერციულ წარმატებას ან პირიქით, ხელს უშლიან მას.

ენერგოკომპანიის სტრატეგიული ქვეცის ცნებაში იგულისხმება მისი მენეჯმენტის სფეროში საქმიანობა. ის მიმართულია ბიზნეს გარემოში ცვლილებების მუდმივ დაკვირვებაზე და წარმოებაში ისეთი კორექტივების შეტანაზე რაც საშუალებას იძლევა დროულად მოხდეს გავლენა პოტენციურ საფრთხეზე. სტრატეგიული გადაწყვეტილებები ყველაზე ხშირად თვისობრივად ახალ ამოცანას უკავშირდება, რომელსაც აყენებს ბაზარი და მოითხოვს რადიკალურ ცვლილებებს წარმოებაში. სტრატეგიის ძირითადი მიზანია, მუდმივად ცვალებად ბიზნეს გარემოში ენერგოკომპანიის საქმიანობის ადაპტაციისათვის პირობების შექმნა.

სტრატეგიის შემუშავების პროცესი მესაკუთრებსა და მენეჯერებს შორის შეთანხმების გზით თანმიმდევრული გადაწყვეტილებების შედეგად ხორციელდება. სტრატეგიული ანალიზის მნიშვნელოვანი ელემენტია დაინტერესებული მხარეების შეფასება. სტრატეგიული ანალიზის ამოცანაა შესაბამისი ინფორმაციის მიღება, რომლითაც შესაძლებელია ამა თუ იმ სუბიექტის რეალური უნარის განსაზღვრა, ხელი შეუწყოს ან შეუშალოს მნიშვნელოვანი ამოცანების გადაწყვეტას. იმისათვის რომ სტრატეგია მენეჯმენტის მოქმედების სახელმძღვანელო გახდეს მნიშვნელოვანია მისი მკაფიოდ, კონკრეტულად ჩამოყალიბება.

“თანამედროვე მსოფლიოში ცვლილებები ბიზნეს გარემოში სულ უფრო სწრაფი ხდება, რაც ამცირებს ადაპტაციის დროს და, შესაბამისად, ზრდის ენერგოკომპანიის წინაშე წარმოქმნილი პრობლემების სირთულეს. რაც უფრო რთულია პრობლემები, მით უფრო მეტი დრო იხარჯება მათ გადაწყვეტაზე”.

ელექტროენერგეტიკის საწარმოებში, როგორც ბუნებრივი მონოპოლიის დარგში, მართვის ფუნქციებს ასრულებს დარგის სახელმწიფო რეგულირება.

რეგულირების არსის შესახებ დიდი ხანია მიდის დავა. საბოლოო ანგარიშში, რეგულირება სხვა არაფერია, თუ არა საჭირო მიზნის მიღწევისათვის გარკვეული წესრიგის დადგენა. ეკონომიკის რეგულირება კი გულისხმობს სახელმწიფო მმართველობითი ორგანოების მხრივ ეკონომიკაზე ისეთ ზემოქმედებას, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს მიმდინარე პროცესის გარკვეულ დონეზე მიღწევა—შენარჩუნება ან თავიდან აცილება. ცენტრალიზებულ ეკონომიკაში ეს, უპირატესად, დირექტიული, ხოლო საბაზრო ეკონომიკაში, ძირითადად, მისივე მექანიზმების გამოყენებით ხდება.

შეზღუდული კონკურენციის ან კონკურენციის არარსებობის პირობებში რეგულირება უზრუნველყოფს საქონელზე მოთხოვნა—მიწოდების ისეთი თანაფარდობის დამყარებას, რომლის დროსაც მომხმარებელი დაცულია უხარისხო მომსახურებისა და მონოპოლიური ფასებისაგან, ხოლო მწარმოებელი – მისი კანონიერი ინტერესების შელახვისაგან.

რეგულირების საჭიროება საბაზრო ეკონომიკის წიაღში წარმოიშვა და იგი ბაზრის ნაკლოვანებებითაა განპირობებული. კერძოდ, საბაზრო ეკონომიკა გარდაუვალს ხდის მაკროეკონომიკური წონასწორობის დარღვევას, ჭარბწარმოების კრიზისებს და განვითარების ზიგზაგებს. საბაზრო ეკონომიკის პირობებში კონკურენცია თავად წარმოშობს მონოპოლიას.

ეკონომიკის სახელმწიფო რეგულირების მთავარი მიზანია ქვეყანაში ეკონომიკური სტაბილურობის, ეფექტურობის და სამართლიანობის მიღწევა. ხელისუფლება ამის განხორციელებას ამა თუ იმ სტრატეგიითა და მაკროეკონომიკური მეთოდების გამოყენებით აღწევს.

რეგულირების პრობლემა განსაკუთრებით აქტუალურია მონოპოლიისა და ბუნებრივი მონოპოლიის არსებობის პირობებში. ამ დროს სახელმწიფო ზღუდავს მონოპოლიათა საქმიანობას და აღკვეთს იმ უარყოფით შედეგებს, რომლებიც ამცირებენ წარმოების ეფექტიანობას და ანელებენ ეკონომიკურ ზრდას, ზრუნავს კონკურენციის მექანიზმის განვითარებაზე

და ა.შ.

მონოპოლიის, მათ შორის ბუნებრივი მონოპოლიის რეგულირება სახელმწიფოს მხრიდან ისეთი საქმიანობაა, რომელიც მიმართულია მონოპოლიზაციის უარყოფითი შედეგების თავიდან ასაცილებლად და მომხმარებელთა დასაცავად. ენერგეტიკაში რეგულირების დანიშნულებაა ქცევის ისეთი წესების შექმნა და განხორციელება, რომელიც მაქსიმალურად მიახლოებულია საბაზრო ურთიერთობებთან. ამავე დროს რეგულირების ფორმა და მექანიზმი უნდა ითვალისწინებდეს როგორც მომხმარებელთა ისე მწარმოებელთა ინტერესებს.

ხელშეწყობის მონოპოლიების რეგულირება ზღუდავს მომწოდებელთა მოქმედების თავისუფლებას და იწვევს ეკონომიკურ დემოტივიზაციას. ბუნებრივი მონოპოლიების რეგულირება კი საზოგადოებას მაქსიმალურად პრივილეგირებულს ხდის და მინიმალურ გადასახადებს აწესებს კონკურენციის არსებობის პირობებში.

რესურსების ეფექტიანი განაწილების საუკეთესო საშუალება არის კონკურენცია. ფასი მას დაჰყავს ზღვრული დანახარჯების დონემდე. რეგულირების დანიშნულებაა მიუახლოვოს ბუნებრივი მონოპოლიის საქმიანობის პირობები კონკურენციული ბაზრის პირობებს. მან არ უნდა დააწესოს გრძელვადიან ზღვრულ დანახარჯებზე უფრო მაღალი ტარიფი. რეგულირების შედეგად საფუძველი ექმნება დარგის თვითდაფინანსებას, ელექტროენერგეტიკის სფეროში კი მაღლდება მიწოდებული პროდუქციის საფასურის ამოღების შესაძლებლობა. რეგულირებამ უნდა უზრუნველყოს, რომ მონოპოლიური კომპანიები მომხმარებელს აუცილებლად აწვდიდნენ შეპირებულ პროდუქციას, ოღონდ, ცხადია, მისი საფასურის აუცილებელი გადახდის პირობით.

რეგულირების მიზნები და ამოცანები გულისხმობს ბუნებრივი მონოპოლიების ფუნქციონირების ეფექტიანობის ამაღლებას. ამ თვალსაზრისით მან ერთმანეთისაგან უნდა გამიჯნოს დარგის სტრუქტურულ ერთეულებს შორის უფლება მოვალეობანი, შექმნას ისეთი სამართლებრივი საფუძვლები, რომლებიც უზრუნველყოფს საბაზრო ურთიერთობების დანერგვას, ადგილობრივი და უცხოური ინვესტიციების მოზიდვას და პროდუქციის კონკურენტული ბაზრის ჩამოყალიბებას.

დასასრულს უნდა აღინიშნოს, რომ ელექტროენერგეტიკაში მენეჯმენტი რიგი თავისებურებებით ხასიათდება და იგი მისი სპეციფიკიდან გამომდინარეობს. ეს თავისებურებები კი კონცენტრირებულად თავმოყრილია დარგის, როგორც ბუნებრივი მონოპოლიის მთავარი წარმომადგენლის, სახელმწიფო რეგულირებაში.

ლიტერატურა

1. შესავალი ენერგომენეჯმენტში. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის, გროგოლ რობაქიძის უნივერსიტეტისა და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის გამოცემა. თბილისი, 2011. – 184 გვ.
2. გ. თავაძე, დ. ჩომახიძე. ბუნებრივი მონოპოლიები და მათი რეგულირება. თბილისი: შპს „თერგი 21“, 2005. – 69 გვ.
3. Л.Д. Гительман, Б.Е. Ратников. Энергетический Бизнес. Москва: Дело АНХ, 2008. – 416 стр.

MANAGEMENT PECULIARITIES IN POWER INDUSTRY

E. UKLEBA

Akaki Tsereteli State University

Summary

It is impossible to reach success without proper management in the conditions of market economy. The issue of management is especially relevant for power engineering which is characterized by a number of features. It is a typical representative of the natural monopoly and requires state regulation. In the energy sector it is necessary to attract a significant amount of additional investment. The abovementioned along with the result of the influence of other objective factors increases the capital capacity of this field. Consequently, the investment risk is very high but the risk must be reasonable and well thought. In this case the managerial knowledge is invaluable.



ჰიდრო-ელექტრო სადგურების მართვის თანამედროვე სისტემა

ჯონაძე პ.დ., გუციაშვილი ვ.ა.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომლების თანამონაწილეობით შემუშავებული ჰიდრო-ელექტრო სადგურების აგრეგატების მართვის თანამედროვე სისტემები, რომელთა ავებისას ფართოდ გამოიყენება საყოველთაოდ აღიარებული თანამედროვე მიკროკონტროლერები, პროგრამული ლოგიკური კონტროლერები, ინდუსტრიული კომპიუტერები და ინფორმაციული ტექნოლოგიები. აღწერილია მართვის სისტემის ფუნქციური შესაძლებლობები და ის უპირატესობები, რომელსაც იძლევიან განხილული სისტემების გამოყენება საქართველოში არსებულ ჰესებზე.

სტატიის ავტორების თანამონაწილეობით 2007 წლიდან დღემდე შემუშავებული, გამოცდილი და მცირე ჰესებზე დანერგილი იქნა ჰიდრო-ელექტრო სადგურების აგრეგატების ჯგუფური მართვის თანამედროვე სისტემები. აგრეგატების ჯგუფური მართვის სისტემის კვანძების დახვეწა განხორციელდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 2010 წლის საგრანტო გამოყენებითი სამეცნიერო პროექტის ფარგლებში. ჩატარებულ სამუშაოთა ინიცირება განხორციელდა 2007 წელს სოფლის მეურნეობის განვითარების საერთაშორისო ინსტიტუტის “ვინროკი” (Winrock International Institute for Agricultural Development - WI) და ამერიკის შეერთებული შტატების საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს (The United States Agency for International Development - USAID) ერთობლივი პროგრამის “ენერჯეტიკის განვითარება სოფლად” (Georgia Rural Energy Project) რეალიზებისას. პროგრამის მენეჯერების სურვილი, რომ მართვის სისტემები შემუშავებული ყოფილიყო საქართველოში მოტივირებული იყო იმით, რომ შემცირებულიყო მათი თვითღირებულება და შემდგომი ექსპლუატაციისა და მომსახურების ხარჯები. ამ პროგრამის ფარგლებში აგრეგატების ჯგუფური მართვის სისტემით აღიჭურვა ბოლდოდა ჰესი (შ.პ.ს “ლოპოტა ენერჯი”), ოკამი ჰესი (შ.პ.ს. ოკამი 2007) და კეხმორი ჰესი. შემუშავებულმა მართვის სისტემებმა პრაქტიკულად დააკმაყოფილეს მათდამი წაყენებული მოთხოვნები და დაიმსახურეს როგორც დამკვეთი ასევე მარეგულირებელი და ზედამხედველი ორგანიზაციების მოწონება. სისტემა აღმოჩნდა საკმაოდ მოქნილი და საიმედო, რაზედაც მეტყველებს ის ფაქტი, რომ ისინი დღემდე არიან ექსპლუატაციაში და ამ ხნის განმავლობაში ფაქტობრივად არ გამოსულან მწყობრიდან. ექსპლუატაციისას გამოვლენილი მცირეოდენი ხარვეზები და დაზიანებები, რომლებიც ძირითადად გამოწვეული იყო გარეშე ფაქტორებით (მექანიკური დაზიანება, ექსპლუატაციის წესების დარღვევა), აღმოფხვრილი იქნა რამოდენიმე საათის განმავლობაში. აგრეგატების მოცდენის შედეგად მიღებული ზარალი მინიმუმამდე იქნა დაყვანილი. ამ მხრივ პროექტის მენეჯერთა ვარაუდი და სურვილი სავსებით გამართლებული აღმოჩნდა.

გამოცდილებამ დაადასტურა ისიც, რომ უცხოური წარმოების მართვის სისტემების ექსპლუატაციისას წარმოიშობა რიგი სერიოზული დაბრკოლებებისა. კერძოდ, ადგილობრივი სერვის-ცენტრებისა (გამოცდილი და მაღალკვალიფიციური სპეციალისტების) ან/და უცხოური ფირმების წარმომადგენლობების არ არსებობის გამო, მართვის სისტემების მიმდინარე პროფილაქტიკური მომსახურება პრაქტიკულად არ წარმოებს, რის გამოც მათი მწყობრიდან გამოსვლის აღბათობა იზრდება. მწყობრიდან გამოსული სისტემების აღდგენა კი საკმაოდ ხანგრძლივ და ძვირადღირებულ პროცედურას წარმოადგენს (უცხოელი სპეციალისტების მოწვევა საკმაოდ ხანგრძლივი პროცედურაა, მათი სამივლინებო ხარჯები და ფირმის მიერ დაწესებული მომსახურების ტარიფები საკმაოდ მაღალია). მაგალითისათვის შეგვიძლია მოვიყვანოთ შპს “რუსთავჰეს”-ზე არსებული სიტუაცია, რომელიც დააკომპლექტეს ფირმებმა “GUGLER”-მა და “WASSI”Tech”-მა სხვა-

დასხვა ფორმის (“Leonhart-Reglerbau”, “Woodward”, “Adwantech” და სხვ.) კონტროლერებით, 2009 წელს ჰესის მართვის სისტემა უკვე მესამედ გამოვიდა მწყობრიდან და მისმა მოცდენამ საერთო ჯამში გადააჭარბა რვა თვეს, რის გამოც ჰესის მფლობელებმა მიიღეს გადაწყვეტილება შეეცვალათ მართვის სისტემა ადგილობრივი წარმოების მართვის სისტემით, როგორც ეკონომიკური, ასევე საგარანტიო და პოსტგარანტიული მომსახურების ოპერატიულობისა და მოხერხებულობის თვალსაზრისით. იგივე მიზნით განხორციელდა სულთორი ჰესის სარეაბილიტაციო სამუშაოები, რომელიც აღჭურვილი იყო უკრაინული წარმოების მართვის სისტემით და რომელიც რამოდენიმეჯერ გამოვიდა მწყობრიდან.

შემუშავებულია მართვის სისტემის რამოდენიმე უნიფიცირებული კვანძი, რომელთა საშუალებითაც შეიძლება დაკომპლექტდეს სხვადასხვა კონფიგურაციის მართვის სისტემა კონკრეტული ჰესათვის და მფლობელთა ინტერესებისა და მოთხოვნების გათვალისწინებით. ყველაზე სრული კომპლექტაციის მქონე მართვის სისტემა უზრუნველყოფს:

- აგრეგატების გაშვებას და ქსელთან მიერთებას ზუსტი სინქრონიზაციის მეთოდით;
 - ავტონომიურ რეჟიმში მომუშავე ჰესებისათვის სისშირის ავტომატურ რეგულირებას დატვირთვების ცვალებადობისას;
 - გენერატორის ადგზნების დენის ავტომატურ რეგულირებას რეაქტიული სიმძლავრის მინიმიზაციის მიზნით (ინარჩუნებს $\cos(\varphi)$ -ს ან რეაქტიული სიმძლავრის დავალებულ მნიშვნელობას);
 - ავტონომიურ რეჟიმში მომუშავე ჰესებისათვის გენერატორის ადგზნების დენის ავტომატურ რეგულირებას ძაბვის დავალებული მნიშვნელობის შენარჩუნების მიზნით;
 - მიმართვადი აპარატის გახსნას დავალებულ კუთხემდე ან დავალებული აქტიური სიმძლავრის მიღებამდე;
 - მიმართველი აპარატის გახსნის კუთხის ან აქტიური სიმძლავრის დავალების ავტომატურ ცვლილებას გამთანაბრებელ აუზში წყლის დონის მიხედვით, ჰიდრორესურსების მაქსიმალურად გამოყენების მიზნით;
 - წყლის რესურსების ავტომატურ გადანაწილებას აგრეგატებზე, რომელიმე მათგანის მაქსიმალური მარგი ქმედების კოეფიციენტით მუშაობის უზრუნველსაყოფად, წარმოებული აქტიური ენერჯის მაქსიმიზაციის მიზნით.
 - აგრეგატების ხელით მართვის რეჟიმს და ოპერატორის ქმედებების სუპერვიზირებას, ოპერატორის მხრიდან დაუშვებელი ქმედებების შეზღუდვის მიზნით;
 - აგრეგატების გეგმიურ გაჩერებას;
 - აგრეგატების ავარიულ გაჩერებას;
 - აგრეგატების ავტომატურ გაჩერებას არასაკმარისი ჰიდრორესურსების შემთხვევაში;
 - აგრეგატების ავარიულ გაჩერებას სარელეო დაცვის სისტემების მტყუნების შემთხვევაში;
 - წინასატურბინო სარქველების ავტომატურ დახურვას მიმართველი აპარატის მტყუნების შემთხვევაში;
 - ყველა შესაძლო პარამეტრის შეგროვებასა და მონიტორზე ასახვას;
 - ყველა ხდომილებათა (საშტატო და არასაშტატო) დაფიქსირებას და დამახსოვრებასა და საჭიროების შემთხვევაში მონიტორზე ასახვას;
 - ყველა შეგროვებული პარამეტრის გადაცემას ვირტუალური კერძო ქსელით (VPN) მოთხოვნის შესაბამისად და მათ ასახვას შესაბამის კომპიუტერებზე ნებისმიერ ადგილზე, სადაც ინტერნეტ სერვისი ხელმისაწვდომია;
 - ყველა დამახსოვრებულ ხდომილებათა გადაცემას ვირტუალური კერძო ქსელით მოთხოვნის შესაბამისად და მათ ასახვას შესაბამის კომპიუტერებზე ნებისმიერ ადგილზე, სადაც ინტერნეტ სერვისი ხელმისაწვდომია;
- აგრეგატების მართვის სისტემა აიგება ავტორთა მიერ შემუშავებული სპეცია-

ღური კონტროლერებით, რომლებიც აგებულია კორპორაცია “ATMEL”-ის ATmega სერიის მიკროკონტროლერების ბაზაზე; კომპანიების “Delta Electronics” და “Rockwell Automation” (იგივე “Allen Bradley”) პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერებით (PLC), ცნობილი ბრენდების ინდუსტრიული კომპიუტერებითა (Industrial PC) და ადამიან-მანქანური ინტერფეისის კომპიუტერებით (HMI). აღნიშნული მოწყობილობებისათვის შემუშავებულ იქნა ციფრული პროპორციულ-ინტეგრალურ-დიფერენციალური (PID) რეგულატორის ალგორითმი არამკაფიო ლოგიკის (Fuzzy Logic) ელემენტების გამოყენებით, რომელიც დინამიკურად იცვლის პარამეტრებსა და სარეგულირებელი სიდიდის დავალების დანაყენებს.

მართვის ავტომატურ რეჟიმში მუშაობისას სისტემა ფაქტობრივად არ საჭიროებს მორიგე პერსონალის აქტიურ ჩარევას პროცესებში, მათ მხოლოდ ზედამხედველობა ევალებათ. ჰესის ექსპლუატაცია განსაკუთრებულად გაიოლებულია, როდესაც გამოიყენება დისპეტჩერული მართვისა და მონაცემთა შეგროვების (SCADA – Supervisory for Control And Acquisition) სისტემა, ასეთ შემთხვევაში სისტემის ავტორთა სერვის ჯგუფი ინტერნეტის საშუალებით აწარმოებს ჰესების პერიოდულ მონიტორინგს მოსალოდნელი ხარვეზების დროულად აღმოფხვრის მიზნით, რაც თავის მხრივ მნიშვნელოვნად ამცირებს აგრეგატების მოცდენებით გამოწვეულ დანაკარგებს. აგრეგატების მოცდენებით გამოწვეული დანაკარგების შემცირებისა და წყლის რესურსების მიხედვით აგრეგატების მართვის ოპტიმალური რეჟიმების შერჩევის შედეგად რეაბილიტირებულ ჰესებზე (მაგ.: “რუსთავეს”-ზე) დადგმული სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტი გაიზარდა 78-80%-მდე, რაც ნათლად მეტყველებს მართვის სისტემის ხარისხზე.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, საქართველოში შემუშავებული ჰესების აგრეგატების ჯგუფური მართვის თანამედროვე სისტემების დანერგვა საკმაოდ რენტაბელურ საკითხს წარმოადგენს, რომელიც საშუალებას იძლევა ჰესის ექსპლუატაციისას მაქსიმალურად შემცირდეს აგრეგატების მოცდენის შედეგად მიღებული ზარალი; ოპტიმალურად იქნეს გამოყენებული განახლებადი ენერგორესურსები; მინიმუმამდე იქნეს დაყვანილი ჰესის ექსპლუატაციაზე გაწეული ხარჯები; ოპერატიულად განხორციელდეს ჰესის მაღალკვალიფიციური ტექნიკური მომსახურება; ნებისმიერ დროს და ნებისმიერი ადგილიდან განხორციელდეს ჰესის დისტანციური მონიტორინგი.

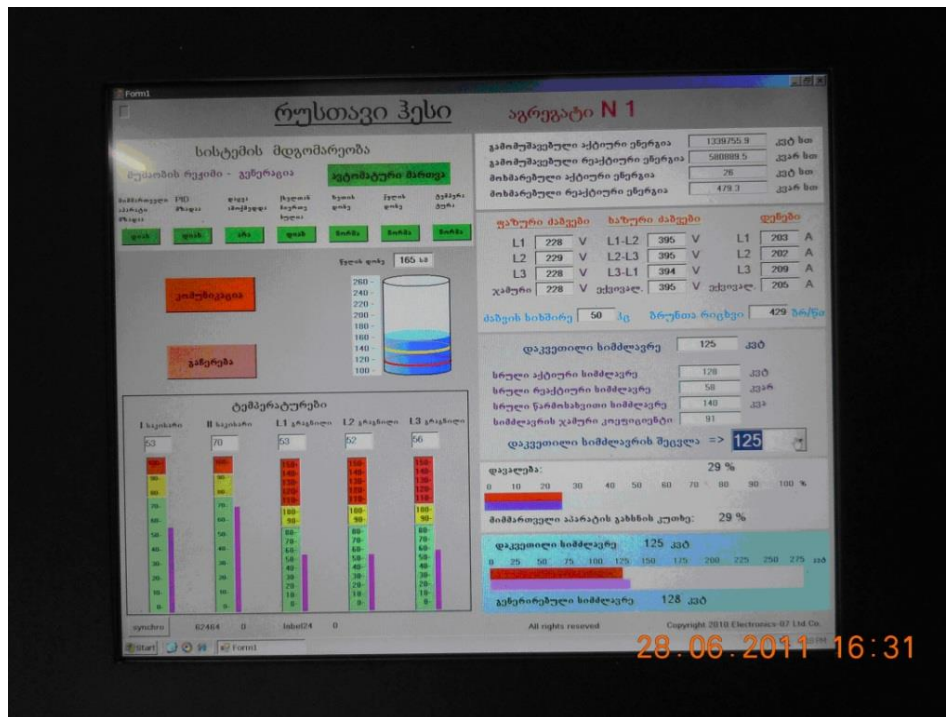
ქვემოთ განთავსებულ სურ. 1-ზე მოცემულია ოკამი ჰესის მართვის ოთახის ხედი; სურ. 2-ზე მოცემულია ოკამი ჰესის მონიტორის ფრაგმენტი, მასზე გამოტანილი ინფორმაციით. სურ. 3-ზე მოცემულია რუსთავი ჰესის აგრეგატის მართვის ინდუსტრიული კომპიუტერის მონიტორის ფოტო.



სურ. 1



სურ. 2



სურ. 3

MODERN CONTROL SYSTEMS OF HYDRO POWER PLANTS

H. JOKHADZE, V. KUTSIAVA

Georgian Technical University

Summary

This article describes the modern Control systems developed for SHPPs by the participation of employees of Georgian Technical University. The first versions of Control system of hydropower units have been developed in 2007-2008 and installed at HPPs Boldoda, Okami and Kekhmori. The main aim of this development was the reduction of cost of manufacture of control system, of operating expenses and of losses due to downtime of hydropower units, observations during operation have shown that the designed control system met all these basic requirements. For this reason, have been rehabilitated two more power plants: Rustavi HPP and Sulori HPP. Control systems are based on microcontrollers, PLCs, Industrial Computers and HMI of brands such as Corporation "Atmel", "Delta Electronics" and "Rockwell Automation" ("Allen Bradley"). For service efficiency of HPPs, the Control System provides a use of SCADA system. The control system makes full use water resources, resulting in increased utilization factor of installed capacity up to 78-80% (For example, on Rustavi HPP).

მწვანე შენობების შეფასების სისტემების (LEED) ორბანიზაცია და მართვა

კიკუტაძე მ.

ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, გრიგოლ რობაქიძის სახელობის უნივერსიტეტი

მწვანე შენობების „სიმწვანის ხარისხის“ შეფასება ძირითადად დაფუძნებულია დაინტერესებული მხარეების კონსენსუსზე მწვანე შენობების შესახებ, შესაბამისად მწვანე შენობების შეფასების მეცნიერული რეიტინგული სისტემის არსებობა აქტუალური პრობლემაა. LEED-ის მწვანე შენობის რეიტინგული შეფასების სისტემა წარმოადგენს კონსენსუსის შედეგად შექმნილებულ და

ადიარებულ სტანდარტს, რომელშიც გათვალისწინებულია სხვადასხვა მხარეების ინტერესები. LEED-ს შეფასების სისტემა დამყარებულია საწარმოო პროცესების პარამეტრების შეფასებაზე კრედიტების მეშვეობით, რომელიც ფართოდ გამოიყენება განვითარებულ ქვეყნებში.

XXI-ე საუკუნე მსოფლიოში შექმნილი ინდუსტრიული პრობლემების გამო თამამად შეიძლება ჩაითვალოს მწვანე ეკონომიკის განვითარების საუკუნედ, რომელშიც საზოგადოების კეთილდღეობისა და სოციალური თანასწორობის უზრუნველყოფის პარალელურად მინიმუმამდე უნდა იქნეს დაყვანილი გარემოს რისკები და ის ეკოლოგიური კატაკლიზმები, რომელიც თანამედროვე საზოგადოებას ემუქრება. მწვანე ეკონომიკის ერთერთ მნიშვნელოვან პარადიგმას განახლებად ენერჯიებთან, ეკო ტრანსპორტთან, ბუნებრივი რესურსებისა და ნარჩენების ეფექტიან მენეჯმენტთან ერთად მწვანე შენობების არსებობა წარმოადგენს. „მწვანე შენობების“ მაიდენტიფიცირებელი ცალკეული კომპონენტების (ენერგორესურსების მინიმალური მოხმარება, გარემოზე მინიმალური ზემოქმედება, მანვე ნარჩენების მინიმალური გამოყოფა და ა.შ.) არსებობის მიუხედავად მათი ცალსახად მიკუთვნება მწვანე შენობების კატეგორიაზე შეფასების მკაცრი რეიტინგული სისტემის გამოყენების გარეშე ურთულესი პრობლემაა. მწვანე შენობების „სიმწვანის ხარისხის“ შეფასება ძირითადად დაფუძნებულია დაინტერესებული მხარეების (სხვადასხვა პროფილისა და გეორაფიულ სარტყელში განლაგებული კომპანიები და სხვა დაინტერესებული სუბიექტები) კონსენსუსზე მწვანე შენობების შესახებ და უფრო მეტად სუბიექტური ხასიათის მატარებელია ვიდრე ობიექტურისა. „ეკოლოგიურად სუფთა“ სამშენებლო პროდუქციის მიწოდება მომხმარებლისათვის ნიშნავს, ბაზრის იმ მდგომარეობაში ჩაყენებას როდესაც იგი იმგვარად აბალანსებს გარემოსდაცვით სახელმძღვანელო პრინციპებს, რომელთა დაცვაც პროექტის დასაწყისშივე უზრუნველყოფს სასურველი შედეგების მიღწევას¹.

მწვანე შენობების შეფასების რეიტინგული სისტემების გამოჩენა 1990-იან წლებში დიდი ბრიტანეთში, კანადასა და აშშ-ში იწყება. 1990 წელს ბრიტანეთში ინიცირებული იქნა შენობების კვლევის გარემოსდაცვითი შეფასების მეთოდი (BREEAM™), შესაბამისად დაიწყო BREEAM² სერთიფიკატების გაცემა იმ მშენებლობებზე, რომლებიც იღებდნენ დადებით შეფასებებს ეკოლოგიაზე ზემოქმედების, ადამიანებზე ზემოქმედების, რესურსების მოხმარების ეფექტიანობისა და ზოგადად მშენებლობის ეფექტიანი მართვის კუთხით. დაიწყო კრედიტების გამოყოფა აღნიშნული ფაქტორებისა და სხვა მოთხოვნების გათვალისწინებით და განისაზღვრა რეიტინგი შეფასების შემდეგ დიაპაზონში: გაიარა (pass) და ფრიალი (excellent). კანადაში ქალაქ ოტავაში „ეკოლოგიურად სუფთა შენობების საერთაშორისო ინიციატივის“ კომიტეტმა შეიმუშავა „მწვანე მშენებლობების გამოწვევის პროგრამა“, (Green Building Challenge program), რომელიც ამ ინიციატივის მონაწილე ქვეყნებს შორის უზრუნველყოფს ეკოლოგიურად სუფთა სამშენებლო ინიციატივების შესახებ ინფორმაციების ურთიერთგაცვლას. შესაბამისად IISBE-ს მიერ შეიქმნა ერთერთი ყველაზე გართოდ გამოყენებადი საერთაშორისო შეფასების სისტემა „გარემოსდაცვითი საქმიანობის შედეგების შეფასების სისტემები შენობებისათვის“, რაც წარმატებით გამოიყენება კანადაში, ჩეხეთში, ესპანეთში, ისრაელში, იატალიაში, პორტუგალიაში, სამხრეთ კორეაში³ და ა.შ.

1995 წელს ამერიკის შეერთებულ შტატებში შეიქმნა მწვანე შენობების საბჭო (US Green Building Council – USGBC), რომელმაც მალევე შეიმუშავა მწვანე შენობების შეფასების ახალი სისტემა (პროგრამა) „ლიდერობა ენერჯეტიკულ და გარემოსდაცვით პრო-

¹ Steve Doty., Wayne C. Turner., Energy Management (handbook), seventh edition, 2008.-850p.

² <http://www.breeam.org/> - The world's leading design and assessment method for sustainable buildings.

³ <http://www.iisbe.org/> - International Initiative for a Sustainable Built Environment

ექტებში“ (Leadership in Energy and Environmental Design – LEED⁴. LEED - ის მწვანე შენობის რეიტინგული შეფასების სისტემა წარმოადგენს კონსენსუსის შედეგად შემუშავებულ და აღიარებულ სტანდარტს, რომელშიც გათვალისწინებულია სხვადასხვა მხარეების ინტერესები. LEED-ის სისტემა ფაქტიურად წარმოადგენს სხვადასხვა ტიპის მწვანე სამშენებლო პროექტებისთვის განკუთვნილ შეფასებების რეიტინგულ სისტემათა კომპლექსს (კომპლექსს) და ახორციელებს პროექტების კლასიფიცირებას მისი მარკირების სახით. არსებობს LEED-ის რეიტინგული სისტემები, რომლებიც განკუთვნილია: ახალი მშენებლობისთვის, არსებული შენობებისთვის, კომერციული ინტერიერებისთვის, საცხოვრებელი სახლების მშენებლობისა და გარეუბნების განვითარებისთვის.

LEED-ის რეიტინგული სისტემები, რომლებიც შემუშავებული იქნა აშშ-ს მწვანე მშენებლობის საბჭოს (US Green Building Council - USGBC) მიერ, ემსახურება სამშენებლო ინდუსტრიის მწვანე მშენებლობად გარდაქმნის იდეის რეალიზაციას. 2000 წლიდან აქტიურად იწყება LEED-ის სისტემების გამოყენება, ამავე წელს მხოლოდ აშშ-ში სერტიფიცირებული იქნა თორმეტი საცდელი პროექტი. 2006 წელს კი LEED-ის სისტემების აკრედიტაციის მქონე პროფესიონალთა რიცხვა 27200-ს გადააჭარბა. ამავე სისტემით სერტიფიცირების მოთხოვნით 12 სხვადასხვა ქვეყანაში დარეგისტრირდა 484 პროექტი, რითაც ფაქტიურად სისტემამ თანდათანობით შეიძინა საერთაშორისო სტანდარტის სტატუსი. შესაბამისად დღეისათვის LEED-ის რეიტინგული სისტემები, წარმოადგენს ერთერთ ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ შეფასების სისტემას.

LEED-ს შეფასების სისტემა პირველ რიგში გამოიყენება კომერციულ პროექტებთან დაკავშირებით, როგორცაა საოფისე შენობები, სასტუმროები, და სხვა კომერციული დანიშნულების დაწესებულებები. LEED-ს რეიტინგული შეფასების სისტემა დამყარებულია საწარმოო პროცესების პარამეტრების შეფასებაზე კრედიტების მეშვეობით. მაგალითად 2009 წლის LEED-ს შეფასების სისტემა ახალი მშენებლობებისათვის ითვალისწინებს შეფასების პროცედურას 7 პუნქტის მიხედვით⁵:

- **ადგილმდებარეობის მდგრადობა (Sustainable Sites - SS)** – 26 ქულა. ნაწილდება ისეთ პუნქტებზე როგორცაა: სამშენებლო მოედნების/ადგილების შერჩევა; მიტოვებული სამრეწველო ადგილების ხელახალი განვითარება; ალტერნატიული ტრანსპორტირება - საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ხელმისაწვდომობა, დაბალ-გამონაბოლქვიანი მანქანების გამოყენება, პარკინგის შესაძლებლობა; არსებული ვარგისი საცხოვრებლების დაცვა ან აღდგენა; თავისუფალი სივრცის გაზრდა ა.შ.
- **წყლის ეფექტიანი მოხმარება (Water Efficiency - WE)** - 26 ქულა. ნაწილდება ისეთ პუნქტებზე როგორცაა: ეფექტური წყლის სისტემების მოწყობა; წყლის ინოვაციური ტექნოლოგიების გამოყენება და წყლით სარგებლობის შემცირება;
- **ენერჯია და ატმოსფერო (Energy and Atmosphere - EA)** – 35 ქულა. ნაწილდება ისეთ პუნქტებზე როგორცაა: ენერჯიის მოხმარების ოპტიმიზაცია; განახლებადი ენერჯიების გამოყენება სამშენებლო მოედანზე; მწვანე სიმძლავრეების გამოყენების წახალისება და ა.შ.;
- **მასალები და რესურსები (Materials and Resources - MR)** - 14 ქულა. ნაწილდება ისეთ პუნქტებზე როგორცაა: განმეორებით გამოსაყენებელი საგნების შენახვა; შენობის ხელახლა გამოყენება - არსებული კედლების, იატაკის, სახურავის, შიდა არასტრუქტურული ელემენტების შეკეთება; ნარჩენების მართვის სისტემის შემუშავება; რეციკლირებული მასალების გამოყენება; სერტიფიცირებული მასალების გამოყენება და ა.შ.

⁴ <http://www.leed.net/> - Promoting LEED Certification and Green Building Technologies
⁵ http://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%202009%20RS_NC_04.01.13_current.pdf



- **შენობების შიდა გარემოს ხარისხი (Indoor Environmental Quality – IEQ)** - 15 ქულა. ნაწილდება ისეთ პუნქტებზე როგორცაა: შიდა ჰაერის ხარისხის შემოწმება; თამბაქოს მოწვევის (ETS) კონტროლი; გარე ჰაერის მიწოდების მონიტორინგი; შიდა ჰაერის ხარისხის მართვის გეგმა; ეკოლოგიურად სუფთა მასალების გამოყენება; ქიმიური დაბინძურების წყაროების შიდა კონტროლი; ინსოლაცია, ხედები და ა.შ.
- **დიზაინის ინოვაცია (Innovation in Design -ID)** – 6 ქულა. ნაწილდება ისეთ პუნქტებზე როგორცაა: დიზაინის ინოვაციურობა და ა.შ.
- **რეგიონალური პრიორიტეტები (Regional Priority -RP)** – 4 ქულა. ნაწილდება ისეთ პუნქტებზე როგორცაა: რეგიონალური პრიორიტეტების გათვალისწინება და ა.შ.

პროექტებს რეიტინგული ქულები ენიჭებათ საწარმოო პროცესების პარამეტრების მიღწევის და სტანდარტების მოთხოვნების შესრულების მტკიცებულების წარმოდგენის შემთხვევაში. შემოწმების შედეგად შენობის მიერ მიღებული ქულების საერთო რაოდენობიდან გამომდინარე, იგი შეიძლება მიკუთვნებოდეს, შემდეგ კლასს:

- სერტიფიცირებული - 40-49 ქულა;
- ვერცხლი - 50-59;
- ოქრო - 60-79 ქულა;
- პლატინა - 80 ქულა და ზევით.

აღსანიშნავია, რომ პრაქტიკაში სერტიფიცირებულის კლასის მიღწევა შედარებით უფრო ადვილია, ოქროს და პლატინის კლასები კი იშვიათია და მათი მიღწევა მოითხოვს, როგორც შემოქმედებითობას, ასევე ფართო დიაპაზონის ეფექტიანობის მაჩვენებლების კრიტერიუმების დაკმაყოფილებას. LEED-ის შეფასების პროცესი შეიძლება დაიყოს რამოდენიმე ეტაპად, პროცესი იწყება პროექტის რეგისტრაციით და გრძელდება შემდეგი თანმიმდევრობით: დოკუმენტაციის წარმოდგენა, ქულების განმარტებები, განაცხადი სერტიფიცირების გავლის შესახებ, ტექნიკური მიმოხილვა, ქულების დანიშნულება, მინიჭება და გასაჩივრება. სარეგისტრაციო მოსაკრებლები ამ პროცესის გასავლელად შეიძლება აღწევდეს 7,500 აშშ დოლარს ერთ შენობაზე⁶. მიუხედავად იმისა, რომ LEED-ის შეფასების სისტემაში ქულების მინიჭების პროცედურები გარკვეული სირთულეებით ხასიათდება მსხვილი კორპორაციები დიდ ინტერესს იჩენენ LEED-ის შეფასების სისტემის გამოყენების მიმართ მშენებლობაში. მაგალითად, კორპორაციის Genzyme Corporation მთავარი ოფისი კემბრიჯში, მასაჩუსეტის შტატი, თავს იწონებს 18 შიდა ბაღით, თერმოსტატიკური რეგულირებით ყოველ ცალკეულ განყოფილებაში და სარკებით, რომლებიც ნაც მზის შუქი ირეკლება გადახურულ ეზოში (ატრიუმში). კომპანიის შეფასებით, თანამშრომლების მიერ ავადმყოფობის გამო გაცდენილი სამუშაო დღეების რაოდენობა მოსალოდნელზე 5%-ით დაბალია და შენობაში მომუშავე პირების 58% თვლის, რომ მათი მწარმოებლურობა გაიზარდა ახალ 140 მილიონ დოლარიან შტაბ-ბინაში გადმოსვლის შემდეგ⁷.

LEED - ის დაპროექტების პროცესი პროექტის შემუშავების საწყის ეტაპებზევე უზრუნველყოფს არქიტექტორების, დამგეგმავების, ენერგეტიკოს-ინჟინრების, გარემოსდაცვის ინჟინრებისა და შენობის შიდა ჰაერის ხარისხის სპეციალისტების ჩართვას პროცესში. სტრატეგიის შემუშავება ხდება რეიტინგის მისაღწევად აუცილებელი შერჩეული კრიტერიუმებიდან და ქულებიდან გამომდინარე. გუნდის წევრები ყურადღებას ამახვილებენ მწვანე პროექტის განხორციელების ძირითად პრაქტიკაზე (წესებზე), რომლებიც ხშირად იგნორირებულია ტრადიციული მეთოდით პროექტის შემუშავების პროცესში.

⁶ http://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%202009%20RS_NC_04.01.13_current.pdf

⁷ By Stephen A. Roos, Sustainable Development, Handbook 2010. - 491 p.

LEED-ის პროგრამაში წინასწარ არის განსაზღვრული გარემოს დაცვითი ინიციატივების მიზნები. პროგრამის მოთხოვნები ჩამოყალიბებულია LEED-ის დოკუმენტაციაში, სადაც შემოთავაზებულია მისაღები სტრატეგია (მეთოდოლოგია). ქულების მინიჭების კატეგორიები შეეხება უშუალოდ იმ კრიტერიუმს, რომელიც დაკავშირებულია შესაბამის ენერგოხარჯებთან და გარემოსდაცვით საკითხებთან, ამასთან პროგრამის ცალკეული კომპონენტები მორგებული უნდა იყოს ადგილობრივ ნორმატიულ დოკუმენტებზე. უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ასევე პროგრამის საგანმანათლებლო ასპექტებს, კერძოდ შეფასების სისტემის გამართული ფუნქციონირება მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული შესაბამისი კვალიფიკაციის სპეციალისტების არსებობაზე, რომელთა აკრედიტაციაც LEED-ის პროგრამის ფარგლებში ხორციელდება და ფაქტიურად გარანტირებულ ხდის მისაღებ შედეგს. აღსანიშნავია, რომ აღნიშნული ძლიერი მხარეები მართლაც ანიჭებს LEED-ის შეფასების სისტემას მაღალი საიმედოობის ხარისხს, თუმცა სისტემას გააჩნია გარკვეული სუსტი მხარეებიც. ხშირად მომხმარებლები ხშირად აღნიშნავენ იმ ფაქტს, რომ LEED-ის შეფასების პროცესი საკმაოდ ძვირადღირებული და ბიუროკრატიულია, მას არ გააჩნია საუკეთესო გარემოსდაცვითი ვარიანტების წახალისების სისტემა და მოითხოვს უამრავი დოკუმენტაციის გაფორმებას.

LEED-ის რეგისტრაციის პროცესი შესაძლოა ზოგჯერ მძიმედ წარიმართოს, რადგან იგი ანელებს დაპროექტების პროცესს და იწვევს მშენებლობის დამატების ხარჯს, რასაც ცალკეული შემთხვევებიც ადასტურებენ. თუმცა, შედარებითი კვლევები არ არის საკმარისი არგუმენტები ხარჯებზე მნიშვნელოვანი ზემოქმედების დასადასტურებლად. ზოგჯერ პროექტში შესატანმა მცირე ცვლილებებმაც კი შეიძლება დიდი ზემოქმედება იქონიონ მშენებლობის ხარჯებზე და გაზარდონ ისინი 1-5%-ის ფარგლებში, ისე რომ ეს ცვლილებები არც კი იყოს დაკავშირებული მწვანე მშენებლობასთან. მიუხედავად იმისა, რომ LEED-ის მიზანია საერთაშორისო არენაზე გასვლა და საერთაშორისო სტანდარტად დამკვიდრება, მის დოკუმენტაციაში დღეისათვის არ მოიპოვება ერთეულების დადგენილი საერთაშორისო სისტემის გამოკვეთილი კონვერსიები, რაც ზღუდავს მისი გამოყენებისა და ექსპორტირების შესაძლებლობებს შეერთებული შტატების საზღვრებს გარეთ. საექვოდ გამოიყურება ასევე რეიტინგული სისტემის მიერ შემოთავაზებული რამოდენიმე კრიტერიუმი. მაგალითად, დღის განათების გასაუმჯობესებლად დიდი ფართობის შეშინვის გამოყენებამ შეიძლება მნიშვნელოვნად გაზარდოს ენერჯის მოხმარება ზოგიერთ რეგიონში და შეარყიოს პროექტის ეკოლოგიური მდგრადობა. დღის განათების უზრუნველყოფისათვის შეშინვის გაზრდილმა ფართობმა ასევე შეიძლება შეამციროს მოთხოვნილება ელექტროენერჯიაზე ინტერიერის განათების მიზნით, თუმცა თუ დღის განათების სისტემა არ იქნება სათანადოდ დაპროექტებული, შესაძლოა გაიზარდოს გაგრილების და გათბობის ხარჯები და ა.შ. შესაბამისად ცხადია, რომ ჯერ კიდევ დაუდასტურებელია ქულების მისაღების სისტემის უნარი თანაბრად მოერგოს განსხვავებული კლიმატური კლასიფიკაციებისა და ზონების პროექტებს. და ბოლოს, LEED-ის პროცესი არ არის ბოლომდე დასაბუთებული და არ იძლევა იმის სრულ გარანტიას, რომ საბოლოოდ მესაკუთრეს ექნება „ეკოლოგიურად სუფთა“ შენობა. რიგ შემთხვევებში კი ცალკეულ რეგიონში არსებული ადგილობრივი სამშენებლო ნორმატივები შეიძლება წინააღმდეგობაში მოდიოდეს მწვანე მშენებლობის კრიტერიუმებთან. უფრო მეტ შეშფოთებას იწვევს იმის შესაძლებლობა, რომ LEED-ის სერტიფიცირების მქონე შენობა (მისი სხვის მფლობელობაში გადაცემის შემთხვევაში) ახალი მფლობელის შეხედულებებისამებრ შესაძლებელია გადაიქცეს შენობად, რომელსაც არ ექნება სერტიფიცირებული შენობისთვის დამახასიათებელი თვისებები. ცხადია, რომ თანამედროვე პირობებში ნამდვილად არსებობს შენობებში მწვანე პროექტის მახასიათებლებისა და კომპონენტების ჩართვის მრავალი შესაძლებლობა შენობების ეკოლოგიური მდგრადობის ზრდის უზ-

რუნველსაყოფად, თუმცა, ასევე არსებობს განსხვავებები მწვანე მშენებლობისთვის განკუთვნილ სტანდარტებში. მაშინ, როდესაც შენობების ენერჯის შეფასების სისტემები როგორც წესი, ანალიზის დროს ყურადღებას ამახვილებენ ენერჯის წყაროზე, USGBC-ის LEED-ის პროგრამა კი მის ძირითად რეიტინგულ კრიტერიუმად განიხილავს ენერჯის ღირებულებას⁸.

დღეისათვის მთელი რიგი განვითარებული ქვეყნების მიერ ეკოლოგიურად სუფთა შენობების შეფასების რამოდენიმე სისტემა გამოიყენება, მათ შორისაა LEED-ის შეფასების სისტემაც, რომელიც დღითიდღე ხდება ფართოდ გავრცელებული სტანდარტი ახლად აშენებული „მწვანე“ შენობებისა და პროექტების რეიტინგის განსაზღვრისთვის, როგორც შეერთებულ შტატებში ასევე სხვა ქვეყნებში. საქართველოში აღნიშნული მიმართულებით ჯერჯერობით დიდი აქტიურობა არ შეიმჩნევა, რაც უამრავი მიზეზით შეიძლება იყოს განპირობებული. უპირველეს ყოვლისა აღსანიშნავია, რომ ქვეყანაში დღემდე არ არის მოწვესრიგებული მშენებლობის მარეგულირებელი საკანონმდებლო-ნორმატიული ბაზა, სახეზეა თანამედროვე სამშენებლო სტანდარტების აშკარა დეფიციტი, გამართულად ვერ ფუნქციონირებს საშენ-მასალათა მრეწველობის სექტორი, არ არსებობს მწვანე მშენებლობებისათვის საკანონმდებლო სტიმულირების მექანიზმები და ა.შ. ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება ითქვას, რომ ქვეყნის განვითარების ხვალინდელი დღე „მწვანე ეკონომიკაზე“ გადის, რაც თავის მხრივ „მწვანე შენობების“ არსებობას მოითხოვს, რომელთა სიმწვანის ხარისხის შეფასება და არა მარტო შეფასება, არამედ მათი მიღწევის გზების შესწავლა სწორედ რომ თანამედროვე შეფასების სისტემების არსებობითა და გამოყენებითაა შესაძლებელი.

ლიტერატურა

1. Steve Doty., Wayne C. Turner., Energy Management (han handbook), seventh edition, 2008. - 850p
2. By Stephen A. Roos, Sustainable Development, Handbook 2010. - 491 p
3. Barney L. Capehart., Wayne C. Turner., William J. Kennedy. Guide to Energy Management. The Fairmont press, Inc. Sixth Edition, 2008. -
4. გუდიაშვილი მ. არაბიძე გ. ჯიშკარიანი თ. ენერგომენეჯმენტის პრინციპები. თბილისი: 2011.- 155გვ.;
5. მ. კვიციანი, ვ. კიკუტაძე, დ. სიხარულიძე, ენერგეტიკის ბიზნესი (ლექციების კურსი), გამ. „ლოი“, 2011.-587გვ.;
6. http://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%202009%20RS_NC_04.01.13_current.pdf
7. <http://www.breeam.org/> - The world's leading design and assessment method for sustainable buildin
8. <http://www.iisbe.org/> - International Initiative for a Sustainable Built Environment
9. <http://www.leed.net/> - Promoting LEED Certification and Green Building Technologies
10. http://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%202009%20RS_NC_04.01.13_current.pdf
11. www.energymanagement.com/
12. www.energymanagertraining.com/

ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF ASSESSMENT SYSTEM OF GREEN BUILDING

V. KIKUTADZE

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University
Grigol Robakidze University

The assessment „degree of green” of green building is based on the consensus of stakeholders about green buildings. Consequently the strict rating assessment system of green building is the topical issue. Green building rating assessment system of LEED is based on the developed and accepted standards that are resulted from the consensus in which interest of various parties are took into account. Assessment system of LEED is based on the production process parameters which is extensively applied in developed countries.

⁸ Steve Doty., Wayne C. Turner., Energy Management (han handbook), seventh edition, 2008.-850p.



**ეკოლოგიურად ორიენტირებული მწვანე ეკონომიკის
 განვითარების პალდუმულებები საცხოვრებელი პირობების
 გაუმჯობესებისათვის**

სიჭინაშა ხ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ენერგეტიკის საკითხებს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება საქართველოსა და ევროკავშირს შორის თანამშრომლობაში. „მერების შეთანხმება“ ითვალისწინებს ადგილობრივი და რეგიონული ხელისუფლების ინიციატივას, ნებაყოფლობით შეამცირონ CO₂-ის გამოფრქვევა და გაზარდონ ენერგოეფექტურობა და განახლებადი ენერჯის გამოყენება. სტატიაში მოყვანილია ენერგოეფექტურობის პრიორიტეტული სფეროები ქობილისისათვის და ჩატარებული და მიმდინარე საქმიანობები ამ სფეროში.

ორგანული სათბობის (ნავთობი, ნახშირი, ბუნებრივი აირი) დეფიციტმა და მისი ღირებულების განუწყვეტელმა ზრდამ ენერგორესურსების არაეფექტური ხარჯვა თანამედროვეობის ერთ-ერთ აქტუალურ პრობლემად გადააქცია. ამას ემატება კლიმატის ცვლილება ანუ გლობალური დათბობა, რისი გამომწვევი ძირითადი მიზეზი არაგანახლებადი ენერჯის წყაროების (ნავთობი და სხვა წიაღისეული სათბობი) არარაციონალური გამოყენება და ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის CO₂-ის არნახული რაოდენობით დაგროვებაა, და რაც დღევანდელი მსოფლიო საზოგადოების განსაკუთრებულ შემოთვებას იწვევს.

ორგანული სათბობის წვის შედეგად ყოველ წელიწადს მსოფლიოში დაახლოებით 6 გიგატონა ნახშირორჟანგი გამოიყოფა, რომლის ნახევარზე მეტი არ შთაინთქმება ბიოსფეროთი და ოკეანის ზედაპირით და ატმოსფეროში ილექება. ბოლო 50 წლის მანძილზე ჩ 2-ის კონცენტრაცია ატმოსფეროში ყოველწლიურად 1,7 პპმ-ით იზრდება და მსოფლიო ეკონომიკის განვითარების ტემპების შემცირების შემთხვევაშიც კი (იგულისხმება ეკონომიკის განვითარების ტემპები, რომელიც არ უნდა აღემატებოდეს 2%-ს წელიწადში), 2050 წლისათვის ის 500 პპმ-ს გადააჭარბებს, ანუ ყოველ ერთ მილიონ ლიტრ ატმოსფერულ ჰაერში იქნება 500 ლიტრი ჩ 2 (პპმ – ერთ მილიონ ერთეულზე მოსული წილი).

სამწუხაროდ, მსოფლიო ეკონომიკის განვითარების ტემპების შემცირებამ (რაც უშუალოდ უკავშირდება გამოყენებული ორგანული სათბობის რაოდენობის შემცირებას) შეიძლება შეანელოს მაგრამ ვერ შეაჩერებს ატმოსფეროში ჩ 2-ის კონცენტრაციის ზრდის ტემპებს, რადგან დადგენილია, რომ ატმოსფეროში ჩ 2-ის კონცენტრაციის ზრდის შესაჩერებლად აუცილებელია უახლოესი 10-20 წლის მანძილზე მისი ემისიის შემცირება იმ დონემდე, რომელიც 3-ჯერ ნაკლები იქნება 1990 წლის ემისიასთან შედარებით.

კლიმატის ცვლილების პროცესის შენელებისა და გამწვავებული ეკოლოგიური სიტუაციის გაუმჯობესების მიზნით ენერგეტიკული თანამშრომლობის საერთაშორისო პროგრამის „ინოვეტის“ ფარგლებში ევროკავშირმა არაერთი ტექნიკური დახმარების პროექტი დააფინანსა. ერთ-ერთი ასეთი პროექტი 2008 წელს წამოწყებული „მერების შეთანხმება“, რომელიც დღეისათვის წამყვან ინიციატივად არის ქცეული.

„მერების შეთანხმება“ ითვალისწინებს ადგილობრივი და რეგიონული ხელისუფლების ინიციატივას, ნებაყოფლობით გაზარდოს ენერგოეფექტურობა და განახლებადი ენერჯის გამოყენება, შეამციროს ჩ 2-ის გამოფრქვევა, განავითაროს ეკოლოგიურად ორიენტირებული მწვანე ეკონომიკა, გააუმჯობესოს საცხოვრებელი პირობები და გაატაროს მდგრადი ენერგეტიკის პოლიტიკა.

ამ ინიციატივში გაერთიანებულია 4 527 ხელისმომწერი ქალაქი, რომელთაგანაც 60 აღმოსავლეთ ევროპის, სამხრეთ კავკასიისა და ცენტრალური აზიის მუნიციპალიტეტებია. გარდა ამისა, აღმოსავლეთთან პარტნიორობისა და ცენტრალური აზიის ქვეყნების ადგილობრივი მმართველობების მეშვეობით მერების შეთანხმებაში ამ ქვეყნებში მცხოვრები 166 მილიონზე მეტი მოქალაქეა ჩართული.

მერების შეთანხმებაზე ხელმომწერით ქალაქები ნებაყოფლობით იღებენ ვალდებულებას ენერგოეფექტური ღონისძიებების მეშვეობითა და განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენებით 2020 წლისთვის 20% -ით შეამცირონ CO₂-ის ემისია.

2011 წლის სექტემბერში ევროკომისიის დაფინანსებით დაიწყო პროექტი „მერების შეთანხმება აღმოსავლეთით“. პროექტის მიზანია აღმოსავლეთ ევროპის, კავკასიისა და ცენტრალური აზიის ქვეყნების (სომხეთი, აზერბაიჯანი, ბელორუსი, საქართველო, ყაზახეთი, ყირგიზეთი, მოლდოვა, ტაჯიკეთი, თურქმენეთი, უკრაინა და უზბეკეთი) თვითმმართველობების დახმარება საწვავ წიაღისეულ სათბობზე დამოკიდებულების შემცირებასა და ენერგომიწოდების უსაფრთხოების გაუმჯობესებაში, რათა მათ მიეცეთ საშუალება, უფრო აქტიური როლი ითამაშონ კლიმატის ცვლილების პროცესის შენელებაში.

2011 წლის სექტემბერში ქალაქ თბილისსა და ლვოვში გაიხსნა ბრიუსელის მერების შეთანხმების ოფისის ფილიალი ოფისები, რომლებიც დაეხმარებიან ადგილობრივ მთავრობებს, ხელი მოაწირონ მერების შეთანხმებას, რის შემდგომ გაუწევენ მათ ტექნიკურ დახმარებას რათა მოამზადონ და განახორციელონ ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმა (ემგსგ).

პროექტის საქმიანობა მიზნად ისახავს ოთხი ძირითადი მისიის განხორციელებას:

1. **სტიმულირება** - მერების შეთანხმების ინიციატივის შესახებ ბენეფიციარ ქვეყნებში ცნობადობის ამაღლება მნიშვნელოვანი რაოდენობის ხელისმომწერებთან ერთად და შეთანხმების ფასილიტატორების რაოდენობის გაზრდა;
2. **ტრენინგების ჩატარება და ცნობიერების ამაღლება** – მერების შეთანხმების აღმოსავლეთ ოფისი (COMO East) ტრენინგებისა და პოტენციალის ზრდის საშუალებით დაეხმარება ადგილობრივ მთავრობებს შეასრულონ მათ მიერ აღებული ვალდებულებები და შეთანხმების ხელშემწყობებს მიეცეს საშუალება მიზნობრივ ჯგუფებს გაუწიონ საუკეთესო ხარისხის მომსახურება;
3. **ტექნიკური დახმარების სამსახური** - აწვდის ინფორმაციას შეთანხმებაში მონაწილეობით ან მისი მხარდაჭერით დაინტერესებულ მხარეებს (ქალაქები, რეგიონული მთავრობები, ასოციაციები და სხვ.), ყოველდღიურ დახმარებას უწევს შეთანხმების მონაწილეებს ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმის მომზადებასა და განხორციელებაში და ხელს უწყობს ტერიტორიულ კოორდინატორებთან თანამშრომლობის ეფექტური გეგმების შემუშავებას;
4. **კავშირი დონორ ორგანიზაციებთან** - მთელი სექტორის მასშტაბით კოალიციის შექმნა ხელმომწერი მხარეების მიერ ვალდებულებების შესრულების მხარდასაჭერად, კერძოდ, მდგრადი ენერგეტიკული სამოქმედო გეგმაში არსებული ღონისძიებების განხორციელებისათვის საჭირო ინვესტიციების დასაფინანსებლად. ბენეფიციარების, ადგილობრივი და რეგიონული ორგანიზაციების, დონორების წარმომადგენლებისა და ევროკავშირის შესაბამისი დელეგაციების, ასევე სხვა დაინტერესებული მხარეების ერთმანეთთან დაკავშირება. გაუწიოს ხელმძღვანელობა სიცოცხლისუნარიანი პროექტების დადგენის უზრუნველყოფისათვის.

მერების შეთანხმების ბრიუსელის ოფისთან და ერთობლივ კვლევით ცენტრთან (JRC) მჭიდრო კოორდინირება წარმართება ევროკომისიის განვითარებისა და თანამშრომლობის გენერალური დირექტორატის მეთვალყურეობის ქვეშ.

ხელმომწერები გააცნობიერებენ და შეძლებენ თავიანთი ვალდებულებების შეს-

რულებას, ამისათვის საჭირო პოტენციალის შექმნასა და იმ ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სტრატეგიების განხორციელებას რომელსაც შეიცავს მათი ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმა და ემისიის საბაზისო ინვენტარიზაცია.

მუნიციპალიტეტების გაუმჯობესებული პოტენციალი და ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმა გადავიღებთ დაფინანსების ისეთ წყაროების მოზიდვას, როგორცაა ადგილობრივი ფინანსური ინსტრუმენტები, პირდაპირი უცხოური ინვესტიციები IFI და სხვა საერთაშორისო ინსტრუმენტები, მაგალითად, სამეზობლო საინვესტიციო ორგანიზაცია (NIF) და ცენტრალური აზიის საინვესტიციო ორგანიზაცია (IFCA).

ქ. თბილისის მერია „მერების შეთანხმებას“ 2010 წლის 30 მარტს მიუერთდა. 2011 წლის 25 ნოემბერს ოფიციალურად დამტკიცდა ქ.თბილისის ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების გეგმა, რომელიც მოიცავს ოთხ ძირითად სექტორს:

- შენობების სექტორი – მუნიციპალური და არამუნიციპალური შენობები, საცხოვრებელი შენობები;
- ტრანსპორტის სექტორი – მუნიციპალური ავტოსადგომი, საზოგადოებრივი ტრანსპორტი, კერძო და კომერციული სატრანსპორტო საშუალებები;
- მუნიციპალური ინფრასტრუქტურის სექტორი – ქუჩის განათება, ნაგავსაყრელი, გამოყენებული წყალი;
- მწვანე ადგილები – ქალაქში მწვანე ფართების გაუმჯობესება.

ენერგოეფექტურობის პრიორიტეტული სფეროები ქ.თბილისისათვის მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

ენერგოეფექტურობის პრიორიტეტული სფეროები ქ. თბილისისათვის

№	სექტორი	ენერგო მოხმარება	ენერჯის ინტენსივობა	ადგილობრივი კონტროლის დონე	დაზოგვის პოტენციალი
1	კერძო ტრანსპორტი	536,923	31,2	0,25	41,954 (პრიორიტეტი 1)
2	საზოგადოებრივი ტრანსპორტი	58,179	20,2	0,74	8,596 (პრიორიტეტი 1)
3	გარე განათება	3,643	42,1	0,95	1,460 (პრიორიტეტი 1)
4	მყარი ნარჩენები	494,940	44,7	0,95	210,377 (პრიორიტეტი 1)
5	მუნიციპალური ტრანსპორტი	1,657	3,5	0,95	56,172 (პრიორიტეტი 1)

ენერგოეფექტურობის კუთხით ჩატარებული და მიმდინარე საქმიანობები მოცემულია ცხრილში 2.

ცხრილი 2.

ჩატარებული და მიმდინარე სამუშაოები

№	საქმიანობა	ათასი ტ/წლ
1	მუნიციპალური ავტოპარკის განახლება	1,0
2	ავტობუსების ავტოპარკის ოპტიმიზაცია	15,0
3	შუქნიშნების მართვის ცენტრის შექმნა	5,0
4	გზების ინფრასტრუქტურის განვითარება	0,5
5	ფლუორისცენციური ნატურების დამონტაჟება საცხოვრებელი შენობების სადარბაზოებში	11,7
6	საზოგადოებრივი ტრანსპორტის სერვისის გაუმჯობესება	30,0





II საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

მერების შეთანხმებას შეუერთდა საქართველოს ხუთი ქალაქი: თბილისი, ბათუმი, ქუთაისი, რუსთავი, გორი.

პოტენციური ხელმომწერი ქალაქებია: ზუგდიდი, ფოთი, ოზურგეთი.

გამოყენებულია ინფორმაცია ვებ გვერდიდან: http://www.covenantofmayors.eu/index_en.html

A COMMITMENT TOWARDS GREEN ECONOMIC GROWTH, FOR IMPROVEMENT OF THE QUALITY OF LIFE.

SICHINAVA KH.

Georgian Technical University

Summary

The Covenant of Mayors is the fast growing mainstream European movement supported by the European Commission that involving local, regional and national authorities in the sustainable energy development and climate protection. It is based on a voluntary commitment of municipal councils to improve the quality of life of their citizens by improving energy efficiency and expanding usage of renewable energy that will result in at least 20% CO₂ emissions reduction by 2020. Covenant of Mayors East (CoMO East) offices in Lviv and in Tbilisi have been launched in September 2011 as branch offices of the CoM Office in Brussels. They are supported the local authorities in Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia to reduce their dependency on fossil fuels, to improve security of their energy supply, and to contribute more actively to climate change mitigation. Project activities aim at accomplishing four major missions: Promotion, Training and Capacity Building, Helpdesk and Liaison with donors.

ინოვაციური ტექნოლოგიების განვითარება ენერგეტიკაში

სამყოლაძე ბ., ლომსაძე მ., ღუბლაძე ჯ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სტატიაში მოცემულია ენერგოკომპანიაში ინოვაციური ტექნოლოგიების გამოყენების საკითხები და განვითარების პრობლემები.

ენერგოკომპანიების განვითარებისთვის დიდი როლი ენიჭება ინოვაციური ტექნოლოგიების დანერგვას. იმის გამო, რომ ენერგოკომპანია წარმოადგენს ქვეყნის ელექტროენერგეტიკის განვითარების საფუძველს, ამიტომ ენერგოკომპანიის წარმატება უშუალოდ გავლენას ახდენს ქვეყნის ეკონომიკაზე. ინოვაციური ტექნოლოგიები ენერგოკომპანიებში აყალიბებენ ენერგეტიკული სექტორის პერსპექტიული განვითარების ახალ ორიენტირებს. თავისთავად ცხადია, ამ შემთხვევაში ელექტროენერგეტიკის განვითარების სტრატეგიულ მიზანს წარმოადგენს ენერგოკომპანიების ენერგეტიკული პოტენციალის მაქსიმალური გამოყენება. ამ შემთხვევაში ინოვაციური ტექნოლოგიები თავისთავად წარმოადგენს განვითარების ინოვაციურ გზაზე ელექტროენერგეტიკის გადაყვანის საფუძველს.

ტექნოლოგიური პოტენციალის დასადგენად მოითხოვება სახელმწიფოს, სამეცნიერო-სასწავლო უნივერსიტეტებისა და ბიზნესის, ასევე საფინანსო ინსტიტუტების ურთიერთსარგებლიანი თანამშრომლობა. ეს თანამშრომლობა საშუალებას მოგვცემს დავამუშაოთ, როგორც ელექტროენერგეტიკის ასევე ცალკეული ენერგოკომპანიის ინოვაციური განვითარების სტრატეგია.

ინოვაციური ტექნოლოგიების განვითარება ენერჯეტიკაში

ელექტროენერგეტიკაში ინოვაციური ტექნოლოგიების განვითარების საფუძველზე დამყარებულია ცალკეული ენერგოკომპანიის განვითარების პრობლემები, რომელიც უშუალოდ დაკავშირებულია შემდეგ მიმართულებებთან: საქართველოს ენერგოკომპანიებში მაღალია ძირითადი ენერგეტიკული დანადგარების ცვეთის ხარისხი; დაბალია დანადგარების მარტივი ქმედების კოეფიციენტი საზღვარგარეთის ქვეყნებთან შედარებით; ნაკლებია კაპიტალდაბანდების სიდიდე, ახალი სიმძლავრეების მწყობრში შესაყვანად; არ არსებობს ეროვნული ინოვაციური დამუშავებები და ტექნოლოგიები, იმის გამო, რომ ნაკლებად ხდება მეცნიერების დაფინანსება, შესაბამისად ხდება მოძველებული ტექნოლოგიების გამოყენება. ინოვაციური ტექნოლოგიების ეს პრობლემები განსაკუთრებულ პირობებს უყენებს ელექტროენერჯის ბაზარს, რომელიც დაკავშირებულია შემდეგ მიმართულებებთან: განუსაზღვრელია ელექტრომომხმარებლის გრძელვადიანი დინამიკა; არ ხერხდება ახალი სიმძლავრეების მწყობრში შეყვანა, მიუხედავად იმისა, რომ არსებობს 15 პიდროელექტროსადგურის მშენებლობის პროექტი; იზრდება კონკურენცია გენერატორებს შორის; იზრდება ფასები სათბობზე; თავისებურია მომხმარებლების პროგრამების რეალიზაცია ენერგომომხმარებაზე; არ არის გამოკვეთილი სახელმწიფო პოლიტიკა ენერგოეფექტიანობაზე, ინოვაციებზე და დანადგარების მოდერნიზაციაზე.

ჩამოყალიბებული პირობები და ამოცანები გვაყენებს იმ პრობლემების წინაშე, რომლებიც უნდა გადაწყდეს და ასეთებად მიგვაჩნია: საინოვაციო საქმიანობა უნდა მიმდინარეობდეს მუდმივად და უნდა იყოს ენერგოკომპანიების კულტურული ნაწილი; აუცილებელია ამაღლდეს მოქმედი სიმძლავრეების ეფექტიანობა; აუცილებელია გაერთიანებული ძალისხმევა ენერგოკომპანიებისა და სახელმწიფოს ინოვაციების სამეცნიერო საქმიანობის დაფინანსების საკითხებში; სახელმწიფომ თვითონ უნდა შექმნას ისეთი მექანიზმები, რომლებიც ხელს შეუწყობს ინოვაციურ საქმიანობას და ენერგოკომპანიებში უნდა შეიქმნას საინოვაციო გარემო.

საქართველოს ენერგოკომპანიებში წლების მანძილზე მიმდინარეობს ინოვაციური პროცესები, რომელთა დანერგვამ განსაზღვრული წვლილი შეიტანა ენერგოკომპანიის საქმიანობის განვითარებაში. ასეთებად მიგვაჩნია 2000-იანი წლების დასაწყისში ელექტროენერჯის საბითუმო ბაზრის ჩამოყალიბება, ენერგეტიკაში დამოუკიდებელი მარეგულირებელი კომისიის „სემეკი“-ს შექმნა, უცხოური მენეჯმენტის ფუნქციონირება ენერგოკომპანიებში, რომელმაც შეცვალა მიდგომა მათ მიმართ და გამოკვეთა ახლებური ენერგეტიკული პოლიტიკა, რომ მწარმოებელი არ წარმოადგენს ელექტროენერჯის რეალიზატორს, თუმცა დაშვებულია პირდაპირ მომხმარებლებზე გაყიდვები, მაგრამ ძირითადად სავაჭრო ოპერაციები სრულდება კომერციული ოპერატორის მიერ, რომელიც სი-ახლეა. განსაკუთრებით უნდა შევეხოთ ენერგოკომპანიებში რეჟიმების გამოთვლებს, კონტროლს, დისპეტჩირებას. უკანასკნელი 5 წლის მანძილზე დანერგილი იქნა სხვადასხვა სისტემები, რომელთა მეშვეობით შესაძლებელი იქნა მონაცემების ზუსტი დამუშავება და გათვლები, დისპეტჩერული კონტროლი, კომუნიკაციური პროცესების მართვა, პროგნოზირების დანართი და სხვა. ასევე მცირე ინოვაციებმა, რომელთა შორის გამოირჩევა SCADA-ს სისტემის დანერგვა და რომელიც საშუალებას გვაძლევს ეფექტურად მოვახდინოთ შემდეგი პროცედურების ჩატარება:

- მონაცემების დამუშავება

KTC სერვერი პასუხისმგებელია მონაცემების დამუშავებაზე. მონაცემების დამუშავება მართავს მონაცემებს და შეჰყავს მონაცემები (OBD) მონაცემთა ოპერატიულ ბაზაში. აქ მიმდინარეობს გათვლები, მონაცემთა კომბინაციები და მონაცემთა განსაკუთრებული ტიპის სპეციალური დამუშავება.

- დისპეტჩერული კონტროლი.

დისპეტჩერული კონტროლი მართავს ოპერატორის მოთხოვნებს ენერგეტიკული მართვის სისტემის მოწყობილობების მიმართ, რომელიც ეხება ოპერაციებს, ენერგოსისტემის მოწყობილობების განვითარებისთვის. ასევე ოპერატიულ მოთხოვნებს დისპეტჩერულ

ლი მართვის ბრძანებები ჰქვია.

- კომუნიკაციური პროცედურის მართვა.

კომუნიკაციური პროცედურის მართვა (SPM) ამოცანების შექმნის, გაშიფვრის, შესრულების, მოდიფიცირების, შენახვის და ქსელური მართვის საშუალებას გვაძლევს, რეომელიც შედგება დისპეჩერული მართვის ბრძანებებისგან.

- ენერგომომხმარებლის ანგარიში.

ენერგომომხმარებლის ანგარიში (EA) საშუალებას გვაძლევს შევაგროვოთ და შევინახოთ გენერაციის მნიშვნელობა, გადინება და დატვირთვა.

- გრძელვადიანი არქივის სისტემა (HIS)

გრძელვადიანი არქივის სისტემა გამოიყენება მიმდინარე მონაცემთა შესანახად, მათი დაარქივებისა და აღდგენისთვის.

- ენერგეტიკული დანართი (PA)

ელექტროენერჯის წარმოების მართვის ოპტიმიზაციის მიზანია გენერატორებს შორის სიმძლავრის განაწილება ისეთი სახით, რომ დანახარჯები მინიმალური დარჩეს. ოპტიმიზაცია ხდება სხვადასხვა ფაქტორების, რასაც მიყვავართ დანახარჯების მინიმალურობისკენ.

- პროგნოზირების დანართი (SA)

შესრულებადი ფუნქციები:

. დატვირთვის გრაფიკის მოკლევადიანი პროგნოზირება.

. გაცემის გრაფიკის შედგენა გვშ

. წყლის დონის მომატების პროგნოზი

. ენერგორესურსების დანახარჯების ოპტიმიზაცია.

- ქსელური დანართი (NA)

ქსელური დანართების ქვესისტემა ეხმარება მომხმარებელს სწრაფად და ზუსტად შეაფასოს სისტემის მიმდინარე მდგომარეობა.

- ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკა (ასა)

ენერგოსისტემის მდგრადი მუშაობისა და მეზობელ ენერგოსისტემებთან ენერჯის მიმოცვლის საიმედოობის ამაღლების მიზნით საქართველოს ენერგო სისტემაში დანერგილია ასა (I ეტაპი) და გრძელდება მისი მეორე ეტაპი

ასა-ს ფუნქციაა უზრუნველყოს სისტემის მუშაობის მდგრადობა n-1 რეჟიმში ანუ 500კვ ძაბვის ნებისმიერი ელექტროგადაცემის ხაზის ავარიული გამორთვისას.

ასა-ს I ეტაპი მოიცავს მხოლოდ „იმერეთის“ და „ქართლი2“-ის ავარიული ამორთვის შემთხვევებს, ხოლო II ეტაპი (რომელიც ექსპლუატაციაში შევა 2013წლის ბოლოს შეიცავს ეგს-ებს და დამატებით შეიცავს ელექტროსისტემის ყველა 500კვ ძაბვის ეგს-ებს და სისტემათა შორისი კავშირებს (რუსეთთან, აზერბაიჯანთან, თურქეთთან).

ასა-ს ავტომატიკა დამონტაჟდება საქართველოს ყველა 500კვ ძაბვის ქვესადგურზე („ენგურჰენის“, „ხესტაფონი“ , „ქსანი“, „ახალციხე“, „გარდაბანი“) და ბათუმის 220კვ ძაბვის ქვე სადგურზე. ასევე ზერბაიჯანის ელექტროსისტემის „სამუხის“ ქვესადგურზე და თურქეთის ელექტროსისტემის „ბორჩხასა“ და „მურატლის“ ქვესადგურებზე.

ასა-ს ტერმინალებს შორის კავშირი ხორციელდება ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელებით(იგივე SCADA-ს კაბელებით).

ასა გამიზნულია მასზე რომ ენერგორესურსი გამოყენებული იქნეს მაქსიმალურად იმ პირობით, რომ n-1 რეჟიმისას თავიდან ავიცილოთ მთლიანი რეგიონული სისტემის კოლაფსი.

- PSS/E პროგრამა

PSS/E პროგრამა ეს არის სისტემის მდგომარეობის აღმწერი კომპიუტერულ პროგრამათა პაკეტი.

იგი ითვალისწინებს როგორც დამყარებული, ასევე გარდამავალი რეჟიმების გაანგარიშებასა და ანალიზს. ასევე ამ პროგრამის საშუალებით ტარდება სისტემაში სი-



ამ პროგრამის დანერგვით მკვეთრად გაუმჯობესდა გამოთვლების ხარისხი, შემცირდა სამუშაოს სიძლიერე და შესრულების ხანგრძლივობა, შესაძლებლობა გაჩნდა შესრულდეს დიდი მოცულობის სამუშაო შრომისა და დროის იმავე დანახარჯების პირობებში. ველაფერი ეს საშუალებას იძლევა უფრო მაღალ ხარისხში შევასრულოთ სისტემის მდგომარეობის ანალიზი მისი მუშაობის სხვადასხვა სიტუაციებში.

- ალფა-ცენტრი

ალფა-ცენტრის საშუალებით ხორციელდება ელექტროენერჯის აღრიცხვა. მონაცემები აიღება ყოველ ნახევარ საათიანი ინტერვალით. რევირება ტარდება ერთი-საათიანი ინტერვალის მონაცემების მიხედვით.

- ოპტიკურ-ბოჩკოვანი ქსელი

დანერგვლია და ექსპლუატაციაშია ოპტიკურ-ბოჩკოვანი ქსელი სსე-ს ყველა ენერგო ობიექტსა და ცენტრს შორის, რომლის საშუალებით შესაძლებელი გახდა ყველა ზემოთ აღნიშნული ინოვაციების განხორციელება.

- მცირე მოცულობის ინოვაციები

1,,ბათუმი 220“ ქვესადგურის ორივე ავტოტრანსფორმატორზე დაყენებულია ძაბვის ავტომატური მართვის ტაპონ 260 ტიპის მოწყობილება, რომლის რესურსი 300000 გადართვას მოიცავს და იძლევა საშუალებას მაღალი ძაბვის ქსელში ძაბვის ცვალებადობისას 110კვ ძაბვის ქსელში დაიჭიროს ძაბვის სტაბილური სიდიდე.

ანალოგიური პროექტი განხორციელდება „დიღუბე 220“-ში უახლოეს მომავალში.

4

THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN ENERGY

AMKOLADZE G., LOMSADZE M., DUGLADZE J.

Georgian Technical University

Summary

The innovative technologies plays a significant role for the development of energy companies. energy companies is the basis for the development electric energy and success directly affects the country's economy. innovative technologies in the energy sector promising new perspective and guidelines in the energy companies. Development of innovative technology is based upon the development of the energy problems in the electricity, that special conditions to the electricity market.

Energy companies of Georgia in the recent years the progress of innovative processes, which contributed to the introduction of certain activities in the development of the energy companies. In this regard, the establishment of the wholesale electricity market, creation the company's independent regulatory energy "Regulation Commission", foreign management and operation in energy companies. The small innovations, among which stands out SCADA system implementation.

ენერგეტიკული სტატისტიკის განვითარებისა და ერთიანი სისტემის ჩამოყალიბების მიმართულებები. (პრობლემები და პერსპექტივები ენერგოსისტემაში)

კუხიანიძე-ახვლედიანი ნ.ნ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

განხილულია საქართველოს ენერგოსისტემაში არსებული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები, ასევე ენერგეტიკული სტატისტიკის განვითარების, ერთიანი სისტემის ჩამოყალიბების მიმართულებები. კერძოდ პროგრამის ექსპერტების ჩართულობით ენერგოსფეროში შემუშავებული „ენერგეტიკული სტატისტიკის სამოქმედო გეგმით“ შესაძლებელია განისაზღვროს ენერგეტიკული სტატისტიკის განვითარებისა და ერთიანი სისტემის ჩამოყალიბების გზები, რომელიც საქართველო-

კუხიანიძე-ახვლედიანი ნ.ნ.

სათვის საშუალების მიმცემი იქნება ენერგეტიკული მონაცემების ერთიანი ბაზის შექმნისა. აღნიშნული კი მეტყველებს იმაზე, რომ საქართველოს ენერგეტიკისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროსა და „საქსტატის“ აღნიშნული კუთხით თანამშრომლობა კიდევ ერთი წინგადადგმული ნაბიჯი იქნება საქართველოს ერთიან ევროპულ სისტემაში ინტეგრაციისათვის.

ენერგეტიკას უდიდესი როლი ენიჭება ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობის ამაღლებაში. იგი საკმაოდ ინტენსიური დარგია და მისი განვითარება (განსაკუთრებით მაგენერირებელი სიმძლავრეებისა) დიდ დროსა და სახსრებთან არის დაკავშირებული. ამიტომაც მსოფლიოში მიღებული, რომ ენერგეტიკა წინმსწრები ტემპით უნდა ვითარდებოდეს, რათა იგი მზად დახვდეს ენერგორესურსებზე ეკონომიკისა და მოსახლეობის მზარდ მოთხოვნილებას და არც ერთ ეტაპზე არ გახდეს ეკონომიკის განვითარების დამამუხრუჭებელი ფაქტორი. სამწუხაროდ, ჩვენი საზოგადოების საკმაოდ დიდ ნაწილს ჯერ კიდევ არა აქვს სწორად ჩამოყალიბებული წარმოდგენა იმის შესახებ, რომ ენერგორესურსები თავისით არ მიდიან მომხმარებელბამდე და რომ მათი მოპოვება, გადაამუშავება, ტრანსპორტირება და განაწილება მრავალ, საკმაოდ რთულ პრობლემასთანაა დაკავშირებული. არ აქვთ გაცნობიერებული, რომ ენერგეტიკა ყოველთვის იყო და მომავალშიც იქნება ქვეყნის ეკონომიკური წინსვლის განმსაზღვრელი ფაქტორი, რომელიც უზრუნველყოფს ეროვნული მეურნეობის ყველა დარგისა და ქვეყნის უსაფრთხოების სიცოცხლისუნარიანობას. იგი ერთადერთი დარგია, რომლის გაჩერება სრულად დასცემს დამბლას ქვეყნის ეროვნული მეურნეობის უკლებლივ ყველა დარგს და თავდაცვისუნარიანობას. საჭიროა გავაანალიზოთ, განვითარების რა ეტაპზე ვიმყოფებით, რა მოცულობის ენერგორესურსები დაგვჭირდება და როგორ უნდა მოვიპოვოთ ან ვაწარმოოთ ისინი. უწინარესად, უნდა აღინიშნოს ის დიდი სამუშაო, რომელიც უკანასკნელ წლებში ჩატარდა საქართველოში ენერგეტიკული სისტემის ტექნიკური მდგომარეობისა და აღრიცხვიანობის მოსაწესრიგებლად, ასევე იმ მიმართულებით, რომ ენერგოსისტემის საქმიანობაში ვეღარ ერევიან მმართველობის ცენტრალური თუ ადგილობრივი ორგანოების სხვადასხვა დონის ხელმძღვანელი მუშაკები, რომლებიც წინა წლებში აიძულებდნენ ენერგოსისტემას, მათ მიერ ღობირებული საწარმოებისთვის უფასოდ მიეწოდებინათ გაზი თუ ელექტროენერჯია. ყოველივე ამის მიღწევა შესაძლებელი გახდა იმის ხარჯზე, რომ ქვეყანაში დამყარდა საგადასახადო და საბაჟო წესრიგი, აღარ იმალება (ყოველ შემთხვევაში აღრინდელი დონით) წარმოებისა და იმპორტირებული საქონლის მოცულობა, მრავალჯერადად გაიზარდა საბიუჯეტო სახსრები და სწორედ სახელმწიფო ბიუჯეტიდან გამოიყო ენერგეტიკული პრობლემების მოსაგვარებლად 1.5 მილიარდ ლარზე მეტი. ამასთან საკმაოდ დიდი სახსრები მოხმარდა იგივე პრობლემების მოგვარებას გრანტების სახით. ასევე დიდი მოცულობის სამუშაოები ჩატარდა პრივატიზებულ ობიექტებზე (სს "თელასი" და სს "ენერგო პრო ჯორჯია") ინვესტირების სახსრებით. დარგი სერიოზულ წინსვლას განიცდიდა 2004-2005 წლებში. აღნიშნულ პერიოდში განხორციელდა ენერგეტიკული სექტორის რეორგანიზაცია, მოწესრიგდა აღრიცხვიანობა და აღმოიფხვრა დავალიანებები, რამაც უზრუნველყო ამ დარგის შემდგომი სტაბილიზაცია. ჰიდროელექტროსადგურების და შიდა გაზსადენების რეაბილიტაციამ შექმნა შეუფერხებელი მიწოდების შესაძლებლობა. ადგილობრივი წარმოება გაიზარდა. მეტიც, აღმოიფხვრა კორუფცია ენერგოსექტორში, რის შედეგადაც დაძლეული იქნა ენერგეტიკული კრიზისი. უკვე 2006-2007 წლებში მთელ საქართველოს მუდმივად მიეწოდებოდა ელექტროენერჯია. ენერგეტიკის სექტორში პრივატიზების დონისძიებებმა პერმანენტული ხასიათი მიიღო. პრივატიზებას დაექვემდებარა ყველა ელექტროსადგური, გარდა ენგურის ჰიდროელექტროსადგურისა. ოფიციალური განცხადებით, 2008 წელს ენგურჰესის მართვაზე რუსულ კომპანია „ინტერ რაოს“-თან გაფორმდა მემორანდუმი, თუმცა

ენერგეტიკული სტატისტიკის განვითარებისა და ერთიანი სისტემის ჩამოყალიბების მიმართულებები (პროგნოზები და პერსპექტივები ენერგოსისტემაში)
 მემორანდუმის შინაარსი არ განსაზღვრავს ქვეყნის ეკონომიკური სიძლიერის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ინდიკატორი ერთ მოსახლეზე ელექტროენერჯის წლიური მოხმარებაა. იმ დროს, როდესაც განვითარებულ ქვეყნებში, რომლებშიც როგორც საწარმოო სექტორში, ასევე ყოფა-ცხოვრებაში დანერგილია თანამედროვე ენერგოეფექტური ტექნოლოგიები და ხელსაწყოები, ეს მაჩვენებელი 8-12 ათას და უფრო მეტ კილოვატსაათს შეადგენს, საქართველოში მხოლოდ 1700-1900 კილოვატსაათის დონეზეა. ეს კი საქართველოს ეკონომიკის მდგომარეობის უკიდურესად დაბალ დონეზე მიუთითებს. ელექტროენერჯია საქართველოს ერთ-ერთი პოტენციური მსხვილი საექსპორტო პროდუქტია. ამ მიზნით დაგეგმილია ხუდონის ჰიდროელექტროსადგურის, მრავალი მცირე და საშუალო ზომის ენერგოსადგურის მშენებლობა და 400 კილოვოლტიანი ელექტროგადამცემი ხაზის მშენებლობა საქართველოსა და სომხეთს შორის, რომელიც გამოყენებული იქნება, როგორც რუსეთის, სომხეთისა და ირანის ან, საჭიროების შემთხვევაში, თურქეთისა და ირანის ენერგეტიკულ სისტემებს შორის სატრანზიტო გზა. დაგეგმილია 500 და 400 კილოვოლტიანი ელექტროგადამცემი ხაზის მშენებლობა თურქეთთან¹⁰. 2011 წლისათვის მშენებლობის პროცესში 10 ჰესი, ჯამური ინვესტიციით - 819 მლნ აშშ დოლარი. 2015 წლისთვის მშენებლობის პროცესში იქნება კიდევ 13 ჰესი, ჯამური ინვესტიციით - 3 210 მლნ აშშ დოლარი. სულ იგეგმება 27 ჰესის აშენება, ჯამური ინვესტიციით - 4 113 მლნ აშშ დოლარი.¹¹

ცხრილი 1.

საქართველოს ელექტროენერჯის მოხმარების და ექსპორტ-იმპორტის მაჩვენებლები

წელი	ელექტროენერჯის მოხმარება (კვტ/სთ)	ელექტროენერჯის ექსპორტი (კვტ/სთ)	ელექტროენერჯის იმპორტი (კვტ/სთ)
2000	7814,9	210,7	605
2001	7159,4	295,6	818
2002	7713	251,6	739,7
2003	7976,7	235,5	1079,8
2004	8109,8	70,5	1278,1
2005	8337,7	121,8	1398,5
2006	8302,5	96,4	777
2007	8146	633,94	433,5
2008	8410,8	679,4	649,2
2009	7907,9	749,3	255
2010	8478,7	1524,3	222,1
2011	9221,5	930,6	471

4

წყარო: საქართველოს ენერგეტიკისა და ბუნებრივი რესურსები სამინისტრო

საქართველო გაზით მომარაგება 2006 წლამდე ძირითადად ჩრდილოეთ-სამხრეთ კავკასიის მაგისტრალით ხორციელდებოდა, რომელიც გასული საუკუნის 70-იან წლებში აშენდა. 1200 მმ-იანი დიამეტრის ძირითადი მაგისტრალის მშენებლობა, რომლითაც რუსეთიდან სომხეთს გაზი მიეწოდება, დასრულდა 1992 წელს. იგი საქართველო-რუსეთის საზღვრიდან იწყება და საქართველო-სომხეთის საზღვრამდე გრძელდება (221 კმ). გაზსადენით შესაძლებელია ბუნებრივი აირის მიწოდება საქართველოსა და სომხეთისათვის. პრივატიზაციის მოწინააღმდეგეები მას „სტრატეგიულ ობიექტა“ რიცხვს მიაკუთვნებდნენ. საქართველოს „ათასწლეულის ფონდის“ პროექტის ფარგლებში გაზსადენს საფუძვლიანი რეაბილიტაცია 2006-2009 წლებში ჩაუტარდა. მაგისტრალური გაზსადენის საპროექტო გამტარიუნარიანობა წელიწადში 12 მილიარდი კუბური მეტრია, 2011 წელს მან, ფაქტობრივად, გაატარა 1,6 მილი-

⁹ <http://www.civil.ge/geo/article.php?id=20347>
¹⁰ <http://www.ghn.ge/news-58503.html>
¹¹ საქართველოს სტრატეგიული განვითარების „ათაუნქტიანი გეგმა“ მოდერნიზაციისა და დასაქმებისათვის.

არდი კუბური მეტრი ბუნებრივი აირის სარეზერვუარო საზღვარს გაზსადენიდან ეკუთვნის გატარებული გაზის მოცულობის 10%. 2006 წლის იანვარში ჩრდილოეთ კავკასიაში ამ გაზსადენის ძირითად და სათადარიგო მაგისტრალზე მოხდა აფეთქება, იმავდროულად აფეთქდა რუსეთ-საქართველოს დამაკავშირებელი მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზი. მომხდარი აფეთქების შედეგად საქართველოს ენერგეტიკას მწვავე პრობლემები შეექმნა. ამ ფაქტის შემდგომ საქართველოს მთავრობის მიერ კიდევ უფრო მეტი აქცენტი გაკეთდა გაზომომარაგების სისტემის დივერსიფიცირებაზე. ბაქო-თბილისი-ერზრუმის (სამხრეთ-კავკასიის) გაზსადენის გამოცდისა და ამუშავებისათვის საქართველოს ტერიტორიაზე გაზი 2006 წლის სექტემბერში გაუშვეს. ეს მაგისტრალი აზერბაიჯანში შაჰ-დენიზის საბადოდან მოპოვებული გაზის თურქეთში ტრანზიტს ახორციელებს. გაზსადენის სიგრძე 692 კმ-ია (საქართველოს მონაკვეთზე 249 კმ). მილსადენის საპროექტო გამტარუნარიანობა წელიწადში 20 მილიარდი კუბური მეტრია. 2007 წელს დასრულდა გაზომომარაგების სისტემასთან მილსადენის შემადგენელი ახალი, გარდაბანი-საგურამოს 12-კილომეტრიანი გაზსადენის მშენებლობა. ექსპლუატაციაში მისი გაშვების შემდეგ საქართველომ მილსადენიდან პირველი გაზი 2007 წლის იანვარში მიიღო. ენერგოსისტემაში ტარიფის ზოგიერთი კომპონენტი იყო კონფიდენციალური და საზოგადოებისთვის გაუგებარი, თუ რა მონაცემებზე დაყრდნობით ფორმირდება ტარიფები ელექტროენერგიასა და ბუნებრივ გაზზე. ასევე გასაიდუმლოებული იყო საქართველოსა და ენერგეტიკულ კომპანიებთან გაფორმებული მემორანდუმები და ხელშეკრულებები (ენერგო პრო, ინტერ რაო, სოკარი). შედეგად ტარიფების შემადგენელი კომპონენტების შესახებ ინფორმაციის მიღება შეუძლებელი იყო. განვითარებული და განვითარებადი ქვეყნების უმეტესობისგან განსხვავებით საქართველოში არ ხდება სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსების დამუშავება და მათი ოპტიმიზაცია. ენერგეტიკულ სექტორში ჭარბადაა არაბუნებრივი მონოპოლიზმის ელემენტები. შესაბამისად შექმნილია თითქმის მთლიანად უცხო ქვეყნების კომპანიებით მართული ვერტიკალურად ინტეგრირებული სისტემები. საქმე ის არის, რომ ენერგოსისტემის ტექნიკური მდგომარეობის და აღრიცხვიანობის მოწესრიგების, ასევე ტარიფების მკვეთრი ზრდის ხარჯზე მნიშვნელოვნად შემცირდა ელექტროენერგიისა და ბუნებრივი გაზის მოხმარება. ვედარ ხდება მათი უკანონო მითვისება.

ელ. ენერჯის, აირის და წყლის წარმოება, განაწილების ეკონომიკურ-სტატისტიკური მაჩვენებლები

ცხრილი 2.

ელ. ენერჯის, აირის და წყლის წარმოება, განაწილება	2009	2010	2011
ბრუნვის მოცულობა (მლნ.ლარი)	1297.8	1377.9	1720.5
გამოშვებული პროდუქციის მოცულობა(მლნ.ლარი)	779.5	871.0	1024.9
დამატებული ღირებულების მოცულობა(მლნ.ლარი)	470.0	617.0	622.3
შუალედური მოხმარების მოცულობა(მლნ.ლარი)	309.5	254.0	402.5
ძირითადი აქტივები(მლნ.ლარი)	1951.4	2209.7	2582.9
დასაქმებულთა საშუალო წლიური რიცხოვნობა (ათასი კაცი)	21.5	20.4	21.6

წყარო: საქსტატი

ფაქტია, რომ ქვეყნის მთლიანი შიდა პროდუქტის მოცულობა რეალურად იმდენად კი არ გაიზარდა, როგორც ამას წარმოგვიჩენს სტატისტიკის სამსახური, არამედ დიდწილად ლეგალური გახდა საქმიანობა და გამოჩნდა რეალური მოცულობა საქართველოს ეკონომიკისა, თორემ მთლიანი შიდა პროდუქტის ხვედრითი მაჩვენებლით ერთ მოსახლეზე, რომელიც 3500 აშშ დოლარს არ აღემატება წელიწადში, არათუ განვითარებული ქვეყნების რიგში არა ვართ, არამედ ბევრ განვითარებად ქვეყანასაც ჩამოვრჩებით. ენერგეტიკისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს, სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის და პროგრამა INOGATE-ის წარმომადგენლის მიერ ხელმოწერილ იქნა ურთიერთთანამშრომლობის მემორანდუმი. მემორანდუმის თანახმად, „საქსტატი“ ენერგეტიკისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროსთან თანამშრომლობით, ენერგეტიკულ მონაცემთა ერთიან ბაზას შეიმუშავებს, რომელიც

საქართველოში ენერგეტიკის სტრატეგიის განვითარებისა და ეროვნული სისტემის ჩამოყალიბების მიზნით, (პრობლემატიკა და პერსპექტივა ენერგოსისტემაში) პროცესს ხელს შეუწყობს. სამუშაო პროცესის ტექნიკურ მხარდაჭერას პროგრამა INOGATE განახორციელებს, რომელსაც რეგიონში ენერგეტიკული თანამშრომლობის განვითარებისათვის ევროკავშირი 1999 წლიდან ახორციელებს. პროგრამის ექსპერტების ჩართულობით, „ენერგეტიკული სტატისტიკის სამოქმედო გეგმა“ შემუშავდა. აღნიშნული გეგმით განისაზღვრა ენერგეტიკული სტატისტიკის განვითარებისა და ერთიანი სისტემის ჩამოყალიბების გზები, რაც საქართველოს საშუალებას მისცემს ენერგეტიკული მონაცემების ერთიანი ბაზა შექმნას. ასევე მნიშვნელოვანია, რომ სამინისტროსა და „საქსტატის“ ამ კუთხით თანამშრომლობა კიდევ ერთი წინგადადგმული ნაბიჯია საქართველოს ერთიან ევროპულ სისტემაში ინტეგრაციისათვის. შეერთებული შტატების საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს (USAID) დირექტორი სტივენ ჰეიკინი და საქართველოს ენერგეტიკისა და ბუნებრივი რესურსების მინისტრი კახა კალაძის მიერ ხელი იქნა მოწერილი შეთანხმებას რომლის საფუძველზეც მხარს დაუჭერენ საქართველოს ელექტროენერჯის ბაზრის მოდელის 2015 (GEMM 2015) განხორციელებას. GEMM-2015 -ის განხორციელება მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს საქართველოს ჰიდროენერგეტიკაში კერძო სექტორის განვითარებას, გადაცემის სისტემის, ვაჭრობის ინსტრუმენტებისა და რისკების შემცირების მექანიზმების დახვეწის საშუალებით, რათა საქართველოს ჰიდროელექტროსადგურებს შეეძლოთ ელექტროენერჯის გაყიდვა თურქეთის და ელექტროენერჯის სხვა რეგიონალურ ბაზრებზე. სამინისტროს პირველი 6-თვის სამოქმედო გეგმის რეზიუმე თან ერთვის მხარეებს შორის ხელმოსაწერ შეთანხმებას. USAID-ისა და სამინისტროს შეთანხმების მიხედვით USAID-ი უზრუნველყოფს ტექნიკურ, ეკონომიკურ და გარემოს დაცვის კვლევების, ინვესტიციების ხელშეწყობის, მარკეტინგის, და პოტენციალის გაზრდას, რითაც დაეხმარება საქართველოს ენერგეტიკის სექტორის განვითარებაში. დიდი სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობას, როგორც წესი, 10 წელი და უფრო მეტი დრო სჭირდება. საქართველოში კი ეს ვადა კიდევ უფრო გახანგრძლივებულია, რადგან ნებისმიერი სამთავრობო თუ არასამთავრობო ორგანიზაციების დაუსაბუთებელი პრეტენზიების გამო შესაძლებელი ხდება ქვეყნის ეკონომიკური წინსვლისათვის აუცილებელი ობიექტების მშენებლობის გაურკვეველი ვადით შეჩერება ან სულაც ლიკვიდაცია. თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ განვითარებულ ქვეყნებში მთლიანი შიდა პროდუქტის და ელექტროენერჯის მოხმარების შეფარდება საშუალოდ შეადგენს 3:1, მივიღებთ, რომ საქართველოში საკუთარი მოხმარებისათვის უნდა იწარმოებოდეს არანაკლებ 35 მილიარდი კილოვატსაათი ელექტროენერჯია, ხოლო რეზერვის ჩათვლით უნდა არსებობდეს დადგმული სიმძლავრეები, რომელთა წარმოების პოტენციალი არ უნდა იყოს 40 მილიარდ კილოვატსაათზე ნაკლები. 2050 წლისთვის ბუნებრივი გაზის მოხმარება 5-6 მილიარდ კუბურ მეტრს მიაღწევს. უწინარესად საქართველოს ეკონომიკის სამინისტრომ უნდა დაამუშაოს ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების კონცეფცია, რომლის ბაზაზეც ენერგეტიკის სამინისტრო გადაამუშავებს მოქმედ ენერგეტიკულ პოლიტიკას და დაამუშავებს ენერგეტიკულ სტრატეგიას, რომელიც დაფუძნებული უნდა იყოს ობიექტურ ინფორმაციაზე, ენერგო უსაფრთხოების პრინციპებზე, შესაძლო ენერგოდამოუკიდებლობაზე, გარემოს დაცვის მოთხოვნებზე და საერთაშორისო ენერგეტიკულ სივრცეში ინტეგრაციის პრინციპებზე. ენერგეტიკული სტრატეგიის ძირითად პრიორიტეტებად შეიძლება მიჩნეულ იქნას:- მოსახლეობისა და ეროვნული მეურნეობის ენერგორესურსებით უწყვეტი და იმედიანი უზრუნველყოფა, ხელმისაწვდომი და, ამავე დროს, ენერგორესურსების ეკონომიურად მოხმარების მასტიმულირებელი ფასებით; - არადისკრიმინაციულ პრინციპებზე მოქმედი ცივილიზებული ბაზრის ჩამოყალიბება, რომელშიც სახელმწიფოს განსაკუთრებული როლი ექნება; - სასწრაფოდ დაიწყოს საქართველოს ენერგეტიკის ნორმატიულ სამართლებრივი ბაზის სრულყოფა ევროპულთან ჰარმონიზაციის გათვალისწინებით; - უზრუნველყოფილი

იქნას ყოველწლიური (მათ შორის, სექტორების მიხედვით) სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსების მეცნიერული დამუშავება და ოპტიმიზაცია, მათ შორის, უწინარესად, ენერგეტიკულ კომპლექსში შემაჯავლი ყველა დარგის ურთიერთშეთანხმებული განვითარების საფუძველზე; - შეიქმნას სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი, რომელიც სამინისტროსა და სხვა ენერგეტიკული ორგანიზაციების დაკვეთით დაამუშავებს პრობლემურ საკითხებს; - დამუშავდეს ენერგორესურსების ექსპორტ-იმპორტის პოლიტიკა ერთი მხრივ მოწოდების დივერსიფიკაციის, ხოლო მეორე მხრივ საქართველოს ჭარბი ენერგორესურსების რეალიზაციის ან პიკური სიმძლავრეების ექსპორტის სანაცვლოდ ბაზისური სიმძლავრეების იმპორტის გათვალისწინებით; - უზრუნველყოფილ იქნას არსებული სიმძლავრეების უდანაკარგოდ გამოყენება; - მიღწეულ იქნას გარემოზე ენერგეტიკის უარყოფითი გავლენის მინიმიზაცია; - დაზუსტდეს საქართველოს ენერგეტიკული რესურსების პოტენციალი; - ხელი შეეწყოს წიაღისეული ენერგოშემცველების არსებული რესურსების მოპოვებას; და ა.შ. აღნიშნული ამოცანების გადაჭრით მივიღებთ ფინანსურად მყარ, ეკონომიკურად მდგრად, ეკოლოგიური სტანდარტების შესაბამის დინამიკურად განვითარებად სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსს, რომელიც აღჭურვილი იქნება თანამედროვე ტექნოლოგიებითა და მაღალკვალიფიციური კადრებით და მოხდება მისი ინტეგრირება საერთაშორისო ენერგეტიკულ თანამეგობრობაში. ენერგეტიკული რესურსების თვალსაზრისით მსოფლიოში პირველ ადგილზე რუსეთი დგას, რომლის მარაგი 48 ტრილიონი კუბომეტრი გაზი (მსოფლიო მარაგების 30%) და 75 მილიარდი ბარელი ნავთობია (8%). რაც შეეხება ირანს, მის განკარგულებაშია 27 ტრილიონი კუბ. მ. გაზი (მსოფლიო მარაგების 17%) და 130 მილიარდი ბარ. ნავთობი (12%). აქედან გამომდინარე, კონფერენციის ირანელი მონაწილეების მიერ ფორმულირებულ იქნა ორი ქვეყნის საერთო ინტერესები, რომელთა შორის არცთუ უკანასკნელ როლს იკავებს თანამშრომლობა მსოფლიოს უმსხვილესი გაზის საბადოს "სამხრეთ ფარსის" ათვისების საქმეში. ინვესტიციების მოცულობა ირანის ნავთობის და გაზის სექტორში "გაზპრომის" მხრიდან 750 მლნ დოლარს აღწევს და ნათელია, რომ ეს ნამდვილად არ არის ზღვარი. არანაკლები მნიშვნელობა აქვს ირანის და რუსეთის ერთობლივ ქმედებებს კავკასიაში, სადაც თეირანი წინადადებას აყენებს, შეიქმნას უსაფრთხოების რეგიონული სისტემა. გარდა ბუნებრივი ენერგეტიკული რესურსებისა უნდა ითქვას, რომ ენერგეტიკული თვალსაზრისით საქართველო მზის ქვეყანაა, რომელიც გამოყენებულ უნდა იქნას ენერჯის წყაროდ. არის ასევე ადგილები, სადაც ძალიან დიდი მარაგია ქარის რესურსებისა. რაც შეეხება წყლის რესურსებს, შეიძლება ითქვას, რომ მხოლოდ 10% გვაქვს ათვისებული და გამოყენებული. დარჩენილი 90%-ც რომ ავითვისოთ, საქართველო ენერგეტიკის ექსპორტში ერთ-ერთი სერიოზული ქვეყანა იქნება. - ქუთაისში ქარის ენერჯის გამოყენებაზე საუბარი წლების წინ დაიწყო. სოფელ ფარცხანაყანების ტერიტორიაზე იაპონელებმა ვითარების შესწავლაც კი დაიწყეს. იაპონელები აკეთებდნენ დაკვირვებას ქუთაისში ქარის რესურსის გამოყენებაზე. გარდა ქუთაისისა, რეზერვები სხვაგანაც არის, მაგრამ შესწავლა უნდა. დღეს ქუთაისის მოსახლეობა 50 მეგაბაიტის ფარგლებში მოიხმარს ელექტროენერჯიას. თუ ქუთაისთან ახლოს ქარის ჰიდროელექტროსადგურების ველი გაკეთდება და ერთმეგავატიანი 50 ცალი დანადგარი აშენდება, ეს ელექტროენერჯის პრობლემას ქუთაისელებს მოუხსნის. ქარის ენერჯის უარყოფითი ფაქტორი მისი არასტაბილურობაა. ამრიგად ფაქტია, რომ განახლებადი და მცირე ენერგეტიკა დიდი ენერგეტიკის პრობლემას ვერ გადაწყვეტს, თუმცა პარალელურ რეჟიმში მან უნდა დაიკავოს გარკვეული სეგმენტი. განახლებადი ენერგეტიკის განვითარება ყოველწლიურად, ნაბიჯ-ნაბიჯ უნდა მოხდეს საქართველოში, რათა ენერგეტიკულ ბალანსში ეტაპობრივად დაიკავოს ადგილი. ამისთვის კი სახელმწიფო ენერგეტიკული პოლიტიკის სწორი მართვა და განვითარებაა საჭირო.



ლიტერატურა

1. Energy Security and Solidarity Action Plan: second strategic energy review. European commission, Directorate-General forenergy and transport.brussels.2008 <http://ec.europa.eu/energy/strategies/2008/2008-11-ser2-en.htm>
2. ბერძენი ვ. რეგიონის ენერგეტიკული პოტენციალის შეფასების შესახებ// ენერგეტიკის საკითხები. ქუთაისი, 2009. № 5, გვ. 12-16.
3. გაბიძაშვილი ბ. სტატისტიკა ეკონომიკაში, ბიზნესსა და მენეჯმენტში. თბილისი: უნივერსალი, 2008.464
4. www.Geostat.ge და სხვა

THE UNIFIED SYSTEM OF ENERGY STATISTICS AND TRENDS (PROBLEMS AND PROSPECTS IN THE ENERGY SYSTEM)

N. AKHVLEDIANI

Akaki Tsereteli State University,

Summary

In the article discusses the problems and prospects of development of the energy system and Development, the development of energy statistics, the establishment of a unified system. The program is designed for energy statistics and involvement in the energy sector action plan. It is possible to define a unified system of energy statistics and the ways in which the men of the Energy and Natural Resources Ministry and the National Statistics will be the employer of he terms of cooperation will be another step forward in the integration of the entire system.

Base models will 2015 (GEMM 2015) be significantly limiting the power of the private sector in hydropower reduction mechanisms, in order of hydropower plants electrical unable to sell electricity to turkey and other regional markets.

4

კორელაციის მეთოდის როლი ენერგოკომპანიის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების პროგნოზირებაში

ართილაყვა ა., ახვლედიანი ბ., კრავიცივილი ბ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

კორელაციის მეთოდისა და კომპიუტერული პროგრამის (Excel) დახმარებით ნაშრომში გაანალიზებულია მსხვილი ენერგოკომპანიის ძირითადი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების (წმინდა მოგება, შემოსავალი, შესყიდული ელექტროენერჯის ღირებულება) ურთიერთკავშირის სიმკვიდროვე.

მოდელირება გულისხმობს ობიექტის ან პროცესის წინასწარი შესწავლის საფუძველზე, მოდელის კონსტრუირებას მისი არსებითი მახასიათებლების ან ნიშნების გამოყოფას. ეკონომიკური და სოციალური პროცესების მოდელის გამოყენებით პროგნოზირება მოიცავს მოდელის დამუშავებას, მის ექსპერიმენტალურ ანალიზს და მოდელის საფუძველზე ობიექტის ფაქტიურ მონაცემებთან ან პროცესთან საპროგნოზო ანგარიშების შედგენის შედარების, მოდელის კორექტირების და დაზუსტების საშუალებას იძლევა.

ეკონომიკო-მათემატიკური მეთოდი წარმოადგენს ეკონომიკური პროცესის ფორმალიზებულ აღწერას და შედგება მიზნობრივი ფუნქციისა და შეზღუდვების სისტემისაგან. ეკონომიკო-მათემატიკური მოდელები შეიძლება რეალიზებული იყოს ეკონომიკო-მათემატიკური მეთოდების დახმარებით. ეკონომიკო-მათემატიკური მეთოდები წარმო-

ადგენენ ეკონომიკური მაჩვენებლების ანალიზის, სერვისის დამოყენებითი მათემატიკის მეთოდების და მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით. ეკონომიკო-მათემატიკური მეთოდების დახმარებით იქმნება შესაძლებლობა ყოველმხრივ დასაბუთდეს ეკონომიკური მაჩვენებლების ცვლილებები. ისინი საშუალებას იძლევიან პროგნოზების ხარისხის ამაღლებას, განხორციელდეს მრავალვარიანტული ოპტიმიზაციური ანგარიშები.

უმნიშვნელოვანესი ეკონომიკურ-მათემატიკური მეთოდებს შორის, რომლებიც გამოიყენებიან ეკონომიკური და სოციალური პროცესების პროგნოზირებაში გამოირჩევა დარგთაშორისი ბალანსის მეთოდი და კოორელაციური-რეგრესული მეთოდი.

დარგთაშორისი ბალანსის მეთოდი ბაზირდება დარგთაშორისი ბალანსის დამუშავების პრინციპებზე, რომელიც დასაბუთებული იქნება სპეციალისტების მიერ ამ მეთოდის გამოყენება მოთხოვნებიდან გამომდინარე ეკონომიკის განვითარების და დარგობრივი სტრუქტურების პროგნოზირების განხორციელების საშუალებას იძლევა.

კოორელაციურ-რეგრესული მეთოდის არსი მდგომარეობს მაჩვენებლის სხვადასხვა ფაქტორებზე დამოკიდებულების განსაზღვრაში. ეს მეთოდი გულისხმობს საპროგნოზო მაჩვენებლებსა და მათზე მოქმედ ფაქტორებს შორის, კოორელაციური კავშირის არსებობის დადგენას, კავშირის ფორმის განსაზღვრას, განტოლებების შედგენას და ამის საფუძველზე პროგნოზის განხორციელებას. კავშირის ფორმა ახასიათებს ერთი ნიშნის მნიშვნელობების ცვლილებას სხვა ნიშნების ცვლილებაზე დამოკიდებულებით, ის შეიძლება იყოს წრფივი და არაწრფივი. კავშირის ფორმის დადგენასთან ერთდროულად განისაზღვრება კავშირის სიმჭიდროვე, რომელსაც ახასიათებს კოორელაციის კოეფიციენტი R. აღნიშნული კოეფიციენტის განსაზღვრის რამოდენიმე მეთოდი არსებობს, რომელთაგან ყველაზე გავრცელებულია უმცირეს კვადრატთა მეთოდი, რომლის შესაბამისად კოორელაციის კოეფიციენტს აქვს სახე:

$$R_{xy} = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

ენერგოკომპანიის წარმატებული ფუნქციონირებისთვის ერთ-ერთ აუცილებელ პირობას წარმოადგენს საქმიანობის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების პროგნოზის არსებობა. თვითონ პროგნოზი გულისხმობს სამომავლოდ ენერგოკომპანიის საქმიანობაში არსებული ყველა სერიოზული ხარვეზისა თუ პრობლემის თავიდან აცილებას და ენერგოკომპანიის მომავალი განვითარების ყველაზე ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევას.

მსხვილი ენერგოკომპანიის მაგალითზე ვახორციელებთ ელექტროენერჯის შესყიდვების, შემოსავლების, მოგებისა და წმინდა მოგების მაჩვენებლების პროგნოზს. როგორც ცნობილია, თითოეულ მაჩვენებელზე მრავალი ფაქტორი ახდენს გავლენას. პროგნოზირების შემდგომი ეტაპისათვის აუცილებელია განვიხილოთ შესაბამისი მაჩვენებლისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების ურთიერთკავშირი, ვნახოთ როგორი მჭიდრო ზემოქმედება აქვს მოცემულ ფაქტორებს საპროგნოზო მაჩვენებლებთან. სწორედ მაჩვენებელთა შორის დამოკიდებულების სიმჭიდროვე განისაზღვრება კოორელაციის კოეფიციენტით. აღნიშნული კოეფიციენტის გამოთვლა შესაძლებელია EXCEL-ის პროგრამით.

განვიხილოთ სს “თელასის” შემოსავლისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების ურთიერთკავშირი.

სს “თელასის” შემოსავალი,

1. პირდაპირი გაყიდვები მოსახლეობაზე
2. საბიუჯეტო ორგანიზაციები, კომერციული სექტორი
3. სხვა პირდაპირი გაყიდვები
4. სხვა პროდუქციის რეალიზაცია
5. თვითღირებულება

კორელაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების
პროგნოზირებაში

სს “თელასის” შემოსავალისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების კორელაციური კავშირის პროგრამული ამოხსნა გვაძლევს შემდეგ მნიშვნელობებს:

$$R_1=0,992895; R_2=0,993854; R_3=0,503309; R_4=0,893276; R_5=0,619332; R_6=-0,90548 \quad (2)$$

სტატისტიკურ გამოთვლებში მიღებულია, რომ თუ კორელაციის კოეფიციენტის აბსოლუტური მნიშვნელობა აღემატება 0,5-ს, მაშინ არსებობს კორელაციური კავშირი, ანუ შესაბამისი ფაქტორების გავლენა ფუნქციაზე მნიშვნელოვანია. თუ კოეფიციენტის აბსოლუტური მნიშვნელობა 0,5-ზე ნაკლებია, მაშინ არგუმენტსა და ფუნქციას შორის შესაბამისი კავშირი უმნიშვნელოა და ფაქტორები შემდგომ გამოთვლებში არ გაითვალისწინება.

თუ კავშირების სიმჭიდროვეს განვსაზღვრავთ კორელაციის კოეფიციენტით, მაშინ სს “თელასის” შემოსავალზე მოქმედი ყველა ფაქტორი შესაძლებელია გამოვიყენოთ ამ მაჩვენებლის პროგნოზისათვის.

განვიხილოთ სს “თელასის” ელექტროენერჯის შესყიდვებისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების კავშირი.

სს თელასის” ელექტროენერჯის შესყიდვები

1. ელექტროენერჯის დანაკარგი გადაცემის დროს
2. ტექნოლოგიური დანაკარგი
3. თვითღირებულება
4. ელექტროენერჯის სასარგებლო გაშვება,

სს “თელასის” ელექტროენერჯის შესყიდვებისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების კორელაციური კავშირის ამოხსნა EXCEL-ის დახმარებით გვაძლევს შემდეგ მნიშვნელობებს:

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,777471 & R_2 &= 0,97027 & (3) \\ R_3 &= 0,622742 & R_4 &= 0,86362 \end{aligned}$$

თუ კავშირების სიმჭიდროვეს განვსაზღვრავთ კორელაციის კოეფიციენტით, მაშინ სს “თელასის” ელექტროენერჯის შესყიდვებზე მოქმედი ყველა ფაქტორი გამოვიყენება ამ მაჩვენებლის პროგნოზისათვის.

განვიხილოთ სს “თელასის” მოგებისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების ურთერთკავშირი.

სს თელასის” მოგება (ზარალი) გაყიდვებიდან

1. ელექტროენერჯის გაყიდვა შიდა ბაზარზე
2. “სს თელასის” შესყიდვები
3. ცვლადი ხარჯი
4. მუდმივი ხარჯი
5. დანაკარგები ქსელში

მოგების მაჩვენებლისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების კავშირის პროგრამული ამოხსნა გვაძლევს შემდეგ მნიშვნელობებს:

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,741001 & R_2 &= 0,50446 & (4) \\ R_3 &= -0,92996 & R_4 &= 0,741997 & R_5 &= -0,87412 \end{aligned}$$

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, ვიყენებთ იმ ფაქტორებს, რომელთაც მჭიდრო კავშირი აქვთ სს “თელასის” მოგების მაჩვენებელთან, ანუ კორელაციის კოეფიციენტის აბსოლუტური მნიშვნელობა უნდა აღემატებოდეს 0,5-ს. ჩვენს შემთხვევაში ყველა ფაქტორი გამოვიყენება.

ახლა განვიხილოთ წმინდა მოგების მაჩვენებელი და მასზე მოქმედი ფაქტორების ურთერთკავშირი, რომელიც ყველაზე უფრო კარგად ახასიათებს ენერჯიკომპანიის საქმიანობას.



2. შესყიდული ელექტროენერჯის ღირებულება
3. ცვლადი ხარჯები
4. მუდმივი ხარჯები
5. შემოსავალი

მოგების მაჩვენებლისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების კავშირის პროგრამული ამოხსნა გვაძლევს შემდეგ მნიშვნელობებს:

$$R_1 = -0,54210 \quad R_2 = 0,65521$$

$$R_3 = 0,93457 \quad R_4 = 0,82541 \quad R_5 = 0,95231 \quad (5)$$

როგორც, წინა შემთხვევებში წმინდა მოგებაზე მოქმედი ფაქტორები შეიძლება პროგნოზის ანგარიშში გამოვიყენოთ.

საბოლოოდ დადგინდა, რომ ზემოთ განხილულ ოთხივე მაჩვენებელსა და მასზე მოქმედ ფაქტორებს შორის მჭიდრო კორელაციური კავშირის არსებობა, თითოეული მაჩვენებლის პროგნოზირების შემდგომ ეტაპებზე მნიშვნელოვან და ამავედროულად დადებით ეფექტს მოახდენს.

როგორც ზემოთ ითქვა, კორელაციური მეთოდი გამოყენებულია იმისთვის, რათა დადგინდეს შერჩეული ფაქტორების კავშირის სიმჭიდროვე მოცემულ საპროგნოზო მაჩვენებელთან. კორელაციის კოეფიციენტის არსებობა საშუალებას გვაძლევს განსახორციელოთ საკმაოდ ზუსტი პროგნოზი, ჩავატაროთ ზუსტი კვლევები ენერგოკომპანიაში მიმდინარე პროცესებზე, რაც მოგვცემს საშუალებას სწორად დავეგეგმოთ ენერგობაზარზე ენერგოკომპანიის სამომავლო საქმიანობა.

THE CORRELATION METHOD IN FORECASTING OF THE TECHNICAL - ECONOMIC INDICATORS OF ENERGY COMPANY.

ARTILAKVA, G. AMKOLADZE, G. KRAVEISHVILI

Georgian Technical University

Summary

One of the necessary conditions for successful operation of the large energy company is engineering-and-economical performance, which implies avoiding of all serious faults or problems in the activities of the energy company and also selection of the most optimal way of the further developing of power company. For the prognostication it is necessary to determine the corresponding index of the power company considered in the work and the concentration of the factors influencing on this index (net profit, revenue, cost of electric power), which we carry out with the use of correlation method.

The essence of the correlation-regression method is determination of dependence of the index on the various factors. This method implies determination of existence of correlation between the prognostic indices and the factors influencing on them, determination of the correlation form, generation of equations and corresponding prognostication of the obtained data. On the basis of the research it is determined that the exact prognosis is given by the models of multiple-factor and neural nets.

საპროგნოზო ფინანსური უწყისების მომზადება ენერგეტიკული კომპანიის ღირებულების შემასების პროცესში

ზიზიბაძე მ. ა. ხუნჭარია ლ. ჯ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ყველა თანხმდება იმაზე, რომ მომავალი უცნობია და მისი უშეცდომოდ პროგნოზირება

პრაქტიკულად შეუძლებელი. მიუხედავად ამისა, დაკვირვებული ანალიზი მაინც გვაძლევს კომპანიაში წარმოდგენილია მომავლის შესახებ პროგნოზის პროცესში შეუძლებელი. კონკრეტულად აღწერილია, თუ როგორ უნდა მოხდეს ფინანსური უწყისების მომზადება, დეტალიზაციის ხარისხის სწორად განსაზღვრა, მიღებული შედეგების და ობიექტური რეალობის შედარება ენერგეტიკული კომპანიის მომავალი შედეგების საპროგნოზოდ.

საპროგნოზო ფინანსური მოდელის მომზადებისას, უპირველეს ყოვლისა, გათვალისწინებული უნდა იქნას გრძელვადიან პერიოდში ორგანიზაციის განვითარების უნარი. პროგნოზირების პროცესი იწყება საპროგნოზო პერიოდის დროითი პორიზონტის და დეტალიზაციის ხარისხის განსაზღვრით. ენერგეტიკული კომპანიის ღირებულების შეფასებისას, დისკონტირებული ფულადი ნაკადის მეთოდის გამოსაყენებლად, საჭიროა თავისუფალი ფულადი ნაკადების პროგნოზირება, რასაც წინ უნდა უძღოდეს მოგება-ზარალის ანგარიშების (მოგება-ზარალის უწყისი), ფინანსური მდგომარეობის ანგარიშების (საბალანსო უწყისი) და გაუნაწილებელი მოგების საპროგნოზო უწყისების მომზადება. პროგნოზირების პროცესი შეგვიძლია პირობითად დავეყთ 6 ნაწილად:

- *გასული პერიოდის ფინანსური ანგარიშების უწყისების მომზადება და ანალიზი:* საპროგნოზო ფინანსური უწყისების მომზადებას წინ უნდა უსწრებდეს გასული პერიოდის ფინანსური უწყისების მომზადება და ანალიზი.
- *შემოსავლების პროგნოზირება:* თითქმის ყველა საპროგნოზო სიდიდე პირდაპირ ან ირიბად უკავშირდება შემოსავალს. მომავალი შემოსავლის პროგნოზირება ხდება ბაზარზე („ზემოდან-ქვემოთ“) ან მომხმარებელზე დაყრდნობით („ქვემოდან-ზემოთ“).
- *საპროგნოზო მოგება-ზარალის უწყისის მომზადება:* ეკონომიკური კონტექსტის გათვალისწინებით ხდება საოპერაციო ხარჯების, ცვეთის, საპროცენტო შემოსავლის, საპროცენტო ხარჯის და გადასახადების პროგნოზირება.
- *საპროგნოზო საბალანსო უწყისის მომზადება (ინვესტირებული კაპიტალისა და არასაოპერაციო აქტივების ნაწილი):* განისაზღვრება საოპერაციო საბრუნავი კაპიტალის, ძირითადი საშუალებების, არასაოპერაციო აქტივების საპროგნოზო მაჩვენებლები.
- *საპროგნოზო საბალანსო უწყისის მომზადება (ინვესტორის ფონდების ნაწილი):* ხდება საბალანსო უწყისის დარჩენილი ნაწილების - გაუნაწილებელი მოგების და საკუთარი (აქციონერული) კაპიტალის სხვა ანგარიშების პროგნოზირება. ჭარბი ფულადი სახსრების და ახალი სასესხო ვალდებულებების მუხლები გამოიყენება საბალანსო უსწყისის დასაბალანსებლად.
- *ინვესტირებულ კაპიტალზე უკუგების და თავისუფალი ფულადი ნაკადების გამოთვლა:* პროცესი სრულდება ინვესტირებულ კაპიტალზე უკუგების და თავისუფალი ფულადი ნაკადების გამოთვლით, რაც თავის მხრივ წარმოადგენს ღირებულების შეფასების საფუძველს.

საპროგნოზო ფინანსური უწყისების მომზადებამდე საჭიროა ენერგეტიკული კომპანიის გასული პერიოდის ფინანსური მონაცემების ელექტრონულ ცხრილებში ასახვა. შემოსავლების საპროგნოზოდ გამოყენებული უნდა იქნას ორი მეთოდიდან ერთ-ერთი: „ზემოდან-ქვემოთ“ მეთოდი, ან „ქვემოდან-ზემოთ“ მეთოდი. პირველის შემთხვევაში, ბაზრის მთლიანი მოცულობის შეფასებით, ვადგენთ ყველა მონაწილის ერთობლივ შემოსავალს. შემდეგ ვსაზღვრავთ ერთი კონკრეტული კომპანიის ბაზრის წილს და ვანგარიშობთ მის შემოსავალს. მეორე მეთოდის გამოყენებისას კი ვეყრდნობით კომპანიის მიერ მომზადებულ პროგნოზებს, რომელიც თავის მხრივ, ეფუძნება მიმდინარე და პოტენციური მომხმარებლების შესახებ არსებულ მონაცემებს. შესაძლებლობის შემთხვევაში რეკომენდირებულია ორივე მეთოდის გამოყენება და მიღებული შედეგების ურთიერთშედა-

რება.

დაგეგმვისას, „ხემოდან-ხემოთ“ ექსპლოატაციის განხორციელება შესაძლებელია ნებისმიერ შემთხვევაში. თუ ბაზრის მოცულობის ზრდის ტემპი დაბალია და უშუალოდ დაკავშირებულია ეკონომიკური ზრდის მაჩვენებელთან, მკვლევარს შეუძლია დაეყრდნოს პროფესიული ორგანიზაციების მიერ ბაზრის მოცულობის შესახებ გამოქვეყნებულ პროგნოზებს და კონცენტრირდეს კონკრეტული ფირმის სამომავლო ბაზრის წილის განსაზღვრაზე. ამისთვის საჭიროა ფირმების უნარების და რესურსების შეფასება. კვლევის დაწყება შესაძლებელია გასული პერიოდის ფინანსური ანგარიშგების უწყისების მიმოხილვით. მაგრამ წარსულის კვლევის პარალელურად, მნიშვნელოვანია კომპანიების მომავალი შესაძლებლობების გაანალიზება.

„ქვემოდან-ხემოთ“ პროგნოზირების მეთოდი ეფუძნება მოთხოვნის დაგეგმვის პრინციპს. ზოგიერთ შემთხვევაში, მომხმარებელი წინასწარ, მაღალი სიზუსტით გეგმავს საკუთარ შემოსავალს და განსახორციელებელი შესყიდვების შესახებ ინფორმაციას აწვდის მიმწოდებლებს. მომხმარებლების წინასწარი განაცხადების შეკრებით შესაძლებელია მოკვლევიდან პერიოდში მოსალოდნელი შემოსავლების მოცულობის განსაზღვრა. არსებული მომხმარებლების სავარაუდო მოთხოვნების დამუშავების შემდეგ უნდა მოხდეს მათი ბრუნვის (გადინებისა და შემოდინების) შეფასება. თუ მომხმარებელთა გადინების მაჩვენებელი მაღალია, საჭიროა შემოსავლის საპროგნოზო მაჩვენებლების შემცირება. ბოლო ეტაპზე განისაზღვრება ენერგეტიკული კომპანიის მიერ ახალი მომხმარებლების მოზიდვის უნარი. ფასდება, რამდენ ახალ მომხმარებელს მოიზიდავს ორგანიზაცია და რა ოდენობის შემოსავალს მიიღებს მათგან. ჯამდება ძველი და ახალი მომხმარებლებისგან მისაღები საპროგნოზო შემოსავლები.

გრძელვადიან პერიოდში ორივე მეთოდის გამოყენებით მიღებული საპროგნოზო მონაცემები არაზუსტია, ვინაიდან ტექნოლოგიები და კორპორაციული სტრატეგიები მუდმივად იცვლება. მოულოდნელმა ცვლილებებმა შესაძლოა მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინოს ბაზრის წარმატებულ და წარუმატებელ მონაწილეებზე. ამიტომ აუცილებელია არსებული საპროგნოზო მაჩვენებლების მუდმივი გადამოწმება, მათი დარგის დინამიკასთან და ბაზრის კონიუნქტურასთან შესაბამისობის დასადგენად.

შემოსავლის პროგნოზირების შემდეგ, ხორციელდება მოგება-ზარალის უწყისის თითოეული კომპონენტის პროგნოზირება. ამისთვის გამოიყენება სამი ეტაპისგან შემდგარი პროცესი:

- *მოცემული კომპონენტის ცვლილების გამომწვევი ფაქტორის დადგენა:* უმრავლეს შემთხვევაში სხვადასხვა კომპონენტები დაკავშირებული იქნება შემოსავალთან. მხოლოდ მცირე რაოდენობა აღმოჩნდება ეკონომიკურად დაკავშირებული სპეციფიკურ აქტივთან (ან ვალდებულებასთან). მაგალითად, საპროცენტო შემოსავალი გენერირდება ფულადი სახსრების ან ფასიანი ქაღალდების მიერ. ამ შემთხვევაში, საპროცენტო შემოსავალი უნდა დაუკავშირდეს ფულად სახსრებს და ფასიან ქაღალდებს.
- *კოეფიციენტების განსაზღვრა:* მოგება ზარალის თითოეული კომპონენტისთვის უნდა განისაზღვროს ისტორიული და საპროგნოზო კოეფიციენტები.
- *საპროგნოზო კოეფიციენტის ცვლილების გამომწვევი ფაქტორზე გამრავლება:* ვინაიდან მოგება ზარალის უწყისის კომპონენტების უმეტესობა დაკავშირებულია შემოსავალთან, საპროგნოზო კოეფიციენტების უმრავლესობა (მაგ. გაყიდული საქონლის თვითღირებულება) უნდა გამრავლდეს შემოსავლის მოცულობაზე. ამიტომ არის შემოსავლის სწორად პროგნოზირება კრიტიკულად მნიშვნელოვანი. შემოსავლის დაგეგმვის დროს დაშვებული ნებისმიერი შეცდომა გაგრძელდება მთლიან მოდელზე.

მოგება-ზარალის უწყისის საოპერაციო ხარჯების თითოეული ტიპის საპროგნოზოდ, მაგალითად, რეალიზებული საქონლის თვითღირებულების, ასევე ზოგადი და ად-

მინისტრაციული ხარჯების გამოსათვლელად მიზანშეწონილია შემოსავლის მოცულობის საპროგნოზო შიდასაბუჯეტო უწყისების მოხმარება ენერგეტიკული კომპანიის ღირებულების გამოყენება. ხანდახან არასაოპერაციო ხარჯები შეტყობის საოპერაციო ხარჯებთან, ამიტომ საჭიროა მათი განცალკევება საპროგნოზო კოეფიციენტების განსაზღვრამდე.

ცვეთის საპროგნოზოდ შესაძლებელია გამოყენებული იქნას სამი მეთოდი. მისი გამოთვლა ხდება: (1) შემოსავლის კოეფიციენტზე გამრავლებით, (2) ძირითადი საშუალებების კოეფიციენტზე გამრავლებით ან (3) მეტი ინფორმაციის ხელმისაწვდომობის შემთხვევაში, მოწობილობების შესყიდვის და ცვეთის ნორმების გათვალისწინებით.

არასაოპერაციო შემოსავლის წყაროა - არასაოპერაციო აქტივები. მაგალითად, არაკონსოლიდირებადი შვილობილი კომპანიები. იმ შემთხვევაში, თუ კომპანია შვილობილში ფლობს უმნიშვნელო წილს, ის შემოსავლის სახით აღიარებს მხოლოდ შვილობილი კომპანიიდან მიღებულ დივიდენდს. ვინაიდან, არასაოპერაციო შემოსავლები არ მონაწილეობს თავისუფალი ფულადი ნაკადის გამოთვლაში, მათი ზუსტად დაგეგმვა არაა კრიტიკული ენერგეტიკული კომპანიის ღირებულების შეფასების პროცესში.

საპროცენტო ხარჯი (ან შემოსავალი) პირდაპირ უკავშირდება იმ ვალდებულებას (ან აქტივს), რომელიც წარმოშობს მოცემულ ხარჯს (ან შემოსავალს). საპროცენტო ხარჯის წყაროა - სასესხო ვალდებულებები. თუმცა სესხი, თავის მხრივ, წარმოადგენს საპროცენტო ხარჯის ფუნქციას. თუ ენერგეტიკული კომპანიის საოპერაციო დანახარჯები გაიზრდება, კომპანიის ხელმძღვანელობა ისესხებს მეტ თანხას შექმნილი დეფიციტის დასაფინანსებლად. სესხის მოცულობის ზრდა გამოიწვევს საპროცენტო ხარჯის მომატებას, რაც თავის მხრივ, კიდევ უფრო შეამცირებს მოგებას. შემცირებული მოგებით გართულდება ბიზნეს საქმიანობის დაფინანსება და შესაბამისად, კვლავ განხდება მეტი თანხის სესხების საჭიროება. ასეთი „მოჯადოებული წრის“ თავიდან ასაცილებლად რეკომენდირებულია სესხის პროცენტის გამოანგარიშება წინა წლის სესხის მოცულობის მიხედვით. ამრიგად, მომავალი საპროცენტო ხარჯის საპროგნოზოდ საჭიროა კომპანიის გასული პერიოდის მოგება-ზარალის და საბალანსო უწყისების მოძიება და ანალიზი. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ საპროცენტო ხარჯი (ან შემოსავალი), არასაოპერაციო შემოსავლების მსგავსად, არ მონაწილეობს თავისუფალი ფულადი ნაკადის გამოთვლაში და შესაბამისად, არ მოქმედებს ენერგეტიკული კომპანიის ღირებულებაზე (სესხის ღირებულება მხოლოდ აფორმირებს კაპიტალის საშუალო შეწონილ ღირებულებას - WACC).

მოგება-ზარალის უწყისის შემდეგ ხდება საბალანსო უწყისის პროგნოზირება. საოპერაციო საბრუნავი კაპიტალის პროგნოზირებისას ძირითადი კომპონენტები გამოითვლება შემოსავლის გარკვეულ კოეფიციენტზე გამრავლებით. გამონაკლისს შესაძლოა წარმოადგენდეს სასაქონლო მატერიალური მარაგები და კრედიტორული დავალიანება. ვინაიდან ისინი დაკავშირებულია ნედლეულთან, მათი პროგნოზირება შესაძლებელია რეალიზებული საქონლის თვითღირებულების კოეფიციენტზე გამრავლებით. სიმარტივისთვის, მიზანშეწონილია საოპერაციო საბრუნავი კაპიტალის თითოეული კომპონენტის პროგნოზირება შემოსავალზე დაყრდნობით. განსხვავება მატერიალური იქნება ფასებსა და რეალიზებული საქონლის თვითღირებულებას შორის მნიშვნელოვანი განსხვავების არსებობის შემთხვევაში.

ძირითადი საშუალებების პროგნოზირება შესაძლებელია შემოსავლის მიხედვით. ამ შემთხვევაში რეკომენდირებულია სამ საფეხურიანი მიდგომის გამოყენება:

1. ძირითადი საშუალებების (წმინდა) პროგნოზირება შემოსავლის პროპორციულად.
2. ცვეთის პროგნოზირება ძირითადი საშუალებების მიხედვით.
3. კაპიტალური ხარჯების გამოთვლა ძირითადი საშუალებების (წმინდა) ნაზრდის და ცვეთის მნიშვნელობის შეკრებით.

კაპიტალური ხარჯები = ძირითადი საშუალებები (წმინდა) მიმდინარე წელს - ძირითადი საშუალებები (წმინდა) სასაფუძვლო წელს + მიმდინარე წელს

შემდეგ ეტაპზე უნდა მოხდეს არასაოპერაციო აქტივების (არაკონსოლიდირებადი შვილობილი კომპანიები), სესხის და საკუთარი კაპიტალის ექვივალენტების (გადავადებული მოგების გადასახადი, საპენსიო ვალდებულებები) პროგნოზირება.

საპროგნოზო საბალანსო უწყისის მომზადება სრულდება ენერგეტიკული კომპანიის დაფინანსების წყაროების პროგნოზირებით. ამ დროს, პირველ რიგში გამოიყენება ფინანსური აღრიცხვის შემდეგი ფორმულა:

$$\text{გაუნაწილებელი მოგება მიმდინარე წლის} = \text{გაუნაწილებელი მოგება გასული წლის} + \text{წმინდა მოგება მიმდინარე წლის} - \text{დივიდენდი მიმდინარე წლის}$$

საბალანსო უწყისის უკვე განხილული კომპონენტების პროგნოზირების შემდეგ, დასაზუსტებელი რჩება შემდეგი მუხლები: ჭარბი ფულადი სახსრები, მოკლევადიანი სასესო ვალდებულებები, გრძელვადიანი სასესო ვალდებულებები, ახალი კომპონენტი - „ახალი ვალი“ და საკუთარი (აქციონერული) კაპიტალი. ამ კომპონენტების საშუალებით ბალანსდება საბალანსო უწყისი. ამიტომ, მათ ხშირად „ჩანართსაც“ უწოდებენ. საკუთარი (აქციონერული) კაპიტალი და არსებული ვალი შეგვიძლია მივიჩნიოთ უცვლელ სიდიდედ, ან არსებული ვალი შევამციროთ დაფარვის გრაფიკის მიხედვით. დარჩენილი ორი კომპონენტიდან ერთ-ერთის სიდიდეს (ჭარბი ფულადი სახსრები ან „ახალი ვალი“) ვუტოლებთ ნულს და ბალანსის ძირითადი განტოლების მიხედვით (აქტივები უდრის ვალდებულებებისა და საკუთარი კაპიტალის ჯამს) განვსაზღვრავთ მეორე კომპონენტს.

საბალანსო უწყისის დასაბალანსებლად, ჭარბი ფულადი სახსრების და „ახალი ვალის“ კომბინაციის გამოყენებისას, შესაძლოა წავაწყდეთ შემდეგი სახის პრობლემას: კომპანიის ზრდის ტემპის შესუსტების შემთხვევაში, „ახალი ვალის“ მოცულობა გაუტოლდება ნულს, ხოლო ჭარბი ფულადი სახსრების რაოდენობა მნიშვნელოვნად გაიზრდება. სესხის ასეთი შემცირება შესაძლოა არ შეესაბამებოდეს ენერგეტიკული კომპანიის გეგმებს კაპიტალის სტრუქტურის შესახებ. ღირებულების შეფასების თვალსაზრისით აღნიშნული გარემოება არაარსებითია. ვინაიდან არც ჭარბი ფულადი სახსრები და არც სესხი, არ მონაწილეობს თავისუფალი ფულადი ნაკადის გაანგარიშებაში და აქედან გამომდინარე, არ მოქმედებს კომპანიის ღირებულებაზე. კაპიტალის სტრუქტურა, დისკონტირებული ფულადი ნაკადის მოდელში, მნიშვნელოვანია კაპიტალის საშუალო შეწონილი ღირებულების გამოთვლისას. მხოლოდ კაპიტალის საშუალო შეწონილი ღირებულების კომპონენტების ცვლილება გამოიწვევს კომპანიის ღირებულების შეცვლას.

საბალანსო უწყისში და კაპიტალის საშუალო შეწონილი ღირებულების გამოთვლისას, გამოყენებული კაპიტალის სტრუქტურის მნიშვნელობების ერთმანეთთან დასახლოვებლად საჭიროა დივიდენდის გადახდის ნორმის შესწორება. მაგალითად, თუ დივიდენდის გადახდის ნორმა გაიზრდება, მაშინ გაუნაწილებელი მოგების მაჩვენებელი შემცირდება, რაც გამოიწვევს ჭარბი ფულადი სახსრების შემცირებასაც. დივიდენდის გადახდის ნორმის ცვლილებით, ასევე მოწმდება მოდელის უშეცდომობა. კერძოდ, ინვესტირებულ კაპიტალზე უკუგების მაჩვენებელი და თავისუფალი ფულადი ნაკადი, არ უნდა შეიცვალოს დივიდენდის გადახდის ნორმის ცვლილების შემთხვევაში.

მოგება-ზარალის და საბალანსო უწყისების პროგნოზირების შემდეგ, უნდა მოხდეს თითოეული წლისთვის ინვესტირებულ კაპიტალზე უკუგების განაკვეთის და თავისუფალი ფულადი ნაკადის გამოთვლა.

გასათვალისწინებელია კიდევ სამი საკითხი: არაფინანსური საოპერაციო სტიმუ-



ლობა და პროდუქტიულობა. ასევე მნიშვნელოვანია ფიქსირებული და ცვლადი დანახარჯების ერთმანეთისგან გამიჯვნა. მცირე პროექტების შემთხვევაში, შემოსავლის ზრდა იწვევს მხოლოდ ცვლადი ხარჯების ცვლილებას. დიდი კომპანიების შემთხვევაში კი, გრძელვადიან პერიოდში, ყველა ხარჯი ცვლადი ბუნებისაა. გრძელვადიან პერიოდში, ფიქსირებული ხარჯები გადაიქცევა ცვლად ხარჯებად.

და ბოლოს, რეკომენდირებულია ფინანსური უწყისების პროგნოზირება და კაპიტალის ღირებულების განსაზღვრა ფულის ნომინალურ ერთეულებში რეალურის - ნაცვლად. თანმიმდევრულობის მიზნით, ფინანსური უწყისები და კაპიტალის ღირებულება უნდა ასახავდეს ინფლაციის ერთნაირ დონეს.

ლიტერატურა:

1. Brigham F E., Ehrhardt C M. - Financial Management: Theory & Practice. South-Western College Pub; 13 edition (March 3, 2010). 1184 pages
2. Damodaran A. - Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset. Wiley; 3 edition (April 17, 2012). 992 pages
3. Rosenbaum J., Pearl J., Perella R J. - Investment Banking: Valuation, Leveraged Buyouts, and Mergers and Acquisitions. Wiley; 1 edition (May 4, 2009). 304 pages

PREPARATION OF PREDICTIVE FINANCIAL STATEMENTS IN ENERGY COMPANY ASSESSMENT PROCESS

M. ZIBZIBADZE, L. KHUNTSARIA

Georgian Technical University

Summary

In this work, we focused on the mechanics of financial forecasting to reflect energy company's expected performance. Although the future is unknown, careful analysis can produce insights into how a company may develop. This paper shows how to build a well-structured financial model, flexible enough to handle multiple scenarios. To arrive at future cash flows, a financial analyst needs to forecast the statement of comprehensive income, statement of financial position, and statement of retained earnings. While building a forecast, a financial analyst might become engaged in the details of individual line items. But we want to emphasize that she must place her cumulative results in the proper context. She can improve her valuation through a careful analysis of whether the forecast of future ROIC is consistent with the organization's ability to compete than by precisely forecasting inventory 5 years out. For this reason, it is extremely important to consider the proper length and detail of a forecast.

ენერგომატარებლის ტრანსპორტირების პრობლემები კასპიის რეგიონიდან საქართველოს ბაზლით

კოჩიაძე თ., ცეცხლაძე ა.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ბოლო ათწლეულში საქართველოზე გამავალი ენერგოდერეფნებით ნავთობის და გაზის ნაკადის მოცულობების ზრდის პერსპექტივებმა, პარალელურად კი ახალი მილსადენების სისტემების ექსპლუატაციაში გაშვებამ, მნიშვნელოვნად შეცვალა სამხრეთ კავკასიის რეგიონში ენერგომატარებლების ტრანსპორტირების თანაფარდობის სურათი. საქართველოზე გამავალი ახალი ენერგოდერეფნების ამოქმედება არა მხოლოდ კასპიის რეგიონში ნავთობის ექსპორტის ზრდითაა გამოწვეული, არა-

მედ განპირობებულია როგორც ყაზახეთის და აზერბაიჯანის, ისე მსხვილი დასავლური ნავთობკომპანიების სურვილით მოახდინონ ნავთობნაკადების სისტემების რეკონსტრუქცია, რათა რაც შეიძლება ნაკლებად იყვნენ დამოკიდებული რომელიმე ერთ მიმართულებაზე.

სადღეისოდ კასპიის ნავთობის და ნავთობპროდუქტების ძირითადი მოცულობები გადაიზიდება ოთხი ძირითადი სატრანსპორტო არტერიით:

- ევროპულ ბაზრებზე რუსეთის ჩრდილოეთის და დასავლეთის მილსადენების და სარკინიგზო მაგისტრალებით რუსეთის ტერიტორიის გამოყენებით;
- ევროპულ ბაზრებზე აზერბაიჯანის და საქართველოს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის გამოყენებით ;
- აზიის ბაზრებზე ირანის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის გამოყენებით;
- ჩინეთის მიმართულებით მილსადენით .

ექსპერტთა გათვლებით, თუ 2005 წელს კასპიის რეგიონიდან ნავთობის 66%-ის ტრანსპორტირება რუსეთის ენერგოდერეფნების გავლით ხორციელდებოდა, ეს მაჩვენებელი თანდათანობით შემცირდა და 2010 წლისათვის მიაღწია 41%-ს, ხოლო 2015 წლისათვის კი სავარაუდოდ - 34%-მდე შემცირდება. პარალელურად გაიზარდა აზერბაიჯანი-საქართველოს მიმართულებით ნავთობის ტრანსპორტირების მოცულობები. 2005 წელს ამ მიმართულებით კასპიის რეგიონის ქვეყნებიდან ექსპორტი 22%-ით გადაიზიდა, ხოლო 2010 წლისთვის 50%-ით. 2015 წლის პროგნოზით ნავთობის ექსპორტის 52%-ის ტრანსპორტირება საქართველოზე გამავალი ენერგოდერეფნებით განხორციელდება.

ბოლო ათწლეულში საქართველოზე გამავალი ენერგოდერეფნებით ნავთობ-ნაკადის მოცულობების ზრდის პერსპექტივებმა, პარალელურად კი ახალი მილსადენების სისტემების ექსპლუატაციაში გაშვებამ, მნიშვნელოვნად შეცვალა სამხრეთ კავკასიის რეგიონში ენერგომატარებლების ტრანსპორტირების თანაფარდობის სურათი. საქართველოზე გამავალი ახალი ენერგოდერეფნების ამოქმედება არა მხოლოდ კასპიის რეგიონში ნავთობის ექსპორტის ზრდითაა გამოწვეული, არამედ განპირობებულია როგორც ყაზახეთის და აზერბაიჯანის, ისე მსხვილი დასავლური ნავთობკომპანიების სურვილით მოახდინონ ნავთობნაკადების დივერსიფიკაცია, რათა რაც შეიძლება ნაკლებად იყვნენ დამოკიდებული რომელიმე ერთ მიმართულებაზე.

სადღეისოდ პლანეტის ნავთობის მარაგები შეფასებულია 130-135 მლრდ. ტონით. გამოძინარე იქედან, რომ მსოფლიოში მათი შესწავლის დონე საკმაოდ მაღალია, ამ მარაგების შემდგომი გაფართოების პერსპექტივა დაბალია. ასეთ ვითარებაში, თუ გავითვალისწინებთ კასპიის რეგიონის ნავთობის მარაგების მოსალოდნელ მოცულობებს (30 მლრდ. ტონა), შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, რომ მსოფლიოს მარაგების თითქმის მეოთხედი კონცენტრირებულია კასპიის რეგიონში. ამასთან რეგიონის უკვე დამტკიცებული რეზერვი შედგენს 2,3-6,8 მლრდ. ტონას.

არსებული ენერგოსატრანსპორტო სისტემები ჯერ კიდევ არ არიან სათანადოდ აღჭურვილნი, რათა უზრუნველყონ მომავალში კასპიის რეგიონიდან მოსალოდნელი გაზრდილი ნავთობნაკადების ტრანსპორტირება. საპროგნოზო გათვლებით ამ რეგიონიდან 2005 წლიდან 2010 წლამდე ნავთობნაკადის ექსპორტი 80 მლნ-დან 152 მლნ. ტონამდე გაიზარდა, ხოლო 2015 წლისათვის 200 მლნ. ტონას მიაღწევს. აქედან გამომდინარე მომავალში საჭირო იქნება მილსადენების და სატრანსპორტო სისტემების სიმძლავრეების საპროგნოზო მონაცემების და ბაზრის მოთხოვნილებების შესაბამისად გაზრდა.

ექსპერტთა ვარაუდით ნავთობნაკადების სრულად ტრანსპორტირება ძირითადად დამოკიდებული იქნება ორი მილსადენის გამტარუნარიანობის გაზრდის და დატვირთვის პერსპექტივებზე.

ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის (BTC) სრულად დატვირთვის შემთხვევაში და რუსეთზე გამავალი კასპიის მილსადენის კონსტრუქციის (CPC) გამტარუნარიანობის გაზრდის შემთხვევაში, შესაძლებელი იქნება მოხდეს რუსეთის დასავლეთის დასავლეთ ნავთობნაკადების შეუფერხებელი მიწოდება მსოფლიოს ბაზარზე, ხოლო (CPC) არსებული გამტარუნარიანობის შენარჩუნების შემთხვევაში ნავთობის დაუბრკოლებლად ტრანსპორტირების განხორციელების მიზნით აუცილებელი იქნება დამატებით, შედარებით მცირე გამტარუნარიანობის მქონე სხვადასხვა სატრანსპორტო სისტემების - სიმძლავრეების (მილსადენი, რკინიგზა) გაფართოება.

ბოლო პერიოდში თენგიზის (ყაზახეთი) საბადოდან ნავთობის მოპოვება 12 მლნ. ტონით გაიზარდა. 2007 წელს მიღწეული იქნა შეთანხმება, რომელიც ითვალისწინებს თენგიზის (ყაზახეთი) საბადოდან ნავთობის ტრანსპორტირებას კასპიის ზღვის გავლით ბაქოს დანიშნულებით, რის შემდგომაც ნავთობის ტრანსპორტირება ხორციელდება (BTC) მილსადენის საშუალებით მსოფლიო ბაზარზე.

პერსპექტივაში ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის მილსადენის გარდა ყაზახური ნავთობის ტრანსპორტირება ბაქოდან განხორციელდება ბაქო-სუფსის და ბაქო-ნოვოროსიისკის მილსადენის საშუალებით. გარდა ამისა, კავკასიის რეგიონის რკინიგზებით ნავთობნაკადების ტრანსპორტირების ზრდის ტენდენცია გავლენას მოახდეს საქართველოს და შავი ზღვის ნავსადგურების ინფრასტრუქტურის განვითარებაზე. ბათუმის ნავსადგურის ახლანდელი მესაკუთრე ნაციონალური ყაზახური კომპანია „ყაზტრანსოილის“ შვილობილი კომპანია შპს „ბათუმი ინდუსტრიალ ჰოლდინგი“ ბათუმში ერთ-ერთი ყველაზე დიდი დამსაქმებელია. ბათუმის ნავსადგურის ტვირთბრუნვის 60 % ყაზახეთის ნავთობი შეადგენს. პორტის მფლობელი კომპანია წარმოადგენს ოპერატორს, რომელსაც საქართველოს რკინიგზით მოაქვს ნავთობი საქართველო-აზერბაიჯანის საზღვრიდან პორტამდე, ხოლო აქედან მის ტრანსპორტირებას უკვე ტვირთმფლობელები განსაზღვრავენ. ძირითადი მარშრუტებია შავი ზღვის აუზის ქვეყნები და იტალიის, საბერძნეთისა და ისრაელის პორტები. ბათუმის პორტს ასევე გადააქვს აზერბაიჯანული ნავთობი, მას აქვს ხუთწლიანი კონტრაქტი კომპანია „ExxonMobil“-თან, რომელიც ახორციელებს ნავთობის ექსპორტს ბაქო-სუფსის მილსადენით, ესაა დაახლოებით მილიონი ტონა. ასევე გადააქვს თურქმენული ნავთობი და მუშაობს ნავთობპროდუქტების იმპორტზეც, რომელსაც ძირითადად რუმინეთში არსებული ყაზახური ქარხნებიდან იღებს.

ბათუმის პორტის მმართველი კომპანია აპირებს, რომ საკუთარ თავზე აიღოს ბათუმში ეკოლოგიური ფაქტორების ეტაპობრივი გაუმჯობესების ვალდებულება, ხოლო ყულევის საზღვაო ნავსადგურის მფლობელი აზერბაიჯანის ნავთობის სახელმწიფო კომპანია SOCAR-ი აპირებს განავითაროს საქართველოს სარკინიგზო ინფრასტრუქტურა.

საქართველოს რკინიგზის ძირითადი მნიშვნელობა განპირობებულია შემდეგი მახასიათებლებით:

1. საქართველოს რკინიგზა ალტერნატიული გზით კასპიისა და ცენტრალური აზიის რეგიონს ევროპასთან აკავშირებს;
2. სტრატეგიული ადგილმდებარეობის მქონე პორტები და ტერმინალები (ფოთი სუფსა, ბათუმი და ყულევი) პირდაპირ უკავშირდება აზერბაიჯანის, უკრაინის, ბულგარეთისა და რუსეთის სარკინიგზო ხაზებს;
3. ახალი პროექტის “ბაქო-თბილისი-ყარსი” დასრულების შემდეგ საქართველოს რკინიგზა დაუკავშირდება თურქეთის და შესაბამისად ევროპის სარკინიგზო ქსელს ;
4. ქვეყნისათვის როგორც ეკონომიკური, ასევე პოლიტიკური თვალსაზრისით მეტად მნიშვნელოვანი იქნება აფხაზეთზე გამავალი რკინიგზის ხაზის გახსნა, რომლის ეფექტურობას კიდევ უფრო ზრდის არც თუ ისე შორეულ მომავალში აჭარის გავლით საქართველოს რკინიგზის თურქეთის რკინიგზასთან შეერთების პერსპექტიული შესაძლებ-

ლობა, რაც ბუნებრივად ჯდება შავი ზღვის გარშემო რკინიგზის ხაზის გლობალურ პროექტში .

პოჩაპე თ., ცეცხლაძე ა.

დღეს საქართველოს რკინიგზა კასპიური ნავთობის მსოფლიო ბაზარზე გადაზიდვას ახორციელებს. ის მნიშვნელოვანი არტერიაა, რომელიც ცენტრალურ აზიას ევროპასთან ალტერნატიული გზით აკავშირებს. საქართველოს გავლით რკინიგზის ტვირთბრუნვის პოტენციალის სამომავლო გათვლა საკმაოდ რთულია, რადგანც ძირითადი ტვირთბრუნვა მოდის ტრანზიტზე, რაც მას გარე ფაქტორებზე მნიშვნელოვნად დამოკიდებულს ხდის. ამასთან, სარკინიგზო ტვირთების ძირითად ნაწილს ნავთობპროდუქტები შეადგენს, რაც ტრასეკას სამხრეთ კავკასიის მონაკვეთის სპეციფიკურობას განაპირობებს.

2011 წელს საქართველოს რკინიგზამ გაატარა 10,5 მლნ.ტონა კასპიის ნავთობი. შეიძლება ითქვას, რომ, თუ ნავთობის მოპოვება შეფასებული მოლოდინების მიხედვით წარიმართა, მაშინ ბაზრის წილის შენარჩუნების შემთხვევაში 2015 წლისათვის საქართველოს რკინიგზით ნავთობის ტრანზიტის მოცულობა 2011 წლის მონაცემებს ბევრად გადააჭარბებს. ამგვარად, ყველაზე უხეში გათვლებითაც უახლოეს მომავალში მოსალოდნელია რკინიგზის მიერ ნავთობპროდუქტების ტრანზიტის ტვირთბრუნვის გაზრდა.

საქართველოს რკინიგზით ნავთობპროდუქტების სატრანზიტო ფუნქციის სამომავლო გაძლიერება დამოკიდებული იქნება ქვემოთჩამოთვლილ ფაქტორებზე:

- ევროკავშირის მხარდაჭერის გაგრძელება;
- ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების სატრანზიტო გადაზიდვების ზრდა;
- ნავთობის მწარმოებლის მიერ აღებული ვალდებულების შეუცვლელი ბათუმის, სუფსის, ფოთის და ყულევის ტერმინალიდან ნავთობის გატანის თაობაზე;

2015 წლისთვის პესიმისტური პროგნოზის სცენარის განვითარების და აზერბაიჯანის ნავთობსაბადოებში ნავთობის მოპოვების შემცირების შემთხვევაშიდაც კი ნავთობის ექსპორტის ზრდა კომპენსირებული იქნება კაშაგანის (ყაზახეთის) საბადოში მოპოვების გაზრდით.

ამ სცენარით უმნიშვნელოდ შეიცვლება ნავთობის ტრანსპორტირების სურათი. (BTC) მილსადენი დარჩება ერთ-ერთ მთავარ და სტაბილურ სატრანსპორტო სისტემად რეგიონში. არსებული სიტუაციით საქართველო/აზერბაიჯანის სატრანსპორტო სისტემებით (რკინიგზა/მილსადენი) ტრანსპორტირებული აზერბაიჯანის ნავთობის 90%-ის ნაცვლად 2015 წლისათვის დაახლოებით 40-50% იქნება ყაზახური ნავთობი. ამგვარად, რუსეთის წილი საერთო ექსპორტში მოსალოდნელია შემცირდეს 38%-მდე.

კასპიის აუზის ნავთობი, მსოფლიოს ბაზართან დაკავშირებულია სხვადასხვა კომბინირებული სატრანსპორტო სისტემებით (მილსადენები, ნავსადგურები, საზღვაო ხაზები, რკინიგზები). ამასთან, როგორც აღინიშნა, ძირითადი მოცულობები გადაიზიდება მილსადენთა სისტემებით - (CPC) და (BTC), ხოლო უმნიშვნელო მოცულობები გადაიზიდება სხვადასხვა მილსადენებით, რკინიგზა/ნავსადგურების ტექნოლოგიური ჯაჭვით და ნავთობის გადამისამართების (SWAP) სისტემებით.

ბაქო-სუფსის მილსადენი - ცნობილია დასავლეთის მარშრუტის სახელწოდებით. აზერბაიჯანის ტერიტორიაზე მოხდა არსებული მილსადენის რეკონსტრუქცია, რომელიც შემდგომ დაუკავშირდა თბილისის ჩრდილო-დასავლეთიდან ბათუმის მიმართულებით ექსპლუატაციიდან გამოსულ ნავთობსადენს. გარდა ამისა, სუფსაში ოფშორულ ზონაში განხორციელდა ნავთობის გადამამუშავებელი მოწყობილობების მშენებლობა. ბაქო-სუფსის მილსადენის დიამეტრი 530 მმ-ია, ხოლო გამტარუნარიანობა 7 მლნ. ტონა. დამატებითი საქაჩი სადგურების დამონტაჟების შემთხვევაში, შესაძლებელია გამტარუნარიანობის გაზრდა დაახლოებით 10 მლნ. ტონამდე.

ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის (BTC) მილსადენის საშუალებით ხორციელდება ნავთობის ტრანსპორტირება ახლოს სპარსეთის სანაპიროსთან, რაც უზრუნველყოფს ევროპის რეგიონის საბოლოო პუნქტს ხმელთაშუა ზღვასთან მივადოს. აქვე მოხდება ნავსადგური ჯეიჰანი წარმოადგენს, რის შემდგომაც ტანკერების საშუალებით ნავთობი ევროპულ ბაზარს მიეწოდება. პროექტის განხორციელება მიზნად ისახავდა რუსეთის სატრანსპორტო სისტემათა ალტერნატივის შექმნას.

პროექტის ღირებულებამ შეადგინა 3,7 მილიარდი აშშ დოლარი. მილსადენმა ფუნქციონირება დაიწყო 2005 წელს. მილსადენი აშენებული იქნა და მენეჯმენტს უწევს (BTC)-ის კონსორციუმში. მილსადენის სიგრძე 1780 კმ-ია და შესაძლებელია 50 მლნ. ტონა ნედლი ნავთობის ტრანსპორტირება წელიწადში. დამატებითი საქაჩი მოწყობილობების დამონტაჟების შემთხვევაში გამტარუნარიანობა შესაძლებელია გაიზარდოს 60-65 მლნ. ტონამდე წელიწადში. აზერბაიჯანის, საქართველოს და თურქეთის ტერიტორიის ნაწილზე მილსადენის დიამეტრი 1170 მმ-ია, ხოლო ჯეიჰანთან ახლოს მისი დიამეტრი მცირდება და შეადგენს 865 მმ-ს. ერთი დღის განმავლობაში მილსადენით ხორციელდება საშუალოდ 600 ათასი ბარელი ნავთობის ტრანსპორტირება. მილსადენი მსოფლიო ნავთობის მოხმარებას 1%-ით უზრუნველყოფს.

კასპიის ნავთობის გადაზიდვის სისტემაში მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს რეგიონის საზღვაო ნავსადგურებს და ტერმინალებს. ყაზახეთს კასპიის ზღვაზე აქვს ერთი საზღვაო ნავსადგური - აქტაუ, ასევე აქტაუდან სამხრეთით 70 კმ-ის მოშორებით იგეგმება ახალი ნავთობტერმინალის კურიკის მშენებლობა, რომელიც ორიენტირებული იქნება კაშაგანის საბადოდან ნავთობის ტრანსპორტირებაზე.

თურქმენეთს გააჩნია კასპიის ზღვაზე ერთი მთავარი ნავსადგური თურქმენ-ბაში და ორი ნავთობის ტერმინალი ოკარემი და ალაჯა, რომლებიც ამუშავებენ მცირე რაოდენობით ნედლ ნავთობს და დიდი მოცულობით ნავთობპროდუქტებს. იგეგმება ოკარემის ნავთობტერმინალის გამტარუნარიანობის გაზრდა.

ირანი კასპიის ზღვაზე ფლობს რამოდენიმე ნავსადგურს, მ.შ. ნეკას ნავსადგური ორიენტირებულია ნავთობის გადამუშავებაზე. ირანის ტერიტორიაზე ნავთობის გადაზიდვა ხორციელდება SWAP-ის მეთოდით, კერძოდ, ყაზახური ნავთობი აქტაუს ნავსადგურიდან ნეკაში ტანკერებით გადაიზიდება, შემდეგ მილსადენით მიეწოდება თეირანის ნავთობგადამამუშავებელ ქარხანას, ხოლო ნავთობის ეკვივალენტურ მოცულობას ირანი ყაზახეთის სახელით ტვირთმფლობელს სპარსეთის ყურეში ბენდერ-აბასის ნავსადგურში აწვდის.

როგორც აღინიშნა, არსებული ენერგოსატრანსპორტო სისტემები არ არიან სათანადოდ აღჭურვილნი, რათა უზრუნველყონ მომავალში კასპიის რეგიონიდან მოსალოდნელი გაზრდილი ნავთობნაკადების ტრანსპორტირება. საპროგნოზო გათვლებით კასპიის რეგიონიდან ნავთობნაკადის ექსპორტი გაიზრდება და 2015 წლისათვის 200 მლნ. ტონას მიაღწევს. აქედან გამომდინარე მომავალში საჭირო იქნება მათ შორის საქართველოზე გამავალი მილსადენების და სატრანსპორტო სისტემების სიმძლავრეების საპროგნოზო მონაცემების და ბაზრის მოთხოვნილების შესაბამისად გაზრდა.

ექსპერტების გათვლებით, ეკონომიკური, პოლიტიკური და ეკოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინებით მილსადენი კასპიის რეგიონის აზერბაიჯანის და ყაზახეთის სექტორიდან ნედლი ნავთობის მსოფლიო ბაზრებზე ტრანსპორტირების ყველაზე მოსახერხებელ ალტერნატივადაა მიჩნეული. აგრეთვე თუ გავითვალისწინებთ იმ ფაქტორს, რომ კასპიის რეგიონში მოპოვებული ნავთობის და გაზის ძირითადი მომხმარებლები ევროპის ქვეყნები არიან და რომლებსათვისაც ენერგომატარებლების მიწოდების ყველაზე მიმზიდველ მარშრუტად სამხრეთ კავკასიის ქვეყნებზე და შავ ზღვაზე გამავალი სატრანსპორტო



II სსკართველოს საერთაშორისო კონფერენცია
II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



არსებობს იმის შესაძლებლობა, რომ ბაქო-სუფსის ნავთობსადენის (WREP) პარალელურად აშენდეს კიდევ ერთი მილსადენი ნავთობს გათხევადებული გაზის ტრანსპორტირებისათვის, მაგრამ ამისათვის საჭიროა შეთანხმება ქვეყნის ხელისუფლებასთან, AIOC -თან და ბაქო-სუფსის ნავთობსადენის კონსორციუმის კომპანიებთან. მილსადენი უნდა შეესაბამებოდეს მშენებლობა/ექსპლუატაციის სტანდარტებს. საქართველოში ამჟამად მოქმედებს ორი სახის სტანდარტი ავსტრიული და ჰოლანდიური. ავსტრიული გამოიყენება მთიან რეგიონებში ხოლო ჰოლანდიური დაბლობებში.

გაზსადენის გამტარუნარიანობა შეიძლება იყოს 1,5 მლნ. ტონა ნავთობის გათხევადებული გაზი წელიწადში. გაზსადენის საერთო სიგრძე ბაქოდან შავი ზღვის პორტებამდე იქნება 1000 კმ. 14-16 დიუმისანი მილებით.

გაზსადენის ინფრასტრუქტურის ერთ-ერთ მთავარ კომპონენტს წარმოადგენს სატუმბო სადგურები (მინიმუმ 3, 20 ბარიანი წნევით), და აგრეთვე სადისპეტჩერო მართვის და ინფორმაციის შეგროვების ტელეკომუნიკაციური სისტემები, რომელიც საჭიროა მილსადენის მუშაობის დისტანციური კონტროლის და ავტომატური კომპიუტერული მართვისათვის.

ლიტერატურა

1. Booz Allen Hamilton: Georgian Railways Restructuring Assistance. Assessment Report, May 2005 .
2. Georgian Railway Overview Report. May 2007.
3. გითოლენდია ბ. საქართველოს სატრანსპორტო დერეფნის განვითარების პრობლემები და მათი გადაჭრის მიმართულებები. დისერტაციის ავტორეფერატი. თბილისი: სტუ, 2011. გვ.32
4. Быстрова А. К. Проблемы транспортной инфраструктуры и экологий в каспийском регионе. М.: ИМЭМО РАН, 2009. 96 стр.

PROBLEMS OF ENERGY RESOURCES TRANSPORTATION FROM CASPIAN REGION VIA GEORGIA

T. KOCHADZE, A. TSETSKHLADZE

Akaki Tsereteli State University

Summary

Over the last decade, the prospects for growing of oil and gas flows volume via Georgia energy corridor, and simultaenously puting into operation of new pipeline systems, have considerably changed the picture of energy resources transportation in South Caucasus region. Activation of new energy corridors via Georgia is caused not only by growth in oil export in Caspian region, but it is explained by a desire as of Georgian and Kazakh, so of western large oil companies to ensure diversification of oil flows, in order to minimize their dependence on any single direction.

საქართველოს საზღვაო პორტების პერსპექტივა
ტვირთების გადაზიდვის ლოჯისტიკურ ჯაჭვში

ჯ. ჩოგოვაძე, რ. ცეცხლაძე, რ. ჯაბუკიანი

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

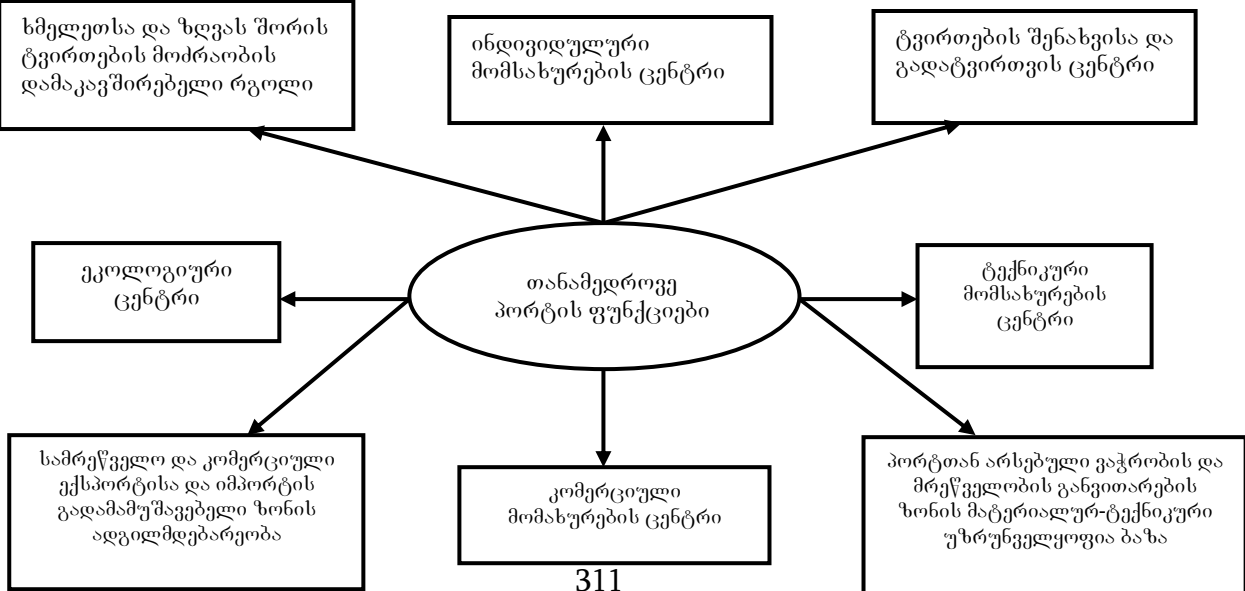
მსოფლიო ეკონომიკის გლობალიზაციისა და ინტეგრაციის პირობებში მნიშვნელოვნად შეიცვალა თანამედროვე პორტის ფუნქციები და ამოცანები, ჩვეულებრივი გადამტვირთავი ცენტრებიდან პორტები გარდაიქმნა მსხვილ კომერციულ, სამრეწველო და ლოჯისტიკურ ცენტრებად. სტატიაში განხილულია, გეოპოლიტიკური მდებარეობისა და სატრანზიტო ფუნქციის გათალისწინებით, რომ

მსოფლიო ეკონომიკის გლობალიზაციისა და ინტეგრაციის პირობებში თანამედროვე პორტი საკვანძო როლს ასრულებს ტვირთების გადაზიდვის ლოჯისტიკურ ჯაჭვში. სწორედ აქ ხდება სატრანსპორტო პროცესის (ტვირთმფლობელები, გადამზიდავები, აგენტები და ექსპედიტორები, აგრეთვე სხვადასხვა სახელმწიფო სამსახურის წარმომადგენლები, როგორცაა საბაჟო, სასაზღვრო სამსახურები, ეკოლოგიური კონტროლის სამსახური და სხვა ბევრი) სხვადასხვა მიმართულების ყველა მონაწილეთა ინტერესების შეპირისპირება. ტვირთების გადაზიდვის პროცესის ოპტიმიზაციის დროს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ხარისხს და დროს.

სტატიის მიზანი მდგომარეობს მსოფლიო საპორტო სისტემის ევოლუციური განვითარების პროცესში თანამედროვე პორტის როლი და ფუნქცია ტვირთების გადაზიდვის ლოჯისტიკურ ჯაჭვში. აგრეთვე განიხილება საქართველოს პორტების მუშაობის ოპტიმიზაციის საკითხები და შემდგომი მდგრადი განვითარებისათვის მათი დივერსიფიცირების შესაძლებლობა.

თანამედროვე პირობებში სავაჭრო პორტი წარმოადგენს სხვადასხვა სახის ტრანსპორტს შორის არა მხოლოდ საშუალებად რგოლს, არამედ აქტიურ როლს ასრულებს მსოფლიო სატრანსპორტო სისტემაში. საქართველოს საზღვაო პორტები, თავისი გეოპოლიტიკური განლაგებისა და სტრატეგიული პოტენციალის უფრო ეფექტური გამოყენებისა და მრავალრიცხოვანი კლიენტებისათვის საერთაშორისო სტანდარტებისა და მოთხოვნების შესაბამისი მომსახურების გაწევის მიზნით საჭიროებს სრულ მოდერნიზაციას და აღჭურვას თანამედროვე სპეციალური მოწყობილობებით.

თანამედროვე პორტი (ნახ.1), გარდა მისი ძირითადი ფუნქციების შესრულებისა, განიხილება აგრეთვე როგორც სამრეწველო ან კომერციული საწარმო. თანამედროვე პორტი - არის სატრანსპორტო კვანძი, მომსახურების ცენტრი, პორტთან არსებულ ზონაში ვაჭრობისა და მრეწველობის განვითარების უზრუნველყოფი მატერიალურ - ტექნიკური ბაზა. პორტის განვითარების სტრატეგიას წარმოადგენს ტვირთნაკადების მოძრაობასთან დაკავშირებული საინფორმაციო ნაკადების კომპლექსური დამუშავება და განაწილება. თუ ადრე პორტის განვითარების ძირითად კრიტერიუმს წარმოადგენდა მისი ინფრასტრუქტურა, ამჟამად მას დაემატა მეტად მნიშვნელოვანი - „ინფოსტრუქტურა“, ე. ი. პორტის საინფორმაციო სტრუქტურა. სწორედ ინფოსტრუქტურა ასრულებს მთავარ როლს პორტის როგორც ლოჯისტიკური ჯაჭვის ელემენტი. ეს განსაზღვრავს პორტის კონკურენტუნარიანობას, რომელზეც არის ძირითადად დამოკიდებული ხარისხი და რაც მთავარია საქონლის წარმოებიდან მომხმარებელამდე მიტანის ხანგრძლივობა.



ჟ. ჩობოვაძე, რ. ცეცხლაძე, რ. ჭაბუკიანი

ნან.1. თანამედროვე პორტის ძირითადი ფუნქციები

მესამე თაობის პორტებში საპორტო ინფრასტრუქტურა, ინტეგრირებული სატელეკომუნიკაციო ქსელში, გარდა ტრადიციული საპორტო მომსახურებისა ასრულებს საქონლის წარმოებისა და განაწილების პროცესს.

მეოთხე თაობის პორტების (მსოფლიოში განვითარება დაიწყო მე-20 საუკუნის 90-იანი წლებიდან) ტერიტორიაზე დამატებით იქმნება სამრეწველო საწარმოები, რომლებიც არ წარმოადგენს მის ძირითად ფუნქციას მაგრამ შედის პორტის საერთო საორგანიზაციო სტრუქტურის შემადგენელ ნაწილად. გარდა ამისა, მეოთხე თაობის პორტებს შეიძლება მივაკუთნოთ პორტი, რომელთა ტერიტორიაზე განლაგებულია მსხვილი ლოჯისტიკური ცენტრი, ხოლო ამჟამად ისინი განლაგებულია მსხვილ პორტებთან. უახლოეს მომავალში მსოფლიოს ინტეგრაციისა და კორპორაციის პროცესში მოსალოდნელია ლოჯისტიკური ცენტრები განლაგდეს არა პორტის ტერიტორიაზე, არამედ პორტი გახდეს მსხვილი ლოჯისტიკური ცენტრის შემადგენელი ელემენტი.

მთლიანად საქართველო, გეოპოლიტიკური მდებარეობისა და სატრანზიტო ფუნქციის გათვალისწინებით საკმაოდ მიმზიდველია „ლოჯისტიკ-ცენტრების“ მძლავრი სატერმინალო ქსელის შესაქმნელად. სწორედ ამიტომ არსებულ და პერსპექტიულ ნავსადგურებში, როგორც სატრანსპორტო დერეფნის საკვანძო პუნქტებში, შექმნილ წერტილოვან ეკონომიკურმა ზონებმა მიზანშეწონილია სრულად შეიძინონ „ლოჯისტიკ-ცენტრების“, ანუ შემკრებ-გამანაწილებელი საკვანძო საწარმოს ფუნქციები.

ამჟამად პორტის კონკურენტუნარიანობა , გარდა თანამედროვე გადატვირთვის და სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის არსებობისა, მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ინფოსტრუქტურის (საინფორმაციო სტრუქტურის) განვითარების ხარისხზე. თანამედროვე პორტი აგრეთვე არის საერთაშორისო საინფორმაციო ცენტრი, რომელთა მოსარგებლე არის არა მხოლოდ პორტის მმართველობითი პერსონალი, არამედ ტვირთმფლობელები, მულტიმოდალური ოპერატორები, გემთმფლობელები, საბაჟო უწყება, დამზღვევი კომპანია, საკრედიტო - საბანკო დაწესებულებები, აგენტები, ექსპედიტორები, სიურვეირები და ბევრი სხვა.

სამხრეთ კავკასიის ქვეყნების რკინიგზებისათვის ევროკომისიის გრანტით აშენებული ოპტიკურ-ბოჭკოვანი საკაბელო ქსელი რკინიგზის საჭიროების გარდა შესაძლებელია გამოყენებული იქნას პორტების საერთაშორისო საინფორმაციო ცენტრის მონაცემთა მძლავრი ნაკადების გასატარებლად.

საქართველოს პორტებში დიდი ყურადღება ექცევა გადატვირთვის პროცესების ტექნოლოგიის გაუმჯობესებას, ტექნიკის გამოცვლას და ახალი ტექნოლოგიების დამუშავებას მაგრამ პრაქტიკულად ნაკლები ყურადღება ექცევა საორგანიზაციო ხასიათის საკითხებს. საქართველოს პორტების კონკურენტუნარიანობის ამადლებისათვის საჭიროა დაინერგოს ტვირთების მიტანის თანამედროვე, მაგალითად „just in time“ სისტემა ე.ი. წარმოებიდან მომხმარებლამდე მთელი ლოჯისტიკური ჯაჭვის აუცილებელი საორგანიზაციო სისტემა. აღნიშნული უზრუნველყოფს ტვირთების პორტიდან გატანაზე საჭირო აუცილებელი პროცედურების შესრულების დროის შემცირებას.

საქართველოს პორტების და მასთან დაკავშირებული სახმელეთო სატრანსპორტო სისტემის ეფექტური მუშაობისათვის საჭიროა დამუშავდეს თანამედროვე ლოჯისტიკურ სისტემაზე დაფუძნებული საორგანიზაციო ურთიერთშემოქმედების სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს, პირველ რიგში, ტვირთების მიტანის დროის შემცირებას ლოჯისტიკური ჯაჭვის ყველა ეტაპზე, მეორეც, გაზრდის მომსახურების ხარისხს, და მესამეც, შეამცირებს საერთო ხარჯებს. დღესდღეობით მიზანშეწონელია ილაპარაკო რომელიდაც ტვირთების მიტანის პროცესის ოპტიმიზაციაზე, როდესაც პრაქტიკაში ჯერ კიდევ ხშირად მატერიალური ნაკადი უსწრებს საინფორმაციოს.



II სპარტავოსო სამეცნიერო კონფერენცია
II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



პორტებში ღონისძიებათა კომპლექსის, კერძოდ თანამედროვე ინფოსტრუქტურის, სამრეწველო და ლოჯისტიკური ცენტრების დამუშავება- დანერგვა საშუალებას მოგვცემს შეიქმნას ეფექტური საორგანიზაციო ურთიერთხემოქმედების სისტემა ტვირთების მიტანის მთელი ლოჯისტიკური ჯაჭვის მანძილზე.

ლიტერატურა

1. საქართველოს სანავსადგურო პორტენციების განვითარების კონცეფცია. // სსიპ „საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე“. თბილისი, 2008
2. Винников В.В. Проблемы комплексного развития морского транспорта //В.В. Винников. Одесса, Феникс, 2005, 229 с.
3. Haralambidis H. World wide experiences of Port Reform //H. Haralambidis, A.Veenstra. Oxford,University press, 1997, 125 p.
4. Примачёв Н.Т. Эффективность функциональной деятельности предприятий морского транспорта. //Вовк. Одесса, ИПРИЭИ, 2001, 1247 с.
5. Степанов О.Н. Стратегическое управление развитием морского порта// Одесса, Астропринт, 2005, 324 с.
6. Экономические основы функционирования морского рынка транспортных услуг / Под общей ред. Н.Т. Примачёва, Одесса,Авто граф, 2004, 320 с.
7. Структура и параметры развития рынка транспортных услуг //под общ. ред. Н.Т. Примачёва. Одесса, ИздатИнформ, 2008, 268 с.
8. Транспортная логистика и интермодальные перевозки: учебн. пос. // Г. Малиндретос, И. Христовулу-Вартоси, М.Я. Постан, И.М. Мос-квиченко, А.О.Балобанов. Одесса.: Астропринт, 2004, 164 с.

PROSPECTS OF GEORGIAN SEA PORTS IN GOODS TRAFFIC LOGISTICS CHAIN
J. CHOGOVAZDE, R. TSETSKHLADZE, R. CHABUAKIANI

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on the role of modern port in evolutionary development process of the world port system, as well as its function in goods traffic logistics chain. Also there are considered the issues of the optimization of operation of Georgian ports as well as possibilities of their diversification for the purpose of further sustainable development.

If the major criterion of the development of port had been its infrastructure before, now much important another “infrastructure”, i.e. the informational structure, is added to it. Exactly, the infrastructure plays the major role as an element of the logistics chain of port, and besides, it defines competitive ability of port., upon which depends the quality, and, this being the most important, the duration of the delivery of goods from the production to the consumer.

There is emphasized in a given article that with account of geopolitical situation and transit function, the point economic zones existing and creating in prospective berths in Georgia, must gain the functions of the “logistics centers” completely.

ელექტრონულსაწყობის საწარმოში მენეჯმენტის სრულყოფის
ზოგიერთი ექსპერიმენტის შესახებ

სერავოვი ზ.ჟ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში მოყვანილია შრომის ორგანიზაციის სრულყოფის მიზნით პოუტორნის ქარხანა-

ში (ჩიკაგო, აშშ, “ვესტერნ ელექტრიკ”ის კომპ.) ჩატარებული ესპერიმენტების შესახებ. ქსპერიმენტები ეხება საწარმოში მუშა ჯგუფების ქცევებს, რელეს ჩამხვევების, კონტროლიორების და სხვა მუშების მწარმოებლობაზე შრომის პირობების ცვალებადობის გავლენის შესწავლას. შრომის პირობების ცვალებადობა ითვალისწინებდა ისეთი მახასიათებლების ცვალებადობას, როგორცაა საშუალო ადვილის განათებულობა, ტემპერატურა, სოციალური საკითხები. ქსპერიმენტების სფუქველზე გაკეთებულია გარკვეული დასკვნები.

მე-19 საუკუნის მეორე ნახევრიდან შეიმჩნოდა დიდი განსხვავება მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის ტემპებს და შრომის ორგანიზაციის განვითარების და სრულყოფის ტემპებს შორის. მათ შორის წარმოიქმნა გარკვეული, ე.წ. “უფსკრული”. ამიტომ ნებისმიერი რაციონალური მოსახრება შრომის ორგანიზაციის სრულყოფის თვალსაზრისით გარკვეულ წვლილს შეიტანს აღნიშნული ე.წ. “უფსკრულის” ამოვსების საქმეში. წარმოდგენილი სტატიის მოკრძალებული მიზანიც სწორედ ეს არის.

ადამიანები სამრეწველო ორგანიზაციებში, საერთოდ, არ იქცევიან როგორც იზოლირებული ინდივიდები. ისინი ან ორგანიზებული არიან ჯგუფებში ფორმალური ნიშანთვისებების მიხედვით, ან თვითონ ქმნიან ჯგუფებს და შედეგად გავლენას ახდენენ ერთმანეთის ქცევაზე. ჩვენ ხშირად ვსაუბრობთ ამხანაგების შესახებ, რომლებიც ახდენენ კარგ თუ ცუდ გავლენას ერთმანეთზე. ეს არის მკაფიო აღიარება იმისა, რომ სხვასთან კავშირი გავლენას ახდენს ადამიანის პოზიციაზე, მის სურვილებზე და ქცევაზე. მუშა ჯგუფების ქცევები მნიშვნელოვანია ორგანიზაციის ნებისმიერ დონეზე. ადამიანური ურთიერთობის სკოლა ამტკიცებს, რომ საერთოდ მუშების, დაბალი და მაღალი დონის ხელმძღვანელების ქმედება შეიძლება ადვილად იქნას გაგებელი და წინასწარ განსაზღვრული მუშა ჯგუფების წევრებს შორის ურთიერთობის ანალიზის საფუძველზე. “ჯგუფი” არსებობს, თუ ადამიანები ერთმანეთთან ურთიერთობენ რაიმე მიზნის მიღწევის პროცესში. საერთო მიზნის და ინტერესების გარეშე ჯგუფებს შორის კავშირი არ არსებობს. აქედან გამომდინარე, საშუალო კლასები არ ქმნიან ჯგუფებს მანამ, სანამ მათ ინტერესებს არ ემუქრება საშიშროება. მეორეს მხრივ, პროფკავშირი წარმოადგენს ჯგუფს, რამდენადაც მის წევრებს წამთ, რომ მათ აქვთ საერთო მიზნები და ინტერესები. მაგრამ განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენს არა ისეთი მეორადი ჯგუფები, როგორც პროფკავშირებია, არამედ პირველადი ჯგუფები, ან ჯგუფები, რომელთა წევრებს აქვთ უფრო უშუალო კავშირი ერთმანეთთან. პრაქტიკაში პირველადი ჯგუფები შეუმჩნეველად გადადიან მეორადში.

მუშა ჯგუფებში ქცევების შესახებ ერთ-ერთი პირველი კვლევები ჩატარდა ჰოუტორნის ქარხანაში, რომელიც ეკუთვნოდა “ვესტერნ ელექტრიკ K” (ჩიკაგო, აშშ) მე-20 საუკუნის 20-იან -30-იან წლებში. დასაწყისში კვლევები ეხებოდა მუშების მწარმოებლობაზე ისეთი ფიზიკური ფაქტორების გავლენის შესწავლას, როგორც არის განათებულობა, ტემპერატურა სათავსოებში და მუშაობის გრაფიკი. სოციალური ფაქტორები, რომლებიც განიხილებოდა ფართო ზღვრებში, აღმოჩნდა ფიზიკურ ფაქტორებზე მნიშვნელოვანი. მაგალითად, რელეს წუნმდებლების, ჩამხვევების და ამკრებების გამომუშავება იზომებოდა სხვადასხვა განათებულობის დროს. წუნმდებლების გამომუშავება იცვლებოდა, მაგრამ არა განათებულობის ცვალებადობასთან დამოკიდებულებაში. მაგრამ რელეს ჩამხვევების და ამკრებების გამომუშავება ნამდვილად გაიზარდა მას შემდეგ, რაც გაიზარდა განათებულობის დონე, მაგრამ იგი არ შემცირდა მას შემდეგ, რაც განათებულობა დაუბრუნდა წინა მნიშვნელობას. როგორც შემდგომმა კვლევებმა აჩვენა, ელექტრო ნათურების უბრალოდ შეცვლამ, მისი სიკაშკაშის გაზრდის გარეშე, გაზარდა გამომუშავება. მკვლევარები, იმის ნაცვლად, რომ აღმოეჩინათ კავშირი ფიზიკურ ფაქტორებს და მუშების მწარმოებლობას შორის, წააწყდნენ მოტივაციის სოციალური ფაქტორების მნიშვნელობას – კომპანიამ გამოავლინა მზრუნველობა მუშაკებისადმი, მათ ამაზე მოახდინეს რეაგირება.

პირდაპირ სხვა ფაქტორებისაგან დამოუკიდებლად. როგორც წინათ იყო ნავარაუდები, ჰოუტორნში ჩატარებული კვლევების სტატისტიკით, რომლებიც ინტერპრეტირებული იყო როგორც ჯგუფური გავლენის ეფექტის აღმოჩენა, შეიძლება აინხნას ანაზღაურების სისტემის ცვლილების სრულიად განსაზღვრული გავლენით. ცხადია, არ შეიძლება დავეთანხმეთ მათ, ვინც ჰოუტორნში ჩატარებული კვლევების შედეგების საფუძველზე თვლის, რომ წახალისების ზომა მუშას აინტერესებს არა უმეტეს იმისა, როგორც მისი სამუშაოს სოციალური მნიშვნელობის სიმბოლო და, რომ მუშა, ჩვეულებრივ, მატერიალური სტიმულირების გაუმჯობესებას არ პასუხობს მწარმოებლობის გადიდებით”.

მეორე მნიშვნელოვან გამოკვლევაში, რომელიც ჩატარდა ჰოუტორნში, შეისწავლეს ბოდა ჯგუფი, რომელიც შედგებოდა 14 კვალიფიცირებული ოპერატორისაგან (მამაკაცები), რომლებიც დასაქმებული იყვნენ რელეს ჩახვევაზე. დაკვირვების მოხერხებულობისათვის ჯგუფი განათავსეს განცალკავებულ ოთახში. 14 ოპერატორიდან 9 ოპერატორი დასაქმებული იყო ჩახვევით, 3 – შეერთებების მიჩრჩილვით, 2 – კი ამოწმებდა მზა ნაწარმის ხარისხს. ბრიგადა შედგებოდა სამი ჩამხვევის და ერთი მიჩრჩილვისაგან. ჯგუფი იცავდა ქცევის გარკვეულ საერთო თარგს, რომელიც არ ემთხვეოდა ოფიციალურად წარმოებაში დადგენილ წესებს. ეს ზღუდავდა გამომუშავებას, მიუხედავად მატერიალური სტიმულის არსებობისა. ამ დროს კომპანიის მიერ დადგენილი წესებისა და სტანდარტების ნაცვლად ხშირად მოქმედებდა ჯგუფის მიერ შედგენილი წესები და ნორმები და ჯგუფის წევრები მხარს უჭერდნენ ამ წესებსა და ნორმებს. ჯგუფში სოციალური ფაქტორები იყო განმსაზღვრელი გამომუშავებისათვის. ჯგუფი წარმოადგენდა თავისებურ არაფორმალურ ორგანიზაციას. შეიძლება ითქვას, რომ მუშებს შორის ჩამოყალიბებულმა არაფორმალურმა ურთიერთობებმა ჩამოაყალიბა ჯგუფის მართვის ორგანიზაციული თარგი. ჯგუფური ნორმების ავტორიტეტის შენარჩუნება ხდებოდა მორალური ზემოქმედების საშუალებით, აუცილებლობის შემთხვევაში – ძალის გამოყენებითაც. მაგალითად, მათ ვინც მუშაობდა გულმოდგინედ, ზედმეტ სახელად უწოდებდნენ “სიჩქარის სასწაულს” ან “სიჩქარის მეფეს”. მათ, ვისი გამომუშავებაც დაბალი იყო ჯგუფურ სტანდარტზე, უწოდებდნენ “მაჩანჩალას”. ჯგუფი გაყოფილი იყო ორ ბანაკად, თუმცა ორივე ბანაკი გაერთიანებული იყო ჯგუფური ნორმის შენარჩუნებისათვის. ყოველი ბანაკის წევრები განსხვავდებოდნენ სტატუსის მიხედვით. ჩამხვევებს ეკავათ უფრო მაღალი მდგომარეობა, ვიდრე მიჩრჩილვებს, თუმცა ანაზღაურება ჰქონდათ ერთნაირი. ამგვარად, ჯგუფს გააჩნდა რთული არაფორმალური სოციალური სტრუქტურა, რომელიც წარმოიშვა ადმინისტრაციის ჩარევის გარეშე.

ჰოუტორნში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა, ან უფრო ზუსტად, ელტონ მეიოს ინტერპრეტაციამ მოგვცა ბევრი მასალა, საიდანაც შემდგომში წარმოიშვა ადამიანური ურთიერთობის კონცეფცია. დასკვნები, რომლებიც გაკეთდა ჰოუტორნის გამოკვლევების საფუძველზე, ზოგადად მდგომარეობს შემდეგში:

1. მუშის გამომუშავება განისაზღვრება უფრო ჯგუფური ნორმებით, ვიდრე მისი ფიზიკური შესაძლებლობებით. ყველა ნორმა, რომელიც ახასიათებს ადამიანის ქმედების ან პოზიციის გარკვეულ სტანდარტებს, შენარჩუნებულია ჯგუფური სანქციებით. ეს დაუწერელი წესები (ან ნორმები) ვითარდება როგორც ჯგუფში ურთიერთობის მართვის მეთოდი და განვითარების პროცესში სახეს უცვლის ფორმალურ ორგანიზაციას, თუმცა ყოველთვის არ უპირისპირდება მას.

დ.ხომანსი განსაზღვრავს ნორმის ცნებას როგორც “იდეას, რომელიც ჩამოყალიბებულია ჯგუფის წევრების შემეცნებაში, იდეას, რომელიც შეიძლება წარმოდგენილი იქნას დებულების სახით, რომელიც განსაზღვრავს, თუ რა უნდა გააკეთონ ჯგუფის წევრებმა ან სხვა ადამიანებმა და რას უნდა ელოდებოდნენ მათგან მოცემულ ვითარებაში”. თუმცა იგი ხაზს უსვავს, რომ მსგავსი იდეა წარმოადგენს იდეას მხოლოდ მაშინ, როდესაც იგი დარღვევის შემთხვევაში გამაგრებულია ჯგუფური სანქციებით.

ასეთი ნორმები წარმოადგენს არაფორმალური ორგანიზაციის ნაწილს, ანუ იმ ქმედებების ერთობლივს, რომელიც იწვევს დადებითი ცვლილებების მიერ ან არ იყო მხარდაჭერილი დისკრიმინაციის საპროცესო სისტემა არ იქნება მხოლოდ იმისათვის, რომ დაკმაყოფილდეს პიროვნების ის მოთხოვნები, რომლებიც არ იყო დაკმაყოფილებული ფორმალური ორგანიზაციის მიერ. იგი შეიძლება წარმოიქმნას აგრეთვე ოფიციალურად დადგენილ პროცესებში და პროცედურებში ნაკლის კომპენსაციისათვის. ჯგუფური ნორმები, არსებითად, წარმოადგენს წესებს, რომლებიც არეგულირებს არაფორმალურ ორგანიზაციას. ეს წესები მდგრადია. ისინი ღებულობენ ჯგუფის ფართო მხარდაჭერას და მათდამი დამორჩილებასაჭიროა კვლავ-დაკვლავ ჯგუფის ინტერესებისათვის (“ნუ უღალატებ ბიჭებს”) იმისათვის, რომ თანხმობა არ იქნას მიღებული როგორც ერთი ადამიანისადმი დაქვემდებარება.

2. მუშები გაცილებით ხშირად მოქმედებენ ან ღებულობენ გადაწყვეტილებებს როგორც ჯგუფის წევრები, ვიდრე როგორც ინდივიდები. მათი ქმედება ხშირ შემთხვევაში განპირობებულია ჯგუფური ნორმებით. ჯგუფის ვერც ერთი წევრი ვერ შეიძლება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ჰქონდეს ურთიერთობა ჯგუფთან, თუ იგი თავის მოქმედებას არ მორგებს ჯგუფურ ნორმებს. ზოგიერთი ჯგუფური სტანდარტები, ჩვევები და ნორმები ფორმალურად არ არის მიღებული როგორც წესი, მაგრამ ბევრი მათგანი რჩება როგორც დაუწერელი. არსებობს ბევრი რამ, რომელიც არ აირეკლება კლუბის წესებში, მათ იქ უბრალოდ “არ აკეთებენ”. ჯგუფის წევრები ვალდებული არიან დაემორჩილონ ქმედების ასეთ წესებს თუ სურთ, რომ ისინი აღიარონ ჯგუფის წევრებად. ისინი ან აკეთებენ ისე, როგორც ყველა, ან უბრალოდ მიდიან ჯგუფიდან. პრაქტიკაში ჯგუფის ჩვევებს აღიარებენ ახალი წევრები, რამეთუ მათ სურთ გახდნენ ჯგუფის წევრები. ჯგუფის ყოველი ახალი წევრის ქმედება ძლიერდება ან სუსტდება იმის მიხედვით, თუ ჯგუფის დანარჩენი წევრები როგორი ხარისხით აღმოუჩენენ მათ მხარდაჭერას.

არტურ კასტლერი ასე აღწერს “ობსერვერში” (10 თებერვალი, 1963 წ.), თუ როგორ ეცნობოდა სამუშაო ჯგუფის საიდუმლოებებს:

“მე ვსწავლობდი დაემორჩილებოდი ჩვენს დაუწერელ ცხოვრების კანონებს: “ნუ ჩქარობ, შენ ხომ ჯერ ახალი ხარ. თუ იჩქარებ, იმედს გაუცრუებ ამხანაგებს, თუ შენ ეძიებ გაუმჯობესებებს, დაწინაურებას, შენ ამოვარდები მწყობრიდან და შენ გაგიშვებენ კოვენტრში”. ჩემი ამხანაგები შეიძლება ყოფილიყვნენ ცოცხალნი და სრულიად ჯამრთელნი; სამუშაო ადგილზე ისინი მოძრაობდნენ როგორც “რაპიდი” გადაღებულ ფილმში, ან როგორც ღრმა წყალში მყვინთავები ოკეანის ფსკერზე. ჩვენი კომპანიის სასიცოცხლო რიტუალებით ყველაზე ფრთხილად ხდებოდა ისეთი ჩვევების შენარჩუნება, როგორიცაა შესვენება ფინჯანი ჩაისა და ფუნთუშისათვის, რომელიც ისე გრძელდებოდა, რომ გვაგონებდა იაპონურ ჩაის ჩვეულებებს. სხვა აღმაშფოთებელი ჩვევები იყო ყოველი ფრაზის “მოჩარჩობა” უცენზურო სიტყვებით. ეს არ იყო ლანძღვა-გინება; ეს ჩვეული უწმაწურობა წარმოადგენდა სტატუსის თავისებურ უარყოფით სიმბოლოს”. მუშა ჯგუფები თავიანთ ნორმებს, ჩვეულებრივ, შეიმუშავენ გამომდინარე იქედან, თუ როგორი დღიური ანაზღაურება და შრომის როგორი პირობებია მათი აზრით სამართლიანი. არ იქნება სწორი, რომ იგნორირება გავუკეთოთ ასეთ ნორმებს ან თავიდან მოვიცილოთ როგორც აშკარად ცრუ შეხედულება. ჯანსაღი აზრის თვალსაზრისით უმჯობესია შევეცადოთ გავიგოთ მუშა ჯგუფის შემეცნება და მივადწიოთ იმას, რომ იგი დავითანხმობთ აუცილებელ ცვლილებებზე, ვიდრე შევუქმნათ მას შთაბეჭდილება თითქოს მას ავიწროებენ.

მუშა ჯგუფის ლიდერი – ეს არის ადამიანი, რომლის საქმიანობაც უმეტესწილად ემთხვევა ჯგუფურ ნორმებს, ანუ ადამიანი, რომლის ქმედება მაქსიმალურად შეესაბამება ჯგუფის მიზნების მიღწევას.



ლიტერატურა

1. Roethlisberger F. J., and Dickson W. J. Management and the Worker. Cambridge. Mass., Harvard University Press, 1939.
2. Viteles M. S. Motivation & Morale in industry. London, Staples Press, 1953.
3. Homans G. C. The Human Grup. New York Harcourt Brace Jovanovich. 1950.

Zauri Serapov

About some experiments on management improvement at the electric equipment factory

Summary

The article stressed the fact that the rate of growth of the scientific and technical progress is outstripping the pace of development of production science. Therefore, each rational proposal for the management of production will make a certain contribution to the closing of the difference. The author considers the question on creation of the workers groups and their behavior in different conditions. Considered is one of the first studies on the workers groups which were held at the Hawthorne factory outside of Chicago.

In the article, the attention of research is most pronounced with a direct link to the productivity of workers in different conditions. Change of work conditions included such factors as illumination and temperature of the room, the work schedule. There have been two experiments to test whether the material incentives caused long term influence to the results.

Some conclusions are made on the basis of a study conducted by the Hawthorne factory.

**საქართველოს ეკონომიკურ-ენერგეტიკული აღორძინების
პერსპექტივა**

ა. იონანიძე

იმერეთის მხარის მეცნიერთა კავშირი “სპექტრი”

განხილულია საქართველოში არსებული ენერგეტიკული რესურსები და მათი ეფექტური გამოყენების შესაძლებლობები. რათა უზრუნველყოფილ იქნას საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოება.

ენერგეტიკა ქვეყნის ეკონომიკის აღორძინების წამყვანი დარგია, რომელზედაც არსებითადაა დამოკიდებული ქვეყნის ენერგოუზრუნველყოფის დონე. მისი ჯეროვანი განვითარების გარეშე, არარეალური იქნება არა მარტო ქვეყნის ეკონომიკური აღორძინება, არამედ საფრთხე შეექმნება მის დამოუკიდებლობასაც. როგორც ვიცით ჩვენი ქვეყანა არ არის განებივრებული ტრადიციული ენერგეტიკული რესურსების სიუხვით, მაგრამ გააჩნია დიდი რაოდენობით წყლის, ქარის, მზის, თერმული წყლების რესურსები. ასევე ტრადიციული ენერგო რესურსებიდან ნახშირის და ნავთობის გარკვეული მარაგი. აღნიშნული რესურსების მაქსიმალურად ეფექტური ათვისების შემთხვევაში სხვა ენერგეტიკული რესურსების დეფიციტი ქვეყნის ეკონომიკის ზრდისათვის პრობლემას არ შეგვიქმნის.

დღესდღეობით, ჩვენს ქვეყანაში არც თუ ისე სახარბიელო ეკონომიკური მდგომარეობაა. თუმცა სხვა სფეროების განვითარებას ხელს უწყობს რესურსების მართვა, რომელთა სრული ეფექტიანი გამოყენების შემთხვევაში ის შეძლებს ღირსეული ადგილის დაკავებას ეკონომიკურად განვითარებულ ქვეყნებს შორის. საქართველოს ეკონომიკურად განვითარების პერსპექტივის დანახვა მრავალი კუთხიდან შეიძლება. განვიხილოთ ის ენერგეტიკული რესურსები, რომელთა სრული ათვისებისა და გამოყენების შემთხვევაში ჩვენი ქვეყანა შეძლებს ეკონომიკურად წინ წაიწიოს.

საქართველო ჰიდროენერგორესურსებით მდიდარი ქვეყანაა. მდინარეთა ჰიდროენერჯის მრავალი ყოველწლიურად 150 მლრდ კვტსთ-ზე მეტია. მაგრამ ჯერჯერობით გამოყენებულია მდინარეთა სიმძლავრეების უმნიშვნელო ნაწილი (15%-მდე). საქართველოში 26000 –ზე მეტი მდინარეა. მართალია, მათი უმეტესობის სიგრძე (97%) 10 კმ-ს არ აღემატება, მაგრამ თითქმის ყველა მათგანზე შეიძლება მცირე სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურის აშენება და ადგილობრივი მოთხოვნილებების დაკმაყოფილება.

2007 წლიდან იწარმოება იმდენი ელექტროენერგია, რაც სრულიად საკმარისია ჩვენი ქვეყნის ელექტრომომარაგებისათვის (8169.5 მლნ. კვტსთ). ხოლო ახალი ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერგია, რაც ექსპორტისათვის არის გათვალისწინებული, ეკონომიკური შემოსავლების მისაღებად.

ელექტროენერჯის წარმოების მოცულობა 2012 წელს უმნიშვნელოდ განსხვავდება 2011 წლისაგან. სალტეზე გაცემულმა ენერჯიამ შეადგინა 9471.9 მლნ კვტ.სთ, რაც 2010 წლის მონაცემზე 4.4%-ით ნაკლებია, ხოლო 2009 წლის მონაცემს აღემატება 14.4%-ით. მნიშვნელოვნად გაიზარდა წარმოებულ და სალტეზე გაცემულ ენერჯიაში თბოელექტროსადგურებზე წარმოებული ელექტროენერჯის წილი. კერძოდ, 2010 წელს იგი შეადგენდა 7%-ს, საანგარიშო წელს კი – 24.8%-ს

დიაგრამა 1.

ელექტროენერჯის წარმოების მოცულობა 2012 წელს



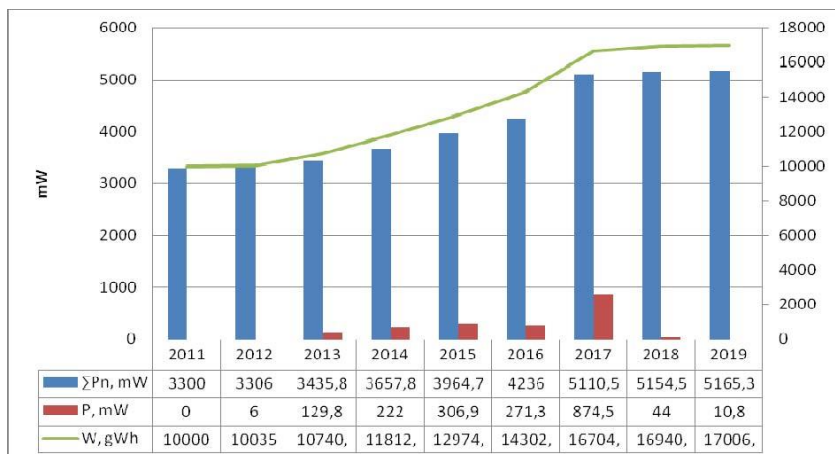
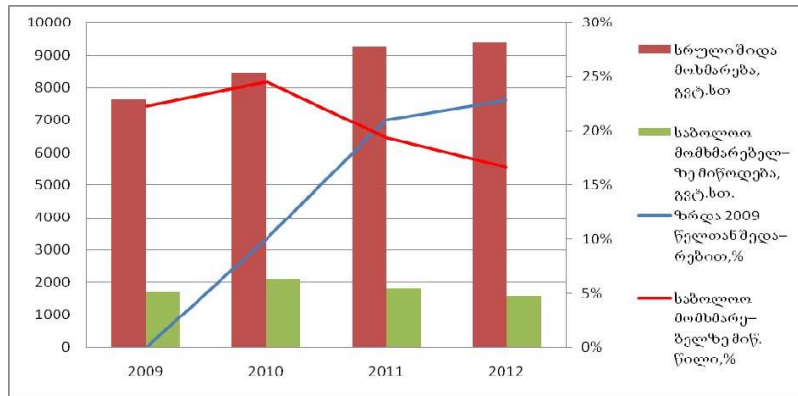
ელექტროენერჯის მოხმარებამ 2012 წელს შეადგინა 9 379,4 მლნ კვტ.სთ, რაც 1.3%-ით აღემატება 2011 წლის მოხმარებას, 11,1%-ით – 2010 წლის, ხოლო 22.8%-ით – 2009 წლის შესაბამის მონაცემს, პირდაპირი მოხმარებლების მიერ კი კვლავ ელექტროენერჯის მოხმარების შემცირების ტენდენციას აქვს ადგილი, კერძოდ, მათთვის მიწოდებული ელექტროენერჯის წილი 2010 წლის მონაცემებთან შედარებით შემცირდა 25%-დან 17%-მდე, რაც მიუთითებს ელექტროენერჯის განაწილების ლიცენზიატების საბაზრო ძალაუფლების ზრდაზე (იხ. დიაგრ. 2).

2012 წლის ელექტროენერჯის წარმოება-მოხმარების შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მნიშვნელოვანი ყურადღება უნდა მიექცეს გენერაციის ახალი სიმძლავრეების მშენებლობას ადგილობრივი ენერგორესურსების გამოყენებით (იხ. დიაგრამა 3) დიაგრამაზე ΣP არის ჯამური დადგმული სიმძლავრის მოსალოდნელი

მატების დინამიკა 2019 წლის ჩათვლით, უკვე განხორციელებაში მყოფი პროექტების სიმძლავრის გათვალისწინებით. ცხადია, ასევე ჰიდრორესურსებთან ერთად ათვისებულ უნდა იქნეს სხვა ადგილობრივი ნახშირბადოვანი და განახლებადი რესურსები, მათ შორის, პირველ რიგში, ქარის ენერგორესურსი.

დიაგრამა 2

ელექტროენერჯის შიდა მოხმარების დინამიკა 2009- 2012 წლებში



სამწუხაროდ ამ მიზნის მიღწევას აფერხებს ის გარემოება, რომ ჩვენი ქვეყანა ეკონომიკურად არ არის ძლიერი, და მთავრობას არ ძალუძს ბიუჯეტიდან გამოჰყოს სახსრები არსებული ჰიდროელექტროსადგურების სარეაბილიტაციოდ და ახალი სადგურების ასაშენებლად.

დასახლებული პუნქტებისა და ქალაქების ზრდა, სამრეწველო და სასოფლო სამეურნეო საქმიანობა განაპირობებს სათბობ-ენერგეტიკული რესურსებისადმი მუდმივად მზარდ მოთხოვნილებას. ეს განსაკუთრებით ეხება დეფიციტური ორგანული წარმოშობის სათბობს. ამგვარ ვითარებაში დღის წესრიგში დგება ენერჯის არატრადიციული სახეების გამოვლენის, შესწავლისა და სამეურნეო პრაქტიკაში ჩაბმის აუციებლობა.

მზის ენერჯის გამოყენება ეკოლოგიურად უსაფრთხოა, თუმცა ძალზე ძვირადღირებული სიამოვნებაა. საქართველოში ჯამური რადიაციის მაღალი მანქვენებლის გამო კარგი პირობებია ჰელიოსადგურების ფართო ქსელის შესაქმნელად. გამოანგარიშებულია, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე მზიდან მიღებული ენერჯის თეორიული რაოდენობა 500-ჯერ ჭარბობს ჩვენს მოთხოვნილებას ელექტროენერჯიაზე. თუკი 140 კვ.კმ-ს ჰელიოსადგურებით დავფარავთ, ამ შემთხვევაში ზედმეტად გამოვიმუშავებთ საექსპორ-

ტოდ გათვალისწინებულ ელექტროენერჯიას. თუმცა არის პრობლემებიც, მზის ენერჯიის მიღება დამოკიდებულია ბუნებრივ მოვლენებზე, და ასევე ამგვარი სადგურების მშენებლობისათვის საჭიროა დიდი ინვესტიციები. საქართველოში მზის სადგურების ასაშენებლად შესაფერის ტერიტორიებად ითვლება შატლიის, ფშავ-ხევსურეთის და გარეჯის უდაბნოს შემოგარენი.

ქარის ენერჯიის გამოყენებას ხანგრძლივი ისტორია აქვს. ენერჯიის მიმღებ მოწყობილობას ჩვეულებრივ ამონტაჟებენ იქ სადაც წლის განმავლობაში ქარის საშუალო სიჩქარე 4-5 მ/წმ-ს აღემატება. ამ მაჩვენებლის მიხედვით საქართველოში აღსანიშნავია ქალაქ ფოთის, დაბა სურამის და ქალაქ ქუთაისის მიდამოები, შიდა აჭარა, თრიალეთის ქედის ჩრდილო ფერდობები, თბილისის სამხრეთ-აღმოსავლეთი ნაწილი, ცალკეულ მდინარეთა ხეობები და სხვა. ქარის ენერჯიის სრული გამოყენების შემთხვევაში შესაძლებელია დავაკმაყოფილოთ ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნილების 1/4 ანუ კიდევ დამატებით გამოვიმუშავოთ 2042.2 მილრ კვტსო

საქართველო საკმაოდ მდიდარია თერმული წყლებით. თერმული წყლების მარაგი ჩვენს ქვეყანაში 220-250 მლნ. კუბ.მ-ია. მათი ინტენსიური გამოყენების შემთხვევაში შეიძლება დაიზოგოს დაახლოებით 1.5 მლნ ტონა პირობითი საწვავი. თერმული წყლების გავრცელების არეალი საქართველოს ტერიტორიის თითქმის 1/3-ს მოიცავს. ცნობილია კოდორის, ალაზნის, ქართლის, თბილისის, კოლხეთის წყალტუბოს და სხვა წყლის აუზები. თერმული წყლების გამოყენება შეიძლება, როგორც შენობების გათბობის მიზნით, ასევე სასათბურე მეურნეობის განვითარებისათვისაც.

ალტერნატიული რესურსების ნაკლოვანება, არაპროგნოზირებადობაა. (გვალვები, ღრუბლიანობა, ნაკლები ქარიანობა) ამიტომ მართებულად მიმაჩნია საბაზისო სიმძლავრისათვის მცირე თბოელექტროსადგურების მშენებლობა, რომლებიც ჩვენს ქვეყანაში მოპოვებულ ქვანახშირის გამოყენებაზე იქნება ორიენტირებული. მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენთან მოპოვებადი ნახშირი დიდი ნაცრიანობით გამოირჩევა, მისი გამდიდრების შემთხვევაში და ასევე თბოელექტროსადგურების საერთაშორისო სტანდარტებით აშენების შემთხვევაში ის ძალიან მომგებიანი იქნება როგორც არსებული საბადოების სრული დატვირთვისათვის და დასაქმების გაზრდისათვის, ასევე საქართველოს ეკოლოგიური უსაფრთხოებისთვის.

როგორც ვიცით, ნავთობი თითოეული ქვეყნისათვის საკმაოდ მნიშვნელოვანია. ეს არის სასარგებლო წიაღისეული, რომელიც მეურნეობის თითქმის ყველა დარგში გამოიყენება. ნავთობის საპროექტო მარაგი საქართველოში რამდენიმე ათეულ მილიონ ტონას აღწევს, თუმცა მისი მოპოვებისათვის დიდი ხარჯია საჭირო. ამჟამად ფუნქციონირებს მცირე მარაგის მქონე, მაგრამ მაღალხარისხიანი ნავთობის რამდენიმე საბადო: სამგორ-პატარძეულის, მირზაანის, სუფსის და სხვა. მიუხედავად ამისა ნავთობის მოპოვებისათვის კაპიტალდაბანდება არ მიმაჩნია მართებულად, რადგან ის მაღალ დანახარჯებთან ერთად სასოფლო მიწების სავარგულებსაც პრობლემას შეუქმნის.

ზემოთ განხილული ენერგეტიკული რესურსების ეფექტურად გამოყენება უზრუნველყოფს ქვეყნის ენერგეტიკულ უსაფრთხოებას და მასთან ერთად ეკონომიკური ვითარების გაუმჯობესებას.

ლიტერატურა

1. საქართველოს ენერჯეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისია (სემეკი), 2007-2012 წლების წლიური ანგარიშები.
2. www.minenergy.gov.ge
3. დ. ჩომახიძე. ენერჯეტიკის მდგრადი განვითარების რეგულირების პრინციპები. თბილისი, 2012 “ტექნიკური უნივერსიტეტი”
4. www.gnerc.org



II საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია

II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



საერთაშორისო ტურიზმის ლოჯისტიკა

დანაბაძე ი., ზაქარეიშვილი ვ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

დიდია ლოჯისტიკის როლი საერთაშორისო ტურიზმში, სადაც ჩართული არიან ისეთი მნიშვნელოვანი სუბიექტები როგორებიცაა, მომხმარებელი-ტურაგენტი-ტუროპერატორები-ტურის-ტული სატრანსპორტო მომსახურების მომწოდებლები, აქ მომხმარებლის ინტერესების და მოთხოვნის გათვალისწინებით, მთავარია სწორი დაგეგმვა და ოპერატიული მართვა, ისეთი რთული მატერიალურ-საინფორმაციო პროცესებისა, როგორიცაა ტურის ფორმირება და რეალიზაცია. საერთაშორისო ტურიზმი არის უცხოური ვალუტის შემოდინების მაღალეფექტური საფუძველი. ტურიზმის ექსპორტის მომგებიან ფორმას შეუძლია გადაჭრას მთელი რიგი სოციალური და ეკონომიკური საკითხები იმ ქვეყნისათვის რომლებიც აქტიურად ანვითარებენ ტურიზმს.

ტურიზმი ასეული მილიონი ადამიანისათვის შემოვიდა ყოველდღიურ ცხოვრებაში, გახდა თანამედროვე ცხოვრების განუყოფელი ნაწილი. ზრდის მაღალი ტემპების გამო მას ხშირად უწოდებენ XX-XI საუკუნის ფენომენს. მსოფლიო ტურისტულმა ორგანიზაციამ (BTO) 2012 წლისათვის დაარეგისტრირდა დაახლოებით ერთი მილიარდი საერთაშორისო ტურისტული შემოსვლა, რაც 40-ჯერ აღემატება 1950 წლის მაჩვენებლებს. ბევრ ქვეყანაში საერთაშორისო ტურიზმი გადაიქცა ეკონომიკის ერთ-ერთ წამყვან დარგად და ბიუჯეტის შევსების საიმედო წყაროდ. საერთაშორისო ტურიზმი არის უცხოური ვალუტის შემოდინების მაღალეფექტური საფუძველი. ტურიზმის ექსპორტის მომგებიან ფორმას შეუძლია გადაჭრას მთელი რიგი სოციალური და ეკონომიკური საკითხები იმ ქვეყნისათვის რომლებიც აქტიურად ანვითარებენ ტურიზმს. მსოფლიო ვაჭრობის საერთო შემოსავლებიდან ტურისტული მომსახურების წილი შეადგენს დაახლოებით 7%-ს, ისინი ჩამოუვარდებიან მხოლოდ ისეთ დარგებს როგორიცაა ნავთობპროდუქტების და ავტომობილების ექსპორტს. საერთაშორისო მონაცემებით შემოსავლები საერთაშორისო ტურიზმიდან 2008-2013 წლისათვის უნდა გაორმაგდეს.

ძალიან დიდია ლოჯისტიკის როლი საერთაშორისო ტურიზმში, სადაც ჩართული არიან ისეთი მნიშვნელოვანი სუბიექტები როგორებიცაა, მომხმარებელი-ტურაგენტი-ტუროპერატორები-ტურისტული სატრანსპორტო მომსახურების მომწოდებლები, აქ მომხმარებლის ინტერესების და მოთხოვნის გათვალისწინებით, მთავარია სწორი დაგეგმვა და ოპერატიული მართვა, ისეთი რთული მატერიალურ-საინფორმაციო პროცესებისა, როგორიცაა ტურის ფორმირება და რეალიზაცია.

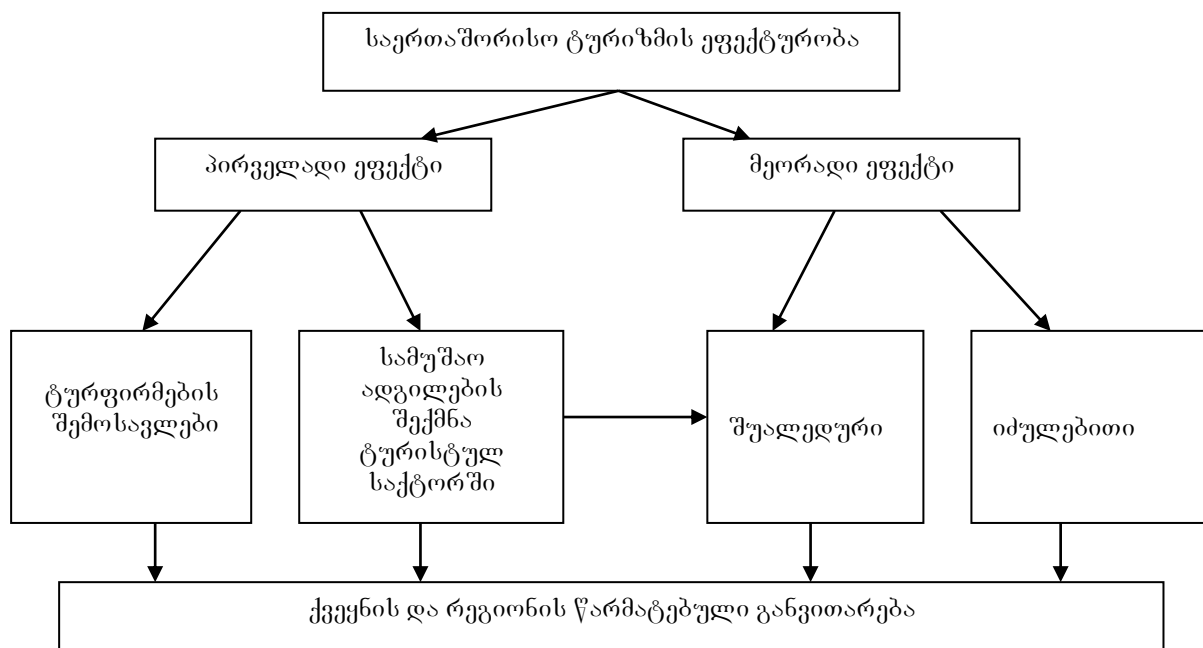
ლონდონის ტურისტულ ბირჟაზე დარეგისტრირებულია დაახლოებით 5 ათასი ფირმა. პრაქტიკა აჩვენებს, რომ საერთაშორისო ტურიზმის როლის გაზრდა ეხება საქართველოსაც, სადაც საზღვარგარეთული ტურიზმის განვითარება იღებს დიდ ტემპებს.

XXI საუკუნის დასაწყისში საერთაშორისო ტურიზმმა მიიღო მსოფლიო ხასიათი რის შედეგადაც ჩამოყალიბდა ტურიზმის მსოფლიო ბაზარი, რომელშიც მონაწილეობას ღებულობს მსოფლიოს ყველა ქვეყანა. საშუალოდ 65% საერთაშორისო ტურისტული მოგზაურობის ხორციელდება ევროპის ქვეყნებში, 20% აშშ, 15% სხვა რეგიონებში. მსოფლიო ტურისტული ორგანიზაციის მონაცემებით XXI საუკუნე იქნება ტურიზმის საუკუნე. ძალიან მნიშვნელოვანია საერთაშორისო ტურიზმის გავლენა ქვეყნის და მისი რეგიონების განვითარებაზე, სქემა 1.

ერთ სულ მოსახლეზე ტურისტული მომსახურების დანახარჯების მიხედვით მსოფლიო

ქვეყნები იყოფიან სამ ჯგუფად, 500 აშშ. დოლარზე მეტი, 150–500 აშშ დოლარამდე და 150 დოლარზე ქვევით დანახარჯები (ცხრილი 1)

საერთაშორისო ტურიზმის ლოჯისტიკა



სქემა 1. საერთაშორისო ტურიზმის გავლენა ქვეყნის და მისი რეგიონების განვითარებაზე

ცხრილი 1

4

**საშუალო წლიური დანახარჯები ტურიზმზე ერთ სულ მოსახლეზე
გათვლით აშშ დოლარებში**

500 ზე მეტი	150–500	150 ზე ნაკლები
ქვევითი	დიდი ბრიტანეთი	კორეა
ავსტრია	ფინლანდია	ისლანდია
ნორვეგია	კანადა	უნგრეთი
შვეიცარია	ავსტრალია	უკრაინა
სინგაპური	იტალია	არგენტინა
ბელგია–ლუქსემბურგი	საფრანგეთი	რუსეთი
დანია	იაპონია	რუმინეთი
ნიდერლანდები	ჩეხეთი	ტაილანდი
ისრაელი	აშშ	თურქეთი
ირლანდია	პოლონეთი	ჩინეთი
გერმანია		საქართველო

კომპლექს ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ტურისტული ინდუსტრიის განვითარებაზე იყოფიან ორ ჯგუფად:

1. პოლიტიკური, ეკონომიკური, სოციალურ–დემოგრაფიული და კულტურული;
2. ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ტურიზმის განვითარებაზე და მათ ხშირად იყენებენ ტურისტული ორგანიზაციები თავიანთ საქმიანობაში (ახალი ტურისტული ობიექტების მშენებლობა, პერსონალისათვის კვალიფიკაციის ამაღლება, ტურისტული მატერიალური ბაზის ტექნიკური განახლება, მატერიალური რესურსების, ობიექტების და ტურისტული მარშრუტების რაციონალური გამოყენება).

საერთაშორისო ტურიზმის განვითარების ტემპები ბოლო 60 წლის განმავლობაში, მისი განვითარების პროგნოზები 2020 წლისათვის და საერთაშორისო ტურიზმიდან მიღებული შე-

მოსავლები აშშ დოლარებში მოცემულია ცხრილში 2.

დანბაძე ი., ზაქარაიშვილი ვ.

ცხრილი 2

საერთაშორისო ტურიზმის განვითარების ტემპები

წელი	ტურისტების რაოდენობა	სავალუტო შემოსავლების მოცულობა აშშ დოლარებში
1950	25 მლნ.	21 00000000
1960	69 მლნ.	69 00000000
1970	159 მლნ.	179 00000000
1980	284 მლნ.	97 მილიარდი
1990	415 მლნ.	230 მილიარდი
2000	698 მლნ.	476 მილიარდი
2010	1 მილიარდი	1100 მილიარდი
2020 (პროგნოზი)	1,6 მილიარდი	2 ტრილიონი

საქართველო თავის ეკონომიკურ-გეოგრაფიული მდებარეობით ერთ-ერთი გამორჩეული ტურისტული ქვეყანაა. მიუხედავად მისი მცირე ფართობისა მასში შეთავსებულია ბარი და მთა, ზღვა და ხმელეთი. საქართველოს კურორტებმა და ტურისტულმა ბაზებმა დიდი ხანია საერთაშორისო აღიარება მოიპოვეს.

საქართველოს ზღაპრული ბუნების, სახელგანთქმული კავკასიონის მთების და შავი ზღვისპირეთის განუმეორებელი პანორამის წყალობით, საქართველოს ზღვისპირა და მთის კურორტებზე დასვენების და მკურნალობის მსურველთა რიცხვი სწრაფად იზრდება.

საქართველოში წლების განმავლობაში მილიონობით ადამიანი ისვენებდა, რასაც 500 ზე მეტი საკურორტო-ტურისტული დაწესებულება ემსახურებოდა. აღსანიშნავია, რომ ჩვენს სანატორიუმებში, პანსიონატებში, დასასვენებელ სახლებში, ტურისტულ ბანაკებსა და სხვა რეკრეაციული მნიშვნელობის დაწესებულებებში ერთდროულად 120 ათას კაცზე მეტს შეეძლო დაესვენა. ამჟამად საქართველოში ტურისტული ინდუსტრია ხელახლა ვითარდება, ასე რომ ტურიზმი კვლავ გადაიქცა საქართველოს ეკონომიკის აღორძინების ერთ-ერთ ძირითად წყაროდ.

საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის (საქსტატი) ბოლო მონაცემებით საქართველოში საერთაშორისო ტურისტების რაოდენობა და მათგან მიღებული შემოსავლების მოცულობა ბოლო ოთხი წლის განმავლობაში სამჯერ გაიზარდა. ბოლო ოთხი წლის განმავლობაში საქართველოში შემოდინებული საერთაშორისო ტურისტების რაოდენობა და შემოსავლები საერთაშორისო ტურიზმიდან მოცემულია ცხრილში 3.

ცხრილი 3

საერთაშორისო ტურისტების რაოდენობა საქართველოში და შემოსავლები საერთაშორისო ტურიზმიდან

წელი	საერთაშორისო ტურისტების რაოდენობა	სავალუტო შემოსავლების მოცულობა აშშ დოლარებში
2009	1 500 049	470 285
2010	2 031 717	659 245
2011	2 822 363	938 297
2012	4 389 256	1 800 550

საქართველოში მსოფლიო მნიშვნელობის კურორტები არის როგორც მთაში ისე ბარ-

ში. საქართველოში ცნობილია 100 ზე მეტი კურორტი, რომელთაგან ზოგიერთი საერთაშორისო მნიშვნელობის დონისაა, როგორცაა: ბაკურიანი, ბორჯომი, ქობულეთი, ბიჭვინთა, ახალი ათონი, მწვანე კონსტანტინოპოლი და სხვა. კურორტებით ბევრია ბალნეოლოგიური კურორტი, მაგალითად წყალტუბო, აბანოთუშანი, ნაბუღლაფი, უწყურა, საირმე და ა.შ.

საქართველოში ტურიზმის ასოციაცია (GTA) დაარსდა 2006 წელს. იგი წარმოადგენს კერძო ტურისტული კომპანიების, სასტუმროების და საოჯახო სასტუმროების ორგანიზაციას, რომლის მიზანია განავითაროს ტურიზმის სფეროში ისეთი მნიშვნელოვანი ასპექტები, როგორცაა:

- საქართველოში ტურისტულ კომპანიებს შორის წარმატებული თანამშრომლობა,
- კერძო და სახელმწიფო სექტორებს შორის თანამშრომლობა,
- ხარისხის მართვას ტურიზმის სექტორში,
- ტურისტული ინფორმაციის ხელმისაწვდომობა,
- ტურიზმის მდგრადი განვითარება საქართველოში.

ასოციაციის საქმიანობის ძირითადი მიმართულებებია გასვლითი, ადგილობრივი და შემოყვანითი ტურიზმი, საგანმანათლებლო სემინარები და ტრენინგები, პროფესიონალი გიდების მომზადება. GTA ხელს უწყობს სასტუმროების საერთაშორისო დაჯავშნის სისტემაში ჩართვას, ტურისტული ინფორმაციის გავრცელებას, ლობირებას. ასევე გთავაზობთ ვებ-გვერდის კონსულტაციას, ვიდეო მასალის დამზადებას, მარკეტინგულ მხარდაჭერას, სემინარებს და ტრენინგებს.

GTA ყოველთვის აწვობს ასოციაციის წევრების გენერალურ მხვედრას. საქართველოს ტურიზმის ასოციაცია ანხორციელებს სხვადასხვა პროექტებს, რომლებიც ხელს უწყობენ ტურიზმის განვითარებას საქართველოში. ამ პროექტებში GTA მჭიდროდ თანამშრომლობს საქართველოს ტურიზმისა და კურორტების დეპარტამენტთან, დაცული ტერიტორიების სააგენტოსთან, საერთაშორისო დონორ ორგანიზაციებთან (EPF: USAID/SME; GTZ; SDC), ადგილობრივ პარტნიორებთან (Elkana, GeoLand) და ასოციაციის წევრ კომპანიებთან.

წინასწარმეტყველებენ, რომ უახლოესი ორმოცდაათი წლის განმავლობაში ტურისტული ინდუსტრია იქნება ახალი სამუშაო ადგილების შექმნის ერთ-ერთი რეალური წყარო მსოფლიოს მთელ რიგ რეგიონებში მათ შორის საქართველოშიც. იზრდება საერთაშორისო ტურიზმის პუბლიცარული მნიშვნელობა, რომელიც წარმოადგენს მოსახლეობის ცხოვრების პირობების გაუმჯობესების ერთ-ერთ საშუალებას.

ლიტერატურა

1. А.С. Кусков, О.В. Поникулина. Менеджмент транспортных услуг: туризм. Москва. «Рконсульт». 2004г. 446 стр.
2. Доналд Дж. Бауерсокс, Дейвид Дж. Клосс. Логистика. ЗАО. «ОЛИМП-БИЗНЕС «. МОСКВА. 2008.631стр.
3. საქართველოს კანონი. ტურიზმისა და კურორტების შესახებ. 1997 წლის 6 მარტი. N 599-II ს.

INTERNATIONAL TOURISM LOGISTICS

DANGADZE, V. ZAKAREISHVILI

Akaki Tsereteli State University

Summary

Tourism as an international concept has recently become a global phenomenon, which constitutes a significant social activity influencing behavior and thought of world population. Tourism constitutes is an increasing, complex phenomenon with political, social, economic, cultural, environmental, educational and aesthetic dimensions. The main touristic attraction is natural and cultural heritage, its variety as well as contemporary developing cultures.



სექცია №5 საინფორმაციო ტექნოლოგიები ტელეკომუნიკაციაში

მონაცემთა კორელირებული ორგანოზომილებიანი მასივების ადაპტური უდანაკარგო კომპრესია

ხუნწარია ჯ., ბობბერაშვილი მ., აბულაძე მ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დასაბუთებულია მონაცემთა კორელირებული ორგანოზომილებიანი მასივების ადაპტური უდანაკარგო (ენტროპიული) კოდირების ეფექტურობა და წარმოდგენილია შესაბამისი ალგორითმი. დადგენილია, რომ ენტროპიული კოდირებისადმი ადაპტური მიდგომა უზრუნველყოფს უკეთეს კომპრესიას არაადაპტურ კოდირებასთან შედარებით. მოყვანილია ადაპტური ენტროპიული კოდირების ეფექტურობის მონაცემები ორგანოზომილებიანი კორელირებული გამოსახულებებისათვის.

მონაცემთა მასივის ეფექტური კოდირების (კომპრესიის, შეკუმშვის) ეფექტურობის ამაღლება დამატებითი დანაკარგების გარეშე ტელეკომუნიკაციის თეორიისა და ტექნიკის ერთ-ერთ აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს, ვინაიდან ამ შემთხვევაში შესაძლებელი ხდება სატელეკომუნიკაციო არხების გამტარუნარიანობის უფრო ეფექტური გამოყენება. გარდა ამისა, მასივის უდანაკარგო კომპრესია მიზანშეწონილია მოცემული მონაცემების მასსოვრობის (არქივირების) მოწყობილობების ტევადობის ეკონომიური გამოყენების თვალსაზრისითაც [1].

ცნობილია, რომ დანაკარგების გარეშე ეფექტური კოდირება შეიძლება განხორციელდეს დასამუშავებელი მასივის სტატისტიკური სიჭარბის შემცირებით, რომელსაც განსაზღვრავს შესაკუმში მასივის ელემენტებს შორის კორელაცია. კერძოდ, რაც მეტია კორელაცია ელემენტებს შორის, მით უფრო მეტადაა შესაძლებელი მოცემული მასივის უდანაკარგო კომპრესია. უდანაკარგო კოდირების ფართოდ გავრცელებული მაგალითია დისკრეტულ გამოსახულებათა ორგანოზომილებიანი 8x8 ზომის ფრაგმენტების (ბლოკების) დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის შედეგად ფორმირებული იმავე ზომის ტრანსფორმანტების მთავარი კოეფიციენტებისაგან შედგენილი მასივის კომპრესია, რაც რეგულირდება სტანდარტიზაციის საერთაშორისო ორგანიზაციის (ISO- International Organization for Standartization) მიერ შექმნილი უძრავ და მოძრავ გამოსახულებათა კოდირების JPEG (Joint Picture Exspert Group) და MPEG (Motion Picture Exspert Group) სამუშაო ჯგუფების მიერ დამუშავებული რეკომენდაციებით [1, 2].

აღნიშნული რეკომენდაციების საფუძველზე ფერად ციფრულ ტესტურ გამოსახულებათა (სურ. 1) სიკაშკაშის Y და ფერსხვაობითი C_r და C_b შემდგენების 8x8 ზომის ფრაგმენტების დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის შედეგად დაკვანტულ ტრანსფორმანტებში (მათი დაკვანტვა ხდება ზემოაღნიშნული რეკომენდაციებით დადგენილი სპეციალური 8x8 ზომის მატრიცებით) ძირითადია კოეფიციენტები, რომელთა კოორდინა-

5

ტებია (0,0), ვინაიდან მათი მნიშვნელობები, როგორც წესი, გაცილებით აღემატება დანარჩენი კოეფიციენტების მნიშვნელობებს, რის გამოც სწორედ ისინი შეიცავენ მნიშვნელოვან ინფორმაციას გამოსახულების ფორმანტიბის შესახებ. ამის გამო მათ მთავარ კოეფიციენტებს ვუწოდებთ. მთავარი კოეფიციენტების ერთობლიობისაგან იქმნება ორგანზომილებიანი მასივი, რომლის უდანაკარგო (ენტროპიული) კოდირებისას ხდება არა უშუალოდ მათი კოდირება, არამედ მათი სხვაობითი მნიშვნელობებისა, ვინაიდან რეალური გამოსახულებებისათვის მთავარ კოეფიციენტებს შორის შენარჩუნებულია ძლიერი კორელაცია, რის გამოც ეგრეთ წოდებული სხვაობების მასივის ელემენტების მნიშვნელობები გაცილებით ნაკლებია თვით მთავარი კოეფიციენტების მნიშვნელობებთან შედარებით, რაც იძლევა მათი კომპრესიის გაუმჯობესების შესაძლებლობას [1, 3].

სანიმუშოდ 1-ლ და მე-2 ცხრილებში წარმოდგენილია 256x256 ზომის ფერადი ტესტური გამოსახულება “ლენას” (სურ. 1,ა) სიკაშკაშის (შავ-თეთრი) Y შემდგენის ზედა მარცხენა არეში არსებული 8x8 ზომის 256 ფრაგმენტის (მთლიანი გამოსახულების ზედა მარცხენა მეოთხედი) შესაბამისი დაკვანტული ტრანსფორმანტების მთავარი კოეფიციენტების ერთობლიობა და მისი ჰორიზონტალური მიმართულებით გამოთვლილი კოეფიციენტების სხვაობითი მნიშვნელობების 16x16 ზომის მასივი (მთლიანი გამოსახულებისათვის შესაბამისი მასივის ზომაა 32x32). შევნიშნოთ, რომ მასივის 1-ლ სვეტში სხვაობები გამოთვლილია მთავარი კოეფიციენტების მასივის ვერტიკალური მიმართულებით. ცხრილებიდან ნათლად ჩანს ზემოაღნიშნული მსჯელობის მართებულობა. ცხადია, რომ მიმდებში ეგრეთ წოდებული საყრდენი კოეფიციენტისა (განხილულ შემთხვევაში ის 79-ის ტოლია) და დანარჩენი სხვაობითი მნიშვნელობების საშუალებით შესაძლებელია მასივის აღდგენა შესაბამისი შეკრების ოპერაციების განხორციელებით [2].



ა



ბ



გ



დ

სურ. 1. ტესტური გამოსახულებები “ლენა” (ა), “ბუნება” (ბ), “პარკი” (გ), “დაისი” (დ)

1	-1	-31	7	36	-8	-2	-3	-33	28	-3	18	11	0	2	-8
1	-1	-32	6	35	-8	-2	-5	-9	6	20	13	0	-5	-5	-42
0	-1	-32	6	35	-8	-2	-5	-9	6	20	13	0	-5	-5	-42

მე-3 ცხრილში ნაჩვენებია გამოსახულება “ლენას” ზედა მარცხენა მეოთხედის შესაბამისი 256 ფრაგმენტის გარდასახვის შედეგად მიღებული დაკვანტული ტრანსფორმანტების მთავარი კოეფიციენტების ვერტიკალური მიმართულებით გამოთვლილი სხვაობების მასივი. მე-3 ცხრილის ელემენტები, გარდა პირველი სტრიქონისა და პირველი სვეტის ელემენტებისა, განსხვავებულია მე-2 ცხრილში წარმოდგენილი მასივის შესაბამისი ელემენტებისაგან, რის გამოც განსხვავებული იქნება მათი ენტროპიებიც. ეს გარემოება იძლევა აღნიშნული სხვაობითი მასივების განსხვავებული რაოდენობის ბიტებით უდანაკარგო (ენტროპიული) კოდირების საშუალებას. შევნიშნოთ, რომ მე-3 ცხრილის პირველ სტრიქონში მოყვანილია მთავარი კოეფიციენტების მასივის კორიზონტალური მიმართულებით გამოთვლილი სხვაობების მნიშვნელობები.

ცხრილი 3. დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის დაკვანტული ტრანსფორმანტების მთავარი კოეფიციენტების მასივის ვერტიკალური მიმართულებით გამოთვლილი სხვაობითი მნიშვნელობები ტესტური გამოსახულების “ლენა” სიკაშკაშის Y შემდგენისათვის

79	2	-5	8	25	-4	-2	-7	-3	0	-2	1	0	1	0	-1
0	-2	0	2	1	0	1	1	1	0	2	1	1	1	1	0
-1	-3	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	-1	3
-2	13	-1	-1	2	1	-1	0	1	0	-2	-1	-7	-16	-23	-27
6	16	-1	1	3	1	2	2	1	1	8	2	4	6	1	-3
22	1	0	1	-1	0	1	0	0	6	0	2	-1	3	2	1
9	0	1	-1	0	0	0	0	1	1	-1	-5	-1	3	-2	-5
-1	0	0	0	2	1	0	-3	-1	0	-3	1	3	-16	-3	2
-4	-2	-1	-2	-2	-1	0	-8	5	1	2	1	-10	0	1	7
1	-1	-1	-2	0	0	1	-5	-9	1	-2	-6	3	5	5	2
1	-1	0	0	0	1	2	-2	-12	-4	-3	2	3	5	12	11
-2	-2	-1	-1	1	0	0	2	-2	-3	0	3	4	14	30	21
-3	2	0	-1	0	0	0	15	-12	-2	3	2	17	25	11	18
1	3	0	0	1	0	-2	5	4	4	0	19	16	2	0	-3
1	1	0	-1	-2	-2	-2	-4	20	-2	21	16	5	0	-7	-41
0	0	0	0	0	0	1	-5	14	11	4	0	1	1	-35	-6

ტრანსფორმანტების მთავარი კოეფიციენტების ადაპტური ენტროპიული კოდირების ეფექტურობა შეიძლება დავადგინოთ შესაბამისი სხვაობითი მასივების E_3 და E_3 ენტროპიების შეფასებით. შევნიშნოთ, რომ ენტროპია წარმოადგენს ბიტების იმ მინიმალურ საშუალო რაოდენობას, რომელიც თეორიულად საკმარისია მასივის ერთი ელემენტის კოდირებისათვის.

გამოსახულებების ციფრული სიგნალების შესაბამისი ტრანსფორმანტების მთავარი კოეფიციენტების ადაპტური ენტროპიული კოდირების ეფექტურობის შეფასების მიზნით მოდელირების საშუალებით დადგენილი იქნა აღნიშნული კოეფიციენტების ორგანიზაციებიანი მასივის ორივე მიმართულებით სხვაობითი მნიშვნელობების E_3 და E_3 ენტროპიები 256x256 ზომის ტესტური ფერადი გამოსახულებების სიკაშკაშის Y შემდგენისათვის. შესაბამისი გამოთვლის შედეგები (E_3 , E_3) სხვადასხვა კლასის ტესტური ფერა-

დი გამოსახულებების “ლენა” (სურ. 1,ა), “ბუნება” (სურ. 1,ბ), “პარკი” (სურ. 1,გ) და “დაისი” (სურ. 1,დ) წარმოდგენილია მე-4 ცხრილში, სადაც კომპრესიის თვალსაზრისით უკეთესი მონაცემები ხაზგასმითაა მონიშნული.

ფერადი გამოსახულებების (იხ. სურათი) სიკაშკაშის Y შემდგენის 8x8 ზომის ფრაგმენტების დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის, შესაბამისი ტრანსფორმანტების დაკვანტვისა და დაკვანტული ტრანსფორმანტების 1024 (32x32=1024) მთავარი კოეფიციენტის სხვაობების ზემოაღნიშნული სტანდარტებით რეკომენდირებული ჰაფმანის ცხრილის (ცხრილი 5) საფუძველზე ენტროპიული კოდირების შედეგად დადგენილი საჭირო ბიტების რაოდენობები (m_3, m_3) სხვაობების გამოთვლის ორივე (ჰორიზონტალური და ვერტიკალური) ვარიანტებისათვის და მათ შორის შესაბამისი სხვაობები (მოგებული ბიტების რაოდენობები Δm) წარმოდგენილია მე-6 ცხრილში (ცხრილში უკეთესი ვარიანტების მონაცემები ხაზგასმითაა აღნიშნული). საჭირო ბიტების რაოდენობები მე-5 ცხრილის საფუძველზე განისაზღვრება როგორც ამ ცხრილის სტრიქონის ნომრისა და შესაბამისი უნარული კოდის ბიტების რაოდენობის ჯამი [3].

Δm -ის გამოთვლისას მხედველობაშია მიღებული ის გარემოება, რომ მთავარი კოეფიციენტების სხვაობების ადაპტური ენტროპიული კოდირებისათვის საჭიროა დამატებით 1 ბიტი კოდირების ვარიანტის აღსანიშნავად (ფერადი გამოსახულების სამივე შემდგენისათვის – 3 ბიტი).

ცხრილი 4. გარდასახვის მთავარი კოეფიციენტების მასივის კორელაციის K_3 და K_3 კოეფიციენტებისა და E_3 და E_3 ენტროპიების მნიშვნელობები ფერადი ტესტური გამოსახულებების სიკაშკაშის Y შემდგენისათვის

გამოსახულებები	E_3	E_3
“ლენა”	5,820	<u>4,911</u>
“ბუნება”	<u>5,181</u>	5,358
“პარკი”	5,713	<u>5,004</u>
“დაისი”	<u>4,022</u>	4,487

ცხრილი 5. ტრანსფორმანტების მთავარი კოეფიციენტების სხვაობითი მნიშვნელობების ენტროპიული კოდირება ჰაფმანის მეთოდით

ცხრილის სტრიქონის ნომერი, R	მასივის სხვაობითი მნიშვნელობები										უნარული კოდები	ბიტების საჭირო რაოდენობა
	სვეტის ნომერი, C											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0:	0										0	1
1:	-1	1									10	3
2:	-3	-2	2	3							110	5
3:	-7	-6	-5	-4	4	5	6	7			1110	7
4:	-15	-14	...	-9	-8	8	9	10	...	15	11110	9
5:	-31	-30	-29	...	-17	-16	16	17	...	31	111110	11
6:	-63	-62	-61	...	-33	-32	32	33	...	63	1111110	13
7:	-127	-126	-125	...	-65	-64	64	65	...	127	11111110	15
8:	-255	-254	-253	...	-129	-128	128	129	...	255	111111110	17

როგორც მე-4 და მე-6 ცხრილების მონაცემების შედარებიდან ჩანს, გამოსახულებების

ბა “ლენას” სიკაშკაშის Y შემდგენის გარდასახვის შედეგად მთავარი კოეფიციენტების მასივის პორიზონტალური მიმართულებით გამოთვლილი სხვაობითი მნიშვნელობების ენტროპიული კოდირების სხვაობის მნიშვნელობა უმცირესობაა ენტროპიის მნიშვნელობის რაოდენობა 1,725 ბიტით აღემატება შესაბამის ენტროპიას მაშინ, როდესაც ვერტიკალური მიმართულებით გამოთვლილი სხვაობების კოდირებისას ანალოგიური მონაცემია მხოლოდ 0,872 ბიტი, რაც მეტყველებს ადაპტური კოდირების ეფექტურობაზე. ანალოგიური დასკვნების გაკეთება შესაძლებელია სხვა გამოსახულებებისთვისაც.

უნდა აღინიშნოს, რომ მთავარი კოეფიციენტების კომპრესიის წარმოდგენილი მეთოდი შეიძლება გამოყენებული იყოს იმ შემთხვევაშიც, როდესაც გარდასახვის დაკვანტული კოეფიციენტების ენტროპიული კომპრესია ხდება არითმეტიკული კოდირების გამოყენებით [2].

ცხრილი 6. ფერად ტესტურ გამოსახულებათა სიკაშკაშის Y შემდგენის მთავარი კოეფიციენტების ადაპტური კოდირებისათვის საჭირო ბიტების რაოდენობა

გამოსახულებები	სხვაობითი სიდიდეების კოდირებისათვის საჭირო ბიტების რაოდენობები		ბიტების რაოდენობის მოგება Δm ბიტი	მოგების პროცენტუალი მაჩვენებელი	ერთი მთავარი კოეფიციენტის სხვაობით სიდიდეზე გადათვლილი ბიტების საშუალო რაოდენობა	
	m_x ბიტი	m_y ბიტი			$m_x/1024$ ბიტი	$m_y/1024$ ბიტი
“ლენა”	7726	5922	1803	23,35%	7,545	5,783
“ბუნება”	6558	6954	395	6,04%	6,404	6,791
“პარკი”	7338	5930	1407	19,19%	7,166	5,791
“დაისი”	4770	5506	735	13,37%	4,658	5,377

ამრიგად, ადაპტური ენტროპიული კოდირების შედეგად იზრდება უდანაკარგო კოდირების ეფექტურობა, ვინაიდან უფრო მეტად ხდება ენტროპიასთან მიახლოება (ხაზგასმული მონაცემები) არადაპტურ კოდირებასთან შედარებით.

ლიტერატურა

1. Хунцария Дж. М., Хирьянов Ю. А., Хунцария Л. Дж. Компрессия изображений на при-мере стандарта JPEG//GESH: Computer Science and Telecommunications, Тбилиси, 2010. N4 (27), с. 76-85.
2. Смирнов А.В. Основы цифрового телевидения//Учебное пособие. “Горячая линия – Телеком”, Москва, 2001, с. 223.
3. ხუნწარია ჯ. მ., გოგბერაშვილი მ. რ., მაჩაღაძე პ. ი., ჯღამაძე მ. ს. გამოსახულებათა დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის მთავარი კოეფიციენტების კორელაციური თავისებურებანი// Georgian Engineering News. თბილისი, 2011. N3, გვ. 21-26.

AN ADAPTIVE LOSSLESS COMPRESSION OF CORRELATED TWO DIMENSIONAL DATA ARRAYS

J. KHUNTSARIA, M. GOGBERASHVILI, V. ABULADZE
Georgian technical university

Summary

An efficiency of adaptive lossless (Entropic) coding of correlated two dimensional data arrays is proved and the appropriate algorithm is represented. Determined, that the adaptive coding approach for Entropic coding shows a better compression rate, than non-adaptive coding method. The statistics of efficiency of adaptive Entropic coding method for two dimensional images are presented.



**მულტისერვისული ქსელის საარხო რესურსის განსაზღვრის
 საკითხისათვის**

კოკლატაძე მ., ბელხვიძე პ., მარღალიაშვილი ზ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სატელეკომუნიკაციო ქსელის პროექტის ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასებისათვის საჭირო არხების აუცილებელი ტევადობის განსაზღვრა, ძირითადად ერლანგის ფორმულის გამოყენებით. ეს კი დაკავშირებულია გარკვეულ გამოთვლით სირთულეებთან, ამიტომ, რიგი ცნობილი მწარმოებელი კომპანიები იყენებს საკუთარ ემპირიულ ფორმულებს. ნაშრომში წარმოდგენილია ასეთი მიდგომის გაერცელების შესაძლებლობა მულტისერვისული ქსელის საარხო რესურსის განსაზღვრისათვის.

სატელეკომუნიკაციო ქსელში შემოსული მოთხოვნების, ერლანგებში გამოსატული ინტენსიობა განსაზღვრავს, გარკვეული სახის ინფოკომუნიკაციური სერვისის მიღებისათვის საჭირო შეერთებების საშუალო რიცხვს. მონოსერვისული ქსელებისათვის, პოტენციალურად შესაძლო შეერთებების რიცხვი ემთხვევა ერთდროულად დაკავებული არხების რაოდენობას, რაც არ სრულდება მულტისერვისული მომსახურების პირობებში. სხვა და სხვა სახის სერვისების მიწოდება მოითხოვს საარხო რესურსის განსხვავებულ რაოდენობებს. მულტისერვისული მომსახურების პირობებში, ქსელში არსებული ტრაფიკი განისაზღვრება "ერლანგი-არხზე" [1] ერთეულებში, რომელიც მიუთითებს კავშირგაბმულობის ხაზის საარხო ერთეულის დატვირთულობის კოეფიციენტს. თუ საარხო რესურსის გამოყოფას განვიხილავთ შეერთების დამყარების დონეზე, [2], შეიძლება ვიმსჯელოთ შემოთავაზებული შედეგების გამოყენების შესაძლებლობაზე მულტისერვისული მომსახურების პირობებშიც.

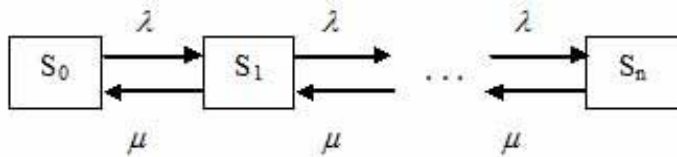
ტელეკომუნიკაციის ქსელების განვითარების პროცესში, ტექნიკური წინადადებების დამუშავების და ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთებისათვის აუცილებელია არხების საჭირო რიცხვის დადგენა, რისთვისაც იყენებენ ერლანგის B ფორმულას. მაგრამ, საპროექტო დონეზე, ერლანგის ფორმულით გამოთვლები რთულია და არ არის ხელმისაწვდომი. შესაბამისად, ტელეკომუნიკაციის საშუალებათა ცნობილი მწარმოებელი კომპანიები, იყენებენ ან ემპირიულ მიდგომას, რომელიც ეფუძნება არხების ტევადობის „გადავსების კოეფიციენტის“ სტატისტიკურად დადგენილ მნიშვნელობას, რომელიც განსაზღვრავს არხების ტევადობის აუცილებელ მარაგს, ან იყენებენ საკუთარ ცხრილებს, რაც ყოველთვის დაკავშირებულია ინტერპოლაციის ცდომილებასთან.

შესაძლებელია საინჟინრო პრაქტიკაში წარმატებით გამოვიყენოთ საჭირო არხების რიცხვის, როგორც დატვირთვის ფუნქციის, განსაზღვრის მოხერხებული მეთოდი, დაფუძნებული „სამი სიგმის წესის“ გამოყენებაზე [3].

ქსელების პროექტირების პროცესში, მისი ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასებისათვის საჭიროა რესურსების აუცილებელი რიცხვის განსაზღვრა, როგორც ინფორმაციის წყაროების რიცხვისა და შექმნილი დატვირთვის ფუნქცია, მომსახურების ხარისხის დადგენილი მახასიათებლების გათვალისწინებით. არხების კომუტაციის სისტემებში ძირითად მახასიათებელს წარმოადგენს პირველადი მოთხოვნის დაკარგვის ალბათობა, როდესაც მოთხოვნების ნაკადი პუასონის ტიპისაა და წარმოადგენს სისტემის ყველა რესურსის დაკავებულ მდგომარეობაში ყოფნის ალბათობას. სატელეფონო ქსელებში

მომსახურების ხარისხი შეფასდება მომსახურების გარეშე დარჩენილი (დაკარგული) მოთხოვნების რიცხვით, მომსახურებული მოთხოვნების რიცხვთან მიმართებაში.

ტელეტრაფიკის კლასიკურ თეორიაში [4], P_n - მოთხოვნების კარგების ალბათობის შეფასება დაფუძნებულია, კარგების რეჟიმში მოქმედი, მასობრივი მომსახურების მრავალარხიანი სისტემის მოდელზე, რომლის მდგომარეობათა გრაფს შემდეგი სახე აქვს:



სადაც S_0, S_1, \dots, S_n არის სისტემის მდგომარეობები, დანომრილი დაკავებული არხების რიცხვის შესაბამისად (S_0 - ყველა არხი თავისუფალია; S_1 - დაკავებულია ერთი არხი, ხოლო დანარჩენები თავისუფალია; S_n - დაკავებულია ყველა n არხი).

$\lambda = 1/T$ არის მოთხოვნათა შემოსვლის საშუალო ინტენსიობა, განსაზღვრული მოთხოვნათა შორის დროის T ინტერვალებით.

$\mu = 1/t$ - მომსახურების ინტენსიობა განსაზღვრული მომსახურების ხანგრძლიობის t საშუალო დროით.

ასეთ სისტემაში, P_n -ის განსაზღვრისათვის, სარგებლობენ ერლანგის B (პირველი) ფორმულით:

$$P_n = \frac{\frac{R^n}{n!}}{\sum_{j=0}^n \frac{R^j}{j!}} = E_n(R) \quad (1)$$

სადაც $R = \lambda / \mu$ - არის მომსახურებისათვის ქსელში მოთხოვნების შემოსვლის ინტენსიობა.

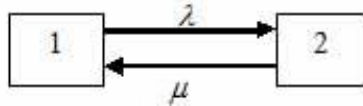
თუ t და T განსაზღვრულია დროის ერთი და იგივე ერთეულით, მაშინ $R = t/T$ გვაძლევს დატვირთვის ინტენსიობის მნიშვნელობას ერლანგებში.

n -ის დიდი მნიშვნელობებისათვის (100-ზე მეტი) P_n -ს პრაქტიკული საქმიანობისათვის საზღვრავენ $E_n(R) = F[E_{n-1}(R), n]$ რეკურენტული ფორმულით, მიახლოებითი მეთოდების გამოყენებით.

პრაქტიკისათვის შესაძლებელია საანგარიშო ფორმულებს მიეცეს ხელსაყრელი შინაარსი, რაც დამყარებული იქნება პროცესების მოდელირების დროს, ფართოდ გავრცელებული, მომენტების დინამიკის და შედეგების სწორად განსაზღვრის უზრუნველყოფის მეთოდებზე [2].

მომენტების დინამიკის მეთოდი იყენებს მარკოვის უწყვეტი ჯაჭვების თეორიის წრფივ დიფერენციალურ განტოლებებს, რომელიც აღწერს უწყვეტ დროში დისკრეტული მდგომარეობების ალბათობათა ცვლილებას, რაც აგრეთვე შეესაბამება ერლანგის პირველ ფორმულას (ანუ B ფორმულას). მეთოდი ითვალისწინებს სისტემის ელემენტების ურთიერთდამოუკიდებელი მდგომარეობების ვითარებას, იმის საფუძველზე, რომ სისტემის E_i ელემენტების საშუალო რიცხვი, რომლებიც i -ურ მდგომარეობაშია, არის ელემენტების საერთო N რიცხვის (სადაც $N = \sum E_i$) ნამრავლი, სისტემის i მდგომარეობაში ყოფნის P_i ალბათობაზე.

ამ შემთხვევაში სისტემის ელემენტებს წარმოადგენენ ტერმინალები, რომელთაგან თითოეული არის ორ-მდგომარეობიანი. მდგომარეობებიდან ერთ-ერთში სისტემა უდგომარეობაში, როდესაც ის თავისუფალია და 2 - დაკავებული აქვს არხი კავშირის არსებობის განმავლობაში, რასაც შეესაბამება მდგომარეობათა შემდეგი სქემა:



თუ λ და μ არის 1-დან მე-2 მდგომარეობაში აბონენტის გადასვლის ინტენსიობა, მაშინ გადასვლების საშუალო დინამიკა იქნება:

$$\begin{aligned} dE_1/dt &= -\lambda E_1 + \mu E_2; \\ dE_2/dt &= \lambda E_1 - \mu E_2. \end{aligned}$$

აქედან, დამყარებული რეჟიმისათვის მივიღებთ:

$$dE_1/dt = dE_2/dt = 0,$$

ხოლო დაკავებული არხების რიცხვისათვის კი:

$$E_2 = N_p (1 + \nu),$$

სადაც $\nu = \lambda / \mu$.

დავუშვათ, რომ x_{ij} დისკრეტული შემთხვევითი სიდიდე ღებულობს მხოლოდ ორ შესაძლო მნიშვნელობას:

$$x_{ij} \begin{cases} 1, \text{თუ } j\text{-ური ელემენტი იმყოფება } i \text{ მდგომარეობაში;} \\ 0, \text{თუ } j\text{-ური ელემენტი თავისუფალია.} \end{cases}$$

ყოველი j -სათვის განაწილების კანონს აქვს ერთი და იგივე სახე [4]:

ცხრილი 1.

x_i -ის მნიშვნელობები	0	1
შესაბამისი ალბათობები	$1 - P_i$	P_i

სადაც P_i არის სისტემის i მდგომარეობაში ყოფნის ალბათობა.

შესაბამისად, $i=2$ მდგომარეობაში ყოფნის რიცხვითი მნიშვნელობის დისპერსია არის $x_{ij} = x_i$ სიდიდის დისპერსიების N ერთნაირი მნიშვნელობების ჯამი:

$$D[x_2] = (0 - P_2)^2 (1 - P_2) + (1 - P_2)^2,$$

ანუ

$$D_2 = E_2 (1 - E_2 / N) = N \nu (1 + \nu)^2.$$

„სამი სიგმის წესის“ შესაბამისად, დაკავებული არხების შესაძლო რიცხვი, როდესაც ის განაწილებულია ნორმალური კანონით, პრაქტიკულად შეადგენს $E_2 + 3\sqrt{D_2}$. ამის საფუძველზე, N რაოდენობის აბონენტების მომსახურებისათვის საჭირო არხების n რიცხვი, თუ ერთი აბონენტის აქტივობა უდიდესი დატვირთვის საათში არის ν , გამოისახება შემდეგი სახით:

$$n = \frac{N \nu + K \sqrt{N \nu}}{1 + \nu} \quad (2)$$

სადაც $N \nu$ არის დატვირთვა ერთსაათში, ხოლო K - არის კარგების დასაშვების კო-

ფიციენტი, რომლისთვისაც ფუნქცია ინარჩუნებს ნორმალური განაწილების კანონის სახეს (შესაბამისობის კოეფიციენტი შესაძლებელია საშუალოდ უდრებოდეს ერთს მნიშვნელობის შეფასების საფუძველზე).

(2) გამოსახულების გამოყენების სიზუსტის დადგენის მიზნით ჩატარდა არხების საჭირო რაოდენობის $n = n(N, P_{\text{efhbc}})$ გამოთვლა, რომელიც შედარებულია $E_n(R)$ მნიშვნელობებთან. ასეთი შედარება, ერთი ტერმინალის $v = 0,15$ ერლანგი დატვირთვისათვის, გვაძლევს, რომ n -ის განსაზღვრა შესაძლებელია 2%-ზე ნაკლები ცდომილებებით (ცხრილი 2).

(ცხრილი 2)

n	R	\sqrt{R}	k	n გამოთვლილი	ცდომილება %
10	4,416	2,1	3,371	9,92	0,8
15	8,027	2,833	3,258	15,18	1,2
20	11,910	3,45	3,214	20,34	1,7
25	15,963	3,995	3,2	25,445	1,78
30	20,134	4,487	3,2	30,496	1,65
35	24,392	4,938	3,21	35,507	1,4
40	28,718	5,359	3,224	40,485	1,2
45	33,097	5,753	3,242	45,433	0,96
50	37,522	6,125	3,261	50,358	0,71
60	46,479	6,8175	3,303	60,1517	0,25
70	55,550	7,453	3,347	69,879	0,15
80	64,707	8,044	3,393	79,552	0,56
90	73,935	8,598	3,438	89,182	0,9
100	83,220	9,122	3,4836	98,77	1,23

საშუალო მნიშვნელობათა დინამიკის მეთოდით, E_z -ს მათემატიკური მოლოდინის და D_z დისპერსიის განსაზღვრით და იმის დაშვებით, რომ (2) გამოსახულების შედეგები ექვემდებარება ნორმალური განაწილების კანონს, უარის აღბათობა შეიძლება გამოვსახოთ ლაპლასის ინტეგრალით:

$$\varphi(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^y e^{-\frac{t^2}{2}} dt,$$

ე.ი., ამ შემთხვევითი სიდიდის n -ის მნიშვნელობაზე გადაჭარბების ალბათობა, ან საშუალო მნიშვნელობიდან $E_z = VN / (1+V)$ გადახრის გადაჭარბება $n-E_z$ სიდიდეზე, იქნება:

$$P_{\text{efhbc}} \approx 1 - 2\varphi \left[\frac{n(1+V) - \sqrt{VN}}{\sqrt{VN}} \right] \quad (3)$$

(2) გამოსახულების ჩასმით (3)-ში, ვღებულობთ:

$$P_{\text{efhbc}} \approx 1 - 2\varphi(k)$$

$$\text{ცდომილება იქნება: } \Delta P_{\text{efhbc}} = P_{\text{efhbc}} - P_v,$$

სადაც P_v არის (1) გამოსახულების შინაარსის ბლოკირების ალბათობის ექვივალენტური და განისაზღვრება (2)-დან Δv ცდომილებით, აგრეთვე იმ ცდომილებით, რომელიც შეესაბამება სისტემის მდგომარეობათა ნორმალური განაწილების კანონიდან გადახრით გამოწვეულ ცდომილებას.

(3) ფორმულით გამოძახებებზე უარების P_{efhbc} ალბათობის სიდიდეზე Δv ცდომილების ზეგავლენა შეიძლება შევაფასოთ თუ შევადარებთ (1)-ის შედეგებს, როდესაც $k=3,2 \dots 3,371$ ($P_{\text{efhbc}} = 0,01$), $N \geq 10$. P_{efhbc} განსაზღვრის ცდომილება, როდესაც v -ს განსაზ-



როდესაც დისკრეტული შემთხვევითი სიდიდე x_j (ცხრილი 1) ღებულობს მხოლოდ ორ შესაძლო მნიშვნელობას ნებისმიერი j ელემენტისათვის: 1 ან 0, იმის მიხედვით არის თუ არა j ელემენტი i მდგომარეობაში, როგორც ავნიშნეთ მდგომარეობათა განაწილების კანონს ნებისმიერი j -თვის აქვს ერთი და იგივე სახე. შესაბამისად N დამოუკიდებელი შემთხვევითი სიდიდეების ჯამის განაწილების კანონი იქნება ბინომიალური და შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი შეფასება [3]:

$$P(|n - E_2| \geq k\sqrt{D_2}) \leq 4/9k.$$

ამ უტოლობის მარჯვენა ნაწილი არ შეიცავს N პარამეტრს, ამიტომ, მაშინაც კი, როდესაც $N < 10$ იმის ალბათობა, რომ $|n - E_2|$ გადააჭარბებს $k\sqrt{D_2}$ -ს, როდესაც $k=3, 2-3, 371$ და $v=0, 15$, არ აღემატება $0, 042-0, 046$. როდესაც N -ის მნიშვნელობა იზრდება, ბინომიალური კანონის განაწილების კანონის სახე მისწრაფის ნორმალური განაწილებისაკენ და ამ მიახლოების ხარისხი იზრდება.

ამრიგად, არხების რიცხვის განსაზღვრისათვის ფორმულა (2) და უარების ალბათობისათვის ფორმულა (3), როგორც მიახლოებითი ფორმულები, შეიძლება ჩაითვალოს მისაღებად პროექტირებისათვის, გამოთვლების 2%-მდე სიზუსტის უზრუნველყოფით.

ლიტერატურა

1. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей. Москва: ЭКОТРЕНД3, 2010-388.
2. Савостицкий Ю.А. Простые формулы для оценки требуемого числа каналов и вероятности потери вызова. // Электросвязь. Ежемесячный научно-технический журнал, 2001. №8, 16-17.
3. Крамер Г. Математические методы статистики. Москва: Мир, 1975-314.
4. Корнышев Ю.Н., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика. Москва: Радио и связь, 1996-178.

ON THE ISSUE OF DETERMINING THE CHANNEL RECOURSES FOR MULTISERVICE NETWORKS

KOPLATADZE M.*, GELKHVIDZE P.***, MARDALEISHVILI Z.**

* Technical University of Georgia

**Akaki Tsereteli State University

Summary

Performing technical and economic evaluation of Telecommunication network project requires defining the necessary capacity of channels, using mainly Erlang formulas. These calculations are connected to certain difficulties, thus number of manufacturers use their own empirical formulas. The article elaborates on application of such approaches to define channel capacity in multiservice networks.

მომსახურების ხარისხის შეფასება საერთო სარბეზლობის სატელეფონო ქსელში

ყიფიანი ძ.*, გვალია თ.*, კუპატაძე თ.**

*აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სატელეკომუნიკაციო ქსელებისა და საინფორმაციო სისტემების განვითარების თანამედროვე ეტაპი ხასიათდება ფართო ინფორმაციული ინტეგრაციით. მომხმარებლის მიერ მოთხოვნილი მომსახურების სახეობები უზიარებლად უზრუნველყოფენ მომხმარებელს ახალ დონეზე აიყვანა მომსახურების ხარისხი ერთიანი ციფრული ქსელის ჩარჩოებში. ნაშრომში განსაზღვრულია მომსახურების ხარისხის შემადგენელი კომპონენტები და მათი ურთიერთკავშირები.

მომსახურების ხარისხის ტერმინს ინგლისურენოვან ნაშრომებში შეესაბამება შემდეგი შესატყვისები: Quality of service (QoS). ITU-T დოკუმენტებში მომსახურების ხარისხთან დაკავშირებული ტერმინები განისაზღვრება E.800 რეკომენდაციებით [1]. ამ რეკომენდაციებში მომსახურების ხარისხის მაჩვენებლები განხილულია, როგორც ძირითადი მახასიათებლების ერთობლივად შესრულების შესაძლებლობების უზრუნველყოფის აუცილებლობა. ნახაზ 1-ზე, რომელიც შემოთავაზებულია ITU-T-ს E.800 რეკომენდაციებში, განსაზღვრულია მომსახურების ხარისხის შემადგენელი კომპონენტები და მათი ურთიერთკავშირები. წყვეტილი, ჰორიზონტალური ხაზი ნახაზს ყოფს ორ ნაწილად, ნახაზის ზედა ნაწილში ჩამოთვლილია მომსახურების ხარისხის ძირითადი მახასიათებლები, ხოლო ნახაზის ქვედა ნაწილში ჩამოთვლილია ქსელის მახასიათებლები. ნახაზის ყველა უჯრედის დასახელება მითითებულია ქართულ ენაზე, ამიტომ საჭიროდ მიგვაჩნია ამ ტერმინების ჩამოთვლა ორიგინალის ენაზეც:

მომსახურების ხარისხის შეფასების მახასიათებლები:

- მომსახურების ხელშეწყობა (Service support);
- მომსახურების მოხერხებულობა (Service operability);
- მომსახურების მიწოდება (Service ability);
- მომსახურების უსაფრთხოება (Service security).

მომსახურების ხელშეწყობის მახასიათებლები წარმოაჩენს ოპერატორ-კომპანიის უნარს მომსახურების მიწოდებაში და მომხმარებლის მხრიდან მისი სრულყოფილად გამოყენების ხელშეწყობაში.

მომსახურების მიწოდების მახასიათებლები იყოფა სამ ჯგუფად:

- მომსახურების მისაწვდომობა (Service accessibility);
- მომსახურების მდგრადობა (Service integrity);
- მომსახურების სრულყოფილება (Service integrity).

მომსახურების მისაწვდომობის მახასიათებლებით შეფასდება მომხმარებლის მხრიდან მომსახურების მიღების შესაძლებლობები, საჭირო დროის განმავლობაში და ხარისხის შემცირების გარეშე.

მომსახურების მდგრადობა განსაზღვრავს მოცემული დროის განმავლობაში მომსახურების უზრუნველყოფას მისი ყველა შემადგენელი კომპონენტის შენარჩუნებით.

სრულყოფილების მახასიათებელი არის იმის ზოგადი საზომი, რომ მომსახურება მიმდინარეობს გაუარესების გარეშე.

მომსახურების უსაფრთხოების მახასიათებლები დაკავშირებულია კავშირგაბმულობის ქსელის ფუნქციონირების შემდეგ ასპექტებთან:

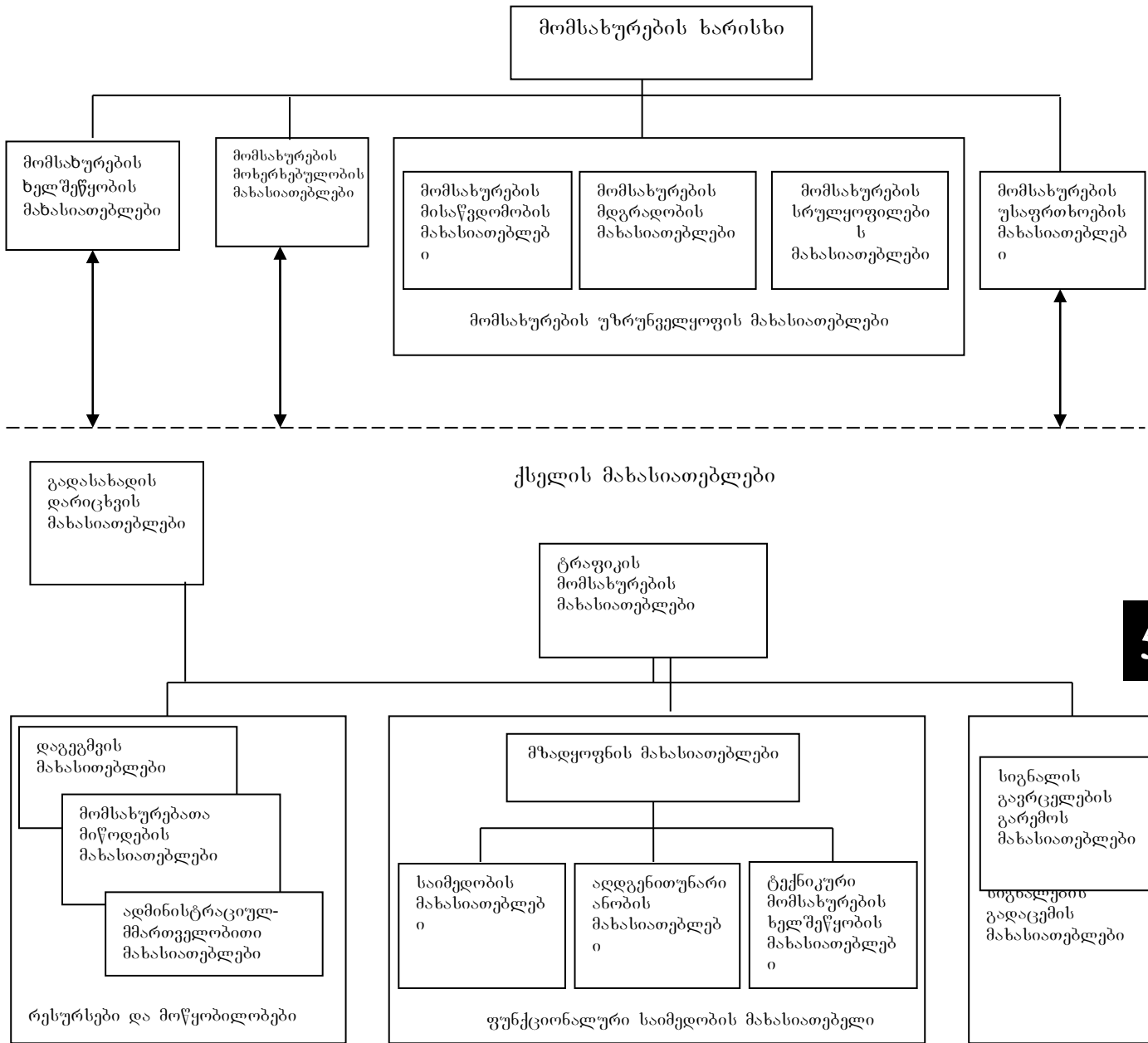
- არასანქცირებული მონიტორინგი;
- თაღლითური გამოყენება;
- დაზიანება ბოროტი განზრახვით;
- არასწორი გამოყენება;
- ადამიანურ ფაქტორთან დაკავშირებული შეცდომა;
- სტიქიური უბედურება.

ზემოთჩამოთვლილი მომსახურების მახასიათებლები დამოკიდებულია ქსელის მართვისათვის დადგენილ მოქმედების დონეზე და აგრეთვე მის ფუნქციონალურ შესაძ-

ლებლობებზე, რაც ასახულია ნახაზ 1-ზე მოცემული მოდელის ქსელის მახასიათებლების ნაწილში.

მომსახურების ხარისხის შეფასება საერთო სარბივლობის სატელეფონო ქსელში

გადასახადის დარიცხვის მახასიათებლები (charging performance) შეფასდება ტელეკომუნიკაციის საერთაშორისო კავშირის E.800 რეკომენდაციით, კერძოდ, გადახდის დარიცხვის კორექტულობის ალბათობის განსაზღვრით, დამყარებული კავშირის სახეობის, დანიშნულების პუნქტისა, სადღეღამისო დროისა და შეერთების ხანგრძლიობის შესაბამისად.



5

ნახ. 1: ITU-T მოდელი, მომსახურების ხარისხის ტერმინების განმარტებისათვის.

ტრაფიკის მომსახურების მახასიათებლები (trafficability performance) განისაზღვრება ტექნიკური საშუალებების უნარი-აწარმოონ ტრაფიკის მომსახურება დადგენილი პარამეტრებით. ეს მახასიათებლები გაყოფილია სამ ჯგუფად:

პირველი ჯგუფის -"რესურსები და მოწყობილობები" ტერმინები დღეისათვის რაიმე დოკუმენტით განსაზღვრული არ არის შესაბამისად ეს ეხება დაგეგმვის მახასიათებლებს (planning performance), მომსახურების მიწოდებას (provisioning performance) და ადმინისტრაციულ მართვას (administration performance).

მეორე ჯგუფს ეწოდება ფუნქციონალური საიმედობის მახასიათებლები (dependability). ეს კრებადი ტერმინი ითვალისწინებს მზადყოფნის მახასიათებლებზე ზემოქმედ ფაქტორებს. აქ უნდა აღინიშნოს, შემდეგი ოთხი მნიშვნელოვანი მახასიათებელი:

- მზადყოფნა (availability) - ტექნიკური საშუალების უნარი, დროის მოცემულ მომენტში შეასრულოს საჭირო ფუნქციები.
- საიმედობა (reliability) - ტექნიკური საშუალებების უნარი შეასრულოს საჭირო ფუნქციები, მოცემულ პირობებში და დროის მოცემულ პერიოდში.
- აღდგენითუნარიანობა (maintainability) - ტექნიკური საშუალებების უნარი, რომ მისი გამოყენების გარკვეულ პირობებში ის ექვემდებარებოდეს ისეთ აღდგენითუნარიანობას, რომელშიც ის შეასრულებს მოთხოვნილ ფუნქციებს, იმ პირობით რომ ტექნიკური მომსახურება მიმდინარეობდეს დადგენილი წესებითა და რესურსებით.
- ტექნიკური მომსახურების უზრუნველყოფა (maintenance support) - საექსპლუატაციო კომპანიის უნარი, ტექნიკური მომსახურების დადგენილი წესებით გამოიყენოს ის რესურსები, რომლებიც აუცილებელია ტექნიკური საშუალებების ქმედითუნარიანობის უზრუნველსაყოფად.

მესამე ჯგუფს განეკუთვნება სიგნალების გადაცემის მახასიათებლები (transmission performance). ეს მახასიათებლები განისაზღვრება კავშირგაბმულობის სისტემით გადაცემული სიგნალების მიღების ხარისხით. ტელეკომუნიკაციის საერთაშორისო კავშირის E.800 რეკომენდაციით გამოყოფილია გავრცელების გარემოს (propagation performance) მახასიათებლები. ისინი განსაზღვრულია გარემოს შესაძლებლობებით გაატაროს სიგნალი დადგენილი ნორმებით, გადაცემის პროცესის ხელოვნურად რეგულირების გარეშე.

ცხადია, მომსახურების ხარისხთან დაკავშირებული საკითხების კვლევა საერთო სარგებლობის სატელეფონო ქსელში, ისევე როგორც ნებისმიერ სატელეკომუნიკაციო ქსელში, საჭიროებს ურთიერთდაკავშირებული ამოცანების სრული კომპლექსის გადაწყვეტას. მიუხედავად ამისა, ტელეკომუნიკაციის საერთაშორისო კავშირის (ITU-T) შემოთავაზება საშუალებას იძლევა გამოიყოს გარკვეული ამოცანები, რომელთა გადაწყვეტა საერთო სარგებლობის სატელეფონო ქსელისათვის შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც დამოუკიდებელი საკითხები. ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ამოცანა, რომელიც დაკავშირებულია საერთო სარგებლობის სატელეფონო ქსელის შექმნასთან, იმაში მდგომარეობს, რომ მოთხოვნის მომსახურება, რომელსაც ესაჭიროება მომსახურების სხვადასხვა ეტაპების განხორციელება, უნდა სრულდებოდეს ყველა დადგენილი ნორმის დაცვით, ხოლო სატელეფონო საუბრის პროცესში უნდა იყოს შენარჩუნებული სამეტყველო სიგნალის გადაცემის ყველა მაჩვენებელი. ეს ნორმები და მაჩვენებლები ცალკეულ ქვეყნებში რეგლამენტირებულია კავშირგაბმულობის ნაციონალური ადმინისტრაციების მხრიდან, ITU-სა და ETSI (კავშირგაბმულობის საერთაშორისო სტანდარტიზაციის ევროპული ინსტიტუტი) დოკუმენტების მოთხოვნათა გათვალისწინებით.

საქართველოს საერთო სარგებლობის სატელეფონო ქსელისათვის მომსახურების ხარისხის მაჩვენებლები იყოფა ორ დიდ ჯგუფად. პირველ ჯგუფს განეკუთვნებიან მოთხოვნათა მომსახურების ხარისხის მაჩვენებლები, რომელიც ნახაზზე განეკუთვნებიან მომსახურების უზრუნველყოფის მახასიათებლებს, ხოლო სამეტყველო სიგნალების გადაცემის განმსაზღვრელი პარამეტრები განეკუთვნებიან ტრაფიკის მომსახურების მა-

ხასიათებლებს.

აბონენტის ხარისხის შეფასება ხარისხის მართვის უზრუნველყოფის სისტემების თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ ეს მაჩვენებლები დროის შესაბამისად იცვლებიან.

ეს პროცესი განპირობებულია ორი ძირითადი მიზეზით. პირველი მიზეზი იმასთან არის დაკავშირებული, რომ აბონენტების უმრავლესობა დროთა განმავლობაში ზრდის მოთხოვნებს მომსახურების ხარისხის მიმართ. მეორე მიზეზი კი არის დროთა განმავლობაში აბონენტთა გარკვეული წესით თვითდაჯგუფების პროცესის შედეგი. აბონენტთა ზოგიერთი ჯგუფები, რომლებიც ოპერატორს უქმნიან მნიშვნელოვან შემოსავლებს, მოითხოვენ მათი ტრაფიკის მომსახურების მიმართ მკაცრ ნორმებს. საერთო სარგებლობის სატელეფონო ქსელის ოპერატორები დაინტერესებული არიან, რომ შეინარჩუნონ ასეთი აბონენტები. მითუმეტეს, რომ ისინი შესაძლოა გადავიდნენ კონკურენტ-ოპერატორთა ქსელში. ასეთი აბონენტების შენარჩუნებისათვის, დასავლეთ ევროპასა და ჩრდილოეთ ამერიკის ქვეყნების გამოცდილებით, იყენებენ შეთანხმების გაფორმების წესს მომსახურების განსაკუთრებული ხარისხის უზრუნველსაყოფად, რასაც შეესაბამება ინგლისურენოვანი აბრევიატურა SLA (Service Level Agreement).

ასეთი შეთანხმების შემადგენელი ნაწილის ერთ-ერთ მახასიათებელს წარმოადგენს "ფუნქციონალური საიმედობის" მახასიათებლების ბლოკი (იხ.ნახ.1). კერძოდ, მზადყოფნის კოეფიციენტი, SLA შეთანხმების გაფორმების დროს, შეირჩევა 0,99999 დონეზე და ტექნიკურ ლიტერატურაში გაჩნდა შესაბამისი ტერმინი "ხუთი ცხრიანის წესი". T დროის განმავლობაში მზადყოფნის კოეფიციენტი განისაზღვრება სისტემის მომქმედუნარიან მდგომარეობაში ყოფნის დროის ფარდობით T სიდიდესთან, ანუ უნდა ჩავთვალოთ, რომ T დროის განმავლობაში საკომუნიკაციო სისტემა არის ქმედითუნარიანი (TA) ან არ ფუნქციონირებს, რადგანაც არ არის გამოყენებული, მაგრამ ქმედითუნარიანია. დროის ხანგრძლიობა, როდესაც სისტემა არ ექვემდებარება ექსპლუატაციას ავლნიშნოთ T_F. მაშინ მზადყოფნის კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის გვექნება თანაფარდობა:

$$A = \frac{T_A}{T_A + T_F}$$

თუ ამ გამოსახულებაში ჩავსვამთ A=0.99999, შეიძლება განვსაზღვროთ T_F -ის დასაშვები მნიშვნელობა ექსპლუატაციისთვის შერჩეული დროის შესაბამისად. მაგალითად, ერთი წლის განმავლობაში T_F არ უნდა აღემატებოდეს 5,3 წუთს. ასეთი მკაცრი ნორმის შესასრულებლად, აუცილებელია ქსელის გარკვეული რესურსების რეზერვირება და ისეთი ცვლილებების პროგნოზირება, რომელიც დაკავშირებულია მომსახურების ხარისხის უზრუნველყოფასთან, რაც ქსელის ოპერატორისათვის მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს.

ლიტერატურა

1. Recommendation ITU-T E.800. Definitions of terms related to quality of service. <http://ru.scribd.com/doc/51368290/ITU-T-E-800>.

ASSESSMENT OF QUALITY OF SERVICES FOR PUBLIC TELEPHONE NETWORKS

KIPIANI K.*, GVALIA T.*, KUPATADZE T.**

*Akaki Tsereteli State University

** Technical University of Georgia

Summary

The modern stage of development in telecommunication networks and information systems is characterized by the



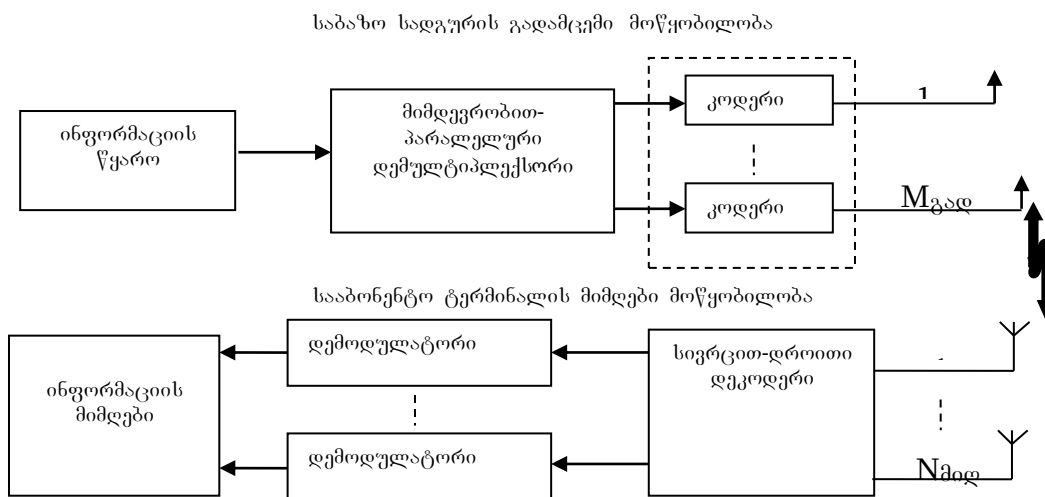
სპექტრული ეფექტურობის შეფასება მობილური კავშირის MIMO სისტემებში MATLAB-ით მოდელირებით

კვიციანი შ., ბერიძე ჯ., ბურკაძე ტ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია მობილური კავშირის MIMO სისტემებში სპექტრული ეფექტურობის ამაღლების თანამედროვე მიდგომა, კერძოდ სივრცით-დროითი და მრავალპოზიციანი QPSK და QAM მოდულაციების გამოყენება MIMO სისტემებში. ჩატარებულია MIMO-STC სისტემის მოდელირება MATLAB-ის გამოყენებით და მოყვანილია შედეგები შესაბამისი ცხრილების სახით.

მომავალი მობილური სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიებიდან ყველაზე ეფექტურად სადღეისოდ მიჩნეულია LTE ტექნოლოგია (Long Term Evolution). ასალი OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) ტექნოლოგიის რადიონტერფეისის გამოყენებამ მნიშვნელოვნად გაზარდა LTE-სისტემების სპექტრული ეფექტურობა. ამ რადიონტერფეისის საკვანძო თვისებებს შორის აღსანიშნავია MIMO (Multiple Input – Multiple Output) საანტენო ტექნოლოგიებისა და სივრცით-დროითი კოდირების (Space-Time Coding – STC) ერთობლივი გამოყენება, რაც საშუალებას იძლევა მიღწეული იქნას გადაცემის სისწრაფე სისტემისათვის გამოყოფილ სიშირულ ზოლში, სიგანით 20 მგჰც, Downlink მიმართულებით, 100 მგბიტ/წმ [1,2]. LTE-ის გაუმჯობესებულმა ტექნოლოგიამ (LTE-advanced) უნდა უზრუნველყოს გადაცემის ძალიან მაღალი სისწრაფეები (Downlink მიმართულებით 300 მგბიტ/წმ-მდე – სწრაფად გადაადგილებადი აბონენტებისათვის და 1 გგბიტ/წმ-მდე სტაციონალური აბონენტებისათვის).

MIMO სისტემის განზოგადებული სტრუქტურული სქემა STC კოდირებით M გადამცემი და N მიმღები ანტენით (პირობით, რომ $N_{მიმღ} \leq M_{გად}$) ნაჩვენებია ნახ.1 [3].



ნახ.1. MIMO-STC ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული კავშირის სისტემის განზოგადებული სტრუქტურული სქემა

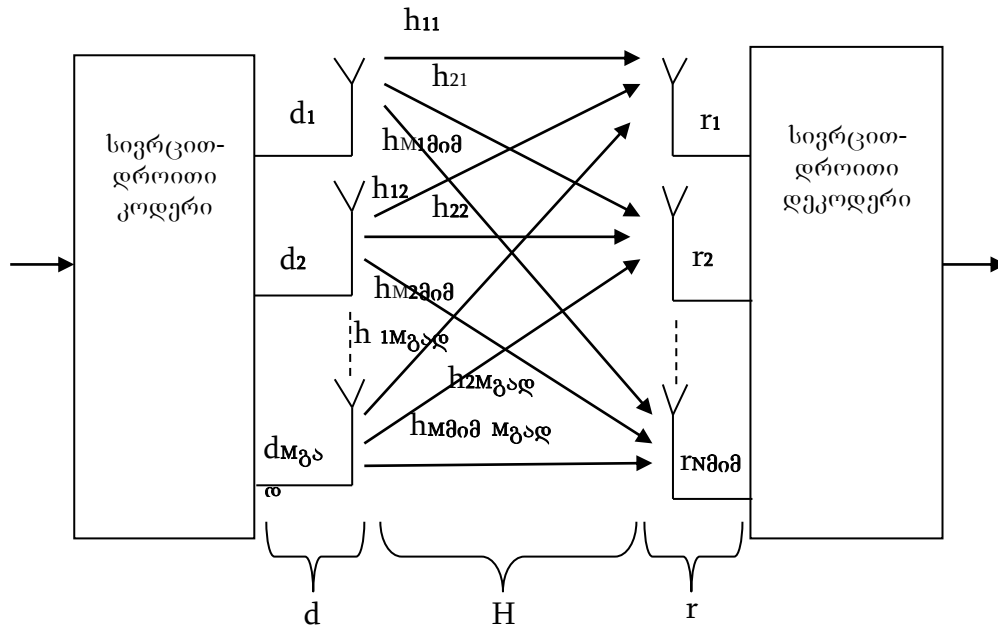
შენონის ცნობილი გამოსახულების მიხედვით კავშირის არხის მაქსიმალური გამტარუ-

ნარიანობა C_{\max} (ერთი გადამცემი და ერთი მიმღები ანტენით)
~~სადაც Δf არის გატარების სიხშირის სიგანა, S/N - სიგნალი-სულსეშლის ფარდობა.~~
~~სადაც Δf არის გატარების სიხშირის სიგანა, S/N - სიგნალი-სულსეშლის ფარდობა.~~

MIMO - ტექნოლოგიის გამოყენების შემთხვევაში
 $C_{\max, \text{mimo}} = M \Delta f \log_2(1+S/N)$.

აქ M მნიშვნელობა დამოკიდებულია MIMO სისტემის კონფიგურაციაზე: $M = \min\{M_{\text{გად}}, M_{\text{მიმღ.}}\}$. პრაქტიკულად M -შეესაბამება სივრცითი ნაკადების რიცხვს გადამცემიდან-მიმღებამდე, რაც ნიშნავს, რომ გადამცემის სისწრაფე წრფივად იზრდება სივრცითი ნაკადების ზრდის მიხედვით.

ახლა განვიხილოთ MIMO-STC სისტემის ხელშეშლამდგრადობა. ფიზიკური არხების ორგანიზება MIMO სისტემებში ნაჩვენებია ნახ.2 [3].



ნახ.2. MIMO ტექნოლოგიის ფიზიკური არხების ფორმირების სქემა

აქ d - გადასაცემი სიგნალის ვექტორია, r - მიღებული სიგნალის (აქ მიმღები ანტენის სიგნალის r ვექტორის განზომილებაა $N \times 1$, სადაც N -მიმღები ანტენების რაოდენობაა), H - მატრიცაა (იხ.ქვევით). MIMO-STC – სისტემით სიგნალების გადამცემის განტოლებას აქვს სახე [3]

$$r(t) = Hd(t) + n(t),$$

სადაც $n(t)$ ადიტიური ხმაურების ვექტორია, H მატრიცაა ($M \times N$), რომლის ელემენტები წარმოადგენენ არხების კომპლექსური გადამცემის კოეფიციენტებს - ფეინგებს (h_{ij} -ს ეწოდება პირდაპირი, ხოლო h_{ji} -ს ირიბი). მაგალითად სისტემისათვის 4 გადამცემი და 1 მიმღები ანტენით H მატრიცას აქვს სახე:

$$H = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 & h_3 & h_4 \\ h_2 & -h_1 & h_4 & -h_3 \\ h_3 & -h_4 & -h_1 & h_2 \\ h_4 & h_3 & -h_2 & -h_1 \\ h_1^* & h_2^* & h_3^* & h_4^* \\ h_2^* & -h_1^* & h_4^* & -h_3^* \\ h_3^* & -h_4^* & -h_1^* & h_2^* \\ h_4^* & h_3^* & -h_2^* & -h_1^* \end{bmatrix}$$

კვირკვირია შ. პერიძე ჯ., გურბაძე ტ.

ხელშეშლამდგრადობის მოგება ანტენების რიცხვის (გადასაცემი სივრცითი ნაკადების) გაზრდით გამოისახება გამოსახულებით [3]:

$$\tilde{d} = ||\mathbf{h}|| = \mathbf{d} \sum_m^M |h_m|^2.$$

რომელიც გვიჩვენებს, რომ მიმღების შესასვლელზე სიგნალის სიმძლავრე წარმოადგენს ყველა ანტენიდან მიღებული სიგნალების სიმძლავრეების ჯამს და, შესაბამისად, არსებში ერთნაირი გადაცემის კოეფიციენტებით ხელშეშლამდგრადობის მოგება ანტენების რიცხვის პროპორციულია.

ხელშეშლამდგრადობის გაზრდის მიზნით MIMO სისტემებში გამოიყენება მიმღებში სიგნალების დამუშავება სხვადასხვა ალგორითმებით. ამ ალგორითმებიდან აღსანიშნავია BLAST (Bell Laboratories Layered Space-Time) ალგორითმი თავისი ორი მოდიფიკაციით: B-BLAST და V-BLAST. ამ ალგორითმებით სიგნალების ოპტიმალური მიღების კრიტერიუმად მიიჩნევა შეცდომების მინიმიზაციის კრიტერიუმი (Minimum Mean Squared Error - MMSE), რომელიც დაფუძნებულია სიგნალის წრფივ დეტექტირებაზე საშუალო კვადრატული შეცდომის მინიმუმის მიხედვით.

შეცდომის ვექტორი განისაზღვრება, როგორც სხვაობა გადაცემული $d(t)$ სიგნალის ვექტორსა და მიმღებში მის შეფასებას $\tilde{d}(t)$ შორის.

$$e(t) = d(t) - \tilde{d}(t).$$

ცხადია $e(t)$ დამოკიდებულია $n(t)$ ვექტორზე, რომელიც გამოისახება კორელაციური მატრიცით - $R_{nn} = M\{n(t)n^T(t)\} = \sigma_d^2 I_{M \times M}$, I - ერთეულოვანი მატრიცაა, $\sigma_d^2 = P/M$, P - ჯამური გადაცემული სიმძლავრეა.

d -ვექტორის ოპტიმალური შეფასებისათვის $r(t)$ ვექტორი მიმღებში გატარებული უნდა იქნას MMSE ფილტრში, რომელიც განისაზღვრება მატრიცით:

$$G = H[H^T H - \alpha I_{M \times M}]^{-1} = H Q,$$

სადაც α - წონითი კოეფიციენტის ნამდვილი ნაწილია, $\alpha = M \sigma_n^2 / P$.

V-BLAST ალგორითმით გადაცემული $d(t)$ სიმბოლოების დეტექტირება სრულდება M იტერაციით. ამასთანავე თითოეული იტერაცია სრულდება სამი ბიჯით. პირველ ბიჯზე განისაზღვრება $d(t)$ - ვექტორის შეფასება MMSE-ფილტრით

$$d(t) = G^T r(t).$$

მეორე ბიჯზე განისაზღვრება $d(t)$ ვექტორის შემადგენელი d_{p1} , რომლისთვისაც ფარდობა სიგნალი/ხელშეშლა წარმოადგენს მაქსიმალურს (d_t -მატრიცაში სვეტი P_1)

$$\tilde{d}_{p1}(t) = \text{Pr}[\tilde{d}_{p1}(t)].$$

აქ $\text{Pr}[x]$ აღნიშნულია ოპერაცია, რომელითაც აირჩა სიგნალი, რომელიც ყველაზე ახლოსაა x -თან სიგნალ-კოდურ კონსტრუქციაში.

მესამე ბიჯით სრულდება $r(t)$ -ვექტორისა და არხის H მატრიცის მოდიფიკაცია. r - ვექ-

ტორიდან -ამოიღება (გამოაკლდება) d_{p1} შემადგენელის გავლენა

$$r_2(t) = r(t) - \hat{d}_{p1}(t) H^{<p1>}$$

აქ $H^{<p1>}$ მოდიფიცირებული H მატრიცაა მისგან P_1 -ნომრიანი სვეტის ამოღებით. სამივე ბიჯი მეორდება $M_{გად-ჯერ}$ და შემდგომ გამოითვლება $P_2, P_3, \dots, P_{გად}$.

MIMO-STC სისტემები იძლევიან კავშირის არსების გამტარუნარიანობის მაქსიმიზაციას. თუ ასეთ სისტემებში გამოვიყენებთ საარხო მოდულაციების თანამედროვე სახეებს, რომლებიც ასევე არსების გამტარუნარიანობის გაზრდისათვის არიან მოწოდებული, მივიღებთ კავშირის არსების შესაძლო მაქსიმალურ შესაძლებლობას. მათგან ერთ-ერთი სისტემა MATLAB-00 მოდელირებულია [4].

კავშირის არსების გამტარუნარიანობის გაზრდის მოყვანილი მიდგომების რიცხობრივი (რაოდენობრივი) შეფასებისათვის გამოყენებული იქნა MIMO-STC სისტემების მოდელი [5]. ამ მოდელით სხვადასხვა $M_{გად} \times N_{მიმღ}$ საანტენო მატრიცების, QPSK და QAM 16, 64 მოდულაციების, არსების სტანდარტული გატარების ზოლების (5, 10, 20 მგჰც) და SNR-ის (5, 10, 20, 30 დბ) შემთხვევებისათვის სპექტრული ეფექტურობის გამოთვლილი მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრ. 1, 2, 3. ამავე ცხრილებში მოყვანილია შესაბამისი გადაცემის სისწრაფეები და BER – სიდიდეები.

სისტემის სქემა ორი გადამცემით და ერთი მიმღებით (2x1) ცხრილი 1

SNR dB	5			10			20			30		
	5	10	20	5	10	20	5	10	20	5	10	20
Δf MHz	5	10	20	5	10	20	5	10	20	5	10	20
QPSK												
Bit rate Mb/s	6,32	12,76	25,6	6,47	13,05	26,23	6,49	13,08	26,28	6,48	13,08	26,28
BER	0,025	0,025	0,025	0,002	0,002	0,002	0,0001	0,0001	3,4e-5	0,0001	0,0001	3,4e-5
Bit/s/Hz	1,26	1,27	1,28	1,29	1,305	1,31	1,298	1,308	1,314	1,308	1,308	1,314
QAM-16												
Bit rate Mb/s	11,25	22,73	45,6	12,4	25,12	50,49	12,97	26,17	52,56	12,98	26,17	52,57
BER	0,133	0,131	0,131	0,04	0,04	0,039	0,0005	0,0003	0,0002	0,0001	7,6e-5	4,1e-5
Bit/s/Hz	2,25	2,273	2,28	2,48	2,512	2,52	2,59	2,617	2,628	2,596	2,617	2,62
QAM-64												
Bit rate Mb/s	15,02	30,31	61	16,9	34,32	68,96	19,25	38,9	78,31	19,45	39,2	78,9
BER	0,228	0,227	0,227	0,127	0,125	0,125	0,011	0,007	0,007	0,0005	9,1e-5	4,3e-5
Bit/s/Hz	3,004	3,031	3,05	3,38	3,432	3,448	3,85	3,89	3,91	3,89	3,92	3,94

სისტემის სქემა ორი გადამცემით და ორი მიმღებით (2x2) ცხრილი 2

SNR dB	5			10			20			30		
	5	10	20	5	10	20	5	10	20	5	10	20
Δf MHz	5	10	20	5	10	20	5	10	20	5	10	20
QPSK												
Bit rate Mb/s	6,22	12,87	25,84	6,48	13,08	26,27	6,48	13,08	26,28	6,48	13,08	26,28
BER	0,016	0,016	0,017	0,0005	0,0005	0,0006	0	6,8e-5	1,1e-5	0	6,8e-5	1,5e-5
Bit/s/Hz	1,27	1,287	1,29	1,29	1,308	1,31	1,29	1,308	1,31	1,29	1,308	1,31
QAM-16												
Bit rate Mb/s	11,55	23,28	46,79	12,6	25,42	51,05	12,97	26,17	52,57	12,97	26,17	52,57
BER	0,109	0,11	0,11	0,028	0,028	0,029	5,3e-5	5,7e-5	5,4e-5	2,3e-5	4,2e-5	2e-5
Bit/s/Hz	2,31	2,328	2,33	2,52	2,54	2,55	2,59	2,61	2,62	2,59	2,617	2,62



Bit/s/Hz												
QAM-64 Bit rate Mb/s BER Bit/s/Hz	15,47 0,205 3,09	31,16 0,206 3,116	62,63 0,205 3,131	17,37 0,107 3,47	35,04 0,107 3,5	70,44 0,106 3,52	19,38 0,004 3,87	39,11 0,004 3,91	78,56 0,0039 3,92	19,46 0,0001 3,89	39,36 3,8e-5 3,93	78,86 3,4e-5 3,94

კვირკველია შ., ბერიძე ჯ., ბურბაძე ტ.

სისტემის სქემა ოთხი გადამცემით და ორი მიმღებით (4x2)

ცხრილი 3

SNR dB	5			10			20			30		
Δf MHz	5	10	20	5	10	20	5	10	20	5	10	20
QPSK Bit rate Mb/s BER Bit/s/Hz	6,14 0,024 1,22	12,37 0,025 1,23	24,86 0,024 1,24	6,29 0,0006 1,25	12,68 0,0006 1,26	25,47 0,0006 2,42	6,2 0 1,24	12,79 7,8e-5 1,27	25,49 1,1e-5 1,27	6,23 0 1,25	12,69 8,6e-5 1,26	25,49 3,9e-5 1,27
QAM-16 Bit rate Mb/s BER Bit/s/Hz	10,87 0,136 2,17	21,91 0,136 2,191	44,05 0,18 2,2	12,06 0,041 2,41	24,31 0,042 2,43	48,88 0,041 2,44	12,58 3,1e-5 2,51	25,38 8,6e-5 2,58	50,38 3,1e-5 2,54	12,58 3,1e-5 2,51	25,38 7,4e-5 2,53	50,98 1,7e-5 2,54
QAM-64 Bit rate Mb/s BER Bit/s/Hz	14,47 0,233 2,89	29,12 0,235 2,31	58,6 0,23 2,93	16,42 0,13 3,28	33,12 0,13 3,31	66,7 0,12 3,33	18,75 0,006 3,75	37,86 0,005 3,78	76,07 0,005 3,8	18,88 7,9e-5 3,77	38,08 6,8e-5 3,8	76,48 2,7e-5 3,82

ცხრილებში მოყვანილი შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ არსებში სიგნალ-ხელშეშლის ფარდობის რეალური მნიშვნელობებისათვის (≈ 10 დბ) სპექტრული ეფექტურობის მაქსიმალური მნიშვნელობა (3,52) მიიღება 2x2 MIMO სისტემაში, გატარების ზოლით 20 მგჰც, QAM-64 მოდულაციის დროს. მაგრამ ამ დროს შეცდომის ალბათობა BER აღწევს მაღალ მნიშვნელობას - 0,106, რაც რიგ შემთხვევებში შეიძლება მიუღებელი აღმოჩნდეს. ზოგადად მიღებული შედეგები (ცხრილებში მოყვანილი) საშუალებას იძლევა შევარჩიოთ საანტენო მატრიცები, მოდულაციის სახეები და გატარების ზოლები SNR-ის მიღებული მნიშვნელობების პირობებში საჭირო BER-ის მისაღწევად და შემდეგ შევაფასოთ მიღებული სპექტრული ეფექტურობა.

ლიტერატურა:

1. Claude Oestges, Bruno Clerckx. MIMO Wireless Communications: From Real-world Propagation to Space-time Code Design.-Academic, 2007.
2. 3GPP TR 25.876. Technical Specification Group Radio Access Network; Multiple Input Multiple Output in UTRA; (Release7).
3. В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев, А.Б. Юрчук. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура. –М.: Эко-Трендз, 2010. -284 с.
4. И.А Гепко, В.Ф. Олейник, Ю.Д. Чайка, А.В. Бондаренко. Современные Беспроводные сети: состояние и перспективы развития. -К.: ЕМКО, 2009.-672с.

EVALUATION OF SPECTRAL EFFICIENCY IN MOBILE COMMUNICATIONS MIMO SYSTEMS BY MATLAB MODELING.

KVIRKVELIA SH., BERIDZE J., BURKADZE T.

Technical University of Georgia

Summary

Modern approach to the increasing of the spectral efficiency in mobile communications MIMO systems are reviewed. The MIMO-OFDM systems modulation by MATLAB was realized and results are presented.



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



ციფრული მობილური მაუწყებლობა

ხითარიშვილი ბ.ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია მობილური ციფრული მაუწყებლობის არსებული მდგომარეობა და მისი განვითარების პერსპექტივები როგორც მსოფლიოს სხვა ქვეყნებში, ასევე საქართველოში.

ელექტროკავშირგაბმულობის საერთაშორისო კავშირისა (ITU) და ევროკავშირის გადაწყვეტილებით 2015 წლის ივნისში უნდა დასრულდეს ციფრულ მაუწყებლობაზე გადასვლა ევროკავშირის ყველა ქვეყანაში და მათ შორის საქართველოშიც. აღნიშნული ვალდებულება საქართველომ 2006 წელს ჟენევის ხელშეკრულებაზე ხელის მოწერით აიღო.

დღეს-დღეობით ჩვენს ქვეყანაში ანალოგური მაუწყებლობა ხორციელდება, დადგება დრო, როცა მისი გათიშვა აუცილებელი და გარდაუვალი გახდება, მანამდე იქნება Simultaneous broadcasting პერიოდი, რაც გულისხმობს პერიოდს, როდესაც მაუწყებლობენ როგორც ანალოგური, ისე ციფრული ოპერატორები. გარდამავალ პერიოდში სასურველია გამოყენებულ იქნეს ციფრული მაუწყებლობის საერთო ევროპული სტანდარტი DVB, ხოლო სიგნალის კომპრესირებისას (შეკუმშვისას) – MPEG-4 ან უფრო მაღალი.

სტატიაში განვიხილავთ მობილურ ციფრულ მაუწყებლობას. ევროპაში ტელევიზიებისთვის ყველაზე გავრცელებულია DVB – T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial), რომლის მეორე თაობა, ანუ გაუმჯობესებული ვარიანტია - DVB-T2. ასევე, ციფრულ მაუწყებლობაში მნიშვნელოვანი ნაწილი უკავია მიმღებ მოწყობილობას - ე.წ. „Set Top Box“ – ს. სწორედ მიმღებ მოწყობილობაში GPS ჩიპის ინტეგრაცია წარმოადგენს თემის სიახლეს რომლის ანალოგი მსოფლიოში არ არსებობს.

მიმღებ მოწყობილობაში GPS ჩიპის ინტეგრაციის დადებითი მხარეები:

მიღების ბიტრეიტის (ნაკადის სიჩქარის) ოპტიმიზაცია - მაგალითად თუ არხი გადაიცემა MPEG 4 ფორმატში 0.7 მეგაბიტით, GPS - ს ჩიპის მეშვეობით შესაძლებელია დადგინდეს ავტომობილი მოძრაობს, თუ გაჩერებულია. შესაძლებელია მოხდეს მაღალი სიჩქარის ვიდეო არხის შერჩევა, რაც არ გამოიწვევს სიგნალის წყვეტას.

ზოგ ქვეყანაში კანონმდებლობით განსაზღვრულია მოძრაობის მაქსიმალური სიჩქარე, რის შემდეგაც აღარ შეიძლება ავტომობილში ტელევიზორის ყურება, შესაბამისად GPS ის მეშვეობით ამ კანონში მოქცევა შესაძლებელია. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ აკრძალვის უგულველყოფისას, 250 კმ/სთ ით მოძრაობის დროსაც კი ციფრულ მაუწყებლობას წყვეტა არ ექნება.

იმ შემთხვევაში, თუ რა კონკრეტული პროგრამის კოდირებაა საჭირო კონკრე-

ტულ ქვეყანაში, GPS ის მეშვეობით ამ ამოცანის გადაჭრა მარტივად შეიძლება – GPS ჩიპის მეშვეობით შესაძლებელი იქნება დადგინეს თუ რომელ ქვეყანაში იმყოფება მიმღები მოწყობილობა და შესაბამისად გახსნას ამ ქვეყნისთვის გათვლილი პაკეტი.

ავტომაგისტრალზე, სადაც მძღოლის მაქსიმალური ყურადღებაა საჭირო, შესაძლებელია “Set top box” გათიშვა ან სხვა რეჟიმში გადაყვანა.

თუ პროექტს კავკასიის მასშტაბით განვიხილავთ, შესაძლებელი იქნება სპექტრული რუკის ინტეგრაცია “Set top box” ში და ქვეყნის საზღვრებზე მიახლოებისას შესაბამის სიხშირეზე გადასვლა, ასევე კონკრეტულ ქვეყანაში მოქმედ საავტორო და სხვა კანონმდებლობაში მოქცევა და ა.შ.

იმ შემთხვევაში, თუ რეგიონების სიხშირული სპექტრი სხვადასხვაა და გვინდა, რომ არხმა წყვეტა არ განიცადოს, შესაძლებელია წინასწარ განსაზღვრა, თუ რომელ რეგიონში რა სიხშირეზე ხდება მაუწყებლობა და მიმღები მოწყობილობა GPS-ის მეშვეობით მოახდენს კონკრეტულ სიხშირეზე გადასვლას (მართალია ამის მიღწევა გადამცემის ID და EPG - ელექტრონული საპროგრამო გიდითაც შეიძლება, მაგრამ შესაძლებელია კანონის მეტი სიხისტის და კომფორტის მიღწევა მოხდეს GPS პროგრამირებით).

GPS სისტემის DVB ქსელში ინტეგრაცია საშუალებას იძლევა რეგიონალური დონის საგანგაშო, გამაფრთხილებელი ან სხვა განსაკუთრებული სიტუაციის ინფორმაცია გამოყვანილი იქნას იმ რეგიონში მოძრავ მიმღებ საშუალებებში, რომლებსაც ეს სიტუაცია შეეხო, რაც თავისთავად აადვილებს მსგავსი საგანგაშო ან გამაფრთხილებელი ინფორმაციის გადაცემის ტრაფიკს და გამორიცხავს ფართომასშტაბიანი პანიკური სიტუაციის შექმნას ქვეყნის მასშტაბით.

ზოგიერთ ქვეყანაში არსებობს დახურული არხები, რომლის ყურება შესაძლებელია კონკრეტულ ქვეყანაში, თუ ეს არხი მოხვა სატელიტზე მაშინ აღნიშნულ ქვეყანაში ნაყიდი რესივერით შესაძლებელია ნებისმიერ სხვა ქვეყანაში მოხდების მისი ყურება, სწორედ DVB-S რესივერში GPS ინტეგრაცია მოგვცემს მიმღებ მოწყობილობაში კონკრეტული არხის კოდირების საშუალებას თუ ეს რესივერი ქვეყნის გარეთ მოხვდა.

მარკეტინგის თვალსაზრისით შესაძლებელია ავტომობილის ადგილმდებარეობის მიხედვით კონკრეტული რეგიონისთვის რეკლამის უფრო მეტი ეფექტურობისთვის გაკეთდეს კონკრეტული შეთავაზება.

ინფორმაციის თვალსაზრისით შესაძლებელია კონკრეტული პროგრამის მიწოდება იმ ავტომობილისთვის რომელიც იმყოფება ამ რეგიონში. მაგალითად ამინდის პროგნოზის გამოცხადების დროს თუ ავტომობილი მოძრაობს ქუთაისში, მომხმარებლისთვის თბილისთან შედარებით პრიორიტეტულია ქუთაისში მოსალოდნელი ამინდის პროგნოზი და ა.შ.

ცოფრულ მიმღებ მოწყობილობაში GPS ჩიპის ინტეგრაციის უარყოფითი მხარეთ შეიძლება ჩაითვალოს ფასი, ჩვენი გამოთვლებით საშუალოთ “Set Top Box” ის ფასი 4-7 დოლარამდე გაიზრდება.

ჩინეთში, ქ. პეკინის უნივერსიტეტში (Tsinghua University), განვიხილეთ აღნიშნული იდეა და სავარაუდოდ პირველი სატესტო „Set top box“ - ი, რომელშიც ინტეგრირებული იქნება GPS ის ჩიპი გამოვა 2013 წლის მიწურულს, დიდი იმედი გვაქვს სატესტო მოდულის გამოშვების შემდეგ მასზე მოთხოვნა გაიზრდება და ეს იდეა გასაქანს კპოვებს მსოფლიოს მასშტაბით.

იხილეთ DVB-T/T2 მობილური მიმღები მოწყობილობის პარამეტრები. სწორედ ამ პარამეტრებით მოხდება პირველი სატესტო მიმღების გამოშვება.

ვიდეო კომპრესია - MPEG-2, MPEG-4, H.264 decoder (1920x1080P)

აუდიო გამოსასვლელი - L/R

ვიდეო გამოსასვლელი - HDMI, 4 x Composite, Component.
 თანაფარდობა - 16:9, 4:3.
 სწრაფი პროგრამული და ტექნიკური დეკოდინგი JPEG სურათის.
 EPG(Electronic program guide) - მხარდაჭერა
 ვიდეო ფორმატი: PAL/NTSC
 სიხშირე: VHF:48~430 MHz; UHF:430~858 MHz

6MHz-7MHz, 8MHz - მხარდაჭერა.



II საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



GPS Chip – Integrate

SD/MiniSD ჩიპის წამკითხველი GPS რუკისთვის.

ინტერფეისის ენა: რუსული, ინგლისური, ქართული

მაშასადამე, ამჟამად დასაპროექტებელი ციფრული სამაუწყებლო ქსელები საკმაოდ აქტუალური იქნება ჩვენი ქვეყნისთვის მომავალი ათწლეულის მანძილზე. სტატიაში განხილული სამაუწყებლო სტანდარტი რეკომენდირებულია საქართველოსთვის, და ვფიქრობ ქვეყანა ამ სტანდარტით გააგრძელებს ციფრულ მაუწყებლობას, ასევე მნიშვნელოვანია GPS ჩიპის ინტეგრაცია ციფრული სიგნალის მიმღებ მოწყობილობაში, რომლის ანალოგიც მსოფლიოში არ არსებობს, სწორედ ამ ტექნოლოგიის გამოყენება მნიშვნელოვანი იქნება იმ გზაზე რაც ჩვენს ქვეყნას აქვს გასავლელი ციფრული მაუწყებლობაზე გადასასვლელად.

ლიტერატურა

1. <http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T2>
2. <http://www.dvb.org/>
3. <http://www.dvb-h.org/>

MOBILE DIGITAL BROADCASTING
KHITARISHVILI G.
 Georgian Technical University
Summary

So currently planning digital broadcasting networks will be very topical in our country for the next decade. The article dealt with the broadcast standard is recommended for Georgia. I think the country will continue to use this standard for digital broadcasting. It is also important to integrate GPS chip in digital receiver (Set Top Box) device, which has no analogues in the world. The use of this technology will be important in the way that our country has to pass to digital broadcasting.

WDM ტექნოლოგიების განვითარების ტენდენციები

მოღუბაძე ი., სოფთარია კ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია ოპტიკური მულტიპლექსირების პრინციპი და სხვადასხვა ბოჭკოვან-ოპტიკური ტექნოლოგიები. ასევე ნახვენებია, რომ აღნიშნული ტექნოლოგიების გამოყენებით შესაძლებელია რამდენიმე ასეული ოპტიკური არხის გაერთიანება და რადგან არსებობს ტალღური

დიაპაზონები, სადაც მიღწევას აქვს სხვა დიაპაზონებთან შედარებით უფრო დიდი მნიშვნელობა, ამიტომ საჭირო ხდება სხვადასხვა დიაპაზონებში ტალღის სიგრძეთა განაწილების სხვადასხვა გეგმის გამოყენება, რაც პრაქტიკული განხორციელებისათვის წარმოქმნის გარკვეულ სიძნელეებს და ექსპლუატაციის დროს მოითხოვს შესაბამისი პარამეტრების განუწყვეტლივ, მკაცრ კონტროლს.

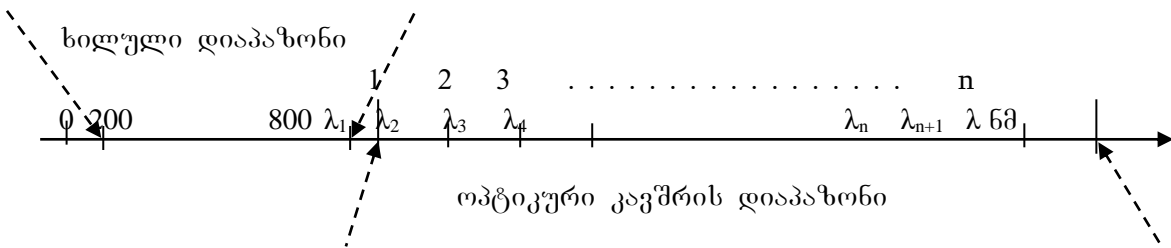
საზოგადოების მოთხოვნისა და სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის მიღწევების გამო სულ უფრო იზრდება გადასაცემი ინფორმაციის რაოდენობა. კერძოდ, ოპტოელექტრონიკის, ბოჭკოვანი და ინტეგრალური ოპტიკის მიღწევებმა შესაძლებელი გახადა ოპტიკური სატრანსპორტო სისტემებისა და ქსელების ჩამოყალიბება, რომელთა საშუალებითაც გადაიცემა უზარმაზარი ტევადობის ინფორმაცია, სრულყოფილი და მონაცემთა ბაზა მოთხოვნები სხვადასხვა ტიპის მომსახურებაზე.

აქედან გამომდინარე, საკითხები რომელიც შეეხება ტელეკომუნიკაციის ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ქსელის დაგეგმვის მეთოდების დამუშავებას, ოპტიკური სისტემების ექსპლუატაციას, მათი ეფექტურობის გაზრდას, განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს. ოპტიკურ-ბოჭკოვანი სისტემები ინერგება ყველგან, მათ შორის საქართველოშიც.

თანამედროვე ტელეკომუნიკაცია წარმოუდგენელია ოპტიკური ქსელებისა და სისტემების გარეშე, რომლის საფუძველი არის ოპტიკური ანუ სპექტრული მულტიპლექსირება. სწორედ მათ განაპირობებს უზარმაზარი ტევადობის ციფრული ნაკადების გადაცემის შესაძლებლობა.

ოპტიკური ანუ სპექტრული მულტიპლექსირება გულისხმობს სხვადასხვა ციფრული ნაკადების ერთდროულ გადაცემას სხვადასხვა ტალღის სიგრძის მქონე სინათლის სხივებით. ეს საშუალებას იძლევა მრავალჯერ გაიზარდოს კავშირის ხაზის გამტარუნარიანობა. აღნიშნული ტექნოლოგია, ჯერ კიდევ ოპტიკური ბოჭკოს გამოჩენამდე, 1958 წელს იყო შემოთავაზებული, მაგრამ მხოლოდ 1980 წლიდან დაიწყო რეალურად განხორციელება სპექტრული მულტიპლექსირების ტექნოლოგიებმა (Wavelength Division Multiplexing, WDM) [1].

სპექტრული მულტიპლექსირების ტექნოლოგია ემყარება იმას, რომ რთული სინათლე შედგება სხვადასხვა ფერის λ სიგრძის ტალღების (ნახ. 1) შემდგენებისაგან, რომლებსადაც საჭიროების შემთხვევაში ის შეიძლება დაეშალოს ან გაეერთიანოს.



ნახ. 1 სინათლის ტალღების დიაპაზონი

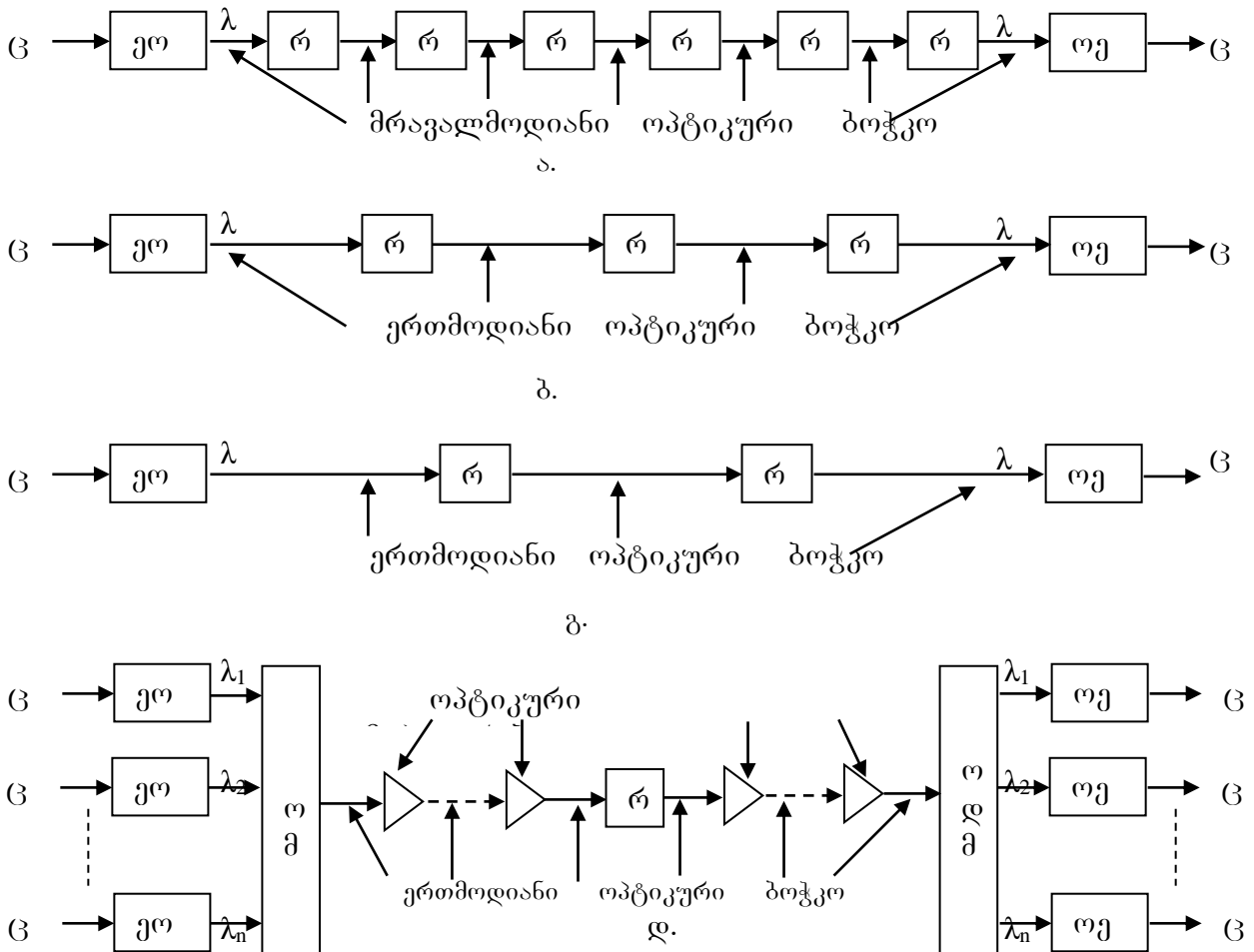
რეალურად ოპტიკური კავშირისათვის გამოიყენება ინფრაწითელი დიაპაზონი. სპექტრული მულტიპლექსირების დროს თითოეულ ციფრულ ნაკადს (1, 2, 3 და ა.შ. n) შეესაბამება გარკვეული, სხვადასხვა ტალღის სიგრძის (მცირე) დიაპაზონი, რომლებიც ტალღის სიგრძეთა ღერძზე ერთმანეთის მიმდევრობითაა განლაგებული, როგორც ეს ნახ. 1-ზეა ნაჩვენები.

ოპტიკური მულტიპლექსირება იგივე ბუნებისაა, როგორც ტელეკომუნიკაციის ძველ სისტემებში გამოყენებული სიხშირული მულტიპლექსირება, იმ განსხვავებით, რომ ამ შემთხვევაში იგულისხმება ტალღების ოპტიკური დიაპაზონი.

ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის დანერგვის საწყის ეტაპზე გამოყენებული იყო იყო ერთ ტალღიანი ოპტიკური სისტემა, რომელიც მუშაობდა კვარცული ბოჭკოს პირველი

გამჭვირვალობის ფანჯრის ცენტრალურ ტალღაზე (850 ნმ). სინათლის წყაროდ გამოყენებული იყო გალიუმის არსენიდის ბაზაზე დამზადებული შექდიოდი და მრავალმოდიანი ოპტიკური ბოჭკო (ნახ. 2.ა). რადგან აღნიშნული ტალღის სიგრძეზე ბოჭკოში დანაკარგი იყო მნიშვნელოვანი (3 დბ/კმ), ამიტომ ასეთი კავშირის ხაზის აგებისას საჭირო ხდებოდა დიდი რაოდენობის რეგენერატორების (რ) გამოყენება. შემდგომი ერთმოდიანი ბოჭკოსა და ლაზერული გამომსხივეების გამოყენებამ საშუალება მოგვცა გამოგვეყენებინა კვარცული ბოჭკოს მეორე და მესამე გამჭვირვალობის ფანჯრის ცენტრალურ ტალღები (1300 და 1550 ნმ), რომლებმაც მნიშვნელოვნად შეამცირა რეგენერატორების რაოდენობა (ნახ. 2.ბ და 2.გ).

ლაზერული სინათლის წყაროს სრულყოფილმა, ოხალფირებული ვიწრო გატარების ზოლის მქონე ოპტიკური ფილტრებისა და EDFA ოპტიკური მაძლიერებლის შექმნამ, რომელიც არის ოპტიკური ბოჭკო ლეგირილებული ერბიუმით, საშუალება მოგვცა ერთი ბოჭკოთი გადაგვეცა სხვადასხვა ციფრული ნაკადები სხვადასხვა ტალღის სიგრძეების საშუალებით. ამ შემთხვევაში მეზობელ რეგენერატორებს შორის მანძილი გაიზარდა მნიშვნელოვნად, დაახლოებით 4000 კმ. რეგენერატორებს შორის კი გამოიყენება EDFA ოპტიკური მაძლიერებლები (ნახ. 2.დ) [2].



ნახ. 2 ოპტიკური ქსელის განვითარების ტენდენციები

ტალღური მულტიპლექსირების პრინციპული სქემა საკმაოდ მარტივია. ერთ ბოჭკოში, რომ მოვახდინოთ რამდენიმე ციფრული ნაკადის გადაცემა საჭიროა თითოეულ ციფ-

რულ ნაკადს შევუსაბამოთ შესაბამისი გარკვეული ტალღის სიგრძის სინათლის სხივი. იგი ეფუძნება ოპტიკური არხების მულტიპლექსირების მეთოდს. აღნიშნული მეთოდის პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ მომხმარებლებიდან მიღებული ინფორმაციების საშუალებით გარკვეული წესით ფორმირებული ყოველი ციფრული ნაკადი (ცნ) ელექტრულ-ოპტიკური გარდამქმნელით (ეოკ) გარდაიქმნება ოპტიკურ სიგნალად თავისი ოპტიკური მზიდი λ ტალღის საშუალებით. მიღებული სინათლის სხივები ერთიანდებიან ოპტიკური მულტიპლექსერის (ომ) საშუალებით, ფორმირდება ჯგუფური ოპტიკური სიგნალი და გადაიცემა ოპტიკური ხაზით. მიმღებ მხარეს ხორციელდება უკუოპერაცია – ცალკეული სინათლის სხივები გამოიყოფა ჯგუფური ოპტიკური სიგნალიდან ოპტიკური დემულტიპლექსერის (ოდმ) საშუალებით, სიგნალი უკუგარდაქმნა ოპტიკურ-ელექტრული გარდამქმნელით (ოეგ), რომლის შედეგადაც აღდგება შესაბამისი ციფრული ნაკადი და დამუშავების შემდეგ მიეწოდება მომხმარებელს (ნახ. 2.დ).

თანამედროვე WDM სისტემა, სადაც გაერთიანებულია კვარცული ბოჭკოს მეორე და მესამე გამჭვირვალობის ფანჯრები, შეიძლება დავყოთ სამ ჯგუფად [3]:

1. უხეში WDM (CWDM), რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია არა უმეტეს 18 არხის მულტიპლექსირება, მუშაობს 1270 ნმ-დან 1610 ნმ სიხშირის ზოლში, არხებს შორის არა უმეტეს 200 გჰც-ის (20 ნმ) განსხვავებით;

2. მკვრივი WDM (Dense WDM – DWDM) სისტემა, სადაც არხებს შორის განსხვავება არ არის 100 გჰც-ზე ნაკლები და შესაძლებელია არა უმეტეს 40 არხის მულტიპლექსირება.

3. მაღალი სიმკვრივის WDM (High Dense WDM – HD WDM) სისტემა, სადაც არხებს შორის განსხვავება არის 20 გჰც და შესაძლებელია 100 არხზე მეტის მულტიპლექსირება

WDM ტექნოლოგიები საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად გავზარდოთ არხის გამტარუნარიანობა, მაგალითად, 8 ტბტ/წმ ერთი ბოჭკოთი, 80 არხიანი სისტემა თითოეული ოპტიკური არხით 100 გბტ/წმ-ში [4].

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, WDM სისტემის განვითარება, რომლის მიზანი არის კავშირის არხის ზოლის გაფართოება, მიდის ინტენსიურად ოპტიკურ მზიდ სიხშირეებს (ტალღებს) შორის ბიჯის შემცირების გზით. WDM სისტემის მუშა ზოლი განისაზღვრება ოპტიკური მაძლიერებლის აქტიური გაძლიერების ზოლის სიდიდით. სისტემის განვითარება ვითარდება მიმართულებით WDM -> CWDM -> DWDM -> HDWDM, რომლის დროსაც ხდება მზიდი სიხშირეების რაოდენობის გაზრდა, ანუ მათ შორის ბიჯის შემცირება, რომლის შედეგადაც მიიღება მკვრივი DWDM (ბიჯი $0,8 \pm 0,4$ ნმ) და ზემკვრივი HDWDM (ბიჯი $0,2 \pm 0,1$ ნმ) სისტემები.

CWDM სისტემაში მზიდ სიხშირეებს შორის ბიჯი შეადგენს 20 ნმ. იგი გამოიყენება მაშინ, როცა შესაძლებელია არაუმეტეს 8 ± 16 WDM არხი.

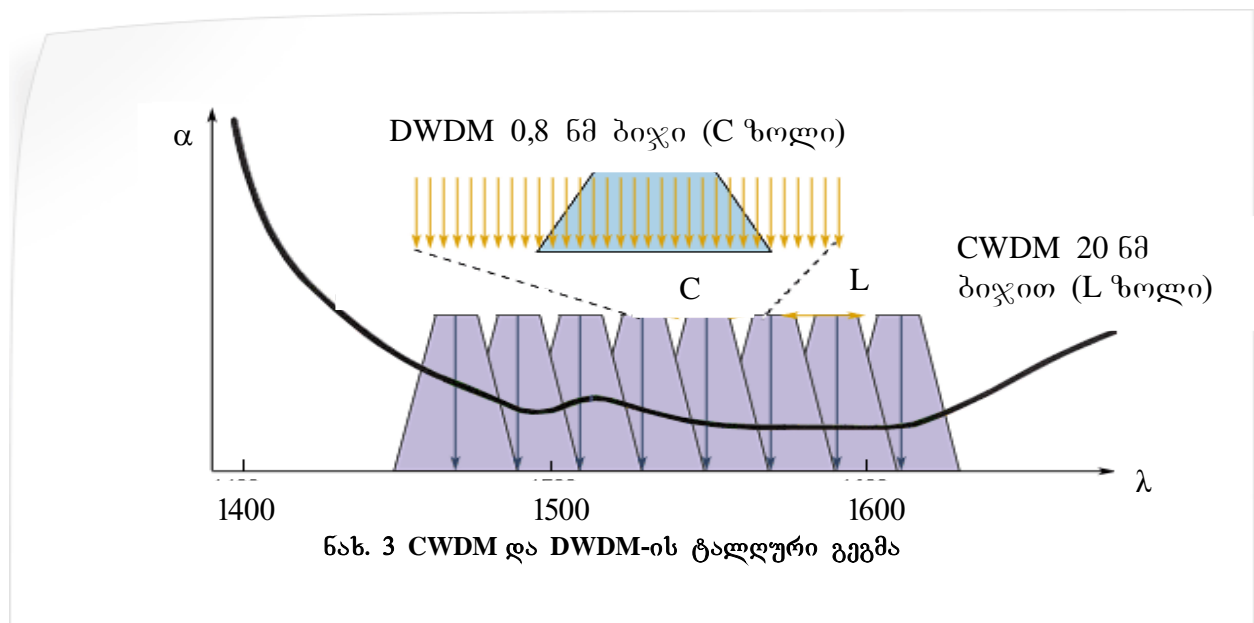
შესაძლებელია არხების გაზრდა შესაძლებელია DWDM სისტემის ან ჰიბრიდული ტალღური მოდელის გამოყენებით, რომელიც აერთიანებს CWDM და DWDM სისტემების ტალღური განაწილების გეგმებს.

ჰიბრიდული ტალღური მოდელის შემთხვევაში მთელი ტალღური დიაპაზონი 1470 ± 1610 ნმ იყოფა 8 ძირითად დიაპაზონად, სადაც გამოიყენება CWDM-ის შესაბამისი ტალღური გეგმა, ხოლო ამ რვა დიაპაზონიდან იმ დიაპაზონებში სადაც მიღება არის მინიმალური და თანაბარი სიდიდის გამოიყენოთ DWDM-ის სიხშირული გეგმა (ბიჯი 100 მგჰც).

აღნიშნული ჰიბრიდული ტალღური მოდელის რეალიზების ერთერთი ვარიანტი ნაჩვენებია ნახ. 3-ზე, სადაც გამოყოფილია B ზოლი, რომელიც შედგება C და L ქვეზოლებისგან ($B=C+L$). ნახ. 4-ის ზედა ნაწილში ნაჩვენებია DWDM სისტემის გეგმა 0,8 ნმ ბიჯით

(C ქვეზოლი) და გადამკვეთი არე, ხოლო ქვედა ნაწილში კი – CWDM სისტემის გეგმა 20 ნმ ბიჯით და მასზე DWDM სისტემის გეგმის C და L ქვეზოლები. ზოგადად თითოეულ C და L ქვეზოლებში შეიძლება განვაღებოთ მაქსიმუმ 41 სტანდარტული არხი 100 გპტ ბიჯით

C ქვეზოლი შეიცავს 1528,77÷1560,61 ნმ, ხოლო L კი – 1566,31÷1612,65 ნმ დიაპაზონებს. ამ ქვეზოლებში ხვდებიან CWDM სისტემის შემდეგი მზიდი ტალღის სიგრძეები: 1530, 1550, 1570, და 1610 ნმ. მეორე მხრივ, როგორც ეს ნახვენებია ნახ. 4-ზე, CWDM სისტემის ერთ-ერთი მზიდი სიხშირის ფილტრის გატარების ზოლში შეიძლება განთავსდეს C ქვეზოლის DWDM სისტემის 8 მზიდი სიხშირე. ამ შემთხვევაში CWDM სისტემის 8 ტალღის სიგრძიდან (არხიდან) შეუძლებელია გამოყენება 4, ხოლო დანარჩენ 4-ში კი შეიძლება ჩავსვათ DWDM სისტემის ტალღები. ამ შემთხვევაში მიღებული გეგმა წარმოადგენს ტალღის სიგრძეთა განაწილების არასიმეტრიულ გეგმას.



ტალღის სიგრძეთა განაწილების მოყვანილი გეგმების შემთხვევაში საუკეთესოა ნახ. 4-ზე მოცემულია განაწილების არასიმეტრიული გეგმა. ამ შემთხვევაში A ზოლში არ ისმება DWDM სისტემის არხები და შედგება მარცხნივ განლაგებული CWDM სამი (1470, 1490 და 1510 ნმ) და მარჯვნივ განლაგებული ერთი (1610 ნმ) არხისაგან, ხოლო B ზოლში, რომელიც მოთავსებულია A+B+A საერთო ზოლის შიგნით, ისმება DWDM სისტემის ტალღები. ამ შემთხვევაში მაქსიმალური შემჭიდროებული არხების რაოდენობა შეიძლება იყოს 32 (4 CWDM და 28 DWDM არხები) ან 68 (4 CWDM+64 DWDM) და ა.შ.

DWDM სისტემაში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია არხების ოპტიკური მახასიათებლები, რადგან ასეთ სისტემაში თითოეული არხით გადაიცემა 2,5 გბტ/წმ, 10 გბტ/წმ, 40 გბტ/წმ, სიჩქარის ნაკადები და ამავდროულად შორ მანძილზე გადაცემა ხდება ოპტიკური მაძლიერებლების გამოყენებით, რაც ერთის მხრივ აიაფებს და ამარტივებს აღნიშნულ სისტემას, მეორე მხრივ კი ზრდის სისტემის ხელშეშლადგრადაობის ფაქტორის აქტუალობას, რაც გამოწვეულია ოპტიკური მაძლიერებლის ხმაურის კოეფიციენტის მაღალი მნიშვნელობით. ამ კოეფიციენტის გაზრდას იწვევს ოპტიკურ არხში ხმაურების დაგროვება, რადგან მაძლიერებელი მხოლოდ ზრდის შემაჯავალი ოპტიკური იმპულსის ამპლიტუდას და არ ახდენს მათი ფორმის აღდგენას.

DWDM სისტემების მუშაობის ხარისხი შეიძლება შეფასდეს შემდეგი ძირითადი პარამეტრებით:

1. არხების რაოდენობა N .

2. არხებს შორის სიხშირული ინტერვალი. ITU-T-ს რეკომენდაცია G.692-ის მიხედვით სიხშირული გეგმებია: 100 გჰც ($\Delta\lambda \approx 0,8$ ნმ), 41 ტალღა 1528,77 (196,1 ტჰც)-დან 1560, 61 ნმ (192,1 ტჰც)-ის ჩათვლით; 50 გჰც ($\Delta\lambda \approx 0,4$ ნმ), 81 ტალღის სიგრძე და 25 გჰც ($\Delta\lambda \approx 0,2$ ნმ) (High-Dense WDM, HDWDM) [5].

3. ლაზერული გადამცემის სიმძლავრე და სტაბილობა.

4 EDFA მაძლიერებლის გაძლიერების კოეფიციენტი.

5. ოპტიკური ბოჭკოს მახასიათებლები..

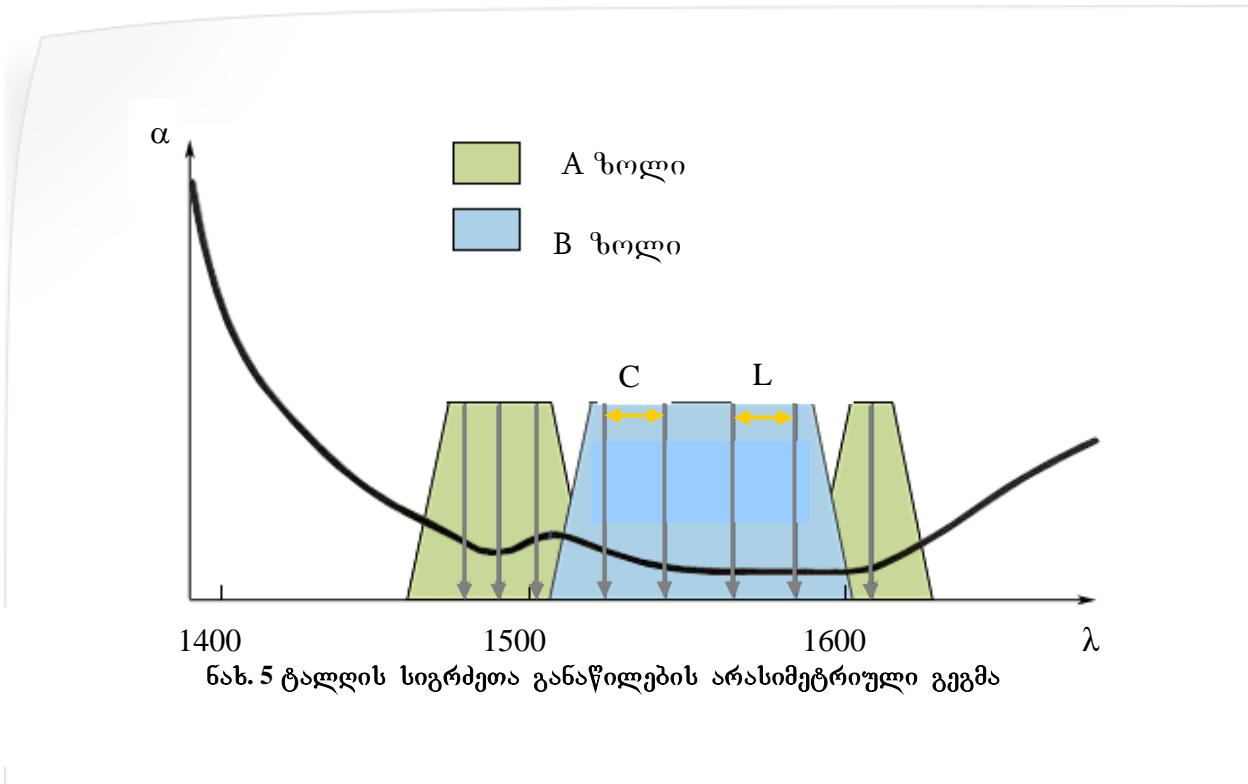
6. შეცდომების კოეფიციენტი.

7. არხების გატარების ზოლი.

ა. არხის ცენტრალური ტალღის სიგრძე.

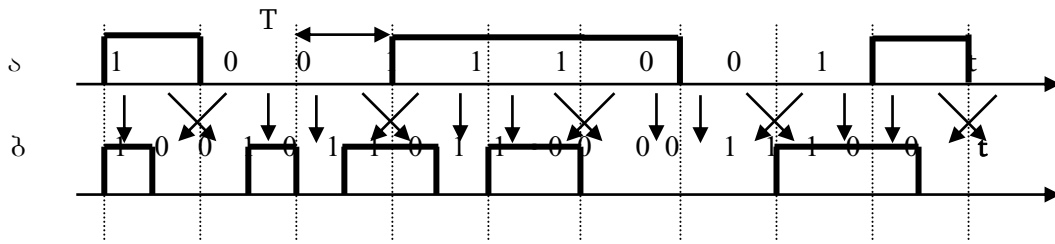
ბ. არხებს შორის ინტერვალი.

8. კარგვები არეკვლის გამო.



ცალკე განხილვის საგანია ოპტიკური ბოჭკო და მასში მიმდინარე მოვლენები. შეიძლება გამოვყოთ ოთხი ძირითადი მოვლენა, რომელიც აუარესებს WDM სისტემის მახასიათებლებს: ქრომატული დისპერსია, პირველი და მეორე რიგის პოლარიზაციული მოდური დისპერსია და არაწრფივი ოპტიკური ეფექტი.

ოპტიკური სატრანსპორტო ქსელების განვითარების დღევანდელ ეტაპზე აშკარა უპირატესობა აქვს OTN-OTH სატრანსპორტო ქსელს, რომელიც DWDM ტექნოლოგიის ბაზაზე უზრუნველყოფს ოპტიკური ბოჭკოს შესაძლებლობის ბევრად უფრო ეფექტურად გამოყენებას სხვა ტექნოლოგიებთან შედარებით. ამ ქსელის პრაქტიკული ფუნქციონირების დროს აუცილებელია ზემოთ მოყვანილი პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების მკაცრი დაცვა და განუწყვეტელი კონტროლი [6].



ნახ.1. მე-2 სახეობის ბიიმპულსური კოდის ფორმირების პრინციპი

როგორც ფორმირების ნაწილი, ნაწილი, იგი ფაქტობრივად წარმოადგენს საწყისი სიგნალის ოთხთანრიგა ბლოკების გარდაქმნას ოთხთანრიგა ბლოკებად შემდეგი შესაბამისობებით:

$$00 \longrightarrow 0011; \quad 01 \longrightarrow 0110; \quad 11 \longrightarrow 1100; \quad 101001 \longrightarrow$$

გარდაქმნების შედეგად მიღებული ოთხთანრიგა ბლოკები (0011, 0110, 1100 და 1001) მე-2 სახეობის ბიიმპულსური კოდის დასაშვებ კომბინაციებს წარმოადგენს. შესაბამისად, ეს კოდი მიეკუთვნება ბლოკური სახაზო კოდების კლასს.

ბლოკური სახაზო კოდების გამოყენებისას თავს იჩენს გადამცემ მხარეზე ფორმირებული ბლოკების მიმღებ მხარეზე სწორად დაფიქსირების აუცილებლობა, რაც ინფორმაციის დაუმახინჯებელი მიღების საწინდარს წარმოადგენს. აღნიშნულ პროცედურას ბლოკური სინქრონიზება ეწოდება. იგი ხორციელდება მიმღებში გამომუშავებული ბლოკური სინქრონულობის განმსაზღვრელი სიგნალის საშუალებით, რომლის გამეორების სიხშირე მიიღება სატაქტო სიხშირის გაყოფით ბლოკის თანრიგების რიცხვზე. მე-2 სახეობის ბიიმპულსური კოდის შემთხვევაში ხსენებული სიგნალის სიხშირე 4-ჯერ ნაკლებია სატაქტო სიხშირეზე, ამასთან ბლოკური სინქრონულობის მოწყობილობის გამართულად მუშაობის შემთხვევაში მისი ფაზა ემთხვევა ბლოკის პირველი სიმბოლოს დასაწყისს, ე.ი. ეს სიგნალები ჩნდება ბლოკების საზღვრებზე.

ბლოკური სინქრონულობის მოწყობილობის მუშაობაში ხარვეზის გაჩენის შემთხვევაში შესაძლებელია გამომუშავებული სიგნალის ფაზა შეიცვალოს და მან მიიღოს მცდარი პოზიცია. ამ შემთხვევაში მიმღებში წარმოებს ჭეშმარიტი ფაზის ძებნა, რისთვისაც ფაზას მიმღევრობით წაანაცვლებენ მანამ, სანამ იგი ბლოკების საზღვრებს არ დაემთხვევა, ე.ი. არ აღდგება ბლოკური სინქრონულობა. ცხადია, რომ ძებნის პროცესში ინფორმაციის მიღება დამახინჯებულად ხდება, ამიტომ ბლოკური სინქრონულობის აღდგენის ხანგრძლიობა ინფორმაციის დანაკარგების პროპორციულია.

ზემოთქმულიდან ჩანს, რომ რომელიმე კონკრეტული სახაზო კოდის შერჩევისას ტელეკომუნიკაციის ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემებში გამოსაყენებლად გათვალისწინებულ უნდა იქნას ამ კოდის შესაძლებლობები ბლოკური სინქრონულობის აღდგენის თვალსაზრისით. მოცემული ნაშრომის მიზანია ამ შესაძლებლობების გამოკვლევა მე-2 სახეობის ბიიმპულსური კოდისთვის.

ანალიზისთვის გამოიყენება ავტორების მიერ შემოთავაზებული mBnB კლასის კოდების ბლოკური სინქრონულობის აღდგენის ზოგადი მეთოდოლოგია [3], რომლის არსი შემდეგში მდგომარეობს.

საწყის ეტაპზე წარმოებს m-თანრიგა ბლოკების ყველა შესაძლო წყვილში თანრიგობრივი ძვრის შედეგად მიღებული ყველა m-თანრიგა კომბინაციის ანალიზი იმის დასადგენად, აკრძალულია ისინი თუ დასაშვებია. პირველ შემთხვევაში კეთდება დასკვნა შესაბამისი საზღვრების მცდარობის შესახებ, ამასთან, თუ აკრძალული კომბინაცია ჩნდება ზედიზედ m-1 პოზიციაზე, ეს მიანიშნებს იმაზე, რომ ფაზის დარჩენილი პოზიცია ჭეშმარიტია და, შესაბამისად, ბლოკური სინქრონულობა აღდგენილად ითვლება. რაც შეეხება მეორე შემთხვევას, აქ ყოველთვის არ შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა ჭეშმა-

რიტი ფაზის აღმოჩენის შესახებ, რადგან დასაშვები კომბინაცია შეიძლება გამოჩნდეს მცდარ ფაზაშიც. ამიტომ, თუ დასაშვები კომბინაცია ფაზის m -ჯერ ზედიზედ დაძვრისას აღმოჩენილი იქნება რამდენჯერმე, ანალიზი გრძელდება მანამ, სანამ არ გამოვლინდება ერთი ჭეშმარიტი ფაზა. ცხადია, რომ ანალიზის მეორე ეტაპზე განიხილება სამი m -თანრიგა ბლოკისგან შედგენილი კომბინაციები, მესამე ეტაპზე – ოთხი m -თანრიგა ბლოკისგან შედგენილი კომბინაციები და ა.შ., ამასთან ზემოთ აღნიშნული პროცედურები ტარდება ბოლოსწინა და ბოლო ბლოკებისთვის.

ბლოკური სინქრონულობის აღდგენის ხანგრძლიობის ზუსტი განსაზღვრა თეორიულად შეუძლებელია, რადგან არსებობს კოდური სინქრონულობის აღდგენის რეალიზაციები, რომელთა ანალიზი პრინციპულად არ იძლევა ჭეშმარიტი საზღვრების დადგენის საშუალებას. ასე მაგალითად, იგივე მე-2 სახეობის ბიიმპულსური კოდის შემთხვევაში ფრაგმენტისთვის, რომელიც შედგება მხოლოდ 0011 კომბინაციებისგან, საზღვრების ნებისმიერი დაძვრისას მიიღება დასაშვები კომბინაცია. მაგრამ პრაქტიკულად ასეთი რეალიზაციები უსასრულოდ არ გრძელდება, მართლაც, თუ განსახილველ კოდში თითოეული კომბინაციის გამოჩენა თანაბარალობათურია (რასაც პრაქტიკულად ყოველთვის აქვს ადგილი), მაშინ k ბლოკისგან შედგენილი ნებისმიერი ფრაგმენტი და, მათ შორის, ფრაგმენტი 0011.0011 . . . 0011 ჩნდება $0,25^k$ ალბათობით, რომელიც უკვე 4-5 კომბინაციისგან შედგენილი ფრაგმენტისთვის ძალზე მცირე სიდიდეს (0,004 – 0,001) შეადგენს.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ამა თუ იმ კოდის ბლოკური სინქრონულობის აღდგენის შესაძლებლობების შეფასება ხდება კოდის ბლოკურ სინქრონულობაში შესვლის P_i ალბათობით ანალიზის i -ური ეტაპის შემდეგ. პრაქტიკულად P_i -ს რაღაც მნიშვნელობისთვის შეიძლება ითქვას, რომ ბლოკური სინქრონულობის აღდგენის პროცესი დასრულებულია. ქვემოთ ჩატარებული ანალიზისას ნაგულისხმევია, რომ ეს ხდება $P_i = 0,99$ დროს.

მე-2 სახეობის ბიიმპულსური კოდის ბლოკური სინქრონულობის აღდგენის შესაძლებლობების გამოსაკვლევად განვსაზღვროთ P_i ალბათობები სიგნალის ფრაგმენტებისთვის, რომლებიც იწყება 0011, 0110, 1001 და 1100 კომბინაციებით. ალბათობების განსაზღვრის პროცედურები ზემოთ მოყვანილი მეთოდის გამოყენებით 0011 კომბინაციით დაწყებული ფრაგმენტისთვის ნაჩვენებია 1-ლ ცხრილში.

ცხრილში j სიმბოლოთი აღნიშნულია ძვრის პოზიცია კომბინაციათა წყვილების შიგნით; “+” ნიშნით აღნიშნულია აკრძალული კომბინაციების აღმოჩენის შემთხვევები, რაც ნიშნავს, რომ ძვრის მოცემულ პოზიციაზე საზღვრები მცდარია; “-” ნიშნით აღნიშნულია დასაშვები კომბინაციების აღმოჩენის შემთხვევები, ამიტომ მოცემული პოზიციები ექვემდებარება შემდგომ ანალიზს; “x” ნიშანი გვიჩვენებს, რომ წინა ეტაპებზე მოცემულ პოზიციებზე აღმოჩენილი იყო აკრძალული კომბინაციები, რის გამოც ამ პოზიციების ანალიზის საჭიროება აღარ არსებობს.

ცხრილიდან ჩანს, რომ ანალიზის I ეტაპზე ჭეშმარიტი საზღვრების აღმოჩენა ხდება 0011-1100 წყვილისთვის, დანარჩენ სამ შემთხვევაში კი – არა, ამიტომ ამ ეტაპის შემდეგ ჭეშმარიტი საზღვრების აღმოჩენის ალბათობა $P_1 = 0,25$; II ეტაპის ბოლოს 16 შესაძლო კომბინაციიდან ჭეშმარიტი საზღვრები აღმოჩენილი იქნება 9-ში ($P_2 = 0,56$), III ეტაპის ბოლოს კი 64 შესაძლო კომბინაციიდან – 49-ში ($P_3 = 0,56$). IV ეტაპის შემდეგ 256 შესაძლო კომბინაციიდან ჭეშმარიტი საზღვრები აღმოჩენილი იქნება 225-ში (ცხრილში ეს შედეგი შეტანილი არ არის), შესაბამისად – $P_4 = 0,88$.

ცხრილის მონაცემების ანალიზისას გამოვლინდა კანონზომიერება, რომელიც იმაში მდგომარეობს, რომ i და $i-1$ ეტაპებზე დასაშვები კომბინაციების შემცველი ფრაგმენტების H_i და H_{i-1} რაოდენობათა შორის არსებობს შემდეგი თანაფარდობა:

$$H_i = 2H_{i-1} + 1.$$

ამ ფორმულის გამოყენებით შეიძლება მარტივად იქნას გაანგარიშებული ჭეშმარიტი საზღვრების აღმოჩენის ალბათობები ანალიზის შემდგომი ეტაპებისთვის:

$$P_5 = (1024 - 63) / 1024 = 0,94;$$

$$P_6 = (4096 - 127) / 4096 = 0,97;$$

$$P_7 = (16384 - 255) / 16384 = 0,99$$

როგორც ანალიზმა აჩვენა, აბსოლუტურად იდენტური შედეგები მიიღება დანარჩენი დასაშვები კომბინაციებით დაწვებული ფრაგმენტებისთვის, ამიტომ ალბათობის მიღებული მნიშვნელობები მარტივად დასაშვები კომბინაციებისთვის.

ამგვარად, მე-2 სახეობის ბიომპულსური კოდის გამოყენებისას ბლოკური სინქრონულობის აღდგენის ალბათობა პირობით სიდიდეს (0,99) აღწევს არა უმეტეს 8 კომბინაციის შემდეგ. მიღებული შედეგი შეიძლება გამოყენებულ იქნას

ცხრილი 1

I ეტაპი			II ეტაპი			III ეტაპი						
I ბლ.	II ბლ.	j			III ბლ.	j			IV ბლ.	j		
		1	2	3		1	2	3		1	2	3
0011	0011	-	-	-	0011	-	-	-	0011	-	-	-
					0110	-	+	+	0110	-	+	+
					1001	+	+	-	1001	+	+	-
					1100	+	+	+	1100	+	+	+
0011	0110	-	+	+	0011	-	x	x	0011	-	x	x
					0110	-	x	x	0110	-	x	x
					1001	+	x	x	1001	+	x	x
					1100	+	x	x	1100	+	x	x
0011	1001	+	+	-	0011	x	x	-	0011	x	x	-
					0110	x	x	+	0110	x	x	+
					1001	x	x	-	1001	x	x	-
					1100	x	x	+	1100	x	x	+

					1100	x	x	+	4 კომბ.	x	x	x
0011	1100	+	+	+	0011	x	x	x	4 კომბ.	x	x	x
					0110	x	x	x	4 კომბ.	x	x	x
					1001	x	x	x	4 კომბ.	x	x	x
					110	x	x	x	4 კომბ.	x	x	x



ლიტერატურა

1. Щелкунов К.Н., Широков Г.Ф., Кушнир В.Ф., Блушке А. Линейные сигналы в цифровых волоконно-оптических системах передачи. Ленинград: Изд. Ленинградского электротехнического института связи им. проф.М.А. Бонч-Бруевича. 1987. – 44с
2. Мизин И.А., Уринсон Л.С., Храмышин Г.К. Передача информации в сетях с коммутацией сообщений. Москва: Связь, 1972, - 318с
3. ნანობაშვილი ვ.ვ., ნანობაშვილი ვ.ვიკ. მეთოდის განმარტება დროის შესვლის დროს ბლოკური სინქრონიზაციის კოდების კლასის mBnV//ტრუდის გეორგიული ტექნიკური უნივერსიტეტის. თბილისი: 1997, N3(414). – ს.436-442

THE ISSUES OF BLOCK SYNCHRONISM OF SECOND VARIETY BIO-IMPULSE CODE

V. NANOBASHVILI, E. NANOBASHVILI

Georgian Technical University

Summary

The paper analyzes a block synchronism recovery capabilities of one of the varieties of linear codes used in a fiber optic telecommunications systems – 2nd type double-pulse code. It is shown that recovery of block synchronism is achieved within a code fragments consisting of not more than 8 combinations.

GSM ქსელის ბალანსირების მათემატიკური მოდელის აღწერა

შამანაძე ო.კ.*, შამანაძე ბ.ო., ლაშქარავა ლ. ბ.****

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

** შპს “მობიტელი”

თანამედროვე პირობებში მობილური მომსახურების პოპულარობის ზრდასთან დამოკიდებულებით მობილური ოპერატორების წინაშე დგება არც თუ ისე მარტივი ამოცანა, განსაზღვროს GSM სტანდარტის ქსელისათვის გადატვირთვის პარამეტრების ინტენსივობის ცვლილების კანონი. მობილურობის პარამეტრის ცვლილების აღმოჩენა წარმოადგენს შესაძლო გადატვირთვის წინასწარმეტყველების და აღმოჩენის ყველაზე ადრეულ ეტაპს. იმისათვის, რომ გაიზარდოს საიმედოობა და არ მოხდეს რეაგირება დატვირთვის მცირე ხანგრძლიობის ცვლილებაზე, რაც იგივეა გაიზარდოს განხილული ალგორითმების ეფექტურობა, მიზანშეწონილია ჩატარდეს ფიჭაში წარმოქმნილ გარდამავალი პროცესების ანალიზი.

მასობრივი მომსახურების თეორიაში ერლანგის მოდელის ფართოდ გავრცელების გამო [1,2], შემდგომში ყველა ანალიზისა და დასკვნების შემთხვევაში იგულისხმება,

რომ სისტემის ქცევა აღიწერება ამ მათემატიკური მოდელით. ასეთი მიახლოებისას ითვლება, რომ მოთხოვნების შემომავალი ნაკადი λ აღიწერება პუასონის კანონით, ხოლო თითოეული მოთხოვნის მომსახურების ხანგრძლიობა $1/\mu$ ექვემდებარება ექსპონენციალურ განაწილებას. ამასთან შემომავალი ნაკადის ინტენსივობა ფიჭაში აბონენტების რიცხვის პროპორციულია.

იმისათვის, რომ მოვნახოთ ერლანგის კანონის განაწილება აუცილებელია შევადგინოთ განტოლება, რომელშიც აღწერენ მარკოვის პროცესების “დაბადებას” და “დაღუპვას” t დროის უწყვეტი პარამეტრით, რომელსაც გააჩნია მდგომარეობის სასრული რაოდენობა და თითოეულ მათგანში დროის უსასრულოდ მცირე შუალედში, შესაძლებელია სისტემის გადასვა მხოლოდ მეზობელ მდგომარეობაში ნულოვანი ალბათობით. ამის გათვალისწინებით ვსაუბრობთ მარკოვის პროცესის განტოლებათა სისტემას [2,3]:

$$\begin{cases} \frac{dP_i}{dt} = \lambda P_{i-1} - \lambda P_i + \mu(i+1)P_{i+1} - \mu i P_i, & \text{при } i = 1, 2, \dots, N-1, \\ \frac{dP_0}{dt} = \mu P_1 - \lambda P_0, \end{cases} \quad (1)$$

სადაც, P_i ($i=0, 1, 2, \dots, N$) – შეერთების რიცხვისათვის ალბათობის განაწილებაა მომსახურებად ფიჭაში, N გამოძახებების მაქსიმალურად შესაძლებელი რიცხვია, რომელსაც შეიძლება ფიჭა მოემსახუროს. პირველი ფორმულით გამოსახული განტოლება აღწერს მასობრივი მომსახურების თეორიაში ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებულ მოდელს, სისტემას რიგის გარეშე, ე.ი. იმ შემთხვევაში თუ ფიჭაში არ არსებობს თავისუფალი რესურსი და შემოვიდა მოთხოვნა არხის გამოყოფაზე, მომსახურებაზე მიღებული იქნება უარი.

ამოვხსნით რა პირველ განტოლებათა სისტემას მივიღებთ ერლანგის ცნობილ ფორმულას:

$$P_i = \frac{1}{i!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^i, \quad i = 0, 1, \dots, N. \quad (2)$$

მობილური ქსელის მომსახურების ალგორითმის თავისებურებებიდან გამომდინარე, ფიჭაში შემომავალი ჰენდოვერის მიზეზით, ახალი აბონენტის გამოჩენის ალბათობა Δt მცირე დროის შუალედში ტოლია $\lambda h o \Delta t$. ალბათობა იმისა, რომ ფიჭიდან Δt მცირე შუალედში გამავალი ჰენდოვერის მიზეზით ერთ აბონენტი მაინც დატოვებს ფიჭას იქნება $\mu h o i \Delta t$. ინტენსივობის პარამეტრებში “ho” ინდექსი მიაჩნდება, რომ ისინი მიეკუთვნებიან, როგორც შემომავალ ასევე გამავალ ჰენდოვერებს, ე.ი. მობილურობის პარამეტრებს, რადგანაც სწორედ ჰენდოვერების ინტენსივობა ახასიათებს აბონენტების მობილურობას, რაც საშუალებას გვაძლევს შევადაროთ თეორიული გათვლები, ექსპერიმენტული ქსელის მონაკვეთის რეალურ სიტუაციას. შევცვლით რა მეორე გამოსახულებაში λ -ს, $\lambda h o$ -ით და μ -ს, $\mu h o$ -ით მივიღებთ განაწილებას მობილური აბონენტებისათვის.

მომსახურებად ტერიტორიაზე აბონენტთა რიცხვი, მართლაც წარმოადგენს მობილური კავშირის ნებისმიერი სისტემისათვის მნიშვნელოვან მახასიათებელს, არანაკლებ ყურადღებას იმსახურებს ისეთი პარამეტრიც როგორცაა ქსელის პროდუქტიულობის პარამეტრი. [2] შრომებში გადასატრელ ამოცანას წარმოადგენდა ერთობლივი განაწილების მოძებნა აბონენტების რიცხვსა და აქტიურ შეერთებებს შორის. ამასთან ივარაუდებოდა, რომ ფიჭის ფარგლებში სისტემის მდგომარეობა აღიწერებოდა ორ განზომილებიანი მარკოვის პროცესით, რომელთა მდგომარეობა განისაზღვრებოდა პარამეტრებით (i, na) , სადაც i – ფიჭაში აბონენტთა რიცხვია და na – ფიჭაში აქტიური შეერთების რაოდენობა.

დენობაა.

ერლანგის მოდელის შემთხვევაში [4], გამარტივების გათვალისწინებით, რომელიც განპირობებულია აბონენტზე მცირე ხვედრითი დატვირთვით (10-15 ერლანგის ფარგლებში), მიღებულ იქნა შემდეგი გამოსახულება:

$$P_{n_a, i} = e^{-\frac{\lambda_{ho}}{\mu_{ho}}} \frac{\left(\frac{\lambda_{ho}}{\mu_{ho}}\right)^i \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{n_a}}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^i} \frac{C_i^{n_a}}{i!}, \text{ როცა } i \leq N \text{ ი } n_a = 0, 1, 2, \dots, i.$$

$$P_{n_a, i} = e^{-\frac{\lambda_{ho}}{\mu_{ho}}} \frac{\left(\frac{\lambda_{ho}}{\mu_{ho}}\right)^i \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{n_a}}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^m} \frac{C_i^{n_a}}{i!}, \text{ როცა } i > N \text{ ი } n_a = 0, 1, 2, \dots, N. \quad (3)$$

GSM ქსელის გადატვირთვის მათემატიკური მოდელის აღწერა

მიღებული შედეგების საფუძველზე შეიძლება მონახოს გადატვირთვის ალბათობა. ნებისმიერ ფიჭაში არსებობს მომსახურებადი აბონენტების N ფიზიკური ზღვარი, რომელიც განისაზღვრება თავისუფალი ტაიმ-სლოტების რაოდენობით. რამდენადაც უმრავლეს შემთხვევაში ნებისმიერ ოპერატორს აღეგებს საკუთარი ქსელის აღქმა აბონენტების მიერ, ამიტომ ლოგიკურია გადატვირთვად შეიძლება გავიგოთ ისეთი სიტუაცია, როდესაც აქტიური შეერთების რაოდენობა n_a ტოლია მიღწევადი რესურსის რაოდენობის N. სხვა სიტყვებით, როდესაც შემდეგი მოთხოვნა შეერთებაზე ვერ იქნება დაკმაყოფილებული და აბონენტი მიიღებს უარს რესურსით უზრუნველყოფაზე. ამ შემთხვევაში მთლიანი დატვირთვის ალბათობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$P_{კრ} = \exp\left(-\frac{\lambda_{ho}}{\mu_{ho}}\right) \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^N \sum_{i=N}^{\infty} \frac{\left(\frac{\lambda_{ho}}{\mu_{ho}}\right)^i C_i^N}{i! \sum_{m=0}^N \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m C_i^m} \quad (4)$$

ზემოთ მოყვანილი გამოსახულების ანალიზისას ძირითად დასკვნად შეიძლება ჩაითვალოს, რომ გადატვირთვა, რომელიც აღიძვრება აბონენტების მიერ ყველა არსებული რესურსის დაკავებით, ცალსახად დაკავშირებულია მობილურობის პარამეტრების შეფარდებაზე λ_{ho}/μ_{ho} . აქედან გამომდინარე ლოგიკურია ვივარაუდოთ, რომ ამ პარამეტრების შესაბამისი შეფასების ფორმირება საშუალებას მოგვცემს ვიწინასწარმეტყველოთ გადატვირთვა და ეს ნიშნავს, რომ ჩნდება ზომების მიღების შესაძლებლობა, რათა თავიდან ავიცილოთ ასეთი სიტუაცია. შემდგომში, თეორიული გათვლებით მიღებული შედეგების საფუძველზე, მიღებული და შეფასებული იქნება GSM სტანდარტის რეალური ქსელისათვის მათემატიკური მოდელის პარამეტრები.

ლიტერატურა:

1. Косинов М.С., Шорин О.А. Повышение емкости сотовой системы связи при использовании зон перекрытия. // Электросвязь, № 3.2003, с. 18-20.
2. Кремер Н.Ш., Теория вероятностей и математическая статистика. // М. Юнити, 2004, с. 466-467
3. შამანაძე ო., შამანაძე გ., ლაშქარავა ღ. “პირდაპირი გადადანიშნულების” პროცედურების გავლენა GSM ქსელის ხარისხობრივ მაჩვენებლებზე // საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი №19, “ინტელექტუალი”, თბილისი, 2012, გვ. 207-215.
4. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. // Книга вторая. М. Советское радио, 1975, с. 285-290.

SHAMANADZE O.K.*,SHAMANADZE G.O.***, LASHQARAVA L.G.**

*Georgian Technical University.

**Ltd, Mobitel

Summary

Depending on the conditions of the mobile operators are faced with the increasing popularity of the service is not a simple task, reset the parameters defined in the GSM standard networks intensity changes in the law. The discovery of the mobility parameter is reset to the discovery of the prophets, and in the early stages. In order to increase reliability and to respond to changes in load on a short duration, which is the same as increasing the efficiency of the al

recommended to take cells arising in the analysis of transient processes.



II საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია

II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



მესამე თაობის მობილური კავშირის სისტემა UMTS და მისი ფუნქციები

ბ.წიკლაური, ჯ.ხუნწარია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში აღწერილია მობილური კავშირის უნივერსალურ სისტემა UMTS, რომელიც წარმოადგენს ფართოდ გავრცელებულ ტექნოლოგიას და კოდური დაყოფის პრინციპზეა დამყარებული, მრავალჯერადი დაშვების სისტემა ანუ CDMA (Code Division Multiple Access).

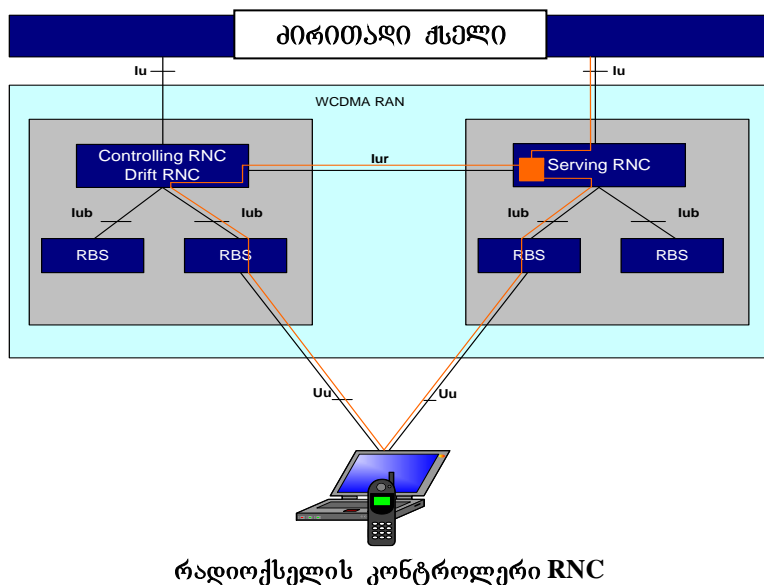
განხილულია UMTS სისტემის აგებულება, მუშაობის პრინციპები და ბოლოს ზემოთხსენებულ სისტემაში 900MHZ სიხშირული ზოლის გამოყენების უპირატესობები და როგორ შეიძლება ავამაღლოთ ქსელის ხარისხი სხვადასხვა სიხშირული ზოლების გამოყენებით.

ამჟამად გამოყენებულ 3G სისტემებს სხვადასხვა სახელები აქვთ, მაგალითად: Core-A იაპონიაში, UMTS(მობილური კავშირის უნივერსალური სისტემა) ევროპაში და ა.შ. განსაზღვრულ სტანდარტებთან დაკავშირებული პასუხისმგებლობა დამოკიდებულია რეგიონულ დაწესებულებებზე, როგორცაა კავშირის სტანდარტების ევროპული ინსტიტუტი (ETSI), რადიო ინდუსტრიის ბიზნესის ასოციაცია (ARIB) და ამერიკის სტანდარტების ინსტიტუტი (ANSI). სისტემები, რომელიც შემოთავაზებულია ITU-სთვის, შეიძლება გაერთიანდეს ერთ გლობალურ სტანდარტში რადიოგადაცემის ტექნოლოგიების სხვადასხვა სამუშაო რეჟიმებით.

ETSI და ARIB შესთავაზეს ITU-s WCDMA-ად წოდებული რადიო კავშირის დამყარების რეჟიმის გამოყენება, რომლებსაც წყვილი და კენტი 2 გჰც-ის სიხშირული ზოლები აქვთ.

არსებობს უამრავი განსხვავება GSM და WCDMA სისტემებს შორის, მაგრამ მათ შორის ასევე უამრავი მსგავსებაც. პარალელები GSM BSS და WCDMA RAN სისტემებს შორის. მაგალითად, ორივე სისტემა დაფუძნებულია ფიქტური რადიოკავშირის სისტემის პრინციპებზე. GSM-ის საბაზო სადგურის კონტროლერი (BSC) ჰგავს WCDMA-ს რადიოკავშირის სისტემის კონტროლერს (RNC). GSM-ის მიმღებ-გადამცემის საბაზო სადგური (BTS) იგივეა რაც WCDMA-ს NodeB. GSM-ის სისტემა იყენებს TDMA (მრავალსადგურიანი შედწევა არხების დროითი დაყოფით) ტექნოლოგიას რადიოკავშირის მრავალი ფუნქციონალური შესაძლებლობებით, რომლებიც დამყარებულია დროის ინტერვალების მართვაზე. WCDMA სისტემა მეორე მხრივ იყენებს CDMA-ს, როგორც ეს ზემოთ იყო აღწერილი, რაც იმას ნიშნავს, რომ როგორც ტექნიკური უზრუნველყოფა, ასევე კონტროლის ფუნქციები განსხვავებულია. WCDMA-სპეციფიკური ფუნქციების მაგალითია სიმძლავრის სწრაფი რეგულირება და რბილი ჰენდოვერი. საბაზო სადგურის მოვალეობაა რადიოგა-

დაცემა და რადიომიღება მობილური მოწყობილობიდან საბაზო სადგურზე რომელიც იმართება რადიო ქსელის კონტროლერის მიერ Iub ინტერფეისის მეშვეობით. ვინაიდან UMTS მუშაობს 2 გჰც სიხშირის გარშემო და რადგან უფრო მაღალი სიხშირეებზე სიგნალები უფრო მეტად მახინჯდება მიღების გამო, ფიჭების ზომებზე მეტად ზიანდება UMTS-ში. ჩვენ უნდა მივიღოთ ფიჭები უფრო პატარი ზომისა, ვიდრე GSM-ში, და მხოლოდ ამისთვის, თუ ჩვენ გვსურს როგორც მინიმუმ ისეთივე შესაძლებლობის, ხარისხის შემოთავაზება, როგორც GSM სისტემაში, მაშინ უნდა დავაყენოთ უფრო მეტი საბაზო სადგური. UTRAN-ის ფუნქციები მთლიანად რეგულირდება რადიოქსელის კონტროლერის კვანძით. RNC-ი უერთდება საბაზო ქსელს IU-ინტერფეისის გავლით. RNC-ს ორი მთავარი როლი აკისრია, ერთი მათგანი მომსახურებაა და მეორე კონტროლი. RNC წარმოადგენს მთავარ პასუხისმგებელს მობილური მოწყობილობის დაკავშირებულ კონტროლზე, რომელიც შეერთებულია WCDMA-ს რადიოკავშირის დამყარების სისტემასთან. ის აკონტროლებს მობილური მოწყობილობის დაკავშირებას Iu-ინტერფეისზე და საზღვრავს პროტოკოლების რაოდენობას მობილურ მოწყობილობასა და WCDMA-ს რადიოკავშირის დამყარების სისტემას შორის კონტაქტისას. მაკონტროლებელ RNC-ს აქვს სრული კონტროლი ფიჭების გარკვეულ ნაკრებზე და მათთან დაკავშირებულ საბაზო ქსელებზე. როდესაც მობილურმა მოწყობილობამ უნდა გამოიყენოს ისეთი ფიჭის რესურსი, რომელიც არ არის რეგულირებული RNC-ის მიერ, RNC-მა უნდა გაცვალოს ინფორმაცია მაკონტროლებელ RNC-ისთან ასეთი რესურსების შესახებ კითხვის დასმით. ასეთი შეკითხვა იგზავნება Iur-ინტერფეისის მეშვეობით, რომელიც აკავშირებს ერთმანეთთან RNC -ებს. ასეთ შემთხვევაში მაკონტროლებელი RNC-ის დანიშნულებაა ასევე იყოს გადაადგილების RNC კონკრეტული მობილური მოწყობილობისათვის. ოპერაციის ეს სახეობა ძირითადად საჭიროა იმისათვის, რათა მოახერხოს რბილი ჰენდოვერის უზრუნველყოფა მთელი სისტემის გასწვრივ. რადიოშედგენის არხი წარმოადგენს WCDMA RAN-ს მიერ უზრუნველყოფილ უმთავრეს მომსახურებას. RAB-ი გვჭირდება მაშინ, როდესაც გვსურს ხმოვანი კავშირის დამყარება საბაზო სადგურთან. მისი მახასიათებლები სხვადასხვა-ნაირია გამომდინარე იქიდან, თუ რა სახის მომსახურება, ინფორმაცია უნდა იქნას გადაცემული.

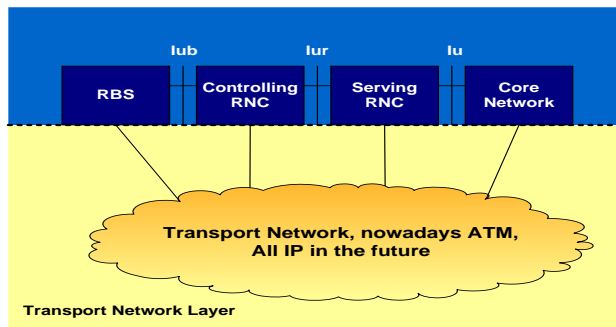


RAB-ის ფუნქცია მდგომარეობს აბონენტის მონაცემთა გადატანაში მობილურ მოწყობილობასა და საბაზო ქსელს შორის. ის შედგება მობილურ მოწყობილობასა და RNC-ს შორის არსებული ერთი ან მეტი რადიოშედგენის არხისგან, და ერთი Iu გადამტა-

ნისაგან RNC-სა და საბაზო ქსელს შორის.

UTRAN-ის კვანძები ერთმანეთთან ურთიერთობენ სატრანსპორტო სისტემის მეშვეობით. 3GPP სპეციფიკაცია უზრუნველყოფს ძალზედ ნათელ დაყოფას რადიოკავშირთან დაკავშირებულ(WCDMA) ფუნქციონალურ შესაძლებლობებსა და სატრანსპორტო ტექნოლოგიას შორის, რაც იმას ნიშნავს, რომ არ არსებობს არანაირი კონკრეტული გადახრა რომელიმე ტექნოლოგიისკენ. სატრანსპორტო სისტემა თავიდან ეფუძნებოდა ATM-ს, მაგრამ სულ მალე yvelgan IP იქნება გამოყენებული.

UMTS სისტემაში UTRAN-ის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ფუნქციაა სიმძლავრის რეგულირება. ის არეგულირებს გადაცემის სიმძლავრეს, რაც გულისხმობს დაბრკოლებების მნიშვნელოვან შემცირებას და უსასაძლებელს ხდის უფრო მეტი მომხმარებლის მომსახურება განდეს შესაძლებელი.



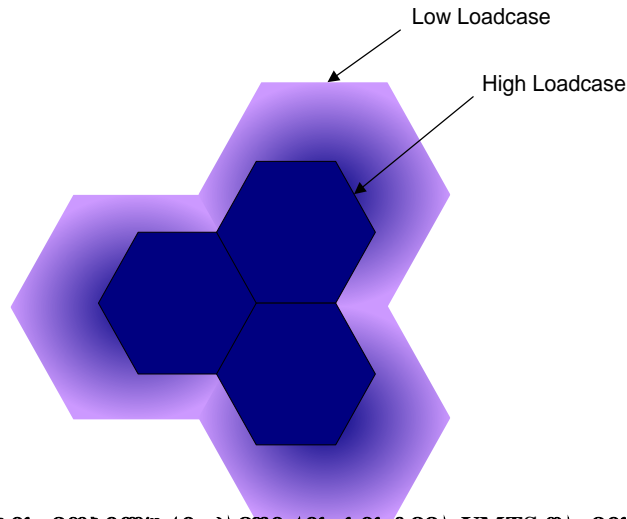
გადასაცემი სიმძლავრის გავლენის რეგულირება უზრუნველყოფს სისტემის უფრო მეტ შესაძლებლობას.

ერთი სისშირის განმეორებითი გამოყენებისას ძალზედ მნიშვნელოვანია გვექონდეს სიმძლავრის ეფექტური რეგულირება, რათა დავიყვანოთ დაბრკოლებები მაქსიმალურად შესაძლებელ მინიმუმამდე.

ჩვენი მიზანია მივადწიოთ მიღებული სიმძლავრის ერთნაირ სიდიდეებს ყველა მომხმარებლისათვის, მიუხედავად მათი მდებარეობისა ფიჭაზე, მიუხედავად დისტანციისა საბაზო სადგურამდე.

თუ ერთი მობილური მოწყობილობის სიმძლავრის დონე უფრო მაღალია, ვიდრე ეს საჭიროა, ასეთ მომხმარებელს მოუწევს რესურსების ზედმეტი მოცულობის გამოყენება და სხვა მომხმარებლებთან ინტერფერენცია. მეორე მხრივ, თუ სიმძლავრის დონეები ზედმეტად დაბალია, მაშინ ეს ცუდ ხარისხში გამოიხატება. მიღებული სიმძლავრის სათანადო დონეზე შენარჩუნების მიზნით, WCDMA-ს აქვს სიმძლავრის სწრაფი რეგულირების საშუალება, რომელიც ყოველ წამს 1500-ჯერ აახლებს სიმძლავრის დონეს ჩაკეტილი სისტემის სქემაში. კარგი მუშაობის უზრუნველყოფისათვის სიმძლავრის რეგულირება სრულდება როგორც მიმდებ, ასევე გადამცემ არხში, რაც იმას ნიშნავს, რომ მობილური მოწყობილობის და საბაზო სადგურის არსებული გამავალი სიმძლავრეები მუდმივად განახლდება.

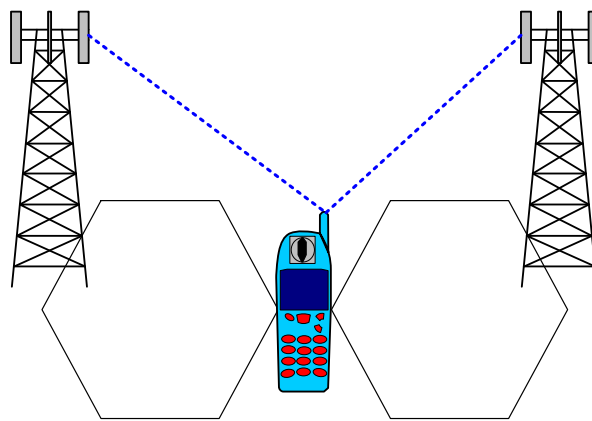
სიმძლავრის რეგულირება ასევე წარმოშობს მოვლენას, რომელსაც „ფიჭის სუნთქვას“ უწოდებენ. შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ეს არის გადაფარვის და შესაძლებლობის რეგულირება, რაც გულისხმობს იმას, რომ ფიჭის ზომა ვარირებს ტრაფიკის დატვირთვაზე დამოკიდებულებით.



მესამე თაობის მობილური კავშირის სისტემა UMTS და მისი უზენაესი დაფარვის ზონა მცირე და დიდი ტრაფიკის დროს

როდესაც ფიჭაში აქტიურ აბონენტთა რაოდენობა მცირეა (დაბალი ტრაფიკი), მაშინ შეიძლება საბაზო სადგურიდან საკმარისი მანძილზე კი მიღწეულ იქნას მაღალი ხარისხი. და პირიქით, როდესაც ფიჭაში მომხმარებელთა რაოდენობა დიდია, მაშინ წარმოიშობა დაბრკოლებათა მაღალი დონე და კავშირის ხარისხი შედარებით კლებულობს, ეს ფაქტი შეიძლება შევადაროთ GSM სისტემაში როდესაც ხდება სალაპარაკო არხის ორად გაყოფა რათა უფრო მეტ აბონენტს მოემსახუროს.

შეგვიძლია განვსაზღვროთ რბილი ჰენდოვერი როგორც ფუნქციონალური შესაძლებლობა, რომლის მეშვეობით მობილურ მოწყობილობას შეუძლია ერთდროულად დაუკავშირდეს ორ ან მეტ ფიჭას ორ ან მეტ საბაზო სადგურში და RNC-ს.



რბილი ჰენდოვერი

ერთზე მეტ საბაზო სადგურთან ღია კავშირის შენარჩუნების ეს შესაძლებლობა გულისხმობს ნაკლებ დაკარგულ ზარს, რაც მეტად მნიშვნელოვანია ოპერატორისთვის. ერთი სიხშირის განმეორებითი გამოყენების სისტემის კარგი მუშაობის მისაღწევად და სიმძლავრის რეგულირებისათვის რბილი და უფრო რბილი ჰენდოვერი თითქმის აუცილებელია. ტექნიკურად შესაძლებელია და საკმარის წარმატებულად იყენებენ 900Mhz სიხშირულ ზოლს UMTS სისტემაში, ამის მიზეზი კი ის არის რომ 2000Mhz-თან შედარებით ნაკლებად მახინჯდება სიგნალი, აქვს დიდი დაფარვა და ქსელის ექსპლოატაციას ნაკლები ხარჯები სჭირდება, რაც ფინანსურად ხელსაყრელია.



განსხვავება სხვადასხვა სიხშირული ზოლების გამოყენებისას.

რაც შეეხება მობილური ტელეფონს, ენერჯის მოხმარების მხრივ დაახლოებით 40% უფრო ნაკლებია იმდენად.



II საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



ლიტერატურა

1. 3G Evolution: HSPA and LTE for Mobile Broadband (<http://lib.mexmat.ru/books/26380>)
2. http://www.ebookee.com/UMTS-The-Fundamentals_136889.html
3. В. И. Попов Основы сотовой связи стандарта GSM
4. http://www.wireless-e.ru/articles/market/2006_2_4.php

THE THIRD GENERATION MOBILE COMMUNICATION SYSTEM UMTS AND ITS FUNCTIONS

B. TSIKLARI, J. KHUNTSARIA
 Georgian Technical University
Summary

In this work described Universal Mobile Telecommunication System UMTS, which is a widely-held technology and based on code-division principle called CDMA(Code Division Multiple Access). Also described UMTS system structure, working principle and at the end in therefore system advantages of using 900Mhz frequency band and how can be increased quality of network by using different frequency bands.

LTE ტექნოლოგია

ბ.წიკლაური, ჯ.ხუნჯარია
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მოცემული ნაშრომი ეხება LTE ტექნოლოგიას რომელიც მეორე და მესამე თაობის ინტერნეტის ევოლუციურ მიმართულებას წარმოადგენს. განხილულია LTE ტექნოლოგიის თავისებურებები, დაწერილობითაა აღწერილი ქსელის არქიტექტურა და გამოყენებული მოდულაციის ტიპები.

ჯერ კიდევ რამდენიმე წლის წინ ადამიანებს სრულიად აკმაყოფილებდათ მეორე თაობის მობილური კავშირი, მერე ჩვენს ცხოვრებაში მესამე თაობა შემოიჭრა. 3G სერვისებით-ვიდეოზარით, მობილური ტელევიზიითა და მაღალსიჩქარიანი ინტერნეტით დიდი ხანია ვსარგებლობთ, თუმცა ეს ტექნოლოგიის უკანასკნელ მიღწევად უკვე აღარ ით-

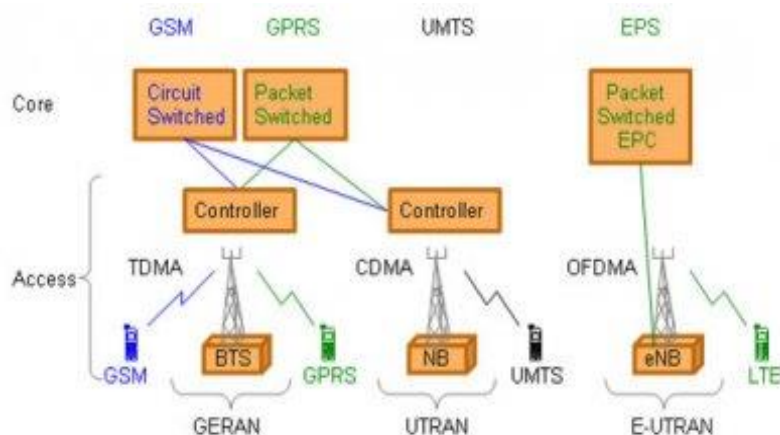
ვლება. ბოლო წლებია განვითარებულ ქვეყნებში მეოთხე თაობის(4G) ტექნოლოგიებზე საუბრობენ. 2009 წლის ბოლოს სატელეკომუნიკაციო კომპანია TeliaSonera-მ ოსლოსა და სტოკჰოლმში LTE-ს სტანდარტით მეოთხე თაობის ქსელი პირველად გაუშვა. 2010 წელს კი 4G კომპანიამ ფინეთში, დანიასა და ესტონეთშიც დანერგა. LTE ტექნოლოგია მეორე და მესამე თაობის ინტერნეტის ევოლუციური მიმართულებაა, რომელიც ჯერჯერობით მსოფლიოს 35 ქვეყანაში მოქმედებს და მათი რიცხვი დღითი-დღე იზრდება. „თაობების ცვლას“ ფეხს უწყობენ მობილური ტელეფონების მწარმოებლებიც და მოწყობილობებს 4G-ს მხარდაჭერით ქმნიან.

როგორც უკვე ავლინეთ Long term evolution (LTE) არის შემდგომი ნაბიჯი ფიჭური 3G ქსელის სერვისებში. LTE ტექნოლოგია დაფუძნებულია 3GPP სტანდარტზე რომელიც უზრუნველყოფს Downlink სიჩქარეს 150 მგბ წამში და Uplink სიჩქარის 50 მგბ წამში. ფიქსირებული უსადენო და სადენიანი სტანდარტები უკვე უახლოვდება ან უკვე მიღწეულია მონაცემთა გადაცემის სიჩქარე 100 მგბ/წმ და უფრო მეტიც. LTE კი ჯერჯერობით არის ერთადერთი გზა მობილურ კავშირგაბმულობაში რომელსაც შეუძლია მონაცემების ასეთი მაღალი სიჩქარით გადაცემა განვითარებული პაკეტური სისტემა (EPS) მთლიანად IP საფუძველზე აგებული. ხმოვანი(Voice) და მონაცემთა(Data) გადაცემა IP პროტოკოლით ხორციელდება. მომხმარებელს ენიჭება IP მისამართი ქსელში ჩართვისთანავე.

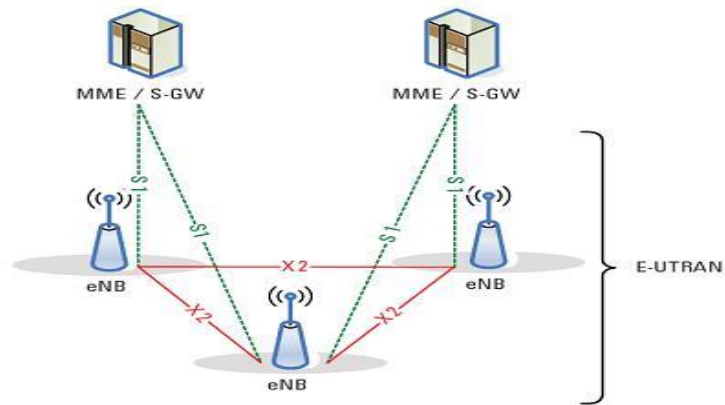
ახალი სისტემა LTE ეფუძნება OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) მოდულაციას. იმისათვის რომ კიდევ უფრო მაღალი სიჩქარეები იქნას მიღწეული, გამოყენებულია ასევე 64QAM, დიდი სიხშირული ზოლის სიგანე (20 Mhz) და MiMo გადაცემა Downlink (4x4-მდე). უმაღლესი თეორიული სიჩქარის მახვენებელი 170Mbps Uplink და 300Mbps Downlink MiMo ტექნოლოგიის გამოყენების შემთხვევაში.

ძირითადი ქსელის EPC(Evolved Packet Core) ისეა აგებული რომ შეუძლია იმუშაოს სხვა ტექნოლოგიებთან ერთადაც რომლებიც შექმნილია 3GPP-ს მიერ, როგორებიცაა WiMAX და WiFi.

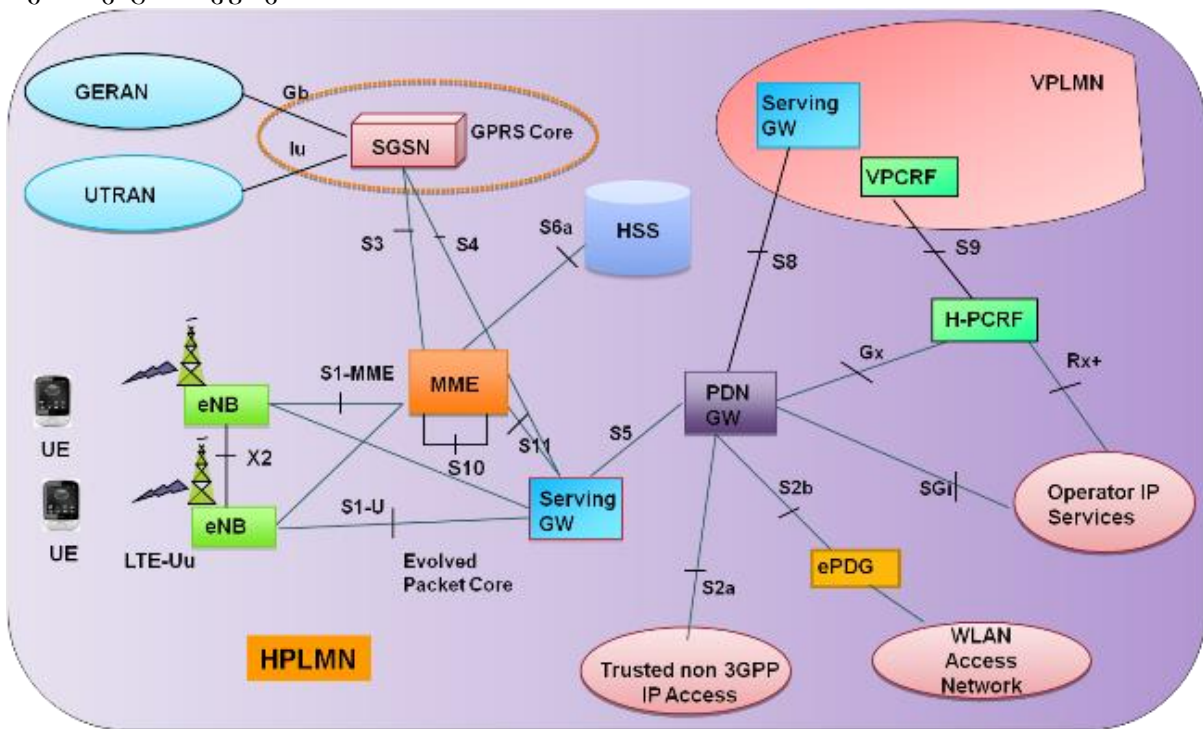
LTE დაშვების ქსელის უბრალოდ შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც საბაზო სადგურების ქსელი, Evolved NodeB (eNodeB).



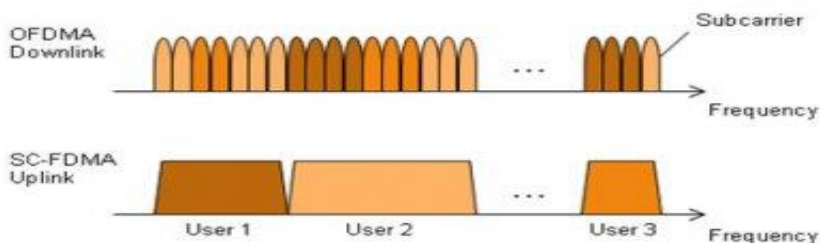
არ არსებობს ცენტრალიზებული ინტელექტუალური კონტროლერი როგორც ეს UMTS ქსელში გვექნა RNC-ის სახით. LTE-შემთხვევაში eNodeB-ს აქვს RNC-ის ფუნქციები და ერთმანეთთან eNodeB-ები დაკავშირებულია X2-ინტერფეისებით და EPC-სთან შეერთებულია S1-ინტერფეისით როგორც ეს შემდეგ სქემაზეა ნახვენები:



მიზეზი ასეთი ქსელის არქიტექტურისა არის ის რომ გაიზარდოს მონაცემთა გადაცემის სიჩქარე და შეამციროს პენალტისთვის სიხშირე დრო. LTE ქსელის სრული სქემა კი ასე გამოიყურება:



მაღალი რადიო სპექტრალური ეფექტურობის მისაღწევად მრავალჯერადი დაშვების მრავალკარიერიანი მიდგომა არჩეულ იქნა 3GPP-ს მიერ. Downlink-ისათვის, OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) შეიქმნა და uplink-ისათვის SC-FDMA (Single Carrier - Frequency Division Multiple Access) ასევე ცნობილია, როგორც DfT (diskretuli furies Transform).



OFDM არის multicarrier ტექნოლოგია რომელიც ყოფს სიხშირულ ზოლს მრავალ ორმხრივ ორთოგონალურ ვიზროზოლოვან ქვეგადამტანებად. OFDMA-ში ეს ქვეგადამტანები შეიძლება საერთო იყოს მრავალი მომხმარებლისთვის. ეს არის გამოსავალი ძალიან მაღალი სპექტრალური ეფექტურობის მისაღწევად, მაგრამ მოითხოვს სწრაფ პროცესორებს. LTE ვითარდება და გამოიყენება სიხშირის ზოლები, დაწყებული 800 MHz-დან 3.5 GHz-მდე. ხელმისაწვდომი bandwidth მოთავსებულია დაწყებული 1.4 MHz მდე 20 MHz-მდე სიხშირულ ზოლში.



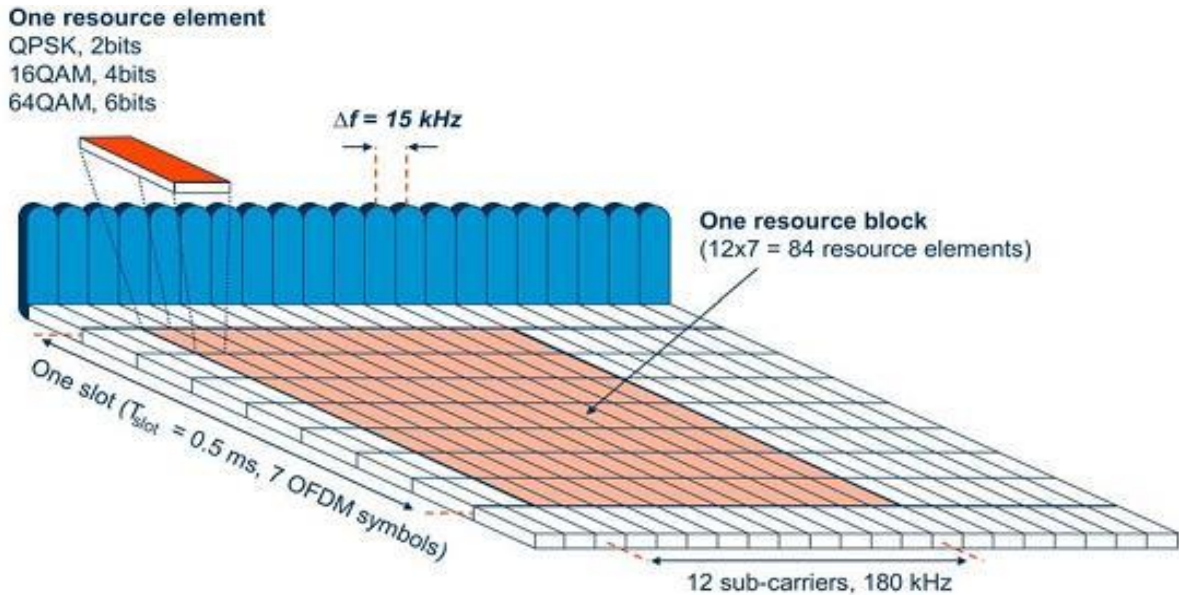
LTE ქსელს ზოგიერთი მობილური ოპერატორი მხოლოდ მონაცემთა გადაცემისთვის იყენებს და Voice-ს გადაცემისთვის ყველასთვის ცნობილ GSM ქსელს იყენებს.

ექსპერტთა პროგნოზი კი LTE ტექნოლოგიასთან დაკავშირებით ასეთია: 2015 წელს მსოფლიოში დაახლოებით 245 მილიონი სმარტფონი გაიყიდება მეოთხე თაობის მხარ-

ქსელისთვის მომხმარებლისთვის უზრუნველყოფს უფრო მაღალ სიხშირულ ზოლებს

II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ლიტერატურა

1. <http://live.ge/r-123201>
2. <http://blogs.liberali.ge/ge/blog/1640/108114>
3. www.scribd.com
4. Farooq Khan, LTE for 4G Mobile Broadband, Cambridge University Press 2009, pages 5-85.
5. Rohde & Schwarz, UMTS Long Term Evolution (LTE) Technology Introduction, C.Gessner 09.2008

LTE TECHNOLOGY
B. TSIKLARI, J. KHUNTSARIA
 Georgian Technical University
Summary

This article describes LTE technology, which is The evolutionary trend of the second and third generation Internet, described originalities of LTE technology. There is also detailed description of network architecture and used modulation types.

ინფორმაციის დაცვის მეთოდი რადიოკავშირის სისტემისთვის

უღრელიძე ნ.ა., რობიტაშვილი ა.ბ., აპოპია დ.ბ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

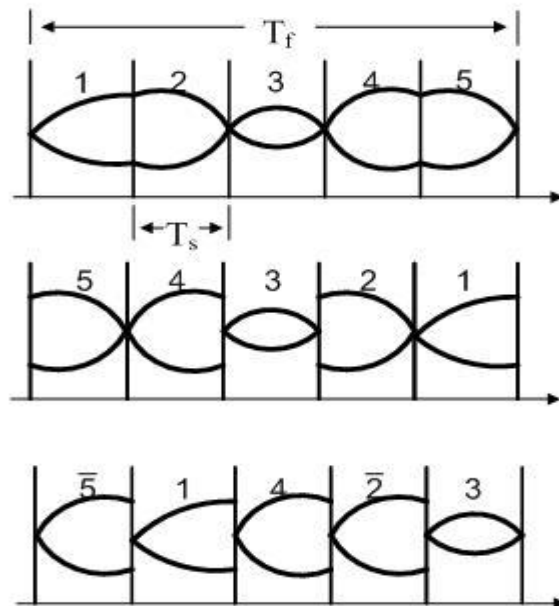
წარმოდგენილია ინფორმაციის დაცვის ახალი მეთოდი, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იქნას სამეტყველო სიგნალების ანალოგური რადიოკავშირის სისტემებით გადაცემისას. ნაჩვენებია, რომ შემოთავაზებულ მეთოდს აქვს შედარებით მაღალი კრიპტომდგრადობა.

სამეტყველო სიგნალის გადაცემის რადიოსისტემაში ინფორმაციის დასაცავად იყენებენ მის ტექნიკურ შენიღბვას, რომელიც ხორციელდება ე.წ. სკრემბლერის საშუალებით. ანალოგური რადიოკავშირის სისტემაში გამოიყენება სკრემბლერების სამი მეთოდი [1]:

1. დროითი სკრემბლირება.
2. სიხშირული სკრემბლირება.
3. კომბინირებული, დროით-სიხშირული, სკრემბლირება.

ამათგან, შედარებით ფართო გავრცელება ჰპოვა დროითი სკრემბლირების მეთოდი და აქ ჩვენს მიერ მხოლოდ ის იქნება განხილული.

აღნიშნული სკრემბლირება ხორციელდება შემდეგი პრინციპით: სამეტყველო სიგნალის ყოველი T_f ხანგრძლივობის ფრაგმენტი იყოფა T_s ხანგრძლივობის n რაოდენობის სიგნალად და ხდება მათი ფსევდო შემთხვევითი გადანაცვლებები. მაგალითისათვის, დროითი სკრემბლირების ერთი შესაძლო ვარიანტი, მოყვანილია ქვემოთ ნახ. 1-ზე. აქ ნახ. 1ა წარმოადგენს სამეტყველო სიგნალის T_f ხანგრძლივობის ფრაგმენტს, რომელიც შეიცავს ხუთ($n=5$) T_s ხანგრძლივობის სიგნალს; ნახ. 1ბ-ზე მოყვანილია იგივე სიგნალი დროითი სკრემბლირების შემდეგ, ხოლო ნახ. 1გ შეესაბამება შემთხვევას, როცა განხორციელებულია სიგნალთა სკრემბლირება და ზოგიერთი მათგანის ინვერსიაც. აქვე შევნიშნავთ, რომ ნახ. 1ბ-ზე მოყვანილი სკრემბლირებული სიგნალი წარმოადგენს ნახ 1ა-ზე მოყვანილი სიგნალის სრულ ინვერსიას.

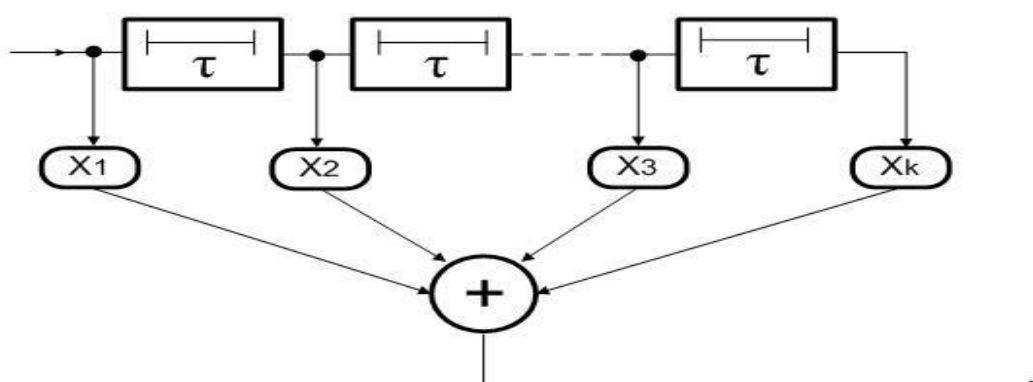


ნახ. 1. სამეტყველო სიგნალის დროითი სკრემბლირება

აუცილებელია აღინიშნოს რომ, სკრემბლირებისას ზოგიერთ სიგნალთა ინვერსია გამოყენებულია არა სამეტყველო სიგნალის გარჩევადობის გასაუარესებლად, არამედ უფრო მისი უკუაღდგენის შესაძლებლობის შესამცირებლად; თუმცა გარჩევადობის გაუარესების ეფექტი უმნიშვნელოა და მას პრაქტიკულად არც იყენებენ.

არსებობს ორი ძირითადი გზა, ჩვენს მიერ განხილული სისტემის, კრიპტომდგრადობის მაქსიმიზაციისა. ორივე ემყარება T_s ხანგრძლივობის სიგნალთა რაოდენობის (n) გაზრდას. კერძოდ, პირველ შემთხვევაში ეს შეიძლება განხორციელდეს T_f -ის გაზრდით, ხოლო მეორე შემთხვევაში T_s -ის შემცირებით. ცხადია პირველ შემთხვევაში იზრდება სიგნალის დაყოვნების დრო მისი გადაცემისას, ის შეზღუდულია და პრაქტიკული შემთხვევებისათვის არ უნდა აღემატებოდეს ერთ-ორ წამს [1], ხოლო მეორე შემთხვევაში, არსებული რაოდენობის სიგნალების გამოყენებისას, სიგნალთა დაყოვნების თავიდან ასაცილებლად, T_s -ის მნიშვნელობა უნდა იყოს არაუმცირეს 30-50 მილიწამის ფარგლებში[1]. მიუხედავად აქ განხორციელებული ზომებისა, როგორც ნახ. 1-ზე ჩანს, სკრემბლირებული სამეტყველო სიგნალის უკუაღდგენა შესაძლებელია საწყისი მეზობელი, T_s ხანგრძლივობის, სიგნალების დადგენით გარკვეული მეტრიკის გამოყენებით, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს სისტემის კრიპტომდგრადობას.

მოყვანილი პრობლემის მნიშვნელოვნად გადაჭრა შესაძლებელია სკრემბლირებული სიგნალის ე.წ. ფარდობითი ანალოგური კოდირების გამოყენებით. ასეთი კოდერის ზოგადი სქემა ნაჩვენებია ნახ. 2-ზე (მისი ციფრული რეალიზაცია იხ. [2]-ში). კოდერი შეიცავს: ანალოგურ, τ დროით, დაყოვნების $k-1$ ელემენტს; k გამამრავლებელ ელემენტს და ანალოგურ არითმეტიკულ ამჯამავს. ცხადია, რომ ფარდობითი კოდირების გამოყენების შემთხვევაში პრაქტიკულად შეუძლებელია მეზობელი სიგნალების დადგენა, რაც გამორიცხავს სამეტყველო სიგნალის უკუაღდგენას. ამ დროს ფარდობითი კოდირების სქემის აღდგენა დამოკიდებულია გამამრავლებელ ელემენტების შესაძლო რაოდენობაზე, რომელიც ტოლია M^k , სადაც M არის k -ს ფუძე. კონკრეტულ შემთხვევაში შეიძლება, რომ $\tau = T_s$. საბოლოოდ, ჩვენს მიერ წარმოდგენილი ინფორმაციის დაცვის სისტემის სქემა შეიცავს დროით სკრემბლერს, ფარდობით კოდერს, ფარდობით დეკოდერს და დროით დესკრემბლერს.



ნახ. 2. ფარდობითი კოდერის სქემა

ლიტერატურა

1. Ржаевский К.В. Информационная безопасность: практическая защита информационных технологий и

телекоммуникационных систем. Волгоград, 2002, с. 122.

- Банкет В.Л., Угрелидзе Н.А. Метод расчета статистики ошибок на выходе декодера ОФМ сигналов произвольной кратности и порядка. Радиотехника, 1985, №9, с. 53-54.

METHOD OF INFORMATION PROTECTION FOR RADIO COMMUNICATION SYSTEM

N. UGRELIDZE, A. ROBITASHVILI, D. AKOBIA

Georgian Technical University

Summary

Presented a new method for protection of information that can be used for transmission of voice signals by analog radiocommunication systems. It is shown that the proposed method has a relatively high cryptostability.



სექცია №6 ეკოლოგია და ბარემოს დაცვა

გლობალური დათბობა და კრიოსფერო

მიქაუტაძე დ., კვაბჯირიძე მ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

კრიოსფერო, რომელიც სხვა სფეროების მსგავსად უდიდეს როლს ასრულებს გლობალური კლიმატის ჩამოყალიბებაში, დათბობის მიმართ ერთ-ერთ ყველაზე მგრძობიარე ინერციულ ინდიკატორს წარმოადგენს. ნაშრომში განხილულია მიმდინარე გლობალური დათბობის ფონზე, ზოგადად დედამიწის ზედაპირზე და მათ შორის საქართველოში კრიოსფეროს დეგრადაციის სურათი, რამეთუ ეს პროცესი თავის მხრივ უდიდეს ზეგავლენას ახდენს მდინარეთა ჩამონადენისა და ზოგადად, ლანდშაფტის სახეცვლილებაზე.

გლობალური დათბობა - თანამედროვეობის უმნიშვნელოვანესი ეკოლოგიური და სოციალურ-ეკონომიკური პრობლემაა. დედამიწის ხმელეთისა და მსოფლიო ოკეანის საშუალოწლიური ტემპერატურის თანდათანობით ზრდის პროცესი XX და XXI საუკუნეებში არის როგორც ბუნებრივი მიზეზების, ასევე ადამიანის მოღვაწეობის შედეგი.

გლობალური კლიმატის ცვლილების კვლევას დიდი ხნის ისტორია აქვს. მისი ცვლილების პრობლემა უკანასკნელ წლებში დეტალურად განიხილებოდა მრავალ სამეცნიერო ლიტერატურაში. XXI საუკუნის დასაწყისში მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის ეგიდით ჩატარებული გამოკვლევები ადასტურებს, რომ დედამიწის სხვადასხვა რაიონებში დათბობა სხვადასხვა ინტენსივობით მიმდინარეობს, უფრო მეტიც - ცალკეულ რაიონებში დათბობას აცივებაც ცვლის.

გლობალური კლიმატის ჩამოყალიბებაში სხვა სფეროების მსგავსად უდიდესია კრიოსფეროს როლი, რომელიც დათბობის ერთ-ერთ ყველაზე მგრძობიარე ინერციულ ინდიკატორს წარმოადგენს. კრიოსფერო - კლიმატური სისტემის შემადგენელი ნაწილია, რომელიც შეიცავს დედამიწისა და ოკეანის ზედაპირზე და მის ქვეშ არსებულ თოვლის, ყინულისა და მარადი გაყინულობის მთელ საფარს, სადაც აკუმულირებულია დედამიწაზე არსებული მტკნარი წყლის საერთო მარაგის 80 % [1].

1960-იანი წლებიდან დედამიწის ყინულოვან საფარზე თანამგზავრული დაკვირვებების დაწყების შემდეგ შესაძლებელი გახდა გლობალური მასშტაბით თოვლის საფარის, არქტიკისა და ანტარქტიკაში ზღვის ყინულოვანი საფარის ფართობების, მყინვართა მასის ბალანსის, აგრეთვე მარადი გაყინულობის ფართობის დროში ცვალებადობის რაოდენობრივი შეფასება {8}. დადგენილ იქნა, რომ 1979-2005 წლებში არქტიკის ყინულოვანი საფარის ფართობი შემცირდა 7,8 მლნ.კმ²-დან, 6,1 მლნ.კმ²-მდე, ანუ 22%-ით. იგი ბოლო 10 წლის მანძილზე ყოველწლიურად კარგავს 100 მილიარდ კუბურ მეტრამდე ყინულს, რასაც ამ ათწლეულში შეესაბამება ოკეანის დონის აწევა დაახლოებით 3 მმ-ით. მოდელურმა გამოკვლევებმა აჩვენა, თუ არქტიკაში ლოკალური დათბობა 1000 წლის მანძილზე, თანამედროვე ტემპერატურასთან შედარებით, შენარჩუნდება 5,5⁰ C ფარგლებში, ეს გამოიწვევს გრენლანდიის ყინულოვანი საფარის მნიშვნელოვან შემცირებას, რასაც მოჰყვება ოკეანის დონის 3 მეტრით აწევა. ხოლო მისი სრული გადნობის შემთხვევაში მსოფლიო ოკეანის დონე 7 მეტრით აიწევს.

მარადი მზრალობის (მიწისქვეშა ყინულების) გაგრცელება, რომელსაც მნიშვნელოვანი ფართობები უჭირავს კანადის არქტიკაში, ციმბირში, ტიბეტის პლატოზე, ნაწილობრივ ევროპაში, ბოლო ნახევარი საუკუნის მანძილზე შემცირდა 7%-ით და ეს ტენდენცია მზარდი ტემპით გაგრძელდება. მარადი გაყინულობის ზონას ამჟამად მთელი ხმელეთის 20-21% უჭირავს.

ასევე ცვლილება განიცადა მდინარეების და ტბების ყინულოვანმა საფარმაც, სადაც მათი ხანგრძლივობა დაახლოებით ორი კვირით შემცირდა.

ამავე დროს ანტარქტიკაში ზღვის ყინულოვანი საფარი პრაქტიკულად არ შეცვლილა და მისი ფართობი 1993 წლიდან ზრდის უმნიშვნელო ტენდენციასაც კი ამჟღავნებს. მყინვართა მასის დანაკარგი (გრენლანდიისა და ანტარქტიკის ყინულოვანი საფარის გამოკლებით) ზღვის დონის ექვივალენტში (SLE) 1961-2003 წწ პერიოდში შეადგენდა 0,50 მმ/წელი, ხოლო 1991-2003 წლებს შორის იგი გაიზარდა - მნიშვნელობამდე 0,77 მმ/წელი, რაც მეტყველებს 1970-იანი წლების შემდეგ დაწყებული გლობალური დათბობის დროს მყინვართა დნობის წილის გაზრდაზე ზღვის დონის საერთო აწევაში {8}.

საქართველოს ტერიტორიაზე კრიოსფერო წარმოდგენილია მყინვარებითა და მუდმივი თოვლის ხაზის ზემოთ მდებარე მასივებით, ასევე ზამთრის თვეებში - თოვლის საფარით, რომლის ხანგრძლივობა და სიმაღლე სხვადასხვა კლიმატურ ზონაში დიდ ფარგლებში იცვლება.

საქართველოს მყინვარების შესახებ პირველ მეცნიერულ ცნობებს იძლევა XVIII საუკუნის მოღვაწე, ქართველი გეოგრაფი და ისტორიკოსი ვახუშტი ბაგრატიონი „კვალად არიან მთიანი, დიდროვანი, რამეთუ ჩრდილოთდ უძევს კავკასი შავის ზღვიდან ვიდრე კასპიამდე, რომლის სიმაღლე დღე ერთსა სავალ და მარადის მყინვარე უმაღლესთა ზედა, რომლისა სიგრძე ყინულისა არს კ-ლ მხარი, და ჟამსა ზაფხულისასა გასქდების და, თუ შთაუტეო კაცი, მცირე ჯამს ვერ ძალუხს დათმენად სიცივისა“ (ვახუშტი ბაგრატიონი -აღწერა სამოფასა საქართველოსა). საქართველოს ტერიტორიაზე თანამედროვე მყინვარების სივრცობრივი გაგრცელება განპირობებულია ატმოსფერული პროცესების თავისებურებებით, რელიეფის მორფომეტრიულ-მორფოგრაფიული პირობებით და მათი ურთიერთქმედებით. გამყინვარების ძირითადი კერები დაკავშირებულია მაღლა აზიდულ კავკასიონის წყალგამყოფ ქედებთან და ყაზბეგის მასივთან. მყინვარები საქართველოში გაგრცელებულია დასავლეთით მდ. ბზიფის სათავეებსა და აღმოსავლეთით მდ. არაგვის სათავეებს შორის. ასევე გვხვდება მდ. მთერგის, ასას და არდუნის სათავეებში. სულ ქვეყანაში 786 მყინვარია, საერთო ფართობით - 555,88კმ². წამყვანი ადგილი მდ.ენგურის აუზს უკავია. მასზე მოდის საქართველოს მყინვარების რაოდენობის 38,0% (250 მყინვარი) და ფართობის 57,7% {7}.

ადრეული გამყინვარების პერიოდებისაგან განსხვავებით, 8000 წლის წინათ დაიწყო მყინვარების ძლიერი დეგრადაცია, რომელიც XII-XIII საუკუნეებამდე გაგრძელდა. ამ დროს

საქართველოს მრავალი მწვერვალი და უღელტეხილი განთავისუფლდა მყინვარული საფარისაგან. XIII – XIX საუკუნეებში, ტენიანობის მატებასთან ერთად, დაიწყო კავკასიონის მყინვარების მატება, რომლებმაც XIX საუკუნის 50-იან წლებში თავიანთ მაქსიმალურ ზონებს მიაღწიეს. მყინვარების სიგრძე 1000-3000 მ-ით გაიზარდა და მყინვართა ენები ზღვის დონიდან 1750-1900 მ სიმაღლემდე ჩამოდიოდა. მყინვართა საერთო ფართობი 840-850 კმ²-მდე გაიზარდა. XIX საუკუნის 50-იანი წლებიდან დაიწყო მყინვარების უკან დახევა, რამაც 1940-1955 წლებში განსაკუთრებით ინტენსიური სახე მიიღო. ამ დროს მყინვარ გერგეტის უკანდახევამ, წელიწადში 50 მეტრს მიაღწია. 1955 წლიდან მდგომარეობა გამოსწორდა და მყინვარების ზომებმა კვლავ ზრდა დაიწყო. 1970-1980-იან წლებში ისევ უკან იხევდნენ. 1982-1991 წლებთან შედარებით საქართველოს მყინვარების დღევანდელი საერთო ფართობი 105,26კმ²-ით შემცირდა, რაც დღევანდელი ფართობის 20%-ს შეადგენს. დასავლეთ საქართველოსთვის ეს შემცირება 16,6 %-ია, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოსათვის 29,9 % {5}.

ცენტრალურ კავკასიონზე მყინვარ ტიპების ფართობი 1890 წელს შეადგენდა 43კმ²-ს. 1960 წელს მისი ფართობი შემცირდა მხოლოდ 3კმ²-ით, 1960-1990 წლების განმავლობაში მყინვარის უკანდახევის სიჩქარე აღწერა და დაფიქსირდა 1987 წელს ის დაიშალა ცალკე მცირე ზომის მყინვარებად. მყინვარის ასეთი უკან დახევა, ცხადია განპირობებულია გლობალური ტემპერატურის ინტენსიური ზრდით. 1980-2000 წლებში, აბლაციის პერიოდის განმავლობაში თბილი თვეების განმეორებადობამ 60 % -ს გადააჭარბა.

მყინვარების ევოლუციაზე ატმოსფერული პროცესების გავლენის შესწავლას საქართველოში საკმაოდ დიდი ხნის ისტორია გააჩნია. კერძოდ, 1950-იან წლებში ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის თანამშრომელთა მიერ {5} გ. გიგინეიშვილის ხელმძღვანელობით გამოკვლეულ იქნა კავკასიონის ცენტრალურ ნაწილში არსებული მყინვარების რყევის ხასიათი და მათი მოძრაობის რეჟიმის განმეორებადობა მეტეოროლოგიური პირობები.

დადგენილ იქნა, რომ მყინვართა დინამიკა პირდაპირ კავშირშია ატმოსფეროს მაკროცირკულაციურ პროცესებთან და საქართველოს შემთხვევაში ამ პროცესების უპირატეს ფორმას წარმოადგენს ზონალური ცირკულაცია.

ასეთი სამუშაოები პერმანენტულად წარმოებდა 1980-იანი წლების დასასრულამდე. საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ ეს სამუშაოები აღარ ჩატარებულა 2000 წლამდე. 2000 წელს კი ა.შ.შ საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს (USID) ხელშეწყობით, პ. ჯანელიძის ხელმძღვანელობით მყინვარებზე - ლესხირი, ჭაღაათი, დოღრა, კირტიშო და სხვა, წლის თბილ პერიოდში ჩატარდა კომპლექსური სამუშაოები, რომლის დროსაც იზომებოდა მყინვარების სხვადასხვა პარამეტრები და წარმოებდა მეტეოროლოგიური და ჰიდროლოგიური დაკვირვებები {8}

2002 წლის ოქტომბერში მყინვარების ენის რყევადობაზე ჩატარებული დაკვირვებების შედეგები

მყინვარი	პერიოდი, წლები	მყინვარის ენის უკან დახევა, მ.	მყინვარის ენის წინსვლა, მ	საშუალო სიჩქარე მ/წელი
დედღორაკი	1985-2002	-100	0	-5,9
გერგეტი	1985-2002	-450	0	-26,5
მნა	1963-2002	-175	0	-4,5
კირტიშო	1985-2002	-116	0	-6,8

საშუალოდ საქართველოს მდინარეთა ჩამონადენის 8,2 % მყინვარულ ჩამონადენზე მოდის, თუმცა ცალკეულ მდინარეებზე ეს რიცხვი განსხვავებულია. მაგ. მდ. ენგურზე ხაიშთან 26,2% -ია, ხოლო ზოგადად მდინარეთა სათავეებში, სადაც აუზის გამყინვარების ფართობი 60-70 %-ია, მყინვარული წყლების წვლილი ჩამონადენში 70-80 %ადწევს {7}. სწორედ ამ ზონის მდინარეებზე, მიმდინარე გლობალური დათბობის ფონზე, ადგილი აქვს მყინვარებისა და მარადი თოვლის საფარის დნობის გაძლიერებას. ეს უკანასკნელი ცხადია გამოიწ-

ვევს მაქსიმალური ხარჯების მომატებასა და წყალდიდობების გაძლიერებას. მაგ. 1995-2004 წლებში წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნებისაგან ჩვენმა ქვეყანამ 135 მლნ. ლარის ეკონომიკური ზარალი განიცადა, დაიღუპა 7 ადამიანი. ამიტომაც, რომ დღესდღეობით საქართველოში მეცნიერ ჰიდროლოგთა საკმაოდ დიდი ჯგუფი მუშაობს წყალდიდობების საპროგნოზო განტოლებების შემუშავებაზე, რათა საჭირო ინფორმაცია დროულად მიეწოდოს შესაბამის ორგანიზაციებს და მოხდეს მოსახლეობის გაფრთხილება და გარემოს ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფა.

მყინვართა დეგრადაცია, გარდა მდინარეთა ჩამონადენისა, ზოგადად ზეგავლენას მოახდენს, ლანდშაფტის სახეცვლილებაზე. კერძოდ მოსალოდნელია გლაციალური დეგრადაციების გახშირება, მყინვართა ნაწილების ჩამოქცევა, მყინვარული ტბების წარმოქმნა, ნახევრევი წყალმოვარდნები და ა.შ. დეგრადაცია უარყოფითად იმოქმედებს ასევე რეკრეაციულ და სპორტულ საქმიანობაზე. თუმცა ზოგიერთ ადგილას, დადებით ზემოქმედებასაც შეიძლება მოახდინოს. მაგ. მოსალოდნელია გრენლანდიის სანაპირო ზონის ინჰინსიური ნაოსნობის გახსნა ჩრდილო ყინულოვან ოკეანეში, მიწათმოქმედების გაძვირება და ა.შ.



ლიტერატურა

1. ბ. ბერიტაშვილი - კლიმატი და მისი ცვლილება. თბილისი 2012 წელი. 170 გვ.
2. ბ. ბერიტაშვილი, ნ. კაპანაძე, ი. ჩოგოვაძე - გლობალური დათბობა საქართველოში, კლიმატის რეაგირების შეფასება - თბილისი 2010 წელი. 280 გვ.
3. საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე - თბილისი 1999 წელი. 120 გვ.
4. საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე - თბილისი 2009 წელი. 150 გვ.
5. პ. ჯანელიძე - საქართველოს ზოგიერთი მყინვარის მიმოხილვა. კლიმატის ცვლილების ეროვნული სააგენტო, თბილისი, 2002 წელი. 200 გვ.
6. რ. გობეჯიშვილი, ვ. კოტლიაკოვი - გლაციალოლოგია, თბილისი, 2006 წელი. 250 გვ.
7. გ. ხმაღაძე - საქართველოს წყლის რესურსები, თბილისი, 2009 წელი. 80 გვ.
8. ვ. ცომაია - კავკასიონის გამყინვარების დინამიკა კლიმატის ცვლილების ფონზე და ყინულის საფარისაგან მისი განთავისუფლების პროგნოზი. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები ტ. 116. 2010 წელი.

THE GLOBAL WARMING AND CRYOSPHERE

D.MIKAUTADZE, M. KVABZIRIDZE

Akaki Tsereteli State University

Summary

The cryosphere, which with plays the greatest role in Global Warming. It presents the most sensitive inertial indikator towards the warming. The given work discusses the degradation of cryosphere happening the world and especially in Georgia. This process itself has the greatest influence on the melting rivers and the changing landscape.

CO2-ის ემისია ატმოსფეროში და მისი ღაჭპრა-შენახვის პერსპექტივები

ლატარია ძ., ლატარია მ.

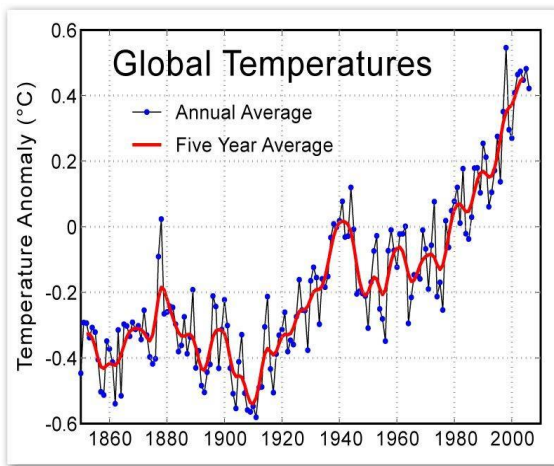
შოთა მესხიას ზუგდიდის სახელმწიფო სასწავლო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ნახშირორჟანგის ემისიები საქართველოში და მის შესამცირებლად CO₂-ის დაჭერისა და შენახვის შესაძლებლობები.

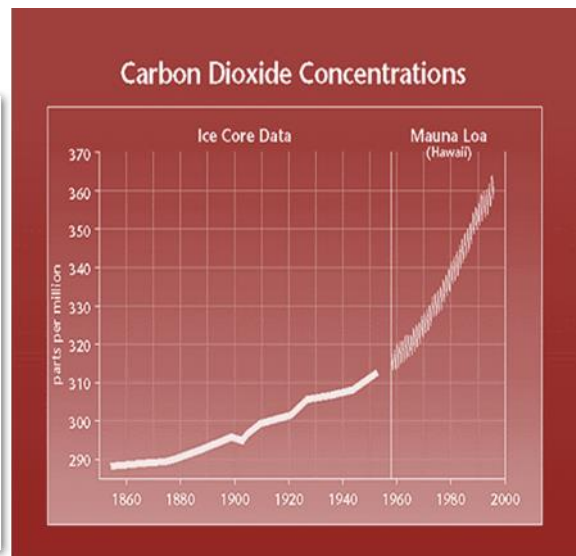
კლიმატის ცვლილების სამთავრობო კომისიის 2007 მონაცემებით გლობალური დათბობის ტენდენცია გაიზარდა. CO₂-ის კონცენტრაცია 1995-2005 წლებში გაცილებით მეტია 1960-1995 წლებთან შედარებით. (სურ.1- სურ.2)

CO₂-ის კონცენტრაციის გაზრდა გარკვეულწილად გამოწვეულია ადამიანის საქმიანობით. ნახშირბადის დიოქსიდის დიდი ნაწილი გამოიყოფა საწვავის წვის შედეგად. მოთხოვნა ენერჯიაზე კი განუწყვეტლივ იზრდება. (სურ.3) CO₂-ის გამონაბოლქვის ზრდა ატმოსფეროში თითქმის პირდაპირპროპორციულია კონკრეტული სახელმწიფოს მშპ-ს ზრდის ტემპისა, ამავე დროს ძალზე კარგად გვესმის თუ რამდენად მნიშვნელოვანია ყველასათვის ეკონომიკის სისტემატური ზრდა.

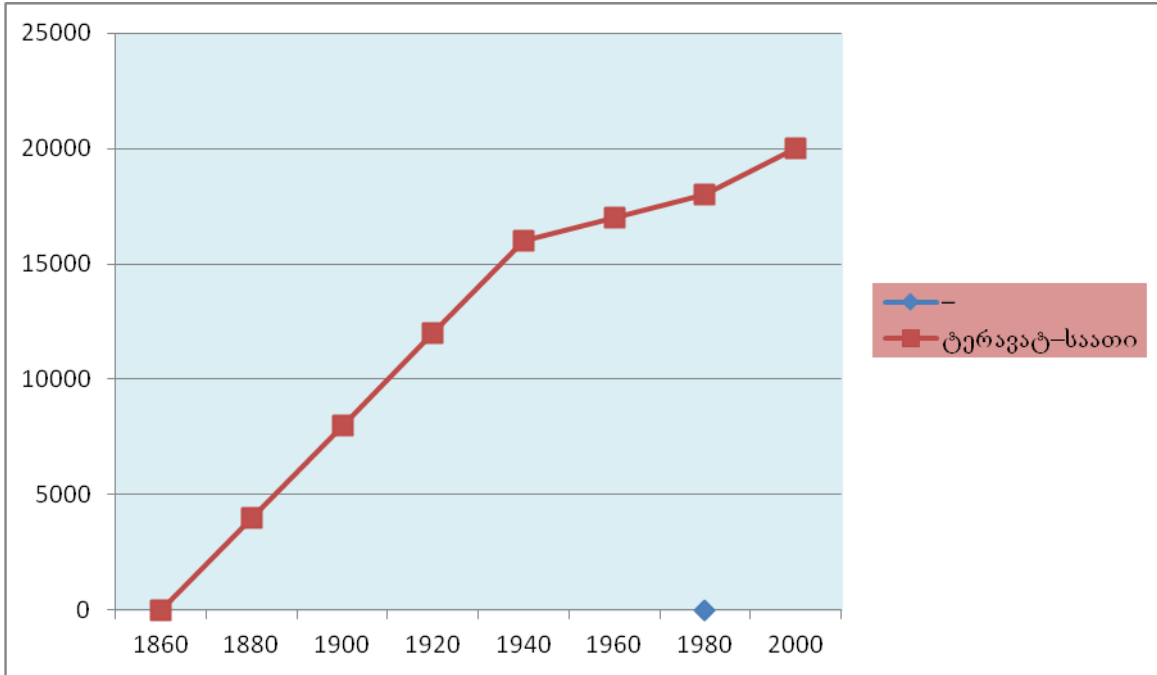
საქართველოში სათბურის გაზების პირველი ეროვნული ინვენტარიზაცია ჩატარდა 1987–1997 წლებისათვის. მეორე ინვენტარიზაციამ მოიცვა 1998–2006 წლები. როგორც ცხრილი 1 და სურ. 4, სურ. 5 ვეჩვენებს საქართველოში ნახშირბადის დიოქსიდის ემისიამ განიცადა მნიშვნელოვანი ცვლილებები. ნახშირორჟანგის გაფრქვევა 10-ჯერ შემცირდა. 2006 წელს, 2000 წლის მონაცემებთან შედარებით, ნახშირორჟანგის ემისიებმა იმატა 58% და 33%-ით. იმავე წლებისთვის ემისიების სექტორული განაწილება გვიჩვენებს, რომ ნახშირორჟანგის ემისიის ასეთი მკვეთრი შემცირება ენერგოსექტორის ჩავარდნით არის გამოწვეული. ამ უკანასკნელში არსებული კრიზისი კი საბჭოთა კავშირის დაშლამ გამოიწვია, სადაც მართვა ცენტრალიზებული იყო.



სურ. 1 პლანეტარული ტემპერატურა (1860-2000 წწ)

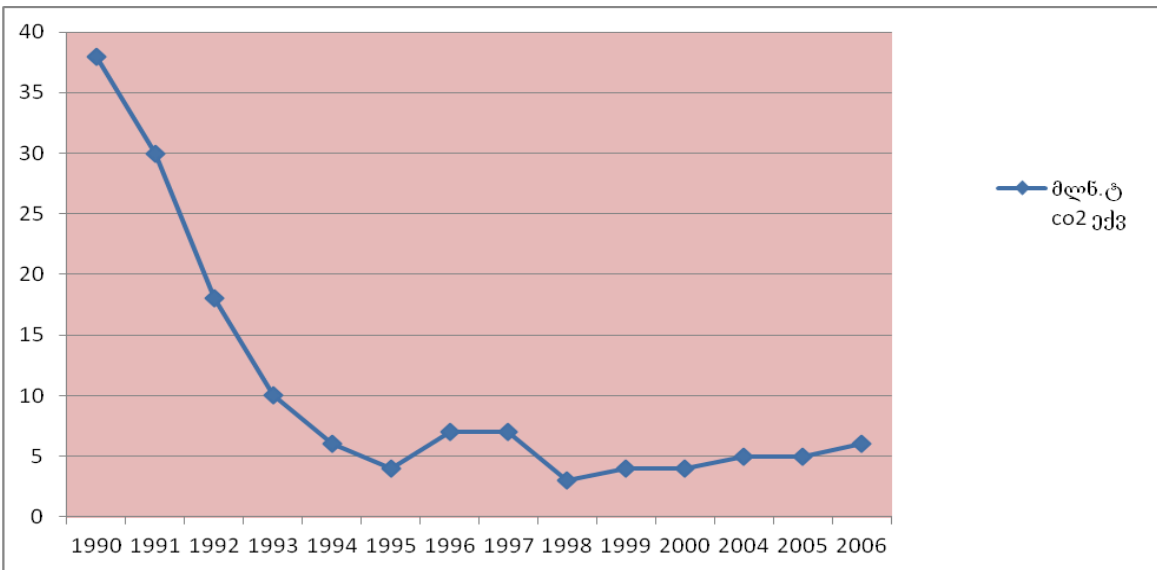


სურ.2 ნახშირბადის დიოქსიდის კონცენტრაცია (1860-2000 წწ)

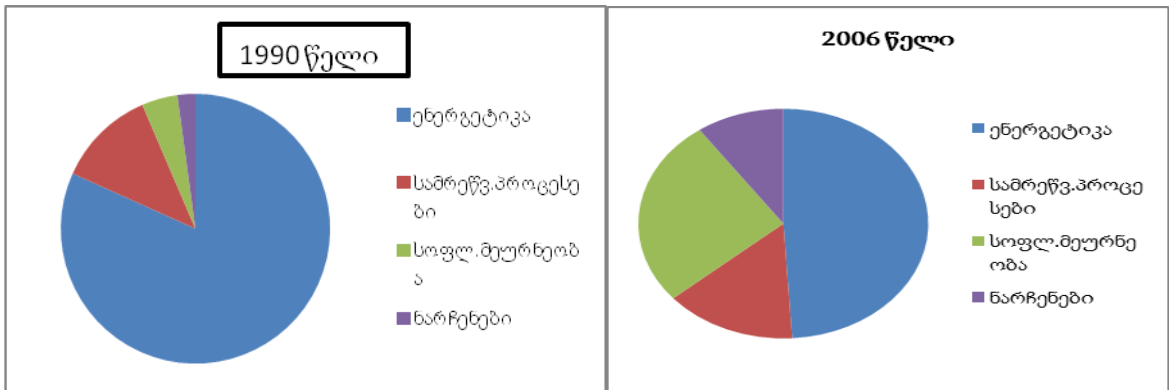


სურ.3 ენერჯის მოხმარება მსოფლიოში ბოლო 150 წლის განმავლობაში (ტერავატ-საათებში)

სოფლის მეურნეობისა და ნარჩენების სექტორს ნახშირორჟანგის ემისიების შემცირების პროცესზე ნაკლები გავლენა ჰქონდა. 1990 წლის მიწურულიდან საქართველოს ეკონომიკამ დაიწყო გამოდოცხლება, რასაც მოჰყვა ნახშირორჟანგის ემისიების მატება, განსაკუთრებით კი ტრანსპორტის სექტორში. 1990 წელს საქართველოდან ემისიები 48 მილიონი ტონა CO₂ ექვ –ის ტოლი იყო, რაც დაახლოებით 0,16 %-ია მსოფლიო ემისიებისა. 2005 წელს საქართველოდან ნახშირორჟანგის ემისიების წილი მსოფლიო ემისიებში შემცირდა 5-ჯერ, ეროვნული ემისიების 4-ჯერ შემცირებისა და მსოფლიო ემისიების 25%-ით გაზრდის გამო.



სურ.1 CO₂-ის ტენდენცია 1990-2006 წლებში



სურ: 2 თითოეული სექტორიდან CO2-ის წილი ეროვნულ ემისიებში 1990-2006 წლებში (%)

ცხრილი: 1 ნახშირორქანის ემისია 1990, 2000 და 2006 წელს

სექტორი	1990		2000		2006	
	ემისია CO2ექვ	%	ემისია CO2ექვ	%	ემისია CO2ექვ	%
სულ ენერგოსექტორიდან, CO2ექვ	36,592	76,3	5,927	53,9	6,506	49,3
სულ მრეწველობის სექტორიდან CO2ექვ	5,383	11,2	1,024	9,3	1,898	14,4
სულ სოფლის მეურნეობის სექტორიდან CO2ექვ	3,983	8,3	2,803	25,5	3,544	26,9
სულ ნარჩენების სექტორიდან CO2ექვ	2,018	4,2	1,236	11,2	1,240	9,4
სულ ეროვნული ემისიები CO2ექვ	47,976		10,990		13,188	

ერთ-ერთი გზა გამოტყორცნილი CO2-ის რაოდენობის შემცირებისა ატმოსფეროში არის სხვა ალტერნატიული ენერჯის წყაროების გამოყენება, რომელიც არ გამოყოფს ნახშირორქანს. მაგ. ჰიდროელექტროსადგურები, მდინარეებზე აგებულ კაშხლებზე განლაგებული CO2-ის ემისია უზარადაა და მისი დაკარგვა შენახვის კარგადი მშენებლობის ბუნებრივი ლანდშაფტების შეუქცევად განადგურებამდე მივყავართ. ქარის ტურბინები იდგმება დაბლობ ადგილებში და ზღვის ნაპირებზე, სადაც მუდმივად ძლიერი ქარი ქრის. მზის ელექტროსადგურები გამოიყენება ისეთ ადგილებში სადაც მზის ნათება ძალზე ინტენსიურია. თითოეულ ამ ენერჯის წყაროს აქვს თავისი განსაზღვრული გამოყენება. ორგანული საწვავიდან ამ ენერჯის წყაროებზე სწრაფი გადასვლა ძალიან რთულია. ამ მხრივ CO2-ის დაჭერა და შენახვა მნიშვნელოვანია ატმოსფეროში გაფრქვეული ემისიების შესამცირებლად. CO2-ის დაჭერა და შენახვა დღეის მდგომარეობით მცირე მასშტაბით ხორციელდება, თუმცა ამან შეიძლება მნიშვნელოვანი ზეგავლენა მოახდინოს ატმოსფეროში CO2-ის მოცულობაზე. CO2-ის დაჭერისა და შენახვის პროცესი 2 ფაზას მოიცავს. პირველი ფაზაა- CO2-ის დაჭერა; მეორე ფაზაა- CO2-ის შენახვა უსაფრთხოდ და დიდი ხნის განმავლობაში.

CO2-ის დაჭერა უმჯობესია მსხვილ დაბინძურების წყაროებში. ნახშირორქანით გლობალური დაბინძურების მესამედი მოდის ელექტროსადგურებზე. ნახშირბადის დიოქსიდი გამოიყოფა აგრეთვე ცემენტის, ამიაკის, რკინისა და ფოლადის, ფეროშენადნობების, აზოტმჟავას წარმოებისას. ყველა ჩამოთვლილ სამრეწველო პროცესებში შესაძლებელია CO2-ის დაჭერა და შენახვა, რადგანაც ეს ადგილები წარმოადგენენ CO2-ის ძლიერი გაფრქვევის წყაროებს. CO2-ის ავტომობილების გამონაბოლქვებიდან დაჭერა რთულია. ელექტროსადგურებისათვის ძირითად ორგანულ საწვავს წარმოადგენს ბუნებრივი აირი და ნახშირი. მათი წვის შედეგად გამოყოფილი სითბოთი ხდება ელექტროგენერატორების ტურბინების მოძრაობაში მოყვანა. აირი შეიძლება აგრეთვე გამო-

ყენებულ იქნას თვით ტურბინების საბრუნავადაც. ორივე შემთხვევაში ჰაერის ჟანგბადი რეაგირებს საწვავის ნახშირბადთან CO₂-ის წარმოქმნით, შედეგად CO₂ ხვდება ატმოსფეროში. ბუნებრივი აირის წვისას, მეთანში შემავალი წყალბადი უკავშირდება ჟანგბადს და წარმოიქმნება წყალი. წვის პროცესში მონაწილე ჰაერი ძირითადად შეიცავს აზოტს, რომელიც არ მონაწილეობს წვის პროცესში. ის პირდაპირ ხვდება მიწში. ბუნებრივი აირის წვისას ელექტროსადგურების გამონაბოლქვი შეიცავს CO₂-ს 10 %, ნახშირის წვის გამონაბოლქვი 15 %-დან 5 %-მდე. გაფრქვეული აირების დაჭერა და შენახვა საფასვრით შესაძლებელია, მაგრამ მსგავსი საცავები ძირითადად აზოტით შეივსება. იმისათვის, რომ CO₂ ეფექტურად იქნას შენახული, პირველ რიგში საჭიროა გამოვეყოთ სხვა აირებისაგან. ამისათვის არსებობს შემდეგი სტრატეგიები:

1. CO₂ გამოვეყოთ წვის შემდეგ;
2. გამოვეყოთ ნახშირბადი საწვავისაგან წვის პროცესის დაწყებამდე, შედეგად, წვაში მონაწილეობას მიიღებს მხოლოდ წყალბადი და წარმოიქმნება წყალი;
3. ორგანული საწვავის წვა არა ჰაერის, არამედ ჟანგბადის თანაობისას. შედეგად წარმოიქმნება კონცენტრირებული CO₂.

ნახშირბადის მოშორება წვის პროცესამდე. ბუნებრივი საწვავი- (CH₄) მეთანი წვის შედეგად წარმოქმნის CO₂ და H₂O. თუ ნახშირბადს მოვაცილებთ წვამდე, დარჩება მხოლოდ წყალბადი, რომლის წვის შედეგად მიიღება სუფთა წყალი. ეს რომ განვახორციელოთ, საჭიროა საწვავს მივაწოდოთ ჟანგბადის წყარო ან ორთქლი, რათა წარმოიქმნას ნახშირბადის მონოქსიდი (CO) და წყალბადი. ამის შემდეგ CO ურთიერთქმედებს ორთქლთან და წარმოქმნის CO₂-ს და წყალბადს. საბოლოოდ CO₂ გამოიყოფა, ხოლო წყალბადი გამოიყენება საწვავის სახით.

წვა ჟანგბადის თანაობისას. ჰაერი 78 %-მდე შეიცავს აზოტს. წვის პროცესში აზოტის რაოდენობა პრაქტიკულად არ იცვლება. საბოლოო წვას განიცდის სუფთა ჟანგბადის არეში და არა ჰაერში. აირში CO₂-ის კონცენტრაცია შეიძლება გავზარდოთ 80 %-მდე. ამოცანა მდგომარეობს იმაში, თუ როგორ გამოვეყოთ ჟანგბადი ჰაერის ნარჩენებისგან, რომელიც ძირითადად ~~მდგომარეობს აზოტისაგან~~ შესაძლებელია ჰაერის შეთბობა, რითაც ჟანგბადი თხევადდება. შემბრანები, რომლებიც გამოყენებულია აზოტისა და ჟანგბადის დასაყოფად, სხვადასხვა სიჩქარით ატარებენ აღნიშნულ აირებს. არსებობს აგრეთვე ნივთიერებები, რომლებიც გამოყოფენ აზოტს ჟანგბადისაგან და შთანთქავენ მას. შესაძლებელია ამ ნივთიერებების რეგენერაცია, მათგან აზოტის მოშორება და ხელახალი გამოყენება.

CO₂-ის შენახვის ტექნოლოგია. კონცენტრირებული CO₂-ის შეგროვების შემდეგ, მთავარ ამოცანას მისი შენახვა წარმოადგენს. CO₂-ის შესანახად შეიძლება გამოყენებულ იქნას გეოლოგიური მიდამოები, ნავთობისა და აირების ამოწურული საბადოები და სხვა. CO₂-ის შენახვა გეოლოგიურ მიდამოებში შესაძლებელია ასეულ ათასობით წლების განმავლობაში. ნავთობისა და აირების საბადოები, მარილებისა და წყლის ღრმა შრეები, აგრეთვე ნახშირის ფენები არსებობენ მილიონი წლები და ამასთან უძლებენ უმნიშვნელო ცვლილებებს. ამ საბადოების სწორად გამოყენებისას შესაძლებელია CO₂-ის ხანგრძლივად შენახვა. ბევრი თვლის, რომ ნავთობი და ბუნებრივი აირი მოიპოვება ღრმა მიწისქვეშა მღვიმეში, რაც არასწორია. ჰიდროკარბონატები მდებარეობენ ფოროვან, სითხეგამტარ ფენებში, როგორცაა ქვიშაქვა. ეს ნივთიერებები შეიცავენ მიკროსკოპულ სივრცეებს-ფორებს, რომლებიც გაჯერებულია ფლუიდებით, აირით, ნავთობით ან წყლით. ნავთობ-აირის საბადო ჰგავს ღრუბელს. საბადო მწარმოებლური არის მხოლოდ გარკვეული ღრვის განმავლობაში, ჰიდროკარბონატების მოშორების შემდეგ ჩნდება სიცარიელები, რომლებიც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას CO₂-ის შესანახად. საბადოების ფოროვანი გამტარი ფენები იფარება გაუმტარი მარილოვანი

და თიხოვანი ე.წ ხუფით, რომელიც ნავთობს და აირს არ უშვებს ზედაპირზე. ჩვეულებრივ პირობებში აირი და ნავთობი, როგორც წყალზე უფრო მსუბუქი ნივთიერებანი დაიწყებდა ზევით მოძრაობას ფოროვანი და გამტარი ფენებისაკენ, მაგრამ მათ აფერხებს ე.წ ხუფი-საცობი. ვინაიდან ნავთობი და ბუნებრივი აირი მრავალი წლის განმავლობაში არიან ამგვარად საბადოებში, მაშინ ადვილი შესაძლებელია, რომ CO₂-იც მსგავსი სახით იქნას შენახული. საბადოებზე CO₂-ის შენახვის ტექნოლოგიები წარმატებით გამოიყენება ჭაბურღილიდან ნავთობმოპოვების ამადლების მიზნით. საბადოში CO₂-ის ჩატუმბვა ზრდის წნევას და ნავთობი ადვილად ამოდის ზედაპირზე. ამასთანავე CO₂ ხელს უწყობს ნავთობის ხსნადობას და ხდის მას უფრო დენადს. ნავთობის ამოწურული ან თითქმის ამოწურული საბადოები წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნას CO₂-ის შესანახად. ასევე შესაძლებელია CO₂-ის ჩატუმბვა და შენახვა ნახშირის მადაროში. აღნიშნული მეთოდები საჭიროებს უფრო დეტალურ შესწავლას ეფექტურობისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფის თვალსაზრისით.

ლიტერატურა:

1. *Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. Report on Climate Change. 2007*
2. А.А. Аверченков, А.Ю. Галенович, Г.В. Сафонов, Ю.Н. Федоров. Регулирование выбросов парниковых газов как фактор повышения конкурентоспособности России , 2013, с. 88

EMISSION OF CO₂ IN THE ATMOSPHERE AND PERSPECTIVES OF ITS CATCHING AND SAVING

LATARIA K.V., LATARIA M.V.,
 Shota Meskhia Zugdidi State Teaching University
Summary

On the modern stage, when the resources of traditional organic fuel reduces day to day, and energy crisis becomes more dangerous, climate changes caused by use of organic fuel may be catastrophic, therefore the interest in additional renewable energy resources becomes higher. It's very difficult to get energy from organic energy resources. So it's very important to catch and save CO₂ in the atmosphere.



II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



ენერგეტიკა და ეკოლოგია

ს. მიძაბაძე

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ენერგეტიკა ბუნების დაბინძურებაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს. იგი დიდი რაოდენობით ხარჯავს წიაღისეულ ნედლეულს. ოველივეს საბოლოო ჯამში იწვევებს შექმნილი ბუნებრივი კომპლექსის რღვევას და მოსპობას. აღნიშნული მოვლენები საფრთხეს უქმნის მსოფლიოს ლანდშაფტს და ადამიანებს. მიტომ აუცილებელია მთელი რიგი ღონისძიებების გატარება, რათა გადავარჩინოთ ბუნება და საკუთარი თავიც. ნდა გაიზარდოს საზოგადოების ინფორმირებულობა აღნიშნულ საკითხებთან დაკავშირებით, უნდა ჩაისვას სკოლებში სავალდებულო საგნად და მოხდეს მასწავლებელთა კვალიფიკაციის ამადლება, რათა ბავშვებმა თავიდანვე მიეჩვიონ თუ როგორ უნდა დაიცვან ბუნება დაბინძურებისაგან და გადაარჩინონ მსოფლიო ეკოლოგიურ კატასტროფას.

ენერგეტიკა ბუნების დაბინძურებაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს. იგი დიდი რაოდენობით ხარჯავს წიაღისეულ ნედლეულს, მტკნარ წყლებს, ატმოსფერულ ჯანგბადს, სახეს უცვლის ლანდშაფტს, აჭუჭყიანებს ჰაერსა და წყლის აუზებს, გამოყოფს დიდი რაოდენობით დაბალპოტენციურ თბურ ენერგიას. ხშირად ერთი რომელიმე პრო-

დუქციის მოპოვებისა და წარმოების დროს მტლიანად უვარგისი ხდება ნიადაგის შრეები. ჭუჭყიანდება წყალი და იზრდება ეროზიის მოქმედება. მცირდება შემოსავლიანობა, ხმება და იღუპება ნარგები. ყოველივე ეს საბოლოო ჯამში იწვევს შექმნილი ბუნებრივი კომპლექსის რღვევას და მოსპობა.

წლების მანძილზე საქართველოში ისევე როგორც სხვა სსრკ-ში სათბობო ენერგეტიკული კომპლექსისი ობიექტებზე პასიური ეკოლოგიური პოლიტიკა ტარდებოდა. თუმცა ფორმალურად ეს საკითხები ჯერ კიდევ 1968 წლიდან სისტემატიურად განიხილებოდა, რეალურად კი საქმე თანდათან უარესდებოდა.

ენერგეტიკა და პირველ რიგში ელექტროენერგეტიკა წყლის მნიშვნელოვანი მომხმარებელია. რესპუბლიკის თბოელექტროსადგურები ბოლო წლებში მილიარდზე მეტ კუბურ მეტრ წყალს მოიხმარებდნენ. მათ შორის სამ მილიონზე მეტს დაუბრუნებლად.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ წყლის რესურსების მნიშვნელოვანი მომხმარებელია ელექტროენერგეტიკა. მაგ; 1988 წელს წყლის აღებამ ამ დარგში შეადგინა 649 მლნ. კუბ. მ. მარათალია 1986 წელთნ შედარებით ეს მაჩვენებელი შემდგომში მნიშვნელოვნად შემცირდა (472 მლნ. კუბ. მ-ით) მაგრამ ჯერ-ჯერობით იგი მაინც მაღალია. გამოყენებული ჩამდინარე წყლებიდან დაახლოებით 500 ათ. კუბი. მ. დაბინძურებულია. და მატმა ნაერთობ შემცველობამ მიაღწია 33 ტონას. მშრალი ნარჩენებისა 340 ათ. ტონას. ეს წყალი მტკვარში გადიდებული ტემპერატურით ჩაედინება და არრვევს ამ მდინარის ჰიდრობიოლოგიურ რეჟიმს.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნული ცხადია საზოგადოების უკმაყოფილებას იწვევს. და მომავალში მდგომარეობის გამოსწორებას მოითხოვს. ამისათვის აუცილებელია ეფექტური ენერგოდამზოგავი ტექნიკისა და ტექნოლოგიის დანერგვა, მისი დარგობრივი სტრუქტურის სრულყოფა, ენერჯის ალტერნატიული წყაროების ძიება. მაღალეფექტური გამწმენდი საშუალებების და გაზმტვერდამწერი დანდგარების ფარტოდ დანერგვა. ამისრივ განსაკუთრებით მნიშვნელობა ენიჭება სათბობ-ენერგეტიკული ობიექტის ეკოლოგიური ექსპერტიზის სრულყოფას.

მდინარეთ დაცვა და საერთოდ ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენება შესაძლებელია დარგში მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის ფართოდ დანერგვით. მდინარეთა დაცვა აუცილებელი პირობაა ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების პროგრამის განხორციელებისათვის. უზარმაზარ ზიანს აყენებს ბუნებას მდინარეთა დაბინძურება. საკმარისია ითქვას რომ ზარალი, რომელიც მე-20 საუკუნეში ქვეყნის ეკონომიკისათვის მოჰქნდა ყოველწლიურად შეადგენდა 40 მლნ მანეთს

დრევიანდელ პირობებში საქართველოს სამრეწველო სიმძლავრეების მხოლოდ 15-20 პროცენტი გამოიყენება, საწარმოთა მნიშვნელოვანი მნიშვნელოვანი რაოდენობა კი მთლიანად გაჩერებულია. მაგრამ ახლო მომავალში შეიზლება ამოქმედდეს, მაგრამ გასათვალისწინებელია ის გარემოებას, რომ წყლის გამწმენდი ნაგებობები რომლებიც ადრე მოქმედებდნენ ახლა მთლიანად მწყობრიდან არის გამოსული.

ეკონომიკაში განახლებაი, მათ შორის არატრადიციული ენერგო რესურსების გამოყენების საჭირო ობიექტური აუცილებლობითაა გამოწვეული. ახლა მსოფლიოს ტიტქმის ყველა ქვეყანა სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების დეფიციტს განიცდის. თუ კაცობრიობა მომავალში შეეცდება ამ ენერგო-დეფიციტის შევსებას მხოლოდ არსებული ტრადიციული ენერგორესურსების წარმოების გაზრდით, ეს არათუ მიუღწეველი იქნება, არამედ მკვეთრად გამწვავდება ეკოლოგიური ვითარებაც. მას განაპირობებს ის გარემოებაც რომ სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსისი დარგები ეკონომიკის სხვა დარგებთან შედარებით, ყველაძე უფრო მეტად აჭუწყიანებს გარემოს. ის ბინძურდება არა მარტო ენერგორესურსების მოპოვების დროს, არამედ წარმოებისა და მოხმარების დროსაც და ირღვევა გარემოს სითბური წონასწორობაც.

განახლებადი ენერგეტიკის განვითარებისას, განსაკუთრებით მწვავედ დგას გარე-

მოს დაცვის პრიბლეგები ჰიდროენერგეტიკული რესურსების გამოყენების დროს. ცნობილია, რომ მიწის მნიშვნელოვანი ფართობი სჭირდება ენერგეტიკას, განსაკუთრებით ჰიდროენერგეტიკას. ამჟამად ჩვენთან ერთ მოსახლეზე მოდის მხოლოდ 1,43 ჰა მიწის საერთო ფართობი ეს კი ძალიან მცირეა.

მიწას კი ბუნებრივ რესურსებში განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს. იგი წარმოადგენს შრომის უმრავლეს საგანთა შექმნის წყაროს. ამიტომ გაკუთრებით სიფრთხილე გვმართებს ჰესების მშენებლობის დროს, როგორც გასულმა მოვლენებმა გვაჩვენა საქართველოში ჰესების მშენებლობის დროს აშკარად არ იყო დაცული აუცილებელი მოთხოვნები.

გამოკვლევებით ირკვევა, რომ ჰიდროენერგეტიკოსადგურების პროექტების ხარისხის გაუმჯობესებისა და სათანადო ხარჯების გაღების საფუძველზე, საერთოდ შეიძლება მინიმუმამდე შევამციროთ ჰესების მშენებლობითა და ექსპლუატაციით მიღებული ზარალიც.

ცხადია საქართველოში ჰესები აუცილებლად უნდა აშენდეს, ჩვენი მდინარეები დიდი ეროვნული სიმდიდრეა და მათი გამოუყენებლობა დიდი შეცდომა იქნებოდა. მსოფლიოს ყველა ცივილიზებული ქვეყანა წარმატებით იყენებს ამ ენერჯიას საკითხის კომპეტენტური გადაწყვეტისათვის ენერგეტიკულ-ეკოლოგიურ და სოციალურ-ეკონომიკურ მოთხოვნათა გათვალისწინებით, თითოეული ახლადაშენებული ობიექტისათვის უნდა განისაზღვროს ოპტიმალური პარამეტრები. აქ მხედველობაში უნდა მივიღოთ. ადგილობრივი პირობებიც. ჩვენი ისტორიული წარსულისა და ეროვნული ტრადიციების თავისებურებანი. ეს ისე უნდა მოხდეს. რომ საზოგადოებას მინიმალური ზიანის პირობებში მაქსიმალური ეფექტი ნახოს.

იგივე პრობლემა დგას მცირე ჰიდროენერგეტიკის განვითარების დროსაც. ცხადია მცირე მდინარეთა ენერგეტიკული შესაძლებლობებისა და ენერჯიის ალტერნატიული წყაროების საუკეთესო პოტენციალის გამოყენებას უდიდესი მნიშვნელობა გააჩნია საქართველოს პირობებისათვის. სამეურნეო სარგებლობაში მათი მონაწილეობა მეტად წონადი წვლილი იქნება სატბობსა და ენერგეტიკაზე ქვეყნის მზარდი მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად.

ენერგეტიკა და ეკოლოგია

საქართველოს კარგი პირობები აქვს არატრადიციული ენერგეტიკის განვითარებისათვის. ამ შემთხვევაში გარემოზე მანვე გავლენა გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე ტრადიციული ენერგეტიკის განვითარების დროს.

ჩვენს საზოგადოებაში მიღებულია, რომ ენერგეტიკის არატრადიციული სახეების წარმოება და მოხმარება პრაქტიკულად არ აზიანებს გარემოს. მაგრამ თუ ღრმად ჩავიხედებიტ საკიტხში მივხვდებით, რომ ეს ასე არ არის. მაგალითად ცნობილია, რომ ტერმული წყლების მოპოვებისათვის აუცილებელია ნიადაგის გაბურღვა, რაც მნიშვნელოვნად აზიანებს მას. ანალოგიურ საკითხებს შეიძლება შევხვდეთ მზისა და ქარის ენერჯიის გამოყენების დროსაც. მაგ; გარკვეულ ფართობს საწიროებს მზის კოლექტორები, არსებობს ხმაურის ფაქტორი ქარის ენერგეტიკული დანადგარების ექსპლუატაციის დროსაც. და ა. შ.

ყველა აღნიშნულ საკითხთა მოგვარება უნდა მოხდეს საზოგადოების ინტერესების გათვალისწინებით. მსოფლიოს ეკოლოგიური პრობლემების განხილვის ფონზე. საქართველოს სინამდვილიდან გამომდინარე ეკოპოლიტიკურმა სიტუაციამ დაგვანახა, რომ ქვეყნის ეკონომიკური განვითარება მხოლოდ ეკოლოგიურად დასაბუთებული გზით უნდა წარიმართოს. ეკოლოგიზაციის შედეგად მეცნიერებამ შეიმუშავა მდგრადი განვითარების კონცეფცია, რომელიც გულისხმობს საზოგადოების განვითარების ისეთ სისტემას, რომელიც უზრუნველყოფს ადამიანის ცხოვრების დონის ხარისხის ზრდას და მომავალი თაობების მაქსიმალურად დაცული ბუნებრივი რესურსების და გარემოთი უზრუნველყოფას.

გარემოს დაცვა ქვეყნის, მათ შორის ენერგეტიკის უმთავრესი ამოცანაა. არარაციონალური ბუნებათსარგებლობით გამოწვეული სოციალური, ეკოლოგიური და ეკონომიკური ზიანი უდიდეს საფრტხეს უქმნის ბუნებრივ გარემოს და ადამიანს. ბუნებრივი ეკოსისტემის დეგრადაციის ძირითადი მიზეზია ბუნებრივი რესურსების წარმოებისა და მოხმარების არსებული სტრუქტურის და რესურსების გამოყენების მიმართწაყენებული მოტხოვნის შეუსაბამობა. რადგან რესურსების წარმოებამდა მოხმარებამ სგრძობლად გაუსწრო მეცნიერებისა და ტექნიკის დანერგვას პრაქტიკაში.

მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონსა და ქვეყანაში ბუნებრივი რესურსების არარაციონალური გამოყენებისა და გარემოს დაბინძურების პროცესისი შედეგები ეკოსისტემაზე, მსოფლიოს კრიტიკული ეკოლოგიური რეგიონების, გლობარული ეკოლოგიური პრობლემების შესწავლა გარკვეულწილად გვიჩვენებს, თუ ამ მხრივ რა შეიძლება მოელოდეს საქართველოს.

უკანასკნელ ორ ათეულ წელს საქართველოში ვითარდებოდა საბაზრო ეკონომიკამკვიდრდება კერძო საკუთრება და მიმდინარეობს ბუნებატსარგებლობის მიმათ მარკეტინგული მიდგომა. სპეციალისტები აღიარებენ რომ კერძო წარმოება არღვევს საზოგადოებრივ სიმდიდრეს. რადგან იგი დაფუძნებულია კერძო ბიზნესზე, არახელსაყრელი და არაეფექტურია, რომ სასიცოცხლოსაზოგადოებრივ ქონებას განაგებენ პიროვნებები. თუმცა ისიც მატელია, რომ განვითარებულ კაპიტალისტურ ქვეყნებში სახელმწიფო მმართველობის ორგანოებმა გარემოს დაცვის არასამთავრობო ორგანოებმა კანონმდებლობის და ფინანსების წყალობით გარკვეულწილად მოაგვარეს ეკოლოგიური პრობლემები. გარემოს დაცვა უდიდეს სახსრებს მოიტხოვს რაც ხელეწიფებათ მხოლოდ ეკონომიკურად მაღალგანვითარებულ ქვეყნებს. განვითარებადი ქვეყნები სუბსუდურებუს გარეშე ვერ ახორციელებენ ძვირადღირებულ გარემოს დაცვას. მსოფლიოს უმრავლეს ქვეყანაში და მათ შორის საქართველოში ეს პრობლემა კვლავ რჩება გადაუჭრელი.

საქართველოში, საბაზრო ეკონომიკის პირობებში, ყველა წინაპირობა არსებობს იმისათვის, რომ ბუნებრივი რესურსების გამოყენების თვალსაზრისით უცხოელი ინვესტორების მოზიდვასთან ყურადღება მიექცეს ეროვნული ინტერესების ბუნებრივი გარემოს შენარჩუნების, აღდგენისა და კვლავწინსვლის საქმეში. ბუნებრივი რესურსების გამოყენება მოითხოვს გარემოს რეფორმისა და ეკოლოგიური პოლიტიკის განვითარების სწორი კურსის არჩევასახლებური მიდგომით, რომელიც უპასუხებს საერთაშორისო სტანდარტებს.

აღნიშნული საკითხის მოგვარებაში მნიშვნელოვანია განათლების როლი ბუნებათსარგებლობაში. სპეციალისტთა დასკვნით საქართველოში უნდა დამუშავდეს გარემოსდაცვითი განათლების სახელმწიფო პროგრამა. ეკოლოგიური საკიტხები ჩართულ უნდა იქნეს ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლებში. უნდა მომზადდეს სახელმძღვანელოები და მეთოდური მითითებები. უნდა მოხდეს მასწავლებელთა კვალიფიკაციის ამაღლება არნიშნულ საკითხებთან დაკავშირებით.

უნდა შეიქმნას და გამოვიდეს გრემოსდაცვითი ტერმინოლოგიის უცხოური ლექსიკონი, უცხოელი ტურისტებისათვის. უნდა შეიქმნას და განხორციელდეს კვალიფიკაციის ამაღლების პროგრამა ჯურნალისტებისატვის, რომლებიც გააშუქებენ გარემოსდაცვით პრობლემებს. გარემოს დაცვის სფეროსი საქართველოში და მსოფლიოში მიმდინარე პოლიტიკურ და სხვა პროცესებს.

გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტრომ შესაბამის ორგანიზაციებთან ერთად უნდა უზრუნველყოს გარემოს მდგომარეობის შესახებ ეროვნული მოხსენების რეგულარული მომზადება და გავრცელება. უნდა გაუმჯობესდეს საზოგადოების ინფორმირება გარემოს დაცვის სფეროში მიმდინარე მნიშვნელოვანი პროგრამების შესახებ, მათ შორის ამ პროგრამის თაობაზე. გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტრომ ინტერნეტში უნდა შექმნას საკუთარი ვებ გვერდი, სადაც განათავ-

სებს და რეგულარულად განახლებს ინფორმაციას საქართველოში გარემოს მდგომარეობის ეკოლოგიური თვალსაზრისით ცხელი წერტილების დაცული ტერიტორიების და სხვა საკითხების შესახებ. აქვე განთავსდება ინფორმაციამნისვნიველოვანი გარემოსდაცვით პროექტების გარემოსდაცვითი პოლიტიკისა და კანონმდებლობაში მმდინარე მოვლენათა თაობაზე. ინტერნეტის გვერდი უნდა გახდეს გადაწყვეტილების მიღების პროცესის საზოგადოების აზრის გათვალისწინების მძლავრი საშუალება.

ლიტერატურა

1. ჩომახიძე დ., ზივზივაძე ლ. ენერგეტიკა და საზოგადოება, ქუთაისი 2012წ. გვ. 150-160
2. ბაბუნაშვილი გ., ხუტაშვილი ა. ზოგადი ეკოლოგია და გარემოს დაცვა. თბილისი, 2005წ. გვ. 182-198
3. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური მასალები და პუბლიკაციები.
4. საქართველოს ენერგეტიკის სამინისტროს მასალები. www.minenergy.gov.ge

ENERGY AND ECOLOGY

MIKABADZE S.

Akaki Tsereteli State University

Summary

Energy conservation plays an important role in pollution. He spends large amounts of fossil raw materials, fresh water, atmospheric oxygen, changes a landscape, pollutes air basins, and emits big quantities of low potential thermo energy. All this finally causes destruction of the created natural complex. These phenomena disturb the world landscape and people. Therefore it is necessary to carry out a number to rescue both the nature and ourselves. First of all knowledge of society on these questions has to grow. Qualification of pupils at schools has to grow, has to train energetic as a separate subject. Since small years children have to learn to protect the nature from pollution and to save the world from an ecological disaster.



II საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



ალტერნატიული საწვავი საავტომობილო ტრანსპორტზე

ა. კამლაძე, ა. ბელაშვილი, ვ. გვეტაძე

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საავტომობილო ტრანსპორტის ეკონომიური და ეკოლოგიური მახვენებლების გაუმჯობესების რეალური ვაა ალტერნატიული საწვავის გამოყენების ვზების ძიება. ნაშრომში წარმოდგენილია ასეთი სახის საწვავის გამოყენების ეფექტურობა, ეკოლოგიური დაბინძურების ეფექტურობის თვალსაზრისით.

საავტომობილო პარკის ყოველწლიური ზრდის ტემპები მნიშვნელოვნადაა დაკავშირებული ორი ძირითადი პრობლემის გამწვავებასთან: პირველი განპიროვნებულია ენერგეტიკული პრობლემებით (საწვავის ეკონომიურობა), მეორე კი ეკოლოგიური ხასიათისაა.

ტექნიკური პროგრესის თანამედროვე ტემპებით განვითარება განაპირობებს ენერჯის ხარჯს, რადგან ადამიანის ცხოვრების დონე მჭიდროდ არის დაკავშირებული ბუნებრივი რესურსებით უზრუნველყოფაზე და მათი გამოყენების ხასიათზე. აქედან გამომდინარე ბუნებრივი რესურსების მოპოვებისა და საშუალო ხვედრითი მოხმარების დინამიკა ყოველწლიურად იზრდება.

XX საუკუნის დასაწყისში ყველა სახის ენერჯის მოხმარება, ყოველწლიურად შეად-

გენდა დაახლოებით მილიარდ ტონა პირობით საწვავს, მაშინ, როცა უკანასკნელი ათწლეულის მანძილზე იგივე მონაცემები 20 მილიარდ ტონას აჭარბებს. 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.

სატრანსპორტო საშუალებების, კერძოდ საავტომობილო ტრანსპორტის ეკონომიური და ეკოლოგიური მაჩვენებლების გაუმჯობესების ყველაზე რეალური გზა არის ალტერნატიული საწვავის გამოყენების გზების ძიება. ამ ამოცანის გადაწყვეტა დაყოფილია ეტაპებად და პირველ ეტაპზე განიხილება თხევად საწვავზე 10 % სხვადასხვა კომპონენტების დამატება. ამ დამატების გამოყენება არ მოითხოვს ძრავას რაიმე სახის კონსტრუქციულ ცვლილებას და აუმჯობესებს ავტომობილის ეკოლოგიურ მაჩვენებლებს. მეორე ეტაპზე განიხილება ძრავის კონსტრუქციის მნიშვნელოვანი ცვლილებები ან კიდევ მეორადი საშუალებების გამოყენება ნამუშევარი აირების გასაწმენდად.

ალტერნატიული საწვავი ნარევი წარმოადგენს ისეთ ენერგეტიკულ კომპოზიციას, რომელიც შეიცავს ნავთობისა და სხვა სახის ნედლეულის კომპონენტებს. მათ რიცხვს მიეკუთვნება:

1. საწვავისა და წყლის ემულსია,
2. მრავალსაწვავიანი კომპოზიცია,
3. ბენზინისა და მეთანის ნარევი,
4. ბენზინისა და ბენზოლის ნარევი,
5. ნავთობის პროდუქტების საწვავის ნაირსახეობა წყალბადშემცველი ჩანართებით.

ჩატარებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები გვიჩვენებს, რომ დიზელის საწვავში «მაპი-0010» ჩანართის გამოყენება მნიშვნელოვნად ამცირებს წვის პროდუქტებში მავნე ნივთიერებების შემცველობას საბაზო დიზელის საწვავთან შედარებით. მიღებული შედეგები პროცენტულად შემდეგნაირად აისახება: კვამლიანობა - 90 %-მდე, აზოტის ოქსიდები 12 – 50 %, ნახშირბადის ოქსიდები 20 – 85 %, ნახშირწყალბადები 15 – 65 %, ბენზა პირენი 25 – 40 %, ალდეჰიდები 15 – 60 %, აეროზოლი 20 %-მდე, საწვავის ეკონომიურობა 6 %-მდე.

ანალიზური კვლევის საფუძველზე ბენზინში «მაპი-0011» ჩანართის დამატებით წვის პროდუქტებში მავნე ნაერთების შემცველობა მნიშვნელოვნად შემცირდება ბენზინთან შედარებით (პროცენტებში) ასეთია: ნახშირბადის ოქსიდები 20 – 85 %, ნახშირწყალბადები 5 – 80 %, აზოტის ოქსიდები 55 %-მდე, ბენზა პირენი 90 %-მდე, აეროზოლი 100 %-მდე, ალდეჰიდები 16 %-მდე, საწვავის ეკონომიურობა 3 - 5 %-მდე.

საყურადღებოა ბენზინისა და ჰაერის ნარევი წყალბადის დამატების შედეგები ეკოლოგიის თვალსაზრისით ძრავის გაშვებისა და უქმი სვლის რეჟიმში მუშაობის პირობებში. ამ რეჟიმებზე მუშაობისას ნამწვ აირებში მნიშვნელოვნად იზრდება არასრული წვის პროდუქტების CO და CH შემცველობა, რადგან ძრავის მუშაობის სტაბილურობა და გაშვება განპირობებულია გამდიდრებული საწვავი ნარევის მოხმარებით.

ჩატარებული კვლევები ადასტურებს, რომ აღნიშნულ რეჟიმებზე მუშაობისას ბენზინისა და ჰაერის ნარევი წყალბადის დამატება იწვევს CH-ის თითქმის 2-ჯერ, ბენზინის ხარჯის კი 1,5-ჯერ შემცირებას, ამასთან წყალბადის ხარჯი შეადგენს 0,04 – 0,08 კგ/სთ და იწვევს ძრავის სტაბილურ მუშაობას.

ეკოლოგიური და ეკონომიური თვალსაზრისით ერთ-ერთ პერსპექტიული სახის საწვავს წარმოადგენს შეკუმშული ბუნებრივი და ნავთობის თხევადი აირი. ასეთი სახის საწვავი უზრუნველყოფს წვის პროდუქტებში მავნე ნივთიერებების შემცირებას, გააჩნია მათალი ანტიდეტონაციური თვისებები, რაც განაპირობებს მაღალ ეფექტურ მუშა პროცესს. დღეისათვის გაზობრივ საწვავზე მომუშავე ძრავები იქმნება დიზელების ან ბენზინზე მომუშავე ძრავების კვების სისტემის ისეთი გადაწყობით, რომ ძირითადი დეტალების კონსტრუქციული ცვლილება ფაქტიურად არ განიხილება.

ეკოლოგიის თვალსაზრისით ბუნებრივ აირზე კონვერტირებული ძრავი უფრო ეფექტუ-

რია, ვიდრე საბაზო დიზელი და გაზოდიზელის ვარიანტი. ამ ტიპის ძრავაში საერთოდ არ წარმოიქმნება მყარი ნაწილაკები და ნულამდე მცირდება კვამლიანობა. ექსპერიმენტულად დგინდება ტოქსიკური ნაერთის შემცირება (გ/კმ-ზე) შემდეგი მაჩვენებლებით: ნახშირჟანგი (CO) მცირდება 2 – 2,8-ჯერ, ნახშირწყალბადი 2,2-ჯერ, ჟანგბულები 1,5 – 1,7-ჯერ. ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის შესაძლო რეგულირების შემთხვევაში შესაძლებელია აღნიშნული ნაერთების მნიშვნელოვანი შემცირება.

მომავლის პერსპექტიულ საავტომობილო საწვავს წარმოადგენს წყალბადი, რომლის მარაგი უღვევია და წვის შედეგად აქტიურად ტოქსიკური ნაერთები არ გამოიყოფა, თუ არ ჩავთვლით აზოტის ოქსიდს, რომლის რაოდენობაც მინიმალურია. ჯერჯერობით მის ფართო გამოყენებას ბევრი წინააღმდეგობის გადალახვა სჭირდება.

თანამედროვე ეტაპზე დღითიდღე ფართო ყურადღება ეთმობა ბიოდიზელის პრაქტიკაში დანერგვას. ის წარმოადგენს საწვავს, რომელიც მიიღება მცენარეული ზეთების მეორადი გადამუშავებით, კერძოდ ბიოდიზელისათვის საჭირო მხესუმზირის, სოიოს, სიმინდის, ბამბის და სხვა მცენარეული ზეთების საყოფაცხოვრებო პირობებისათვის ხმარების შემდეგ, ნარჩენების მეორადი გადამუშავება.

ბიოდიზელის შემთხვევაში წვის პროდუქტები თითქმის არ შეიცავს გოგირდის ნაერთებს და ჭვარტლის ნაწილაკებს. დიზელთან შედარებით გაცილებით ნაკლები რაოდენობით გამოიყოფა ისეთი ტოქსიკური ნაერთები, როგორებიც არის ნახშირის ჟანგი, აზოტის ჟანგბულები, ნახშირწყალბადი და ნახშირორჟანგი, რაც რაც მნიშვნელოვანი პარამეტრია გლობალური დათბობის ეფექტურობის თვალსაზრისით.

ლიტერატურა

1. Луканин В. Н. Трофименко Ю. В. Промышленно-транспортная экология, учеб Для вузов - М. Транспорт, 2005 _ с.240.

ALTERNATIVE FUEL FOR AUTOMOBILE TRANSPORT

A. GELASHVILI. A. KAMLADZE. V. GVETADZE

Akaki Tsereteli State University



II საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია

... dwells on results obtained by using of alternative fuel on automobile transport. Ther...
ing the impurities in fuel (both in diesel and petrol) from economic and environmental...

II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



**ავტოტრანსპორტის მიერ გამოზოლქვილი მავნე ქიმიური
მინარეჟები**

ფურცხვანიძე ბ., კამლაძე ა., გვეტაძე ვ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

გლობალური დათბობის პრობლემა და საშიშროებები, რომლის მიზეზი ის შეიძლება გახდეს, განიხილება მსოფლიო მასშტაბით. ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის გამონატყორცნის შემცირების აუცილებლობაზე საუბრობენ არა მარტო ეკოლოგები, არამედ ყველა ვისაც კი მცირედ მაინც აღუღვებს დედამიწისა და ადამიანების მომავალი. ნაშრომში განხილულია დედამიწის ატმოსფეროში გამოტყორცნილი მავნე მინარეჟების წყაროები და კლასიფიკაცია, აგრეთვე საავტომობილო ტრანსპორტის მავნე გავლენის ძირითადი სოციალურ-ეკონომიური შედეგები. მოცემულია გამონაბოლქვი აირების ტოქსიკური კომპონენტები, მათი თვისებები, ფერი, სუნი, გემო და სიმკვრივე, აგრეთვე ჩამოთვლილი კომპონენტების გავლენა გარემოზე, ადამიანის ჯანმრთელობასა და შრომისუნარიანობაზე.

ამერიკის ნაციონალური სამართველოს (NOAA) ეგიდით ჩატარებული გამოკვლევების [1] შედეგების მიხედვით, აუცილებელია მივიღოთ გადაწყვეტი ზომები აღნიშნული პრობ-

ლემის გადასაწყვეტად, რათა გლობალური დათბობის პროცესი თითქმის გახდა შეუქცევადი პროცესი. კვლევის ავტორები გვაფრთხილებენ, რომ იმ შემთხვევაში თუკი ეხლავე შეწყდება ნახშირორჟანგის გამოყოფა ატმოსფეროში, უახლოეს ასწლეულში მაინც გაგრძელდება ატმოსფეროს ის კლიმატური ცვლილებები რომლებიც ეხლა შეინიშნება. ეს კი ნიშნავს, რომ კლიმატი განაგრძობს ცვლილებას, მსოფლიო ოკეანეებში წყლის დონე იზრდება, ზოგიერთ რაიონებში (ევროპაში და აზიაში) გაიზრდება წყალდიდობების რისკი. ზღვების დონე მოიმატებს, რაც წარმოქმნის საშიშროებას სანაპიროებსა და კუნძულებზე მცხოვრები მოსახლეობისათვის, მაგრამ დაზარალებიან არა მარტო ისინი, ადამიანები დაღვებიან რიგი პრობლემების წინაშე: მტკნარი წყლის უკმარისობა, გვალვა, ქარიშხალი, სხვადასხვაგვარი ავადმყოფობები.

დედამიწის ატმოსფეროში უწყვეტად ხვდება ტოქსიკური ნივთიერებები, რომელთა წყაროს წარმოადგენს ბუნებრივი და ანტროპოგენული (ადამიანის მოქმედებასთან დაკავშირებული) პროცესები. თანამედროვე პირობებში ატმოსფეროში გამოიტყორცნება დიდი რაოდენობით სხვადასხვა სახის მავნე ნივთიერებები და მათი ნაერთები. თავისი ტოქსიკურობით და რაოდენობით გარემო პირობებზე დიდ უარყოფით გავლენას ახდენენ: ნახშირორჟანგი (CO), ნახშირწყალბადი (C_nH_m), გოგირდმჟავა (SO₂), აზოტის ჟანგბადი (NO_x) და მყარი ნაწილაკები (მტვერი, მური). ცხრილ 1-ში მოყვანილია ბუნებრივი და ანტროპოგენური გზით ატმოსფეროში მოხვედრილი მავნე მინარევების რაოდენობა.

ცხრილი 1

დაბინძურების წყარო	წელიწადში გამოტყორცნილი, მლნ. ტ				
	CO	C _n H _m	SO ₂	NO _x	მყარი ნაწილები
ბუნებრივი	0,21	300	-	-	1700
ანტროპოგენური	200	50	146	53	20

გარემოს დაბინძურებაში მრეწველობის თითოეული დარგის მნიშვნელობა სხვადასხვა ქვეყნებში შეიძლება ვარიირებდეს სხვადასხვა დიაპაზონში. ეს დამოკიდებულია მრეწველობის, ტრანსპორტის, ენერჯეტიკის განვითარების დონეზე. მაგალითად ამერიკაში მონიშნავენ მსოფლიო ბუნებრივი რესურსების 50% და გამოტყორცნიან ატმოსფეროში ყველა ტოქსიკური მინარევების 40%-ს (ცხრილი 2). თუ ცხრილში მოცემულ შედეგებს შევადარებთ 1966-წლის ანალოგიურ მონაცემებს [2], შეიძლება ავლნიშნოთ, რომ ზოგიერთი ტოქსიკური ნივთიერების კომპონენტის ხვედრითი წილი რომლებიც გამოიტყორცნება მოტო ტრანსპორტის მიერ გაიზარდა 45-70%-ით.

ცხრილი 2

გამოტყორცნილი ნივთიერებები	ჯამური გამონატყორცნები, მლნ.ტ.	კონტროლირებადი გამონატყორცნები, მლნ.ტ.				არაკონტროლირებადი გამონატყორცნები, მლნ.ტ.	ავტოტრანსპორტის წილი, %
		ტრანსპორტი		სტაციონარული და-ნადგარები	მრეწველობა		
		სულ	ავტოტრანსპორტი				
ნახშირორჟანგი	113,2	94,5	35,1	1,3	12,0	5,4	75,2
გოგირდჟანგბადი	30,2	0,9	0,4	24,3	4,6	-	1,3
ნახშირწყალბადები	31,2	12,7	10,9	1,7	11,9	5,0	34,9
მყარი ნაწილაკები	13,7	1,2	0,9	5,3	6,4	0,8	6,6

აზოტის ჟანგი	25,5	10,1	7,4	14,3	0,9	0,1	29,0
--------------	------	------	-----	------	-----	-----	------

უკანასკნელ ასწლეულში ატმოსფეროში გაიზარდა ნახშირორჟანგის შემცველობა, განსაკუთრებით კი იმ ადგილებში, სადაც ბევრი ავტომანქანაა. მეცნიერთა მიერ გაანგარიშებულია, რომ დიდ ქალაქებსა და დასახლებულ პუნქტებში ნახშირორჟანგის სამრეწველო გამონაბოლქვის 30-60%, ხოლო აზოტის ჟანგეულების 12% ავტომანქანებზე მოდის.

საავტომობილო ტრანსპორტის ექსპლუატაციის დროს ტოქსიკური მინარევების წყაროს წარმოადგენენ:

1. გამონაბოლქვი აირები, რომლებიც გამოიტყორცნება ძრავის მიერ;
4. კარტერული გაზები - გამონაბოლქვი აირებისა და შემზეთი მასალების ორთქლის ნარევი;
5. საწვავის ორთქლი - რომლებიც ხვდებიან ატმოსფეროში ძრავის კვების სისტემებიდან.

აქედან გამომდინარე მძოდლის კაბინაში, მგ ზავრების სალონში, გარემოში, სადაც ფუნქციონირებს ავტომობილი, ხვდება შემდეგი ტოქსიკური მინარევები: ნახშირჟანგი (CO), აზოტის ჟანგი (NO_x), გოგირდის ანჰიდრიდი (SO₂), ნახშირწყალბადები (CnHm), აქროლენი (CH₂=CH-CH=O), ფორმალდეჰიდი (H₂O=O), ბენზ(α) პირენი (C₂₀H₁₂), აეროზოლები -სხვადასხვა შემადგენლობით, ტყვიის ნაერთები, მყარი ნაწილები (მური).

წარმოშობის წყაროების მიხედვით მავნე მინარევების კომპონენტების განაწილება (ცხრილი 3) გვიჩვენებს, რომ ძირითად წყაროს წარმოადგენს ნამუშევარი (ნამწვი) აირები.

ცხრილი 3

ძრავის ტიპი	მავნე მინარევების განაწილება წყაროების მიხედვით, %								
	ნამუშევარი აირები			კარტერული გაზები			საწვავის ორთქლი		
	CO	CnHm	NO _x	CO	CnHm	NO _x	CO	CnHm	NO _x
კარბურატორიანი	95	55	98	5	5	2	0	40	0
დიზელის	98	90	98	2	2	2	0	8	0

თბური ძრავების წვის კამერიდან ნამუშევარ აირებთან ერთად გამოიტყორცნება 280-მდე მავნე და ტოქსიკური მინარევები, გამონაბოლქვი აირების შემადგენელი კომპონენტები ადამიანის ორგანიზმზე თავისი ზემოქმედებით იყოფიან:

- ა) ტოქსიკური - ნახშირჟანგი, აზოტის ჟანგეული, გოგირდის ჟანგეული, ნახშირწყალბადები, ალდეჰიდები, ტყვიის შენაერთები;
- ბ) კონცეროგენული - ბენზ(α) პირენი;
- გ) მხუთავი მოქმედება - ნახშირმჟავას გაზი;
- დ) გამადიზიანებელი ზემოქმედება-აქროლენი, გოგირდმჟავა, ნახშირწყალბადები;
- ე) მოსაბეზრებელი - ალდეჰიდები, მური, მაზუთი, საწვავისა და ზეთის ნაწილაკები და ორთქლი, ნახშირწყალბადები.

ნამუშევარი აირების ზემოთ ჩამოთვლილი კომპონენტების მოქმედება დამოკიდებულია მათ კონცენტრაციაზე ატმოსფეროში და მოქმედების დროის ხანგრძლივობაზე.

ნახშირჟანგი - უფერო, უსუნო და უგემო გაზი. სიმკვრივე 0,97. იწვის. ჰაერთან ერთად შეიძლება წარმოქმნას მფეთქებადი ნარევი. წყალში პრაქტიკულად არ იხსნება. სუნთქვისას აღწევს სისხლში და ჰემოგლობინთან ერთად ქმნის ნაერთს - კარბოქსილჰემოგლობინი. ნახშირჟანგი ჰემოგლობინზე მოქმედებს 210 -ჯერ სწრაფად ვიდრე ჟანგბადი, რასაც მიყვავართ ჰიპოქსიამდე (ჟანგბადის უკმარისობა), რომლის ნიშანსაც წარმოადგენს ცენტრალური ნერვიული სისტემის დარღვევა, სასუნთქი არხების დაზიანება, მხედველობის გაუარესება და ა.შ. CO-ს რაოდენობის მომატება იწვევს ადამიანის სიკვდილს გულის დაავადებით.

CO-ს შემცველობა ჰაერში კონცენტრაციისაგან დამოკიდებულებით იწვევს:

- 1) ქრონიკულ მოწამვლას დიდი ხნის სუნთქვისას ($C=0,01\%$ მოც.);
- 2) მსუბუქ მოწამვლას 1 საათის შემდეგ ($C=0,05\%$ მოც.);
- 3) ცნობიერების დაკარგვას რამოდენიმე ჩასუნთქვისას ($C=1\%$ მოც.);

აზოტის მჟავა – სხვადასხვა მჟავების ნარევი: NO, NO₂, N₂O₃, N₂O₄. ყველაზე დიდ საშიშროებას წარმოადგენს NO₂ და მისი კომპონენტი N₂O₄. სიმკვრივე NO₂=1,58. არსებობის ტემპერატურის ზედა ზღვარი +620°C. ამ ტემპერატურაზე NO₂-ი სრულად იშლება NO და ჟანგბადად. ტემპერატურის შემცირებისას აზოტის ჟანგი იჟანგება აზოტის ორჟანგად. ჟანგის პროცესი მთავრდება 150°C-ზე. აზოტის ჟანგის ზემოქმედებით ადამიანს ერღვევა ფილტვების ფუნქცია, გამოდის მწყობრიდან ბრონხები. აზოტის მჟავას მცირე კონცენტრაციის დროს ეს ცვლილებები ვლინდება დიდი დროის შემდეგ. იცვლება აგრეთვე სისხლის შემადგენლობა.

აზოტის ჟანგის შემცველობა ჰაერში კონცენტრაციისაგან დამოკიდებულებით იწვევს:

- 1) ცხვირისა და თვალების გაღიზიანებას ($C=0,0013\%$ მოც.);
- 2) ჟანგბადის უკმარისობის დაწყებას ($C=0,002\%$ მოც.);
- 3) ფილტვების დაზიანებას ($C=0,008\%$ მოც.);

გოგირდის ანჰიდრიდი – უფერო გაზი მკვეთრი სუნით. სიმკვრივე-2,264. კარგად იხსნება წყალში მცირე კონცენტრაციის დროს ზრდის სიკვდილიანობას გულ-სისხლძარღვთა დაავადებით, აღწევს ბრონქებში, ხელს უწყობს ასთმისა და სხვა დაავადების განვითარებას.

გოგირდის ანჰიდრიდის შემცველობა ჰაერში კონცენტრაციისაგან დამოკიდებულებით იწვევს:

- 1) თვალის გაღიზიანებას, ხველას ($C=0,001\%$ მოც.);
- 2) ყელის გაღიზიანებას ($C=0,0017\%$ მოც.);
- 3) მოწამვლას 3 წუთში ($C=0,004\%$ მოც.);
- 4) მოწამვლას 1 წუთში ($C=0,01\%$ მოც.).

აღდეჭიდი – უფერო სითხე დამწვარი ცხიმის სუნით. სიმკვრივე 1,9. კარგად ორთქლდება. ადვილად იხსნება წყალში. დუღილის ტემპერატურა 52,4°C. ახდენს ადამიანის შეშფოთებას კონცენტრაციისას 0,0005% მოც. 0,002% მოც. – კონცენტრაციის დროს იწვევს ორგანიზმში შეუქცევად პროცესებს. ხოლო როდესაც კონცენტრაცია აღწევს 0,0014 % მოც. ზევით შეუქცევადი პროცესი დგება 10 წუთში.

ნახშირწყალბადები – ფართო ჯგუფი ნაერთისა C_nH_m. ნამუშევარ აირებში შეინიშნება 100 –სახესხვაობა. გააჩნიათ არასასიამოვნო სუნი.

ბენზ(α)პირენი – ნახევარციკლური არომატული ნახშირწყალბადი. მოლეკულური წონით 252,3. ნორმალურ ატმოსფერულ პირობებში – კრისტალური პროდუქტია. წყალში იხსნება ცუდად. დნობის ტემპერატურა 179°C. ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრისას გროვდება მასში კრიტიკულ ნორმამდე და ხელს უწყობს ავთვისებიანი სიმსივნის წარმოქმნას.

მური – ნამუშევარი აირის მყარი ნაწილი, რომელიც შედგება ძირითადად ნახშირის ნაწილაკებისაგან. ადამიანისათვის საშიშ ნივთიერებებს არ წარმოადგენს. მური ხელს უწყობს სხვა ტოქსიკური მინარევების გაძლიერებულ მოქმედებას, მაგალითად გოგირდის ანჰიდრიდის.

ტყვიის ნაერთები – ნამუშევარ აირებში ჩნდება, თუ კი ბენზინში ანტიდეტონატორად გამოიყენება ტეტრაეთილტყვია. -Pb(C₂H₅)₄- უფერო ზეთისებრი სითხეა. სიმკვრივე 1,652. ადვილად ორთქლდება და იწვის. დუღილის ტემპერატურა 195°C. ტყვიას შეუძლია დაგროვდეს

ორგანიზმში, სადაც ის შეიძლება მოხვდეს სასუნთქი გზებით, საჭმლით და კანით. გამოკვეთს მწვობრიდან ცენტრალური ნერვული სისტემა და სისხლის მიმოქცევის ორგანოები.

ნახშირორჟანგის გაზის შემცველობა ჰაერში არ ნორმირდება. CO₂-ი ატმოსფეროში არსებობს 4 წელი. ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია ჰაერში განუწყვეტლივ იზრდება და თანამედროვე პირობებში შეადგენს 300 მლნ⁻¹ (0,03% მოც). ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის გაზრდა საშიშია თავისი «სათბურის ეფექტით», რომელიც იწვევს ჰაერისა და დედამიწის ტემპერატურის გაზრდას.

ცხრილ 4-ში მოცემულია ნამუშევარ აირებში ტოქსიკური კომპონენტების შემადგენლობა ღიზელებისა და ბენზინზე მომუშავე ძრავებისათვის.

ცხრილი 4

ნამუშევარი აირის კომპონენტი	ნ.ა. მაქსიმალური შემცველობა	
	ღიზელი	ბენზინის შუბ.
ნახშირჟანგი	0,005 ÷ 0,5% მოც.	0,25 ÷ 10% მოც.
აზოტის ჟანგი	0,004 ÷ 0,2% მოც.	0,01 ÷ 0,3% მოც.
გოგირდის ანჰიდრიდი	0,003 ÷ 0,05% მოც.	-
ყველა ალდეჰიდები	0,136 ÷ 0,2 გრ/კვტ.სთ	3,4 გრ/კვტ.სთ
ყველა ნახშირწყალბადი	2 ÷ 4 გრ/კვტ.სთ	14 ÷ 20 გრ/კვტ.სთ
ბენზ (α) პირენი	0,00136 ÷ 0,002 გრ/კვტ.სთ	0,002 მგ/კვტ.სთ.
მური	1,36 ÷ 2,0 გრ/კვტ.სთ	0,4 გრ/კვტ.სთ
ტყვიის ნაერთები		გამოიტყორცნება 37 ÷ 85% ტყვიის ნაერთი (რომელიც შეყვანილ იქნა ბენზინში)

ყოველივე აქედან გამომდინარე მსოფლიო მეცნიერების წინაშე დადგა ეკოლოგიური პრობლემა, რომელიც გამოწვეულია სატრანსპორტო საშუალებების მიერ, კერძოდ ეს ეხება გამონახლოვ აირებში ტოქსიკური მინარევების შემცველობას და აუცილებელია გამოვიკვლიოთ მათი გზები და გავაანალიზოთ მათი გავლენა გარემოზე.



II საერთაშორისო საეკოლოგიური კონფერენცია
II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



ლიტერატურა

1. <http://pogoda.mail.ru/article>.
2. Козлов В.Б. Энергетика и природа.- М.: Мисль, 1982. – 92 с.
3. Афанасьев Л.Л. Ефимов В.Т. Автоматизация и окружающая среда/ МАДИ. – М., 1979. – 162 с.

HARMFUL CHEMICAL IMPURITIES EMITTED BY THE AUTOMOBILE TRANSPORT

PURTSKHVANIDZE G., KAMLADZE A., GVETADZE V.

Akaki Tsereteli State University

Summary

In work sources and classification of harmful gases which are allocated in atmosphere of the Earth, and also the basic social and economic consequences of harmful influence of motor transport are considered. The description of toxic components of exhaust gases, their property, colour, a smell, taste and density, and also influence of the listed components on environment, working capacity and healthy the person is given.

ანთების სისტემის მახასიათებლების გავლენა ავტომობილის ტოქსიკურობაზე

კამლაძე ა.ჯ
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საავტომობილო ტრანსპორტის თანამედროვე ზრდის ტემპი მნიშვნელოვან საფრთხეს უქმნის ატმოსფეროს ფიზიკურ და ქიმიურ მდგომარეობას.

ავტომობილის ეკოლოგიური მაჩვენებლების გაუმჯობესების ერთ-ერთ პერსპექტიული მეთოდია გადარიბებული ნარევის დაწვის ეფექტური საშუალებების გამონახვა.

ელექტრო მოწყობილობის სისტემის დაყვანა და ახალი კონსტრუქციის შექმნა, მნიშვნელოვანი საფეხურია ავტომობილის ეკოლოგიური და ეკონომიური მაჩვენებლების გაუმჯობესების გააღწევის თვალსაზრისით.

საყოფაცხოვრებო და საწარმოო შემოქმედებითი საქმიანობით კაცობრიობა განუწყვეტილად ზემოქმედებს გარემოზე, რაც მყისიერად ან გარკვეული პერიოდის შემდეგ რეაგირებს ამ ზემოქმედებაზე დადებითი ან უარყოფითი ფორმით.

ადამიანის საქმიანობა დაკავშირებულია მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის მზარდ ტემპებთან და სოციალურ-ეკონომიკური მოთხოვნების აქტუალურ პრობლემებთან, რაც იწვევს ბუნებრივი რესურსების გლობალურ მოხმარებას და ეკოლოგიური წონასწოების რღვევის საშიშროებას.

საავტომობილო ტრანსპორტი სახმელეთო გადაზიდვების ძირითადი საშუალებაა და იგი ფართოდ გამოიყენება ქვეყნის საზოგადოებრივ და ეკონომიკურ საქმიანობაში. სატრანსპორტო მანქანების გამონახობაში ტოქსიკური აირების შემცირება, ამჟამად ეკოლოგიური უსაფრთხოების უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა. რადგან შუა-ში სათბობის წვის შედეგად გამოყოფილი ტოქსიკური ნაერთები და მძიმე ლითონებში ცოცხალ ორგანიზმებში იწვევს მძიმე დაავადებებს, უარყოფითად მოქმედებს ფუნქსიასა და ფლორაზე.

არასრული წვის პროდუქტების წარმოქმნის მექანიზმი, განსაკუთრებით გარე ნახევაწარმოქმნის ძრავებში, პირველ რიგში დამოკიდებულია ნარევის შედგენილობაზე. ავტომობილის ეკოლოგიური მაჩვენებლების გაუმჯობესების ერთ-ერთი პერსპექტიული მეთოდია გადარიბებული ნარევის დაწვის ეფექტური საშუალებების გამონახვა, რადგან ძრავის მუშაობა ჰაერის საჭიროების კოეფიციენტის 1,4...1,96 დიაპაზონში, ნეიტრალიზაციის არარსებობის შემთხვევაში კი [1] საშუალებას იძლევა წვის პროდუქტებში მნიშვნელოვნად შევამციროთ ტოქსიკური ნაერთების რაოდენობა საექსპლუატაციო დატვირთვის ფართო ინტერვალში. აღნიშნული ამოცანის გადაწყვეტა მოითხოვს საწვავი ნარევის აალების მძლავრი წყაროს არსებობას და ანთების კერების განაწილებას წვის კამერის მთელ მოცულობაში.

თანამედროვე საავტომობილო ტრანსპორტის ელექტრომწყობილობა წარმოადგენს რთული სისტემის კომპლექსს, რომელიც შედგება მთელი რიგი ელექტროტექნიკური და ელექტრონული ხელსაწყოების ადა ელემენტებისაგან. აღნიშნული სისტემები უშუალოდ კავშირშია მოძრაობის უსაფრთხოების საკითხებთან და ავტომობილების ეკოლოგიური ად ეკონომიკური მაჩვენებლების გაუმჯობესებასთან.

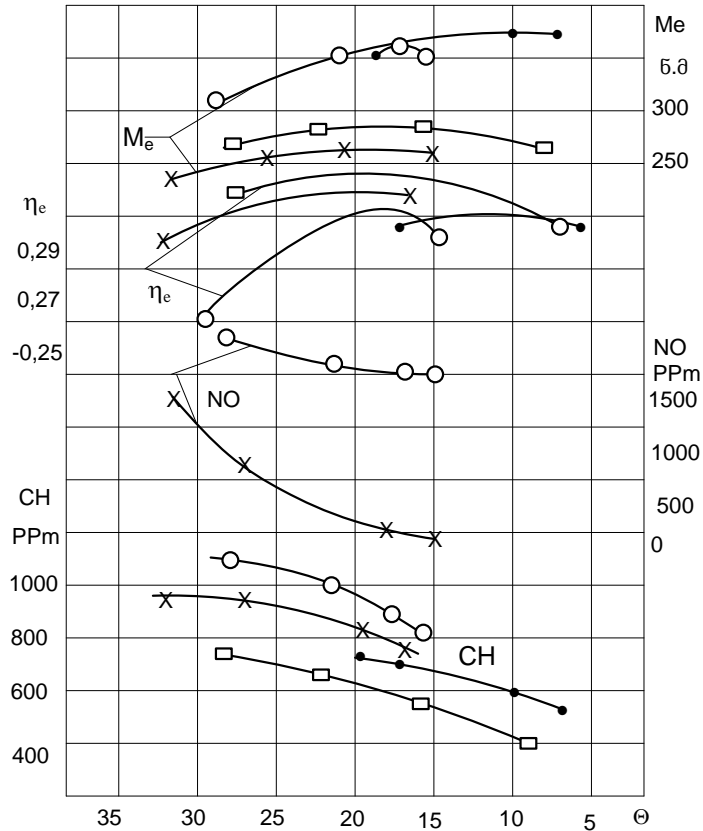
ელექტრომწყობილობის სისტემის დაყვანა და ახალი კონსტრუქციის შექმნა მნიშვნელოვან საფეხურს წარმოადგენს თხევად და აირიანი საწვავზე მომუშავე ავტომობილების ეკონომიური და ეკოლოგიური მაჩვენებლების გაუმჯობესების გადაწყვეტის თვალსაზრისით.

ნაშრომში განხილულია ანთების სისტემის მახასიათებლების გავლენა წვის პროცესის სტაბილურობასა და ეკოლოგიურ მაჩვენებლებზე, ბუნებრივ შეკუმშულ აირზე კონვერტირებული ძრავის მაგალითზე გადარიბებულ ნარევეზე მუშაობის პირობებში.

გადარიბებულ ნარევეზე ძრავას მუშაობისას წვის პროცესის სტაბილური განვითარებისათვის აუცილებელია, თანამედროვე მაღალეფექტური ანთების სისტემის მექანიზმის დამუშავების აუცილებლობა, რაც გამოწვეულია იმით, რომ წვის პროცესის საწყის ფაზაში სითბოს გამოყოფის დინამიკა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს წვის პროცესის ძირითად ფაზაზე და წარმოადგენს ციკლური არასტაბილურობის ძირითად ფაქტორს, გადარიბებულ ნარევეზე ძრავის ნაწილობრივი დატვითრებებზე მუშაობის პირობებში.

თანამედროვე საავტომობილო ტრანსორტზე ფართოდ გამოიყენება ელექტრომწვობილობის ტრანზისტორული და ტირისტორული სისტემები, რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ძრავის მუშაობის სტაბილურობას ადა ტოქსიკურობაზე. ექსპერიმენტალური გამოკვლევები ჩატარდა ბუნებრივ შეკუმშულ აირზე კონვერტირებულ ძრავზე და გამოყენებული იქნა ანთების სისტემის ორი სრახე: 1) საბაზო-უკონტაქტო ტრანზისტორული (განმუხტვის ენერგია 40 მჯ) და 2) გამოსაკვლევი რეგულირებადი ანთების სისტემა გადამწოდ-გამანაწილებლით (მუხტვის ენერგია 112 კჯ).

ნახ.1-ზე მოცემულია გამოსაკვლევი ძრავის სარეგულაციო მახასიათებლები ანთების წონასწორობის კუთხეზე დამოკიდებულებით. კვლევა ჩატარდა ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის ორი მნიშვნელობისათვის $\alpha=1,12$ და $\alpha=1,59$. ანთების სისტემის ზემოთ მოყვანილი ტიპებისათვის დიაგრამიდან ჩანს, რომ განმუხტვის ენერგიის ამადლების გამო, როცა $\alpha=1,12$ ანთების მომენტის ოპტიმალური მნიშვნელობა გადაინაცვლებს ზ.მ.წ-კენ დაახლოებით 7^0 -ით, რაც მიუთითებს წვის საწყისი ფაზის ხანგრძლივობის შემცირებას. ეს კი მნიშვნელოვნად მოქმედებს წვის პროცესის დინამიკაზე ძირითად ფაზაში და შესაბამისად ღარიბ ნარევეზე ძრავას ოპტიმალურ მუშაობაზე. გაცილებით ღარიბი ნარევის შემთხვევაში $\alpha=1,69$ ანთების მომენტის ოპტიმალური მნიშვნელობაა ზ.მ.წ-მდე 15^0 -ია, როგორც საბაზო ასევე საკვლევი რეგულირებადი ანთების სისტემისათვის. აღსანიშნავია ის ფაქტიც რომ ანთების მომენტის დაგვიანება იწვევს ისეთი ტოქსიკური ნაერთების მნიშვნელოვან შემცირება, როგორც არის NO_x და C_xH_y . NO_x შემცირება გამოწვეულია ციკლის საწყისი ტემპერატურის შემცირებით, ხოლო C_xH_y შემცირება აიხსენება იმით, რომ აალების გვიან დაწყებასთან დაკავშირებით იზრდება წნევა და ტემპერატურა წვის კამერის კედლების ზონაში გაფართოების პროცესის ბოლოს. ეს კი უზრუნველყოფს ნარევის შედარებით სრულ წვას ამ ზონაში და შესაბამისად ნახშირწყალბადების რაოდენობრივ შემცირებას წვის კამერაში.



სურ.1. ძრავის სარეგულაციო მახასიათებლები ანთების წინსწრების კუთხის მიხედვით n=1000 წთ-1 საბაზო X-X-X α=1,59 O-O-O α=1,12

საკვლევი სისტემა □-□-□ α=1,59 ●-●-● α=1,08

გამოკვლევა გვიჩვენებს, რომ საწვავი ნარევის გადარიბება მნიშვნელოვნად ამცირებს NOx და CxHy შემცველობას. ამასთან ანთების სისტემის განმუხტვის ენერჯის გაზრდა ძირითადი მნიშვნელოვანი გავლენას ვერ ახდენს ძრავის სიმძლავრისა და ეკონომიურობაზე საბაზოსთან შედარებით, მაგრამ უზრუნველყოფს ციკლის გაცილებით სტაბილურობას და წვის პროდუქტებში NOx და CxHy კონცენტრაციის მნიშვნელოვნად შემცირებას. ეს ფაქტი კიდევ ერთხელ მიუთითებს იმაზე, რომ ელექტრომომწოდებლობის სისტემის დაყვანა მნიშვნელოვან საფეხურს წარმოადგენს გადარიბებულ ნარევეზე სტაბილური მუშაობისა და ავტომობილის ეკოლოგიური მაჩვენებლების გაუმჯობესების თვალსაზრისით.

ლიტერატურა

1. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология, учеб для вузов. М. Транспорт. 2005, 240с.
2. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей, учеб для вузов _ М. Транспорт, 1989г, 318с.

LIGHT SYSTEMS DEFINITE QUALITATIVE AND QUANTITATIVE INDICES INFLUENCE ON MOTORCARS TOXICITY

A.KAMLADZE

Akaki Tsereteli State University

Summary

In this I mentioned about environment and ecological conditions after the transports exhaust fumes. It is shown light systems definite qualitative and quantitative indices influence on motorcars engines works process stability and ecological definite qualitative and quantitative indices. It is determined that discharges energy rise provides on poor mixture engines stable works and NOx and CxHy concentrations important reduce in exhaust fumes.



ПОЛИХЛОРИРОВАННЫЕ БИФЕНИЛЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ И МЕРОПРИЯТИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ц. Д. ТУРКАДЗЕ, И. Г. БОЧОИДZE, Н. Т. ХАЗАРАДZE,
Л. Б. ГОБЕДЖИШВИЛИ, Е. А. ГАМКРЕЛИДZE

Государственный университет А. Церетели

В настоящее время в мире производство ПХБ прекращено, но потенциальное или фактическое поступление ПХБ в окружающую среду продолжается, поскольку значительные количества существующих ПХБ продолжают использоваться или храниться. Одним из таких основных источников ПХБ служат электрические трансформаторы и конденсаторы. В течении 2012-2022 годов наша страна должна разработать и осуществить национальный план для выявления ПХБ, а также предпринять определенные шаги для выявления и маркировки оборудования и его вывода из эксплуатации. В статье обсуждаются вопросы связанные с эксплуатацией, регламентированием, реклассификацией и удалением ПХБ-содержащих трансформаторов и конденсаторов.

В настоящее время UNEP (United Nations Environmental Project) особо выделяет группу из 12 соединений и групп соединений, на которые следует обратить первоочередное внимание при экологических исследованиях. Эта так называемая «грязная дюжина» включает в себя следующие вещества: полихлорированные бифенилы (ПХБ), полихлорированные дибензо-п-диоксины (ПХДД), полихлорированные дибензофураны (ПХДФ), алдрин, диэлдрин, дихлор-дифенил-трихлорэтан (ДДТ), эндрин, хлордан, гексахлорбензол (ГХБ), мирекс, токсафен и гептахлор. Этот список был составлен в результате большого количества международных консультаций и форумов. Главным итогом этой работы стало принятие и подписание 23 мая 2002 года в Стокгольме Глобальной международной конвенции о запрещении стойких органических загрязнителей (СОЗ), к которой в 2006 году присоединилась и Грузия.

Стокгольмская Конвенция содержит целый ряд предложений и мероприятий по изучению воздействия СОЗ-ов на здоровье человека, животных, растений, изучению путей распространения этих веществ, а также запрещение их производства и использования. Частью этой программы является концепция эколого-аналитического контроля, которая предполагает осуществление исследований по выявлению и оценке источников загрязнения, определение уровней загрязнения природных и пищевых объектов СОЗов в результате антропогенного воздействия (прямого, косвенного или катастрофического) на окружающую среду и человека.

Среди СОЗ-ов ПХБ являются одними из самых распространенных. Они массово производились и использовались, начиная с 1929 года. С тех пор и до прекращения их промышленного выпуска в 1986 году в мире было произведено около 2 миллионов тонн ПХБ [1].

ПХБ относятся к классу ароматических соединений, состоящих из двух бензольных колец, соединенных через межъядерную связь С-С и замещенных от одного до десяти атомами хлора в орто-, мета- или пара- положениях (рис.1). Существует 209 индивидуальных конгенов ПХБ, отличающихся числом и положением атомов хлора в молекуле.

ПХБ представляют одни из наиболее устойчивых известных химических веществ. ПХБ обладают: низкой диэлектрической постоянной; низкой летучестью; хорошими огнеупорными свойствами; плохой растворимостью в воде; хорошей растворимостью в органических растворителях и хорошей износостойкостью, но со временем их эксплуатационные свойства не ухудшаются.

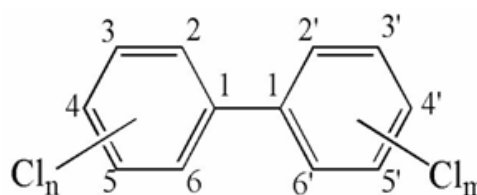


Рис. 1. Структура молекул полихлорированных бифенилов

Однако в настоящее время ряд недостатков ПХБ считается существенным, т.к. эти соединения: не подвергаются биодegradации; стойкие в окружающей среде; способны аккумулироваться в жировых тканях организма и подозрительны в отношении канцерогенности.

Эффекты ПХБ на организм человека могут быть серьезными: приводящими к повреждению почек и других органов; вызывающими головные боли, заболевания и др. при вдыхании и вызывающими хлоракне при поступлении через кожу.

Так как ПХБ попадают под Стокгольмскую конвенцию о стойких органических загрязнителях (СОЗ) по условиям этой Конвенции стороны должны запретить и/или принять правовые и административные меры, необходимые для прекращения производства и применения ПХБ.

По данным Всемирной организации здравоохранения, основными путями поступления ПХБ в окружающую среду являются следующие:

- испарения из пластификаторов;
- выделение при сжигании бытовых и промышленных отходов, а также при возгорании трансформаторов, конденсаторов и другого промышленного оборудования, в котором используются ПХБ;
- утечки с другими промышленными отходами; вывоз ПХБ на свалки и поля аэрации;
- другие неконтролируемые пути.

Загрязнение окружающей среды происходит главным образом по первым трем каналам.

При сгорании ПХБ, которого содержит трансформатор или конденсатор в результате промышленного или бытового пожара, образуются очень токсичные химические вещества. Ими являются, в частности, дибензофураны, чье вредное действие на организм человека хорошо доказано. Помимо опасности фуранов, образующихся при горении ПХБ, сами эти соединения представляют опасность вследствие своей чрезвычайной стойкости и олеофильного (гидрофобного) характера, что означает, что они легко поглощаются жировыми тканями человека и животных. ПХБ могут накапливаться в организме, например, в жире, печени и др., и их оттуда вывести крайне сложно.

В настоящее время вследствие широкого применения ПХБ-содержащего оборудования, а именно, некоторых видов электрических трансформаторов и конденсаторов, в Стокгольмской конвенции сделано исключение, позволяющее продолжать использовать подобное оборудование до 2025 года в рамках, установленных Конвенцией.

В 2005-2006 годах Грузия осуществила инвентаризацию ПХБ. Были идентифицированы ПХБ-содержащие масла в 15757 действующих и 1542 недействующих трансформаторах, 5459 конденсаторах и 3200 тумблере. В течении 2012-2022 годов наша страна должна разработать и осуществить национальный план для выявления ПХБ, а также предпринять определенные шаги для выявления и маркировки оборудования и вывода его из эксплуатации [2, 3].

Первая проблема, с которой неизбежно сталкиваются страны, в которых еще эксплуатируются ПХБ-содержащие трансформаторы, это как выявить это оборудование и его местонахождение. Далее должно быть принято решение о том, когда и как следует регулировать, реклассифицировать и, в конечном счете, ликвидировать подобное загрязненное оборудование.

Итак, низкая диэлектрическая постоянная и высокая точка кипения сделали ПХБ идеальными для использования в качестве жидких диэлектриков для использования в электрооборудовании, таких как трансформаторы, конденсаторы, автоматические выключатели, стабилизаторы напряжения и др., из-за своих диэлектрических свойств, а также вследствие очень низкой воспламеняемости. Масло ПХБ может воспринимать быстрые изменения электрических полей с очень небольшим разогревом, т.е. с очень малой потерей энергии. Также ПХБ имеют низкую точку вспышки и не имеют точки воспламенения, что означает, что они устойчивы к температурным изменениям. Они горят, только когда их помещают в открытое пламя.

Оборудование, такое как трансформаторы, конденсаторы и в меньшей степени

теплообменники и гидравлическое оборудование, могут содержать ПХБ или жидкости с варьирующими уровнями загрязнения ПХБ. Например, ПХБ могут быть обнаружены в герметически запаенных конденсаторах, размеры которых колеблются от тех, которые применяются в люминесцентных лампах и содержат несколько грамм ПХБ, до высоковольтных блоков, содержащих до 60 кг жидких ПХБ. Конденсаторы не требуют технического обслуживания, но они могут протекать в местах сварных швов. Конденсаторы содержат низхлорированные соединения ПХБ, которые, вследствие этого являются более летучими.

ПХБ постепенно выводились из применения в электрооборудованиях с начала 1980-х годов, что в разных странах происходило по-разному. В отсутствие более полной информации можно предположить, что оборудование, произведенное до 1986 года, может содержать ПХБ. В настоящее время существует великое множество трансформаторов, все еще содержащих ПХБ, и главной задачей, в первую очередь, является выявление такого оборудования, а затем выбор наиболее подходящих шагов по удалению ПХБ, которые оно содержит.

Проблемой разработки руководств по идентификации ПХБ-трансформаторов является то, что огромное количество различных типов трансформаторов уже произведено и продано, и в настоящее время находится в эксплуатации по всему миру.

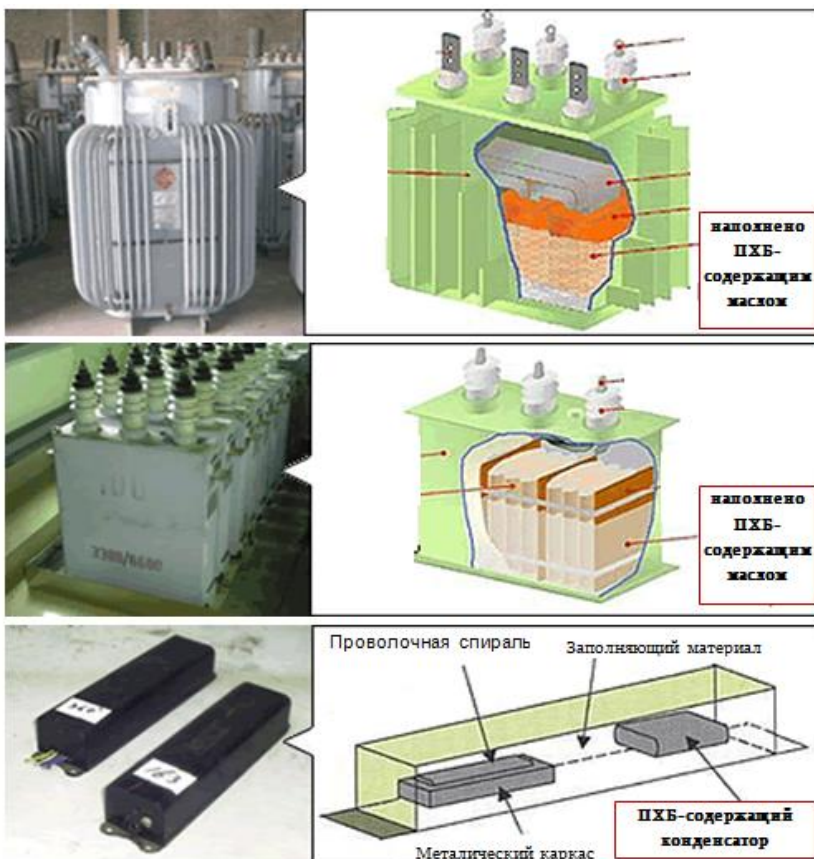
Полного перечня этого оборудования не существует, однако можно посмотреть публикацию ЮНЕП - Руководство по выявлению ПХБ и материалов, содержащих ПХБ.

Следовательно, возможно получить лишь общие инструкции, из которых читатели смогут почерпнуть некоторую информацию, относящуюся к их конкретной ситуации и к конкретным типам оборудования.

Первые трансформаторы, заполненные ПХБ, имели то же устройство, что и обычные заполненные маслом приборы. Однако более поздние конструкции разрабатывались как полностью герметичные или герметически закрытые агрегаты без сливных клапанов и устройств доступа. Разумным объяснением этому было то, что ПХБ имели репутацию очень стабильных жидкостей, которые не подвергаются деградации, подобно обычным маслам, и трансформаторы, таким образом, могут быть загерметизированы пожизненно. Опыт показал, что это не так.

К сожалению, не существует абсолютного метода выявления типа ПХБ- трансформатора в результате наружного осмотра. Однако кроме исходной пластинки производителя (если она имеется и ее можно прочесть), имеются некоторые конструктивные особенности, которые могут значительно способствовать решению этой задачи.

По конструкции трансформатора часто можно судить о присутствии в нем масел ПХБ.



Многие ПХБ-содержащие трансформаторы были когда-то загерметизированы.

Существует множество видов трансформаторов, выпускающихся различными производителями, но у них имеются некоторые характерные общие признаки:

- наличие крышек, приваренных к корпусу в более поздних моделях трансформаторов;
- наличие сливных клапанов и клапанов для отбора проб характерно не для всех трансформаторов;
- часто встречаются клапаны для уменьшения давления;
- часто имеются разъединительные коробки для того, чтобы можно было протестировать кабель, не раскрывая трансформаторный блок.

Помимо подобных герметичных трансформаторов, в которых, как правило, используются масла ПХБ, существует два вида трансформаторов с двумя видами наружных выводов:

- Сливные клапаны и клапаны для отбора проб. Такие клапаны считаются все более и более полезными, даже в случае герметичного трансформатора, хотя ранее полагали, что отбирать регулярные пробы жидкости необязательно. Также на трансформаторе могут иметься выходные клапаны для уменьшения давления, позволяющие справляться с экстремальным ростом давления.
- Расширительная камера. Если трансформаторы подвергаются сильным температурным изменениям, или если жидкий диэлектрик обладает довольно высоким коэффициентом термического расширения, необходимо использовать расширительную камеру. Подобные устройства, напоминающие "шляпу" сверху трансформатора, не имеют отношения к присутствию или отсутствию ПХБ.

Общее техническое обслуживание трансформатора следует осуществлять в соответствии с обычными методиками, описанными производителем, а также указанными в соответствующих справочных пособиях по электротехническому оборудованию. Особое внимание уделить возможным рискам, связанным с работой трансформаторов, содержащих масла ПХБ.

Таковыми рисками являются: риски утечки масел ПХБ, риски в случае пожара и риски, возникающие в конце срока эксплуатации оборудования, когда оно должно быть реклассифицировано.

Уничтожение трансформаторов. Если обнаружилось, что трансформатор содержит ПХБ, и он классифицирован как «ПХБ-трансформатор», и если от ретрозаполнения в силу ряда практических причин пришлось отказаться, то встает проблема, уничтожения этого оборудования.

Основная проблема, связанная с уничтожением трансформаторов, состоит в том, чтобы узнать, какие технологии имеются для этой цели. В Европе и в Соединенных Штатах, проблема относительно легко решается, поскольку имеется широкий выбор методов. В этих странах наиболее широко распространено высокотемпературное сжигание, сопровождающееся той или иной предварительной переработкой, позволяющей восстановить металл из некоторых или большинства металлических компонентов. Высокотемпературное сжигание применяется достаточно широко, однако оно может оказаться более дорогостоящим, чем другие, менее радикальные методы. Среди последних можно назвать полный демонтаж трансформатора с выделением одинаковых металлов, обезвреживанием их и соответствующей рециркуляцией.

Заполняющее масло следует либо сжигать, либо обрабатывать растворителем для извлечения ПХБ. Полученный концентрат ПХБ следует направлять в химическую компанию для переработки в соляную кислоту. Обезвреживание трансформаторного масла химическими методами не нашло широкого применения в развитых странах из-за преобладания метода высокотемпературного сжигания. Масла легко транспортировать в бочках, а сжигать их проще, и вследствие этого дешевле, чем оборудование, такое как трансформаторы и конденсаторы.

Замена трансформаторов. Можно отметить, что в настоящее время новые трансформаторы либо имеют традиционную конструкцию, и в них применяется диэлектрик - жидкость, отличная от ПХБ, либо они имеют совершенно новый дизайн.

В первом случае, так же, как и в случае ретрозаполнения, работа трансформатора основана на применении жидкости с соответствующими диэлектрическими свойствами, которая, проходя по

охлаждающим ребрам, также служит в качестве охлаждающей жидкости.

Во втором случае применение новой технологии означает, что трансформаторы могут существенно отличаться по своему внутреннему строению от традиционных трансформаторов. Такие трансформаторы, как правило, сухие, т.е. не содержат жидкого диэлектрика:

- Трансформаторы с заливочной смолой имеют сердечник, представляющий собой электропровода, покрытые затвердевшей смолой. Основная задача в этом случае – не допустить температурных колебаний, приводящих к возникновению напряжений и соответственно, трещин. В настоящее время, кажется, эта проблема преодолена. Смола, конечно, должна быть огнестойкой с соответствующими бесхлорными добавками для смягчения последствий возможного пожара.

- Разработаны трансформаторы, заполненные газом, которые содержат газ высокого давления, например, гексафторид серы, действующий как жидкий диэлектрик и охлаждающая жидкость.

Если этот газ используется в высоковольтном (>350 кВ) оборудовании, то такое оборудование должно иметь низкий коэффициент проницаемости (<99 процентов). Однако использование SF₆ – парникового газа, величина потенциала глобального потепления у которого гораздо выше, чем у CO₂, – следует свести к минимуму.

Следует помнить, что транспортировка опасных отходов, содержащих ПХБ, подпадает под Базельскую конвенцию, к которой следует обратиться за разъяснением дальнейших вопросов, связанных с перевозкой подобных отходов. Более подробную информацию об имеющихся технологиях уничтожения трансформаторов можно найти в публикациях UNEP.

ЛИТЕРАТУРА

1. PCB Transformers and Capacitors: From Management to Reclassification and Disposal. UNEP. 2002. -71 p.
2. Химический профил Грузии. Тб. 2009. -171 с.
http://www2.unitar.org/cwm/publications/cw/np/np_pdf/Georgia_National_Profile_2009_Georgian.pdf
3. Стойкие органические соединения. Национальный план действия 2007-2022. Тб. 2006. -90 с.
4. Reducing and Eliminating the use of Persistent Organic Pesticides. Guidance on alternative strategies for sustainable pest and vector management. Johan Murner, Robert Bos and Marjon Fredrix. Geneva, 2002. p.91

POLYCHLORINATED BIPHENYLS IN POWER ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL ACTIVITIES

**TS. TURKADZE, I. BOCHOIDZE, N. KHAZARADZE,
L. GOBELISHVILI, L. GAMKRELIDZE**

A. Tsereteli State University

Summary

This article is on management, reclassification and disposal of PCB transformers and capacitors that aims to provide practical assistance to those responsible for PCB containing transformers and capacitors. While most of the 12 chemicals covered by the Stockholm Convention are subject to an immediate ban, in the case of PCBs existing equipment may be maintained in a way that prevents leaks until 2025 (while PCB-free replacements are being introduced). While manufacture of PCBs has reportedly ceased, the potential or actual release of PCBs into the environment has not, since significant quantities of existing PCBs continue in use or in storage. Electrical transformers and capacitors are one such major source of PCBs. This article is guidance on the main issues encountered in the total management of PCB transformers and oils, including their reclassification and taking out of service, but does not replace professional management manuals, which are of course more comprehensive and to which electrical equipment operators should refer.



**ზღვის სანაპირო ზოლის ახალი ეკოლოგიური და
 ეკონომიკური მეთოდი**

ბრეზვაძე ა.პ., სიჭინავა ლ.მ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში ნახვენება ზღვის სანაპირო ზონაში შტორმული პროცესებისგან, პლიაჟის ჩამორეცხვის და ქვიშის აკუმულაციის პიდროლინამიკური რიცხვითი მოდელების გამოყენების ეფექტიანობა.

მრავალწლიანი დაკვირვებების წინასწარმა ანალიზმა გურიის რეგიონზე საშუალებას იძლევა გაკეთდეს შემდეგი დასკვნა. გურიის რეგიონი მოქმედი ბუნებრივი პროცესების პროგნოზირებისა და შესწავლის თვალსაზრისით შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც რთული დინამიკური სისტემა, რომელიც ძალიან მგრძობიარეა გარე ზემოქმედების მიმართ. მასში მიმდინარე პროცესები ატარებენ ძირითადად გარდამავალ ხასიათს. თუკი მიიღწევა დინამიური წონასწორობა სისტემის რომელიმე ნაწილში, მაშინ ეს წონასწორობა როგორც წესი ხანმოკლეა და სწრაფად ირღვევა, რადგან სისტემის ცალკეული ნაწილები ძალიან მჭიდროდ არიან დაკავშირებულნი. ზღვამ კატასტროფულად წარცხა გრიგოლეთის და ფოთის სანაპირო ზოლი და მიუხედავად სპონტანურად გატარებულ მრავალი საინჟინრო ღონისძიებისა ასეულობით მეტრით დაახვეინა ნაპირს უკან.

თანამედროვე პირობებში სულ უფრო მკაფიოდ დგება ნაპირების ტალღების დამანგრეველი მოქმედებისაგან დაცვის პრობლემა. ეს დაკავშირებულია 2 მიზეზთან:

ა) პლიაჟების გამორეცხვის პროცესების ინტენსიფიკაცია, რომლებიც წარმოადგენენ ნაპირის დაცვის ძირითად ელემენტებს;

ბ) თანდათანობითი რღვევა პლიაჟის გამმაგრებელი და შემნარჩუნებელი ალტურვილობისა, მათი კაპიტალურ რემონტთან დაკავშირებული სამუშაოების არარსებობის დროს. განსაკუთრებით ნათლად ჩანს ეს შავი ზღვის სანაპიროზე.

პლიაჟის გამორეცხვა განპირობებულია პირველ რიგში პლიაჟის წარმომქმნელი მასალების (კენჭები და ქვიშა) დეფიციტით და ანთროპოგენური ფაქტორების უარყოფითი მოქმედებით.

ამ გადაწყვეტილების ინჟინრული დასაბუთება წარმოადგენს ძალიან რთულ; და კომპლექსურ ამოცანას, რომელშიც უნდა გამოყოთ სამი ქვეამოცანა:

- ქარის მიერ გამოწვეული ტალღების პარამეტრების ტრანსფორმაციის გაანგარიშება ზღვის სანაპირო ზონაში მის დინამიკაზე ინჟინრული ალტურვილობის ზემოქმედების გათვალისწინებით;
- ზღვის სანაპირო ზონაში ქარ-ტალღური დინებების გაანგარიშება ინჟინრული ალტურვილობის კონსტრუქციის გათვალისწინებით;
- დინებისა და ქარის მიერ გამოწვეული ტალღების ზღვის სანაპირო ზონაში ლითოლინამიკურ პროცესებზე გავლენის გაანგარიშება.

ერთ-ერთი მეცნიერული მიდგომა, რომელიც საშუალებას იძლევა გადაწყვეტილ იქნას ეს ამოცანა კომპლექსურად და საფუძვლიანად, წარმოადგენს მათემატიკური მოდელების მეთოდების გამოყენება. საუბარია მათემატიკური მოდელების კომპლექსზე, რომელთაგან თითოეული წყვეტს თავის კერძო ამოცანას, მაგრამ მთლიანობაში ეს მოდელები საშუალებას იძლევიან მიაღწიონ საბოლოო შედეგს იმის საფუძველზე, რომ ყოველი მოდელი გამოიყენებს საწყის ინფორმაციად შედეგებს, რომელიც მიღებულია წინა მოდელის საშუალებით.

შავი ზღვის სანაპირო ზონის (გრიგოლეთის რეგიონი) მათემატიკური მოდელები

ბისას აუცილებელია ქარისა და ტალღური რეჟიმების მრავალწლიანი დაკვირვებების ძირითადი მონაცემების აუცილებელი ცოდნა, აგრეთვე მდინარეების შესართავების მახასიათებლების, კლიმატური პირობების, შავი ზღვის სანაპირო ნაწილის გეომეტრიული და ბატიმეტრიული მონაცემებისა და ნატანის გადაადგილების პროცესის ცოდნა სანაპირო ზონაში.

ამ პირობებში გადაწყვეტილებების მიღება ხარისხობრივი ანალიზის ან ზედაპირული რაოდენობრივი ანგარიშის დონეზე შეიძლება გამოიწვიოს კატასტროფული შედეგები. ამის მაგალითი და მათი შედეგები ძალზე ბევრია ფოთის რეგიონში.

სანაპირო წყლებს აქვთ განსაკუთრებული მნიშვნელობა ეკონომიკისა და გარემოს დაცვის თვალსაზრისით. სანავსადგურო აღჭურვილობა თავმოყრილია სანაპირო ზონაში. ბევრ რაიონში ნაპირი გამოიყენება დასასვენებელი პლიაჟებისთვის, ცურვისთვისა და განკუთვნილი ადგილებისთვის და სხვა სახის გართობისთვის. შეღფურ ზონაში არის ძირითადი თევზსარეწი რაიონები. შეღფის ზედა ან სანაპირო ნაწილი განსხვავდება იმით, რომ მასზე მოქმედებს ნებისმიერი სიმძლავრის ტალღები. დინამიური პროცესები, რომლებიც დამახასიათებელია ღრმა ზღვისთვის, წყალმარჩხ უბანში მიმდინარეობს გაცილებით ინტენსიურად და უფრო ხელმისაწვდომია დაკვირვებისთვის. ერთ-ერთ ძირითად პრობლემას წარმოადგენს ტალღების ზემოქმედებით წყალმარჩხ უბანში ქვიშიანი ნალექების გადატანის კანონზომიერების შესწავლა. ზღვაში ნალექების შემოტანა და განაწილება წარმოადგენს რთულ და მრავალსახოვან პროცესს და მისი კვლევისას აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას როგორც ჰიდროდინამიკური ფაქტორების გავლენა, ისე სანაპირო ზონის გეოგრაფიული თავისებურებებისა.

ნატანის ნიაღვრის ფორმირების პროცესი და მათი შემდგომი ტრანსფორმაცია შავ ზღვაში მიმდინარეობს როგორც ადამიანის აქტიური საქმიანობის ფონზე, ასევე სანაპირო დინებისა და დელტის გავლენით.

ძირითადი ამოცანა სანაპირო პროცესების მართვაში მიმართულ უნდა იყოს ჩამორეცხილი პლიაჟის აღდგენისკენ და არსებული პლიაჟების გაფართოებისკენ აუცილებელ ზომამდე სანაპიროს დაცვის მიზნით, რადგან პლიაჟი – ეს არის სანაპიროს დაცვის ძირითადი ელემენტი.

თხევადი და მყარი ფაზის ურთიერთქმედების პროცესები ძალიან რთულია. თანამედროვე დრომდე არ არის ნაპოვნი მკაცრი მათემატიკური აღწერა, ამიტომ კვლევის ძირითად მეთოდებს წარმოადგენს მოვლენების სხვადასხვა ფიზიკური მოდელების აგება.

სანაპირო ტალღებისა და დინებების პრობლემატიკის შესწავლის აქტუალობასთან დაკავშირებით საზღვაო ნაპირის ლითოდინამიკას ეძღვნება პუბლიკაციების ძალიან დიდი რაოდენობა.

თანამედროვე პირობებში მთელს მსოფლიოში სანაპირო რაიონებში მიმდინარე პროცესების კვლევისას ფართო გავრცელება ჰპოვა მათემატიკური მოდელირების მეთოდებმა, რომელიც მოიცავს ადექვატური მათემატიკური მოდელების შემუშავებას და გამოთვლითი ექსპერიმენტის წარმოებას კომპიუტერში.

შავი ზღვის სანაპირო ზონის მათემატიკური მოდელირებისას აუცილებელია ქარისა და ტალღური რეჟიმების მრავალწლიანი დაკვირვებების ძირითადი მონაცემების, მდინარეთა შესართავების მახასიათებლების, აგრეთვე კლიმატური პირობებისა და გეომეტრიული და ბატიმეტრიული მონაცემების ცოდნა.

დინამიური სანაპირო პროცესების სრული სურათი შეიძლება მივიღოთ არასტაციონარული სამგანზომილებიანი მოდელების საფუძველზე. თუმცა თანამედროვე მძლავრი კომპიუტერები საშუალებას იძლევიან რეალიზებულ იქნას ეს მოდელები ძეზღუდული სივრცით-დროით უბნებში.

კვლევა მიმართულია სანაპიროს დაცვისაკენ (ეკოლოგიური მასალით) და ეფექტური დამცავი დამბის (ზღვის მარილგამძლე პოლიპროპილენის მასალისგან დამზადებულ

ლი ტომრები დიამეტრით 3–21 მეტრი, სიგრძით—50 მეტრი, რომლის შევსება ხდება ადგილობრივი მასალით—სილით) გამოყენებისკენ, რომელიც წარმოქმნის პლიაჟს და დაიცავს პიდროლოგიური და მეტეოროლოგიური პირობებისგან.

სამუშაოს მიზანი იყო წყვეტილი გამჭოლი დამცავი აღჭურვილობის შექმნა და განსაზღვრა შემდეგი მონაცემებისა: თითოეული დამბის დაცილება სანაპირო ზოლიდან, მათ შორის მანძილი, აღჭურვილობის სიმაღლე.

ამ მიზნის მიღწევამ მოითხოვა ისეთი ამოცანების გადაწყვეტა, როგორცაა:

- სანაპიროს დაცვის ინჟინრული მეთოდების შემუშავება გრძივი გამჭოლი აღჭურვილობის საშუალებით; პლიაჟის ფორმირებაზე გავლენის კვლევა სხვადასხვა ტალღურ და ნატანის სიმძლავრის პირობებში; ხელოვნური რიფების კონსტრუქციული პარამეტრებისა და გეგმიური ადგილმდებარეობის განსაზღვრა, რომლებიც უზრუნველყოფენ სანაპიროს დაცვას გამორეცხვისაგან;
- რეკომენდაციების შემუშავება სანაპიროს დაცვისათვის გამჭოლი აღჭურვილობის საშუალებით; ტრადიციული მეთოდითა და გრძივი გამჭოლი აღჭურვილობის საშუალებით სანაპიროს დაცვის ეფექტურობის შედარებითი ანალიზი.

მსგავსი ობიექტების ჰიდროდინამიკური რეჟიმის კვლევა ითვალისწინებს:

- 1) ტალღის საშიში მიმართულების განსაზღვრა;
- 2) წყალმარჩხ უბანში ტალღური ველის ტრანსფორმაციის გაანგარიშება;
- 3) დაცულ აკვატორიაზე ტალღებისა და დინებების პარამეტრების განსაზღვრა;
- 4) სპეციალური ამოცანების გადაწყვეტა.

ზღვის სანაპირო ზონის მათემატიკური მოდელი შედგება ოთხი ძირითადი მოდულისგან:

- 1) შემთხვევითი ტალღების გაანგარიშების მოდული;

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \varphi \frac{\partial N}{\partial \varphi} + \lambda \frac{\partial N}{\partial \lambda} + K \frac{\partial N}{\partial K} + \beta \frac{\partial N}{\partial \beta} + \omega \frac{\partial N}{\partial \omega} = G_S; \quad (1)$$

სადაც φ – განედი, λ – გრძედი, k – ტალღური რიცხვის k – ტალღური რიცხვი, β – ტალღის ვექტორის მიმართულებასა და პარალელს შორის კუთხე, ω – ტალღის სიხშირე, t – დრო.

2. სანაპირო პროცესების მოდული.

$$\begin{aligned} \frac{\partial(h + \eta)}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial u q_x}{\partial x} + \frac{\partial v q_x}{\partial y} + g(h + \eta) \frac{\partial \eta}{\partial x} &= \frac{\partial}{\partial x} D_x \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} D_y \frac{\partial q_x}{\partial y} + f q_y - \tau_{bx} + \tau_{sx} \\ \frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial u q_y}{\partial x} + \frac{\partial v q_y}{\partial y} + g(h + \eta) \frac{\partial \eta}{\partial y} &= \frac{\partial}{\partial x} D_x \frac{\partial q_y}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} D_y \frac{\partial q_y}{\partial y} - f q_x - \tau_{by} + \tau_{sy} \end{aligned} \quad (3)$$

სადაც η – წყლის დონის აწევა; t – დრო; q_x და q_y – ნატანის მოძრაობის სიჩქარე x და y მიმართულებით; u და v – სიჩქარეები შესაბამისად x და y მიმართულებით; f – კორიოლისის პარამეტრი; D_x და D_y – ტურბულენტური სიბლანტის კოეფიციენტები; τ_{bx} და τ_{by} – ფსკერული ხახუნი; τ_{sx} და τ_{sy} – ტალღური დაძაბულობები.

3. ნატანის მოდელი.

$$\frac{\partial(hS)}{\partial t} + \frac{\partial(U_x hS)}{\partial x} + \frac{\partial(U_y hS)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(hD_1 \frac{\partial(S)}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hD_2 \frac{\partial(S)}{\partial y} \right) - q_s + q_b$$

სადაც S არის შეწონილი ნატანების კონცენტრაცია, D_1, D_2 – ჰორიზონტალური დისპერსიის კოეფიციენტი.

შეუკავშირებელი ნატანებისთვის:

$$q_s = \max(0, w_0(S - S^*)), \quad q_b = \max(0, w_0(S - S^*))$$

შეკავშირებული ნატანისთვის:

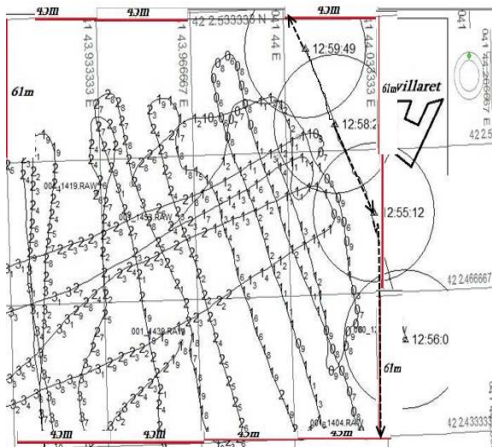
$$q_s = \max(0, w_0 S \left(1 - \frac{\tau}{\tau_d}\right)) \quad q_s = \max(0, M \left(\frac{\tau}{\tau_s} - 1\right))$$

სადაც S^* - ტივტივა ნატანის კონცენტრაცია; w_0 - დაღეკილი ნაწილების დაღეკვის სიჩქარე; Er - ეროზიის კოეფიციენტი; τ_d, τ_s - კრიტიკული მხები ძაბვები; τ - ფსკერული მხები ძაბვა; M - ექსპერიმენტალურად განსაზღვრული კონსტანტა.

4.მორფოლოგიური მოდელები:

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{1}{1 - n_p} \left(\frac{\partial q_{tot,x}}{\partial x} + \frac{\partial q_{tot,y}}{\partial y} \right) \quad (4)$$

სადაც n_p - ფორიანობის პარამეტრი; x და y - პორიზონტალური კოორდინატები, q_x და q_y - ნატანის ტრანსპორტის სიჩქარე შესაბამისად x და y მიმართულებით.



ნახ.1



ნახ.2

სანაპირო ტალღების მათემატიკური მოდელირება წარმოება მოდელებისა და ალგორითმების საფუძველზე, რომლებიც აღწერილია [1;3;4;5;6;7;8;9]-ში. ქვემოთ მოცემულ იქნება გრიგოლეთის რაიონში ტალღური რეჟიმის კვლევის შედეგები ზღვის უბნისთვის ზომით 180*163 მ (ნახ.1). ბიჯი x_1 ღერძის მიმართულებით: $\Delta x_1 = 5$ მ, x_2 ღერძის მიმართულებით: $\Delta x_2 = 5$ მ. კვანძების რიცხვი პირველი ღერძის მიმართულებით არის-36, ხოლო მეორეს გასწვრივ - 33. გაერცელების მიმართულება -დასავლეთი (x_1 -ის გასწვრივ); ტალღის სიმაღლე $H = 1$ მ; ტალღის პერიოდი $\tau = 4$ წმ.

მოცემული სამუშაოს შესრულებისას შემუშავებულ იქნა პროგრამული კომპლექსი. პროგრამის შემუშავების შემდეგ ჩატარდა ტესტირება გამოთვლითი ექსპერიმენტით მიღებული მონაცემებისა და ნატურალური მონაცემების შედარების მიზნით. შედეგებმა აჩვენა, რომ ექსპერიმენტის შედეგები შეესაბამება ნატანის ფორმირების რეალურ ფიზიკურ პროცესს.

ნატანის ბალანსის განტოლების საფუძველზე განისაზღვრება სიღრმის ცვლილება ნაპირის საკვლევ ნაწილში დროის რაგაც მონაკვეთში და განისაზღვრება ფსკერის ახალი ბატიმეტრია. ფსკერის ახალი ბატიმეტრისათვის რეფრაქციული მოდელის მიხედვით გამოითვლება ტრანსფორმირებული ტალღების ახალი მახასიათებლები, განისაზღვრება ნატანის ხარჯი და ფსკერის დეფორმაცია. ზემოთ აღწერილი პროცესი გრძელდება მანამ, სანამ არ დადგება წონასწორობის მდგომარეობა და ფსკერის პერეფორმირება არ შეწყდება.



ნახ.3.სანაპირო ზოლი დამბის გამოყენებამდე



ნახ.4.სანაპირო ზოლი გამაგრების შემდეგ.

ლიტერატურა

1. Li Yuguo, "Wavenumber-Extended High-Order Upwind-Biased Finite-Difference Schemes for Convective Scalar Transport", *J. Computational Physics*, **133**, pp.235–255, 1997
2. Брегвадзе А.В. Монография "Численное моделирование динамики морских течений". Поти-1996, 64с.
3. Nam, P.T., Larson, M., Hanson, H., Hoan, L.X., 2009. A numerical model of nearshore waves, currents, and sediment transport. *Coastal Engineering* 56, 1084-1096
4. Nam, P.T., Larson, M., 2010. Model of nearshore waves and wave-induced currents around a detached breakwater. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* 136(3), 156-176
5. Larson, M., Camenen, B., Nam, P.T., 2010. A unified sediment transport model for inlet application. *Journal of Coastal Research* (in press).
6. Nam, P.T., Larson, M., Hanson, H., Hoan, L.X., 2010. A numerical model of beach morphological evolution due to waves and currents in the vicinity of coastal structures. *Coastal Engineering* (submitted).
7. Hoan, L.X., Hanson, H., Larson, M., Donnelly, C., Nam, P.T., 2010. Modeling shoreline evolution at Hai Hau Beach, Vietnam. *Journal of Coastal Research* 26(1), 31-43.
8. Hoan, L.X., Hanson, H., Larson, M., Nam, P.T., 2010. Modeling regional on the Long Island coast, United States. *Coastal Engineering* (submitted).
9. Брегвадзе А.В., Сагинадзе И.С. Моделирование литодинамических процессов в прибрежной зоне. II Международная конференция „Неклассические задачи механики,“, 6-8.10.2012 Кутаиси, Грузия .

NEW ECOLOGICAL AND ECONOMIC METHODS FOR OFFSHORE COASTAL STRIP

A. BREGADZE, L. SICHINAVA

Akaki Tsereteli State University

Summary

The work deals with the effectiveness of using hydro dynamical numerical modeling at offshore coastal strips from storm process, beach washing and sand accumulation.

ჰოზნარ-ეკლარის კირქვიანი პლატოს ლანდშაფტები

ბასილაძე ე.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

შრომში განხილულია თუ რა მნიშვნელობა აქვს კარსტულ რელიეფს სხვადასხვა სამეურნეო საქმიანობაში, როგორცაა: სოფლის მეურნეობაში მიწების გამოყენება, მათი კონტურები, გზების გაყვანა, საცხოვრებელი სახლების განლაგება და სხვა. სვეე ყურადღებაა გამახვილებული იმაზე, რომ იგი შეიძლება გახდეს მიზეზი ცხოველების დაღუპვისა, რადგანაც ზოგჯერ კარსტული ჭები და წყაროები შეუმჩნეველი ხდება მათთვის.

ვრცელი მასალაა მოცემული საკვლევი ტერიტორიის გეოგრაფიული მდებარეობისა და განსაკუთრებით გეოლოგიური აგებულების, ასევე ეკოლოგიური პრობლემების შესახებ.

მიწისზედა კარსტული რელიეფის ფორმების შესწავლას, როგორც მეცნიერული, ასევე დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. იგი მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს მიწების ათვისების შესაძლებლობებს, მის კონტურებს, გზების გაყვანას. მასში ცვივდება მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვი, იშვიათად ადამიანიც, რაც ზოგჯერ მსხვერპლით მთავრდება. ხშირ შემთხვევაში მოსახლეობა მას ნაგვის ჩასაყრელად და საკანალიზაციოდ იყენებს. აქედან გამომდინარე ამ თვალსაზრისითაც საყურადღებოა და აუცილებელია მათი შესწავლა.

ჭოგნარ-ეკლარის ვაკე, რომელიც ეკლარა-ჭოგნარ-ნაგარევის უფრო მსხვილი გეომორფოლოგიური ერთეულის ნაწილია, მთლიანად სოფელ ჭოგნარში მდებარეობს და იკავებს ამ სოფლის ჩრდილო და ცენტრალურ ნაწილს. სამხრეთი - იმერეთის დაბლობზეა და წარმოდგენს მდ.მდ. ყვირილასა და წყალწითელას ჭალისპირა და ჭალისზედა ტერასას. პერიფერიებში რელიეფი გორაკ-ბორცვიანია. აღმოსავლეთით ისაზღვრება დიაგონალურად განფენილი ფარნალის სერით, რომელზეც მდებარეობს ამავე სოფლის უმაღლესი მწვერვალი - საკავეს (ფარნალის) მთა (ზ.დ. 262 მ.). სამხრეთ ნაწილში - სადათვიისა (ზ.დ. 165 მ.) და ნა-მოსახლარის (ზ.დ. 142 მ.) ბორცვებია.

საკვლევი ტერიტორიის შესახებ გეოგრაფიული გამოკვლევები გვხვდება: ლ.მარუაშვილის (1941), გ.დევდარიანის (1963), ი.სალინაძის (1961), ო.ჩხეიძის (2000, 2009, 2012) შრომებში.

ჭოგნარ-ეკლარის ფარგლებში, ვაკეს ტაფობისებური ფორმა გააჩნია. მის აღმოსავლეთ დაბოლოების აგებულებაში - მდ.ჭიშურის ხეობის მარჯვენა მხარეზე, მონაწილეობს: ეოცენური მერგელოვანი კირქვები, ზედა ეოცენური ფურცელა მერგელები, ოლიგოცენური თიხები და ქვიშაქვები-მარგანეცის შემცველობით. ო.ჩხეიძე (2000). ოლიგოცენის ზედა ნაწილი წარმოდგენილია სპონგოლიტური ქვიშაქვებით, რომელსაც უთანაბროდ ადევს შუა ეოცენური ქვიშაქვები. სამხრეთ-დასავლეთით უმეტესი ნაწილი აგებულია ზედა ცარცული (ტურონული-დანური) შრეებრივი კირქვებით და მერგელებით. სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილში, მცირე ფართობზე იზოლირებულად ვრცელდება კვანჭირის მადლობი. იგი ვაკის დანარჩენი ნაწილისაგან განსხვავდება გეოლოგიურ-მორფოლოგიური სახით. აგებულია უფრო ძველი ქვედაცარცული ნალექებით. ჩრდილო-დასავლეთით იგი ებმის იდილაურის მაღალტერასულ ვაკეს. აღმოსავლეთით და ჩრდილო-აღმოსავლეთით ჭოგნარ-ეკლარის ვაკეს, როგორც მის შემადგენელ ნაწილს. თხემის აღმოსავლეთი ზედაპირი მოკლებულია სიმკვეთრეს. იგი შედარებით რბილია და ნაზი მოსახულობის კონტურები ახასიათებს, დაფარულია მეტ-ნაკლები სიმძლავრის ნეშომპალა-კარბონატული ნიადაგებით. ო.ჩხეიძე (2000. გვ.143)

ჭოგნარ-ეკლარის კირქვიან-კარსტული ვაკის სინკლინურმა სტრუქტურამ და შრეების სუსტმა დისლოცირებამ განაპირობა შესაბამისი რელიეფის განვითარება, ამიტომ იგი მოსაზღვრე ბორცვნალ-სერებიან რელიეფთან შედარებით იმდენად ბრტყელი და დაბალია, რომ ერთი შეხედვით ტაფობს მოგვაგონებს. უშუალოდ ჭოგნარ-ეკლარის ვაკის სიგრძე 5-6 კმ-ია, სიგანე 3-4 კმ. მის ამგებელ ტურონ-დანური სქელ შრეებიან კირქვებსა და მერგელებს ახასიათებს შრეთა მცირე დახრილობა (7-8⁰) და სინკლინური სტრუქტურა. ამგებელი შრეები გამოირჩევა სუსტი ნაპრალიანობით, რაც ზრდის კირქვების საამშენებლო ღირებულებას. იგი საუკეთესო მოსაპირკეთებელი მასალაა. ვაკის ცენტრალურ ნაწილში დაკარსტვის პროცესი სუსტად მიმდინარეობს მიწისქვეშა წყლების მაღალი (საშუალოდ 1-1,5 მ) მდებარეობის გამო. ამიტომ ძველ, ხელით გათხრილ, გამონამუშევარ კარიერებში ჩამდგარი წყალი, ზაფხულის ბოლომდეა. პერიფერიისაკენ დაკარსტვის პროცესი ძლიერდება და ვითარდება კარსტული ძაბრები, წკვარამები, ჭები, მცირე მღვიმეები. სოფლის მეურნეობაში მხოლოდ ვაკის ზოგიერთი მონაკვეთია ათვისებული. მეორეადი ბუნებრივი მცენარეულობა ვაკეზე წარმოდგენილია შეცვლილი სუკსცესიებით: ბუჩქნარებით, ეკალბარდებითა და ბალახოვნებით. ზედაპირულად გაშიშვლებული კირქვისა და მარმარილოს შრეები მოკლებულია ნიადაგ-მცენარეულ

საფარს. ო.ჩხეიძე (2000. გვ. 257). ასეთი კარგად შეინიშნება ადგილ „ლოუცადში“, სადაც ალაგ-ალაგ „სიბი ქვის“ ზედაპირები ასეულობით კვადრატულ მეტრს იკავებს.

პროფ. ო.ჩხეიძე (2000) ჯოგნარ-ეკლარა-ნაგარევის ვაკეზე გამოჰყოფს რელიეფის ერთ გენეტიკურ ტიპს და ხუთ ქვეტიპს. I. რელიეფის ტიპი: ჯოგნარ-ეკლარ-ნაგარევის ბორცვანალი ვაკის დენუდაციურ-ტექტონიკურ-ეროზიული რელიეფი, კარსტულ, მეწყრული და ტექტონიკური ფორმებით. 1 ქვეტიპი - ჯოგნარ-ეკლარა-ნაგარევის ვაკის აღმოსავლეთ ნაწილში მდებარე მდ.ჭიშურის ატეცედენტური ხეობა, საკავე-აბანოსკლდის კუესტურ-ქარაფეროვანი მკვეთრი რელიეფით, ლოკალური ტერასული საფეხურებით. მეწყრულ-კარსტული და ტექტონიკური ფორმებით, გამომუშავებული ძირითადად შუა მიოცენური მცირე სისქის კირქვებისა და სპონგოლითური ქვიშაქვების სუსტად დანაოჭებულ სუბსტრატზე. ო.ჩხეიძე(2000). მეწყერიდან აღსანიშნავია ჭიშურის ხიდთან, მდინარის მარჯვენა მხარეზე წარმოქმნილი 50 მეტრი სიგრძისა და 12-15 მეტრი სიგანის მეწყერი, რომელმაც მცირე ხნით გადაკეტა კალაპოტი. მასზე დღესაც კარგადაა შემორჩენილი „მოვრალი ტყე“. ამ ქვეტიპის დასავლეთ ნაწილში „ბედნიერი გორის“ ჩრდილო ფერდობზე ლესელიძე-ნატახტარის საავტომობილო მაგისტრალიდან 20 მეტრზე მუხნარ-რცხილნარის ტყეში არსებული 7 მეტრის სიღრმის ჭას მცირე მღვიმეში ჩაყვავართ, რომლის მოცულობა 300 მ³-ზე მეტია. მის აღმოსავლეთით ხელოვნურად გაშენებულ ფიჭვის ტყეში 5 მეტრის სიღრმის სასულეა. სამხრეთ-აღმოსავლეთით, იქ, სადაც საბჭოთა ნაწილის მიტოვებული რკინა-ბეტონის გვირაბია, 8 მ სიღრმისა და 50 მ. დიამეტრის წკვარამია. ძაბრის ყელი ამოვსებულია. ფარნალის მთაზე არსებული ანძის დასავლეთით 350 მეტრზე 6 მ. სიღრმისა და 10 მ. დიამეტრის პატარა ძაბრია. შეინიშნება, რომ ახალი წარმოშობისაა. ქვეტიპში გაბატონებული მდგომარეობა უკავია მცენარე თაგვისარას, რომელსაც მოსახლეობა ეზოს ცოცხად იყენებს. ამ ძაბრებიდან სამის ყელი კირქვებში იხსნება. ფარნალის სერის დასავლეთ ფერდობზე ადგილ „ნაჩაიარის“ სამხრეთ-დასავლეთ კიდესთან 10 მ. სიღრმისა და 55 მ.დიამეტრის წკვარამია, რომლის ძაბრის ყელი გახსნილია. მასში აღნიშნული ტერიტორიიდან ჩამომავალი წყლები ჩაედინება. ძაბრი კირქვის ფლატის ძირშია. მიდამო მეორედი, მუხის და რცხილის ტყითაა დაფარული, რომელიც ეკალბარდებიან ქვეტიპს ვითარებს, რაც ამნელებს მის ვიზიუალურ დათვალიერებას. მისგან სამხრეთით 300 მ-ზე 2მ. სიღრმის დახშულყელიანი ძაბრია, რომელშიც 3 მოზრდილი დროებითი ნაკადი ჩაედინება. ისინი წვიმების დროს იმდენად დიდდებიან, რომ კარგად გამომუშავებული კალაპოტებიც კი გაუჩენიათ. დაკვირვების მომენტში მართალია მასში წყალი არ ჩადიოდა, მაგრამ იმდენად დიდი სისქის ნალექებით იყო ამოვსებული რომ შიგ პატარა გუბე იდგა. ზემოთაღნიშნულ წკვარამებს შორის ეს უკანასკნელი, შედარებით დაბალ ჰიფსომეტრიულ დონეზეა, მისი შეფარდებითი სიმაღლე, იქვე ახლოს მიწისქვეშა ნაკადების ზედაპირზე გამოსავლის (კაპრიდელის წყარო) ადგილიდან დაახლოებით 20 მეტრია. ნეშომპალა-კარბონატულ ნიდაგებთან ერთად გავრცელებულია მოწითალო ნიდაგები. ტყეში დომინირებს მეორადი მუხისა და თეთრი აკაციის ტყე. ქვეტიპში ბევრია შავი და წითელი კუნელი, რომელთაც სამკურნალო მნიშვნელობა აქვს.

ფარნალის სერის უკიდურესი სამხრეთ-დასავლეთი ფერდობი გამოირჩევა მძლავრი დელუვიონით. ტერიტორია დაცულია აღმოსავლეთის ძლიერი ქარებისაგან, მოსავლიანია და მას „ელიასოულს“ („ელია“-ამინდის ღვთაება) ეძახიან. მისგან დასავლეთით, ხეობის გაღმა, დასახლებული უბნიდან ჩამავალი გზის მარჯვენა მხარეზე, ციცაბო ფერდობებიანი ცილინდრული ფორმის, ჩაწყობილ ძაბრებიანი, ანუ რთული ფორმის წკვარამია. ლ.მარუაშვილი(1941. გვ.136). შემოსილია მუხისა და თეთრი აკაციის მეორადი ტყით. აქვე ახლოს, მცხოვრებ გ.რევიშვილის ყანაში საინტერესოა ერთი ჭა, რომელიც კირქვის ფლატის ძირში იხსნება. იგი ხეობის ფსკერიდან 18-20 მ. შეფარდებით სიმაღლეზეა ჩასასვლელიდან 10 მეტრ სიღრმის ქვემოთ, მასიურ კირქვაში ჭა გრძელდება 8 მ. სიღრმეზე, რომლის ფსკერზე მიწისქვეშა დროებითი ნაკადის აღუვიონია გამოტანილი. ამავე ქვეტიპშია ლესელიძე-ნატახტარის საავტომობილო მაგისტრალიდან სოფლის შესახვევის მარცხენა მხარეზე მდებარე საკმაოდ გაშლილი სივრცე. სოფლის გადასახვევიდან 100 მ. აღმოსავლეთით, გზის გვერდით საკმაოდ

ღრმა (10მ) და 100 მ. დიამეტრის წვეარამია. ყელი დახშულია. ამოვსებულია, როგორც ბუნებრივი, ასევე ანთროპოგენური (ნაგვიანი) ნალექებით. შემოსილია რცხილისა და ძელქვის მეორადი ტყით. გადასახვევის მარჯვენა მხარეს, იქვე გზის პირას იწყება ღია ყელიანი 7 მ. სიღრმისა და 12 მ. დიამეტრის წვეარამი. მასში შედარებით მცირე ტერიტორიდან ჩადის ზედაპირული წყლები და შესაბამისად ფსკერზე ცოტა დანალექებია. დანაგვიანებაც ნაკლებია. შესახვევის მარჯვენა მხარეს 200 მ-ზეა 3 მ. სიღრმისა და 10 მ. დიამეტრის ეკალ-ბარდებით დაფარული ღიაყელიანი წვეარამი. მისგან სამხრეთ-აღმოსავლეთით 110 მ-ზე ორი ერთმანეთისაგან 10 მ. დაშორებით 5 ე.წ. „ჩაწობილი“ ლ.მარუაშვილი(1941.გვ.136) ძაბრია. ერთი მცენარის ფესვებშია. წვეარამში საკმაო სისქის ნეშომპალიანი ნიადაგია, მიდამოში კი ძირითადი მოწითალო ნიადაგებია. სოფლის მცხოვრებ ჯ.კობახიძის სახლის აღმოსავლეთით 150 მეტრზე ორი ღიაყელიანი წვეარამია. პატარა 4 მ. სიღრმისაა, დიდი კი-7 მ. ყელი კირქვებში იხსნება. წვეარამის დიამტრი 105 მეტრს უთანაბრდება. მცენარეულობა: მუხის, თეთრი აკაციისა და რცხილის მეორადი ტყეა, კარგად განვითარებული ქვეტყით. აღნიშნული მცხოვრების სახლის ჩრდილოეთით 70 მეტრზე ახალი ძაბრი ვითარდება. აქ დაგუბებული წყალი უფრო და უფრო მალე შთაინთქმება; მცხოვრებ - ი.ივანეიშვილის სახლის აღმოსავლეთით 180 მეტრის მოშორებით 7 მ. სიღრმისა და 130 მ. დიამეტრის წვეარამია. ფსკერზე სქელი დანალექებით. მცენარეულობა თეთრი აკაციის მეორადი ტყითაა წარმოდგენილი. აქვე ახლოს 20 მეტრში 3მ. სიღრმის დახურულყელიანი ძაბრია; სოფლის გადასახვევიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთით, იქ სადაც ცენტრალური საავტომობილო გზა, „ბედნიერ გორას“ მიაღება და აღმოსავლეთით უხვევს ე.წ. „მრგვალი ტბის“ წვეარამია. მისი სიღრმე კლებულობს ტალახიანი ღვარების ჩადინებით. შემოსილია მუხის მეორადი ტყით. ნიადაგის ფენის ქვეშ მოტნეულია გუდრონის სქელი ფენა, რომელიც აქ ლესელიძე-ნატახტარის ავტომაგისტრალის პირველად მოასფალტებისას დაუღვრიათ. ჭოგნარ-ეკლარის პლატოზე ყველაზე დიდი წვეარამი მრგვალი ტბის სამხრეთ-დასავლეთით 150 მეტრზეა. მისი სიღრმე 8 მ. ხოლო დიამეტრი 200 მ-ზე მეტია. იგი ჩაწობილძაბრიანი ანუ რთული წვეარამია. აქაც მუხისა და რცხილის მეორადი ტყეა. სოფ. ჭოგნარის საფეხბურთო მოედნის აღმოსავლეთით 230 მ-ზე სულ რაღაც 50 მეტრში 7 ძაბრია. ყველა მათგანის ყელი ღიაა და კირქვებში იხსნება. ისინი ნოემბრიდან მარტის ბოლომდე დროებითი ზედაპირული ნაკადებით საზრდოობენ, ამიტომ იმდენადაა შეცვლილი რელიეფის მორფომეტრია, რომ თუ ახლო წარსულში აქ სიმინდის ყანა იყო იყო, ახლა ქვეითად გავლაც საშიშია. სელიტებურ ლანდშაფტებთან ახლოს მდებარეობის გამო ნაგავსაყრელებადაა ქცეული. ადგილ „ნამანდარინების“ აღმოსავლეთით საკმაო სიდიდის პოლიები, რომელზედაც მოსახლეობას სიმინდი მოჰყავთ. ნაწილი საძოვრებადაა ქცეული, ნაწილზე მუხის მეორადი ტყეა. სამხრეთ-აღმოსავლეთით პოლიები ებმის ზემოთ აღწერილ „ვაშლების“ წვეარამიან სივრცეს.

წვეარამების კონცენტრაციის მესამე კუთხე ე.წ. ადგილი „ეზოსბოლოზე“, „ელისეს“ და „ქოსიშვილების“ მინდვრებზეა, რომლებიც სოფლის გეოგრაფიული ცენტრის მიდამოებია. ჩვენ მათ დახასიათებას სამხრეთ-დასავლეთიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთისაკენ განფენილობით მოვახდენთ. წვეარამი - „ნემსაძის ხრამი“-ს სახელით მდებარეობს ამჟამინდელი მოსახლე მ.დოლონაძის ეზოსბოლოზე. მისი სიღრმე -5მ., დიამეტრი კი 10 მ-ია. იგი გაჩენილია დამრეც ფერდობზე, ამიტომ წყლის ნაკადების ჩადინება გამოკვეთილად არ ჩანს. ნაგავსაყრელებადაა გადაქცეული; ადგილ „ეზოსბოლოს“ სამხრეთ-აღმოსავლეთით 250 მ. მოშორებით განედურადაა განფენილი 3 მ. სიღრმისა და შესაბამისად სიგრძე, სიგანე 8, 10 მეტრის, თითქმის ბრტყელძირიანი, ცილინდრული, დედაქანების ჩანგრევით გაჩენილი წვეარამი. ლ.მარუაშვილი (1941. გვ.135). საყანე მიწებიდან მოსული წყალი ფსკერზე არსებულ პატარა (0,6 მ.) სიღრმის ძაბრში ჩადის, რომლის ყელი დახშულია. აქ მუხისა და რცხილის მეორადი ტყეა. ამ უკანასკნელიდან დასავლეთით 80 მეტრზე ორძაბრიანი რთული წვეარამია. ძაბრების სიღრმე 1,5 მეტრია, ყელი დახურულია. წვეარამის დიამეტრი 8-10 მეტრია. წყალს მხოლოდ აღმოსავლეთ მხრიდან იკრებს. გაბატონებულია ძელქვა. იქვე ახლოს 7-8 მეტრი დიამეტრის წვეარამი

ობადება. ამჟამად იგი ჯაგრცხილითა და ეკაღბარდებითაა დაფარული. „ეზოსბოლო“ უკიდურეს სამხრეთ-აღმოსავლეთით 15 მ-ის დაშორებით-ძაბრია, რომელიც ვაკე ზედაპირზე იხსნება. მასში 18-20 წლის წინ ჩასვლა შესაძლებელი იყო. ყელი სიღრმეში განივრდება და პატარა მღვიმით მთავრდება. ძაბრის ფსკერზე ზემოთაღნიშნულ წვევარამებსა და ძაბრებში ჩასული წყლების ნაკადი მიედინება. აქედან ჩრდილო-დასავლეთით ადგილ „შემოღობილში“ 45 წლის წინ ერთმანეთთან ახლოს მდებარე მცენარის ფესვებში 2 ძაბრი საკმაოდ დიდ ხარჯიან დროებით ნაკადებს ღებულობდა. ისინი კარგახანია ამოიქოლა. ძლიერი წვიმებისა და ნაღნობი თოვლის წყალი ტბორავს იქაურობას, რომლის ნაწილი გზას ზედაპირულად აგრძელებს, ნაწილიც მიწაში ჩაიჭონება. ასე რომ ადგილი „შემოღობილი“ ტიპური პილიეა. სოფლის ამ კუთხეში ყველაზე ღრმა ძაბრი აღნიშნულიდან ჩრდილო-დასავლეთით 120 მეტრი დაშორებითაა, რომლის სიღრმე -14 მ., დიამეტრი კი 25 მეტრია. ძაბრი კირქვის შრეების ძირში - ნახევრადდახშულია. მასში დიდი რაოდენობით ეროზირებული ნიადაგი ჩაიტანება, თუმცა იშვიათია, რომ სწრაფად არ გაატაროს წყალი. აქ 50-60 მ. მოშორებით ძაბრი და ტიპური კარსტული ჭაა. ისინიც ნაგავსაყრელადაა ქცეული; მართალია რელიეფის საერთო დახრა ჩრდილო-დასავლეთითაა, მაგრამ ძაბრების, ჭებისა და წვევარამების განლაგება მკვეთრად შემობრუნდება სამხრეთით. შესაბამისად მიწისქვეშა ნაკადებიც ასე აგრძელებს გზას და გამოსავალს ძირითადად დარის წყაროზე ჰპოვებს. ამ ხაზზე ღრმა ჭები და ძაბრებია, რომლის ნაწილი აჭარიდან ჩამოსახლებული ემიგრანტების ეზოებშია. (საბჭოთა წლებში ამ მიდამოებში დიდი მაცივარი კეთდებოდა. სსრკ-ის დაშლამ შეწყვიტა მშენებლობა. მუშა-მოსამსახურეებისათვის განკუთვნილ სახლებში აჭარლები შეასახლეს), რაც საშიშროებას უქმნის მოსახლეობას. რიგი მათგანი ახალი წარმოშობისაა. ყველაზე ღრმა ჭისთვის, რომელიც აქ არსებული ტრანსულაციის ცენტრის მიდამოებშია, ბეტონის ფილა გადაუფარებიათ. მასში ჩასვლა 15 მეტრზე შეიძლებოდა, თუმცა გაცილებით ღრმა იყო, რასაც ჩაგდებული ქვის ხმაურის ხანგრძლივობა ამტკიცებდა. მთლიანობაში „ეზოსბოლო“, „ელისეს“ და „ქორისაშვილების“ მინდვრები დაცხრილულია კარსტული ჭებითა და ძაბრებით. გვაქვს 2 მოზრდილი წვევარამი.

მიწისზედა კარსტული ფორმების მეოთხე მთავარი გამოვლინება ადგილ „ელისეს მინდვრებსა“ და „სადათვიას სერს“ შორისაა. იგი იწყება „ნაბამბრეში“ პოლიეს სახით და წვევარამებითა და ძაბრებით დასავლეთით გრძელდება 550 მეტრზე. პოლიეს დასავლეთით 2 მ. სიღრმისა და 10 მ. დიამეტრის წვევარამია. იქვე ახლოს ზ.დ-დან 145 მ-ზე, 5 მ. სიღრმის ყელამოვსებული „დადგმული“ ძაბრია. ლ.მარუაშვილი(1941.გვ.136); ტყეში გამავალი მაღალი ძაბვის ხაზის ქვეშ მასიურ კირქვებში იხსნება 6 მ. სიღრმის ყელდახშობილი ძაბრი, რომლის დასავლეთით კიდევ 2 ძაბრია.

ამრიგად ჭოგნარ-ეკლარის კირქვიან პლატოზე მდებარე, შრომაში განხილული მრავალრიცხოვანი წვევარამები, ძაბრები, ჭები და პოლიები ნათლად მეტყველებს აქ მიწისზედა კარსტული რელიეფის ფართოდ განვითარებაზე. საკითხის მორფოჰიფსომეტრიული შესწავლა, გარკვეულწილად ხელს შეუწყობს სოფლის მცხოვრებთა მიერ მათ დაცვას, ხიფათისა და მატერიალური ზარალის თავიდან აცილებას; განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს მათ ეკოლოგიურ მდგომარეობას; სოფლის მცხოვრებთა უდიდესი ნაწილი სარგებლობს რა, მათში ჩაუონილი წყლების მიწისზედა გამოსავლებით-წყაროებით, ამიტომ იქმნება საშიშროება ეპიდემიის გავრცელებისა. უსწრაფესად აუცილებელია მათში ნაგვის ჩაყრის აკრძალვა.

ლიტერატურა

1. დევდარიანი გ, ოკრიბის ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათებისათვის. თსუ შრ. ტ. 90. 1963. გვ. 129-143.
2. მარუაშვილი ლ, ქუთაისისა და წყალტუბოს რაიონების წვევარამები. ქუთაისის აღ.წულუკიძის სახელობის სახელმწიფო პედაგოგიური ინსტიტუტის შრ. ტ. III. 1941. გვ.129-143.
3. საღინაძე ი, სასწავლო გეომორფოლოგიური ექსკურსიები ქუთაისის მიდამოებში. გამომცემლობა „ცოდნა“, თბილისი 1961. გვ. 65





4. ჩხეიძე ო, სასწავლო გეომორფოლოგიური ექსკურსიები იმერეთში. თბ. 2000 გვ. 315
5. ჩხეიძე ო, იმერეთის ფიზიკური გეოგრაფია. ნაწ. II. ქუთაისი 2009. გვ. 438
6. ჩხეიძე ო, ჯინჯიხაძე ფ, ჩხეიძე ს, ოკრიბის ლანდშაფტები. ქუთაისი 2012. გვ. 236

Landscapes of limestone Plateau of Chognar-Eklar

Basiladze E.

Akaki Tsereteli State University

The study of overground karst relief has scientific and practical importance. It significantly determines the opportunities of lands use in agriculture, as well as in urban road building. It deserves high attention in economic estimation of lands.

Morph hypsometric characterization of these forms, reveals their densit in the space unit. It is the highest on the central and North-east parts of the plain. Attention is centered on their ecological conditions.

There were found many swallets turned into waste bins and karst well.

Conclusions are the following: ecological conditions must be improved immediately as these underground waters appare as drinkable springs for the rural population. So there is a high threat of epidemics. The article gives detailed description of 48 units: karst sinkhole, well, swallet and polie.

მეწყობის ბანვითარების დინამიკა და ბუნებათსარბებლობის პრობლემები ლეჩხუმის რეგიონში

ბლიაძე ნ.ნ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლეჩხუმი მთიან რეგიონს წარმოადგენს და ხასიათდება რთული ლანდშაფტურ-კლიმატური პირობებით. დიდი პიფსომეტრული დანაწევრება, ფერდობების დახრილობა, ადგილადშლადი ქანების არსებობა და უხვი ატმოსფერული ნალექი ხელს უწყობს ისეთი თანამედროვე გეომორფოლოგიური პროცესების ინტენსიურ განვითარებას, როგორცაა ნაშალი მასალის ზედაპირული გადარეცხვა, დვარცოფული მოვლენები, მეწყრები, კლდეზვავები, თოვლის ზვავები, მდინარეული და ფერდობული ეროზია, ქვათაცვენა, დატბორვა და სხვა, მარამ მათ შორის ძირითადად დომინირებენ მეწყრული პროცესები. ძლიერ დანაწევრებული რელიეფი არახელსაყრელ პირობებს ქმნის მოსახლეობის განსახლებისათვის და ტერიტორიის სასოფლო-სამეურნეო ათვისებისათვის, რის გამოც მოსახლეობა რაიონის ტერიტორიაზე არათანაბრადაა განსახლებული და მისი დიდი ნაწილი თავმოყრილია მთისწინეთებსა და ხეობებში. იქ, სადაც, ფერდობები აგებულია მეწყრულ-ეროზიული პროცესებისადმი ყველაზე დაბალი მდგრადობის ქანებით. გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური თვალსაზრისით ეს ის ზონაა, სადაც გეოლოგიური განვითარების გარკვეულ ეტაპზე ადგილი ჰქონდა მეწყრული პროცესების საგრძნობ აქტივიზაციას, ამის მკაფიო მაგალითს იძლევა რელიეფის მკვეთრად გამოხატული საფეხუროვანი ფერდობები და მეწყრული ლანდშაფტები.

საქართველო სტიქიურ-კატასტროფული მოვლენების განვითარების მასშტაბებით, დროში განმეორებადობით, მოსახლეობისა და საინჟინრო-სამეურნეო ობიექტებისადმი მათგან მიყენებული ნეგატიური შედეგებით ერთ-ერთ ურთულეს რეგიონს განეკუთვნება. ამასთან, გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ სტიქიური გეოლოგიური პროცესებით განპირობებული გეოეკოლოგიური კატაკლიზმები უმეტესად მთის ზონაზე მოდის, მასზევე მოდის დღემდე დაფიქსირებული მეწყრულ-გრავიტაციული პროცესების თითქმის 2/3. სტიქიური გეოლოგიური პროცესების განვითარების მთავარი ხელშემწყობი ფაქტორებია რელიეფი, ლითოლოგიური აგებულება, სეისმურობა, ნეოტექტონიკა და კლიმატი.

საკვლევი ტერიტორია – ლეჩხუმში მთიან რეგიონს წარმოადგენს და ხასიათდება რთული ლანდშაფტურ-კლიმატური პირობებით. დიდი ჰიფსომეტრული დანაწევრება, ფერდობების დახრილობა, ადვილადშლადი ქანების არსებობა და უხვი ატმოსფერული ნალექი ხელს უწყობს ისეთი თანამედროვე გეომორფოლოგიური პროცესების ინტენსიურ განვითარებას, როგორცაა ნაშალი მასალის ზედაპირული გადარეცხვა, დვარცოფული მოვლენები, მეწერები, კლდეზვავები, თოვლის ზვავები, მდინარეული და ფერდობული ეროზია, ქვათაცვენა, დატბორვა და სხვა, მარამ მათ შორის ძირითადად დომინირებენ მეწერული პროცესები.

ლეჩხუმში მეწერების ინტენსიური განვითარებისათვის უმნიშვნელოვანესი ხელშემწყობი ფაქტორია ლითოლოგიური შედგენილობა. მაგალითად, შუა ლეჩხუმის სერი მთლიანად მიოცენური და ოლიგოცენური ნაფენებით არის აგებული. განსაკუთრებით ფართო გავრცელება აქვთ შუა მიოცენის თიხებს, ქვიშაქვებს და კარბონატულ ქანებს (2). აღნიშნული გეოლოგიური ფორმაციები ინტენსიურად იმეწერებიან, რაც სერიოზულ ზიანს აყენებს ადგილობრივ სოფლის მეურნეობას და ხელს უშლის საგზაო მშენებლობას. სწორედ მეწერებმა აიძულეს ცაგერ-ორბელის საავტომობილო გზის მშენებლები ეს უკანასკნელი გაეყოლებინათ მაღალი კირქვიანი სერის ძირისათვის. ცაგერის ქვაბულის ფერდობებზე ადგილი აქვს ოლიგოცენ-მიოცენური თიხნარი წყებების დამეწერვას. მოქმედი მეწერი არის ქვაბულის მარჯვენა ფერდობის სამხრეთულ ნაწილში სოფელ წიფერჩის ტერიტორიაზე. აქ დამეწერვას გაუჩენია მთელი რიგი პატარ-პატარა ტბები. ამ უკანასკნელთა ნაწილი უკვე დამშრალია, ნაწილი კი დღესაც წყლითაა ამოვსებული. მოქმედი მეწერების გვერდით არის ძველი მეწერებიც. მეწერები განვითარებულია მდინარე კვერეშულას აუზშიც, რომელიც ცხენისწყალს მარჯვნიდან შეერთვის ცაგერის ქვაბულის ფარგლებში.

რეგიონის ტერიტორიაზე საშიში გეოლოგიური პროცესების კერების ჩასახვა-განვითარებას და არსებული კერების გააქტიურებას, ექსტრემალურ გეოლოგიურ და მორფოლოგიურ პირობებთან ერთად განაპირობებს კლიმატური თავისებურებები; კერძოდ, მისი ისეთი მნიშვნელოვანი კომპონენტი, როგორცაა ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა და მათი სეზონური განაწილება. ასევე მეწერების განვითარებისათვის განსაკუთრებით საინტერესოა თავსხმა წვიმების სახით (30 მმ-ზე მეტი) მოსული ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა.

ნალექების საშუალო მრავალწლიური მაჩვენებელი ცაგერის მეტეოსადგურის მონაცემების მიხედვით 1020 მმ-ს შეადგენს. თუმცა ხშირია წლები როცა, მოსული ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა მეტია ან ნაკლებია საშუალო მრავალწლიურ მაჩვენებელზე. თუ გავანალიზებთ საკვლევ რაიონში უკანასკნელი წლების ატმოსფერული ნალექების მოსვლის რაოდენობას ცაგერის მეტეოსადგურის მონაცემების მიხედვით, აღმოჩნდება რომ ლეჩხუმის რეგიონში როდესაც ადგილი ჰქონდა მეწერების ექსტრემალურ გააქტიურებას, იმ პერიოდში მოსული ატმოსფერული ნალექების რაოდენობრივი მაჩვენებელი მნიშვნელოვნად აღემატებოდა საშუალო მრავალწლიურს, განსაკუთრებით თავსხმა ნალექების რაოდენობით და დროში განმეორებადობით. 1987-1998 წლებში ადგილი ჰქონდა როგორც ძველი მეწერების კატასტროფულ გააქტიურებას, ასევე ახალი მეწერული კერების წარმოშობა-განვითარებას, რისი ძირითადი მიზეზი ბუნებრივია აღნიშნულ წლებში გაზრდილი ატმოსფერული ნალექებია. მაგალითად 1987-88 წლებში ცაგერის რაიონში დაფიქსირდა 113 გააქტიურებული და 18 ახლად წარმოშობილი მეწერული უბანი, 1989-91 წლებში კი შესაბამისად 109 და 14; 1992-95 წლებში არ დაფიქსირებულა ახალი მეწერების წარმოქმნის ფაქტები, მხოლოდ ძველი მეწერების გააქტიურების 89 შემთხვევა აღირიცხა. 1996 წელსაც ძველი მეწერების გააქტიურების 22 შემთხვევა იყო, 1998 წელს საკვლევ რეგიონში დაფიქსირდა ახალი მეწერების წარმოქმნის მხოლოდ 2 და ძველი მეწერების გააქტიურების 14 შემთხვევა. აღნიშნული სტიქიური პრო-



ცესების შემცირებას ადგილი ჰქონდა ატმოსფერული ნალექების კლების პარალელურად. მაგალითად, საქართველოს კლიმატური ცნობარის მონაცემების მიხედვით, 2009 წელს ცაგერში დაფიქსირდა 1038 მმ ნალექი, თავსხმა ნალექი მოვიდა 5, 6 და 7 ივნისს და შესაბამისად შეადგინა 57,0; 35,0; 41,0 მმ, 18 ივნისს კი მოსულმა ატმოსფერულმა ნალექმა 36 მმ შეადგინა, რაც წინა წლებთან შედარებით გაცილებით მცირეა. სწორედ ამან განაპირობა აღნიშნულ წელს სტიქიური გეოლოგიური პროცესების შედარებით დაბალი აქტიურობა და სტაბილიზაცია (3). ხოლო 2010 წელს ცაგერში ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა საგრძნობლად გაიზარდა და მხოლოდ თერთმეტი თვის მონაცემების მიხედვით 1450 მმ შეადგინა, საშუალომრავალწლიური ნორმიდან გადახრა კი + 351 მმ-ი იყო. ნალექების დადებითი გადახრის ფონზე საკვლევ რაიონში მეწყერული პროცესების მასშტაბური ტრანსფორმაცია დაფიქსირდა. მათი პროვოცირება განაპირობა თავსხმა ნალექმა და მათმა ხშირმა განმეორებადობამ. ცაგერის რაიონში მარტში 205 მმ ნალექი მოვიდა, ხოლო თავსხმა წვიმების სახით 9 დეკემბერსა და 15 მარტს შესაბამისად 45 მმ და 36 მმ, რამაც მდ. ლაჯანურის აუზში გამოიწვია როგორც ახალი მეწყერული უბნების წარმოქმნა, ასევე ღვარცოფული ნაკადების ფორმირება, რამაც კიდევ უფრო გაართულა სოფ. ლაჯანას მოსახლეობის მდგომარეობა (4).

რაც შეეხება უკანასკნელ 2012 წელს, ცაგერის მეტეოსადგურის მონაცემებით, 10 თვის მანძილზე მოვიდა 750 მმ ნალექი, თავსხმა ნალექმა 28 ივნისს 62, 2 შეადგინა, 22 სექტემბერს კი 65 მმ-მდე გაიზარდა, რის ფონზეც 2012 წლის განმავლობაში ადგილი ჰქონდა მეწყერული პროცესების გააქტიურებას და დაფიქსირდა 30 მეწყერული უბანი (1).

ძლიერ დანაწევრებული რელიეფი არახელსაყრელ პირობებს ქმნის მოსახლეობის განსახლებისათვის და ტერიტორიის სასოფლო-სამეურნეო ათვისებისათვის, რის გამოც მოსახლეობა რაიონის ტერიტორიაზე არათანაბრადაა განსახლებული და მისი დიდი ნაწილი თავმოყრილია მთისწინეთებსა და ხეობებში. იქ, სადაც, ფერდობები აგებულია მეწყერულ-ეროზიული პროცესებისადმი ყველაზე დაბალი მდგრადობის ქანებით (5). გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური თვალსაზრისით ეს ის ზონაა, სადაც გეოლოგიური განვითარების გარკვეულ ეტაპზე ადგილი ჰქონდა მეწყერული პროცესების საგრძნობ აქტივიზაციას, ამის მკაფიო მაგალითს იძლევა რელიეფის მკვეთრად გამოხატული საფეხუროვანი ფერდობები და მეწყერული ლანდშაფტები.

სოფელ მუხლის სამხრეთით მდებარე ხეობის ორთავე ფერდობი ძლიერ დამეწყერილია, რის გამოც ეს ადგილი ან გამოუყენებელია, ან მხოლოდ სათიბად იხმარება. დათესილი სათიბი ბალახი ვერ აკავებს მეწყერების მოძრაობას. მისი შეჩერება მხოლოდ ტყის გაშენებით შეიძლება. საკვლევ რეგიონში მეწყერების წარმოშობის ერთ-ერთ მიზეზად, სხვა მთავარ ფაქტორებთან ერთად გვევლინება ლაჯანურის წყალსაცავიც. მდინარე ლაჯანურზე წყალსაცავის მშენებლობამ გამოიწვია მიწისქვეშა წყლების დონის აწევა, რის გამოც ძველი და ახალი მეწყერები კიდევ უფრო გააქტიურდნენ წყალსაცავის შემოგარენში. დამანგრეველ მეწყერულ პროცესებს 1962 წელს ადგილი ჰქონდა ლაჯანურის წყალსაცავის აუზში და პერიოდულად დღესაც მიმდინარეობს. განსაკუთრებით გააქტიურდნენ სოფელ უსახელოს ტერიტორიის მეწყერები და აღნიშნული სოფლის წყალსაცავის მოსაზღვრე ნაწილს საფრთხე ემუქრება. 2012 წელს აღნიშ-



სურ. 1. მეწყერი სოფ. სურმუშში

ნული წყალსაცავის ზემოქმედების შედეგად მდ. ლაჯანას მარჯვენა სანაპიროზე გაჩნდა ახალი მეწვერული კერები, რომლებიც დინამიკაშია მოსული და სეზონურად მთლიანად კეტავს სპათაგორ-უსახელოს საავტომობილო გზას. ანალოგიური ვითრებაა სოფელ სურმუშიც, სადაც მეწვერული სხეული ცოცვითი ტიპისაა, 8-10 მ სიმაღლის, სიგრძე 500-600 მეტრია, სიგანე 250-300 მეტრი, მოიცავს მთელ ფერდობს, ფერდობის ზედა ნაწილში მდებარეობს ე. წ. სურმუშის ტბა, რომლის წყალი მთავარი მკვებავი არტერიია მეწვერული სხეულისათვის, რაც ხშირ შემთხვევაში მეწვერის გააქტიურებისა და მისი დინამიკაში მოსვლის ერთ-ერთ მიზეზს წარმოადგენს. აქტიური მეწვერული პროცესის რისკის ზონაშია მოქცეული სოფ. ლაილაში, ღუ, უსახელო და სხვა. მეწვერსაწინააღმდეგო სამუშაოების ჩატარების შემდეგ წინა წლებთან შედარებით სტაბილიზირებულ უბნებს წარმოადგენს სოფლები: ტვიში, ლახეფა, ორხვი, ოყურეში და საირმე.

მდინარე ლაჯანურის ხეობაში არსებული მეწვერები ძირითადად დელუვიურ ნაფენებთანაა დაკავშირებული და სპორადული გავრცელებისაა. წვიმების დროს ნაშალი მასალა სელური მოვლენების განვითარებას უწყობს ხელს. მის საწინააღმდეგოდ საჭიროა ჩასახვის კერების ლიკვიდაცია ისეთი ღონისძიებებით, როგორცაა ფერდობთა დატერასება უკუდახრილი ზედაპირების სახით, ბალახების თესვა და ტყის გაშენება.

რაჭა-ლენხუმის სინკლინის არეში ფართოდ გავრცელებული მეწვერული წარმონაქმნების გენეზისი მთელ რიგ შემთხვევებში დაკავშირებულია ანთროპოგენურ ფაქტორთან -- ტყის გაჩეხვასთან, სახნავების დამუშავებასთან და ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის სხვა სახეებთან. მეწვერები განვითარებულია ზედა ალვის, უცხერის და სხვა სოფლების ტერიტორიებზე. მდგომარეობას ართულებს ის ფაქტი, რომ მეწვერების საწინააღმდეგოდ არავითარი ბრძოლა არ წარმოებს. ადგილობრივი მოსახლეობა ამჯობინებს საცხოვრებლად სხვა ადგილებში გადასვლას და არავითარ ღონისძიებებს არ ატარებს მეწვერების მავნე მოქმედებების შესაჩერებლად.

გარემოს ეროვნული სააგენტოს გეოლოგიური მართვის დეპარტამენტი იძლევა მთელ რიგ რეკომენდაციებს, რომელთა მიხედვით, მოსახლეობის უსაფრთხოებისათვის აუცილებელ და გადაუდებელ პირობებს წარმოადგენს შემდეგი მეწვერსაწინააღმდეგო ღონისძიებების გატარება:

1. ფერდობზე ზედაპირული წყლების რეგულირება, სადრენაჟო არხების მოწყობა, მეწვერული წყალსაცავებისა და ზედაპირზე განტვირთული გრუნტის წყლების რეგულირება.
2. საჭიროა ფერდობზე არსებული ნაპრალების ამოვსება-მოტკეპვნა თიხური ქანებით.
3. დამეწვრილ ფერდობებზე მრავალწლიანი ნარგავების დარგვა, რომლებიც ხასიათდებიან ღრმა ფესვთა სისტემით და აორთქლების დიდი ინტენსივობით.
4. სასურველია აიკრძალოს მძიმე ნაგებობების მშენებლობა.
5. უნდა აიკრძალოს ფერდობის დამუშავება ერთწლიანი კულტურების მოსაყვანად.

აღნიშნული რეკომენდაციები აუცილებლად უნდა გატარდეს, რადგანაც სახლებს ემატებათ დეფორმაციები და გამჭოლი ბზარები. რეკომენდაციების გაუტარებლობის შემთხვევაში საცხოვრებელი სახლები დროთა განმავლობაში გამოუსადეგარი გახდება საცხოვრებლად.

გეოგრაფიულ გარემოში ადამიანის საქმიანობის მასშტაბები იმდენად დიდია, რომ დაუსახლებელი მაღალმთიანეთის სივრცის გარეთ თითქმის შეუძლებელი ხდება ერთმანეთისაგან გამიჯვნა ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორებით პროვოცირებული სტიქიური მოვლენებისა, ხოლო საქართველოს მთელ რიგ რეგიონში და მათ შორის ცაგერის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე გეოლოგიურ გარემოზე ანთროპოგენური დატვირთვის კოეფიციენტი 0.7-0.9 აღწევს და გეოეკოლოგიური სიტუაცია კრიზისულ მდგომარეობამდე არის გართულებული. ამით არის გამოწვეული, რომ დღეისათვის საქართველოს ტერიტორიის 70%-ზე მეტი და 3000-მდე დასახლებული პუნქტი გეოლოგიური სტიქიის საშიშროების რისკშია მოქცეული.



ლიტერატურა

1. გარემოს ეროვნული სააგენტო გეოლოგიური საშიშროებისა მართვის დეპარტამენტი საინფორმაციო ბიულეტენი // „საქართველოში 2012 წელს სტიქიური გეოლოგიური პროცესების განვითარების შედეგები და პროგნოზები 2013 წლისათვის“, თბილისი, 2012. 295 გვ
2. მარუაშვილი ლ. ლენხუმის გეომორფოლოგიური დახასიათება. // *ვახუშტის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტის ფონდები*, თბილისი, 1958. გვ. 152-158
3. საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო/გარემოს ეროვნული სააგენტო/ გეოლოგიური საშიშროებისა და გეოლოგიური გარემოს მართვის დეპარტამენტი/ სტიქიური პროცესების, საინჟინრო გეოლოგიის და გეოეკოლოგიის სამმართველო საინფორმაციო ბიულეტენი // „საქართველოში 2009 წელს სტიქიური გეოლოგიური პროცესების განვითარების შედეგები და პროგნოზები 2010 წლისათვის“, თბილისი, 2010. 465 გვ.
4. საქართველოში 2010 წელს სტიქიური გეოლოგიური პროცესების განვითარების შედეგები და პროგნოზები 2011 წლისათვის. // „საქართველოში 2010 წლის გეოლოგიური სტიქიის მდგომარეობის ზოგადი შეფასება“, თბილისი,
5. ხარატიშვილი მ. ცაგერის რაიონის ლანდშაფტური ანალიზი. // *გეოგრაფიული საზოგადოების შრომები*. ტ XVII თბილისი, 1988. გვ. 82-93.

THE DYNAMICS OF THE LANDSLIDE AND THE DYNAMICS AND PROBLEMS ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE REGION LECHKHUMI

N. BLIADZE

Akaki Tsereteli State University

Summary

Lechkhumi is a mountainous area, characterized by complex landscape-climatic conditions. Hypsometric great separation, the slope of the slope, the existence of easily decomposed rocks and abundance of precipitation contributes to the development of intensive geomorphologic processes such as weathering of the surface, landslides and rock avalanches, river erosion, flood, etc., but mostly dominated by landslide processes.

Highly fragmented terrain creates unfavorable conditions for resettlement and agricultural development, for which most of the population in the uneven relocated. Where slopes are based landslide risk - erosion processes at the lowest stabilization. Geological and geomorphologic terms, this is one area where the geological development stage, there were several significant activation of landslides, it provides a clear example of the terrain slopes and landslides views expressed a ladder.

ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ.

ГАМКРЕЛИДZE E., СИРБИЛАДZE T. СИРБИЛАДZE K., МАМАГЕИШВИЛИ И.

Государственный университет Акакия Церетели

В течение своей жизни все живые организмы нашей планеты подвергаются действию ионизирующего излучения. Испытание атомного оружия, а также его использование в мирных целях (в медицине, атомные электростанции и др.) повышают радиоактивный фон. Все это делает необходимым изучение ионизирующего излучения и особенно его воздействия на живые организмы. А более важно поиски защитных средств.

Все обитатели Земли в небольших дозах постепенно подвергаются действию ионизирующего излучения-космических лучей и радиоактивных изотопов, входящих в состав самих организмов и окружающей среды. Испытание атомного оружия и его мирное применение повышают радиоактивный фон биосферы.

После открытия рентгеновского излучения (1895г) и радиоактивности русский ученый Тарханов И.Ф. показал, что рентгеновское излучение, проходя через живые организмы нарушает

их жизнедеятельность. Исследование биологического действия ионизирующего излучения особенно интенсивно стали развиваться после изобретения атомного оружия.

Действие ионизирующего излучения характеризуется рядом общих закономерностей: 1) Глубокие нарушения жизнедеятельности вызываются ничтожно малыми количествами поглощаемой энергии; 2) ионизирующее излучение не ограничивается подвергнутым облучению организмом, оно может распространяться и на последующие поколения, что объясняется его действием на наследственный аппарат организма;

3) для биологического действия ионизирующего излучения характерен скрытый (латентный) период, т.е. развитие лучевого поражения наблюдается не сразу. Продолжительность латентного периода может наблюдаться от нескольких минут до десятки лет в зависимости от дозы облучения и радиочувствительности организма. Длительное же облучение в малых дозах ведет к возникновению опухолей спустя годы после облучения.

Радиочувствительность разных видов организмов различна. Смерть половины облученных животных (при общем облучении) в течение 30 суток после облучения (летальная доза ЛД_{50/30}) вызывается следующими дозами рентгеновского излучения: морские свинки 250р, собаки 335р, обезьяны 600р, мыши 550-650р. Более устойчивы одноклеточные организмы. Амебы погибают при дозе 100000р, а инфузории выдерживают облучение в дозе 300000р. Радиочувствительность высших растений тоже различна: семена лилии полностью теряют всхожесть при дозе облучения 2000р, на семена капусты не влияет доза в 64000р.

Большое значение имеет возраст, физиологическое состояние, интенсивность обменных процессов организма, а также условия облучения. При этом, помимо дозы облучения организма играют роль: мощность, ритм и характер облучения (однократное, многократное, прерывистое, хроническое, внешнее, общее или частичное, внутреннее), его физические особенности, определяющие глубину проникновения энергии в организм (рентгеновское и гамма излучение проникают на большую глубину, альфа-частицы до 40 мкм, бета-частицы – на несколько мм), плотность вызываемой излучением ионизации (под влиянием альфа-частиц она больше, чем при действии других видов излучения).

Первичное действие радиации любого вида на любой биологический объект начинается с поглощения энергии излучения, что сопровождается возбуждением молекул и их ионизацией. При ионизации молекул воды (косвенное действие излучения) в присутствии кислорода возникают активные радикалы (ОН- и др.), гидратированные электроны, а также молекулы перекиси водорода, включающиеся затем в цепь химических реакций в клетке. При ионизации органических молекул (прямое действие излучения) возникают свободные радикалы, которые включаясь в протекающие в организме химические реакции, нарушают течение обмена веществ и, вызывая появление несвойственных организму соединений, нарушают процессы жизнедеятельности. При облучении в дозе 1000р в клетке средней величины (10^{-9} г) возникает около 1 млн. таких радикалов, каждый из которых в присутствии кислорода воздуха может дать начало цепным реакциям окисления, во много раз увеличивающим количество измененных молекул в клетке и вызывающим дальнейшее изменение надмолекулярных (субмикроскопических) структур. Выяснение большой роли свободного кислорода в цепных реакциях, ведущих к лучевому поражению, так называемого кислородного эффекта, способствовало разработке ряда эффективных радиозащитных веществ, вызывающих искусственную гипоксию в тканях организма.

Большое значение имеет и миграция энергии по молекулам биополимеров, в результате которой поглощение энергии, происшедшее в любом месте макромолекулы, приводит к поражению ее активного центра (например, к инактивации белка-фермента). Физические и физико-химические процессы, лежащие в основе биологического действия ионизирующего излучения, т.е. поглощение энергии и ионизация молекул, занимают доли секунд.

Последующие биохимические процессы лучевого повреждения развиваются медленнее.

Образовавшиеся активные радикалы нарушают нормальные ферментативные процессы в клетке, что ведет к уменьшению количества богатых энергией соединений. Особенно чувствителен к облучению синтез дезоксирибонуклеиновых кислот (ДНК) в интенсивно делящихся клетках. Т.о., в результате цепных реакций, возникающих при поглощении энергии излучения, изменяются многие компоненты клетки, в том числе макромолекулы (ДНК, ферменты и др.) и сравнительно малые молекулы (аденозинтрифосфорная кислота, коферменты и др.). Это приводит к нарушению ферментативных реакций, физиологических процессов и клеточных структур.

Воздействие ионизирующего излучения вызывает повреждение клеток. Наиболее важно нарушение клеточного деления – митоза. При облучении в сравнительно малых дозах наблюдается временная остановка митоза. Большие дозы могут вызвать полное прекращение деления или гибель клеток. Нарушение нормального хода митоза сопровождается хромосомными перестройками, возникновением мутаций, ведущими к сдвигам в генетическом аппарате клетки, а следовательно, к изменению последующих клеточных поколений. При облучении половых клеток многоклеточных организмов нарушение генетического аппарата ведёт к изменению наследственных свойств развивающихся из них организмов. При облучении в больших дозах происходит набухание и пикноз ядра (уплотнение хроматина), затем структура ядра исчезает. В цитоплазме при облучении в дозах 10000-20000 р наблюдаются изменение вязкости, набухание протоплазматических структур, образование вакуолей, повышение проницаемости. Всё это резко нарушает жизнедеятельность клетки.

Возникающие в облучаемых клетках изменения ведут к нарушениям в тканях, органах и жизнедеятельности всего организма. Особенно выражена реакция тканей, в которых отдельные клетки живут сравнительно недолго. Это слизистая оболочка желудка и кишечника, которая после облучения воспаляется, покрывается язвами, что ведёт к нарушению пищеварения и всасывания, а затем к истощению организма, отравлению его продуктами распада клеток (токсемия) и проникновению бактерий, живущих в кишечнике, в кровь. Сильно повреждается кроветворная система, что ведёт к резкому уменьшению числа лейкоцитов в периферической крови и к снижению её защитных свойств. Одновременно падает и выработка антител, что ещё больше ослабляет защитные силы организма. (Уменьшение способности облученного организма вырабатывать антитела и тем самым противостоять внедрению чужеродного белка используется при пересадке органов и тканей — перед операцией пациента облучают.). Уменьшается и количество эритроцитов, с чем связано нарушение дыхательной функции крови. Биологическое действие ионизирующего излучения обуславливает нарушение половой функции и образования половых клеток вплоть до полного бесплодия (стерильности) облученных организмов. Важную роль в развитии лучевого поражения животных и человека играет нервная система. Так, у кроликов смертельный исход при облучении в дозе 1000 р часто определяется нарушениями в центральной нервной системе, вызывающими остановку сердечной деятельности и паралич дыхания. Исследования биоэлектрических потенциалов мозга облученных животных и людей, подвергающихся лучевой терапии, показали, что нервная система раньше других систем организма реагирует на радиационное воздействие. Облучение собак в дозе 5—20 р и хроническое облучение в дозе 0,05 р при достижении дозы в 3 р ведёт к изменению условных рефлексов. Большую роль в развитии лучевой болезни играют и нарушения деятельности желёз внутренней секреции.

Растения, по сравнению с животными, более радиоустойчивы. Облучение в небольших дозах может стимулировать жизнедеятельность растений - прорастание семян, интенсивность роста корешков, накопление зелёной массы и др. Большие дозы (20000-40000 р) вызывают снижение выживаемости растений, появление уродств, мутаций, возникновение опухолей. Нарушения роста и развития растений при облучении в значительной степени связаны с изменениями обмена веществ и появлением первичных радиотоксинов, которые в малых количествах стимулируют жизнедеятельность, а в больших — подавляют и нарушают её. Так, промывка облученных семян в

течение суток после облучения снижает угнетающий эффект на 50—70%.

Действие ионизирующего излучения на живые организмы (растения, животные, человек) сопровождается одновременно текущим процессом восстановления, который связан с нормализацией обмена веществ и регенерацией клеток. Поэтому облучение дробное или с малой мощностью доз вызывает меньшее повреждение, чем массивное воздействие. Изучение процессов восстановления важно для поисков радиозащитных веществ, а также средств и методов защиты организма от излучений. В течение своей жизни все живые организмы нашей планеты подвергаются действию ионизирующего излучения. Испытание атомного оружия, а также его использование в мирных целях (в медицине, атомные электростанции и др.) повышают радиоактивный фон. Все это делает необходимым изучение ионизирующего излучения и особенно его воздействия на живые организмы. А более важно поиски защитных средств.

В сельском хозяйстве радиационные воздействия применяются с целью выведения новых форм растений, для предпосевной обработки семян, борьбы с вредителями (путём выведения и выпуска на поражаемые плантации обеспложденных облучением самцов), для лучевой консервации фруктов и овощей, предохранения продуктов растениеводства от вредителей (дозы, губительные для насекомых, безвредны для зерна) и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. ციციშვილი მ., მამაგეიშვილი ი., ქარბავა გ. რადიოლოგიის და რადიაციული ეკოლოგიის საფუძვლები. თბილისი: 2010წ.-309გვ.
2. Бак З., Александер П. А., Основы радиобиологии, пер. с англ., М.: Наука, 1964;
3. Ревелль П., Ревелль Ч. Среда нашего обитания. В 4 кн. Кн. 3. Энергетические проблемы человечества/Пер. с англ. М.; Наука, 1995. 296с
4. Экология, охрана природы и экологическая безопасность.: Учебное пособие/Под ред. проф. В.И.Данилова-Данильяна. В 2 кн. Кн. 1. М.: Изд-во МНЭПУ, 1997. - 424 с.

INFLUENCE OF IONIZING RADIATION ON LIVE ORGANIZMS

E.GAMKRELIDZE, T.SIRBILADZE, K.SIRBILADZE, I.MAMAGEISHVILI

Akaki Tsereteli State University

Summary

During the life all live organisms of our planet are exposed to ionizing radiation action. Test of atomic weapons, and also its use in the peace purposes (in medicine, nuclear power plants, etc.) raise a radioactive background. All this is done necessary by studying of ionizing radiation and especially its action on live organisms. And more important searches of protective equipment.



სექცია № 7 ბანათლება ენერგეტიკის სფეროში

**დაპირისპირებული ერთიანობის კანონის გამოყენება
 მმქანიკური ენერჯის მისაღები დანადგარების
 მუშაობის ზოგადი პრინციპების სწავლების პროცესში**

მაჭავარიანი მ. ს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში წარმოდგენილია ჰიდრაულიკური, პნევმატური, ელექტრული და თბური ენერჯების მექანიკურ ენერჯიად გარდამქმნელი კლასიკური დანადგარების მოქმედების საერთო ზოგადი პრინციპი, როგორც ფილოსოფიის ძირითადი კანონის – დაპირისპირებულთა ერთიანობის კანონის პრაქტიკული გამოვლინება. აღწერილია ხსენებული დანადგარების პირდაპირი და შებრუნებული მუშაობის საერთო პირობები. დასაბუთებულია, რომ მექანიკური ენერჯის მისაღები დანადგარების მუშაობის ზოგადი პრინციპების სწავლების პროცესში დაპირისპირებულთა ერთიანობის კანონის გამოყენება ხელს უწყობს ახალგაზრდა სპეციალისტებში ისეთი უნარ-ჩვევების ჩამოყალიბებასა და განმტკიცებას, რომლებიც დაკავშირებულია ფართო, სტრატეგიული და ინტეგრალური აზროვნებისა და კოორდინაციის შესაძლებლობის კომპენსაციებთან.

უმადლესი ტექნიკური სასწავლებლების ენერგეტიკულ სპეციალობებზე ჰიდრაულიკური, პნევმატური, ელექტრული და თბური ამბრავები, როგორც წესი, ისწავლება მეორე-მესამე კურსზე და აუცილებლად სხვადასხვა დისციპლინებში, სტუდენტების მიერ არჩეული მიმართულებების მიხედვით, რაც ჩვენი აზრით სავსებით გამართლებულია. პირველ კურსზე ელექტროენერგეტიკული, ჰიდროენერგეტიკული და თბოენერგეტიკული მიმართულებების ყველა სტუდენტი გადის ზოგად, ეგრეთწოდებულ გაცნობითი ხასიათის დისციპლინას, რომელსაც ხშირ შემთხვევაში „შესავალი სპეციალობაში“ ეწოდება. ცნობილია, რომ ამგვარი დისციპლინის დანიშნულებაა დროულად გააცნოს სტუდენტებს როგორც დარგში არსებული ტექნიკური მიღწევები და პრობლემები, ასევე დარგის მნიშვნელობა ქვეყნის სახალხო მეურნეობის განვითარების პროცესში. ამასთან აღსანიშნავია, რომ მრავალ შემთხვევაში, სწორედ პირველ კურსზე იკითხება აგრეთვე ზოგადჰუმანიტარული დისციპლინა – „ფილოსოფია“.

აღნიშნულიდან გამომდინარე მიგვაჩნია, რომ ხსენებული, ორივე დისციპლინის სწავლებისას, შესაძლებლობების ფარგლებში, აუცილებლად უნდა იყოს გამოყენებული ყველა ისეთი მაგალითი, რომელიც იძლევა ორივე დისციპლინის სხვადასხვა საკითხებს შორის პარალელის გაკვების საშუალებას, რაც ჩვენი აზრით ხელს შეუწყობს ფართო აზროვნების უნარისა და გამართული მსოფლმხედველობრივი პრინციპების მქონე სპეციალისტების ჩამოყალიბებას.

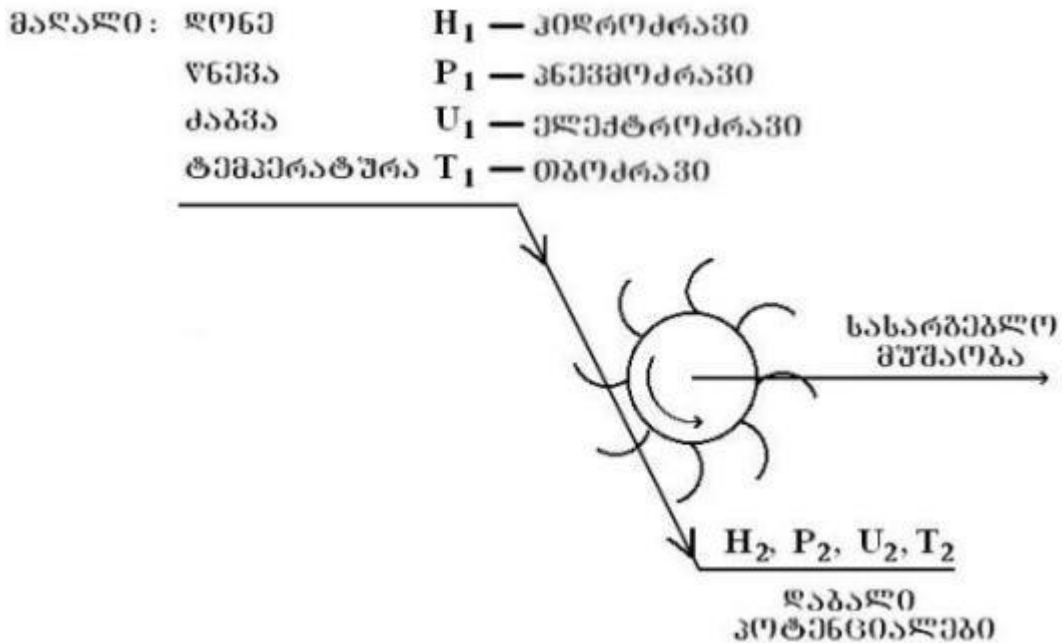
ნათქვამის საილუსტრაციოდ მოვიყვან ფილოსოფიის სახელმძღვანელოებში, რაოდენობრივი ცვლილების თვისობრივ ცვლილებაში გადასვლის კანონის განმარტებისას, სითხის ტემპერატურის მატებისას, გარკვეულ მომენტში ორთქლადქცევის ფიზიკური მოვლენის, როგორც თვისობრივი ცვლილების არც თუ იშვიათად გამოყენებულ მაგალითს. ცნობილია, რომ ეს მაგალითი უკუმიმართულებითაც წარმატებით შეიძლება იქნეს გამოყენებული ამ ფიზიკური მოვლენის განმარტებისას ფილოსოფიის ხსენებულ კანონზე დაყრდნობით.

ქვემოთ მოკლედ წარმოდგენილია ჰიდრაულიკური, პნევმატური, ელექტრული და თბური ენერჯების მექანიკურ ენერჯიად გარდამქმნელი კლასიკური ძრავების მოქმედების პრინციპის სწავლებისას ჩვენს მიერ გამოყენებული და წლების განმავლობაში აპ-

რობირებული მეთოდიკა, რომელიც ეფუძნება დაპირისპირებულთა ერთიანობის ფილოსოფიური კანონის გამოყენებას.

ცნობილია, რომ ცივილიზაციის გარიჟრაჟზე მექანიკური ენერჯის მისაღებ წყაროს მხოლოდ კუნთის ძალა წარმოადგენდა. ადამიანები მექანიკური მუშაობის შესასრულებლად ჯერ საკუთარი (და მონის) კუნთის ძალას იყენებდნენ. შემდეგ ისწავლეს ცხოველის კუნთის ძალის გამოყენება და მხოლოდ მრავალი ათასწლეულის შემდეგ წყლის, ქარის და, ისტორიული მასშტაბებით სულ ახლახანს, თბური და ელექტრული ენერჯების გარდაქმნა მექანიკურ ენერჯიად. ამჟამად კაცობრიობას მექანიკური ენერჯის მისაღებად გააჩნია მხოლოდ ოთხი სახის ტექნიკური საშუალება: ჰიდრავლიკური, პნევმატური, თბური და ელექტრული ძრავები.

ყველა დასახელებული ძრავის მოქმედების პრინციპი შესაძლებელია აიხსნას ერთი სქემატური ნახაზით (ნახ. 1), რომელზეც ჩანს, რომ წყლის პოტენციური ენერჯის ჰიდრავლიკური ძრავში მექანიკურ ენერჯიდ გარდასაქმნელად, ანუ სასარგებლო მუშაობის მისაღებად, აუცილებელია წყლის მაღალი და დაბალი დონეების მქონე რეზერვუარების არსებობა და მათი შემაკავშირებელი რაიმე არხი (მდინარის კალაპოტი, საწისქვილე ღარი, გვირაბი, მილსადენი და სხვა), რომელშიც განხორციელდება წყლის თვითდინება მაღალი დონიდან დაბალი დონისაკენ.



ნახ. 1. ჰიდრავლიკური, პნევმატური, ელექტრული და თბური ძრავების მოქმედების პრინციპის სქემატური გამოსახვა

ანალოგიურად, პნევმატური ძრავით მექანიკური ენერჯის მისაღებად – წნევის მაღალი და დაბალი მნიშვნელობების მქონე არეები და მათი შემაკავშირებელი საშუალება (ბუნებრივი გარემო ან რაიმე აირსადენი), რომელშიც განხორციელდება ჰაერის თვითდინება მაღალი წნევის მქონე არედან დაბალი წნევისაკენ. ზუსტად ასევე, ელექტრული ენერჯით მექანიკური ენერჯის მისაღებად – ძაბვის მაღალი და დაბალი მნიშვნელობების მქონე წყაროები და მათი შემაერთებელი ელექტროსადენი, რომელშიც განხორციელდება ელექტრული მუხტების თვითდინება მაღალი ძაბვიდან დაბალი ძაბვისაკენ. და ბოლოს, თბური ენერჯით მექანიკური ენერჯის მისაღებად მაღალი და დაბალი ტემპერატურის მქონე სითბოს წყაროები და მათი შემაკავშირებელი რაიმე საშუალება (თბოგადამტანი), რომლის მეშვეობითაც განხორციელდება სითბოს გადატანა (თვითდინება) მაღალი ტემპერატურის მქონე სითბოს წყაროდან დაბალი ტემპერატურის მქონე

გარემოში ან სხეულში.

როგორც ნათქვამიდან ჩანს, მექანიკური ენერჯის მისაღები, ჯერჯერობით ცნობილი ოთხი, ენერჯის სხვადასხვა წყაროზე მომუშავე და სხვადასხვა კონსტრუქციული აგებულების ძრავის მუშაობის პრინციპი სქემატურად ერთი და იგივე ნახაზით შეიძლება წარმოვადგინოთ და გავანალიზოთ მათი მუშაობისათვის აუცილებელი პირობები. სსენებული ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში. აქვე მოცემულია ძრავებისთვის განზოგადოებული და ზოგადი დასკვნები და ტექნიკური დარგიდან ფილოსოფიურ ასპექტში გარდამავალი დასკვნა. ხოლო ბოლოს, შედარებისათვის წარმოდგენილია აგრეთვე ფილოსოფიის ძირითადი კანონი.

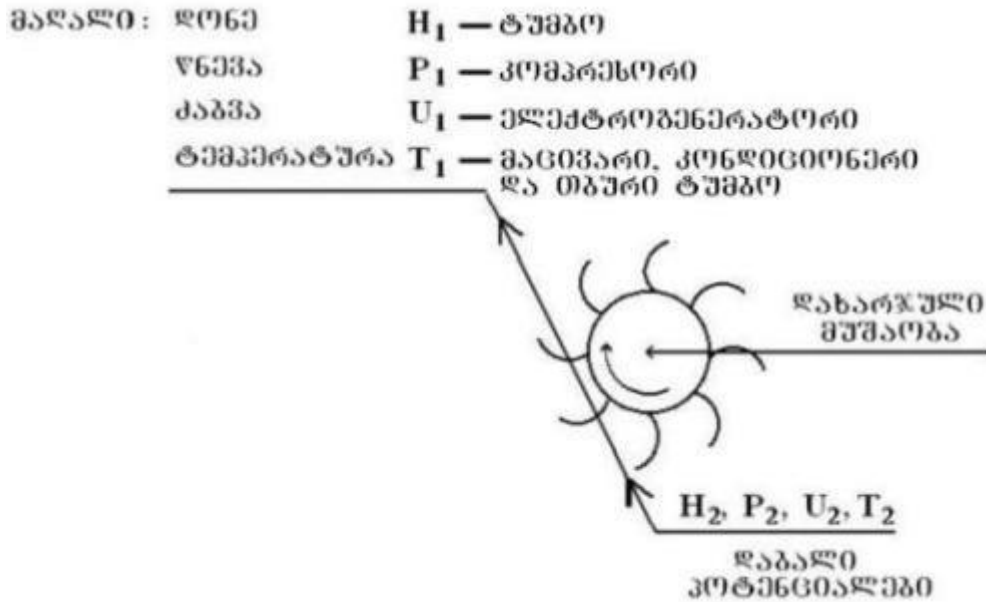
N	ძრავის დასახელება	მუშაობისათვის აუცილებელი პირობები	
		1-ლი აუცილებელი პირობა	მე-2 აუცილებელი პირობა
1	ჰიდრაულიკური	დონეთა სხვაობის არსებობა	დამაკავშირებელი საშუალების არსებობა (სადინარი, არხი, კალაპოტი, მილი . . .)
2	ჰნემატური (ქარის)	წნევათა სხვაობის არსებობა	დამაკავშირებელი საშუალების არსებობა (სადინარი, გარემო, აირსადენი, მილი . . .)
3	ელექტრული	ძაბვათა სხვაობის არსებობა	დამაკავშირებელი საშუალების არსებობა (ელექტროსადენი)
4	თბური	ტემპერატურათა სხვაობის არსებობა	დამაკავშირებელი საშუალების არსებობა (თბოგადამტანი)
	განზოგადოებული დასკვნა ნებისმიერი ძრავისათვის	აუცილებელია რომელიმე პოტენციალის სხვაობის არსებობა	შესაბამის პოტენციალთა სხვაობის მქონე არეებს შორის დამაკავშირებელი საშუალების არსებობა
	ზოგადი დასკვნა	აუცილებელია სხვაობის არსებობა	აუცილებელია კავშირის რეალურად არსებობა
	გარდამავალი დასკვნა	განსხვავებულთა თანაარსებობა აუცილებელია	
	ფილოსოფიის ძირითადი კანონი	განსხვავებულთა ერთიანობა განვითარების საფუძველია	

ამის შემდეგ მცირე დრო შეიძლება დაეთმოს სხვა მაგალითების მოყვანას, რომლებიც ზემოთმოყვანილ დასკვნებს აკავშირებს საზოგადოებრივი ცხოვრების სხვადასხვა ასპექტთან და საერთოდ დედამიწაზე სოცოცხლის არსებობასთან. ამ მაგალითებში კერძოდ შეიძლება დავასახელოთ:

1. პედაგოგსა და მოსწავლეს შორის ცოდნის დონეთა სხვაობა და გაკვეთილზე მათ შორის კავშირი აუცილებელია განათლებისათვის.
2. კამათში იბადება ჭეშმარიტება.
3. პოზიციასა და ოპოზიციას შორის შეხედულებათა სხვაობა და მათი კავშირი საკანონმდებლო ხელისუფლებაში (პარლამენტში) აუცილებელია ქვეყნის განვითარებისათვის.
4. სქესთა შორის სხვაობა და მათი კავშირი აუცილებელია ბიოლოგიური სახეობების განვითარებისათვის.
5. ოჯახში წარმოქმნილი აზრთა სხვადასხვაობისას ჯანსაღი კამათი და კონსესუსის მიღწევა აუცილებელია ოჯახის განვითარებისა და მომავალი თაობის სწორად აღზრდისათვის.
6. ფაუნისა და ფლორის მიერ წარმოებული ურთიერთსაპირისპირო მიმართულების რეაქციები (ფაუნის მიერ ნახშირბადისა და ჟანგბადის შეერთება და ნახშირორჟანგის მიღება და ამ უკანასკნელის დაშლა ნახშირბადად და ჟანგბადად ფლორის მიერ) აუცილებელია დედამიწაზე არსებული სოცოცხლის განვითარებისათვის.

ამის შემდეგ ნახ. 1-ზე წარმოდგენილ სქემას იგივე წარწერებით (მუშაობის ხასიათის აღნიშნული წარწერის გარდა) ვხაზავთ ხელახლა (ნახ. 2), მაგრამ იმ განსხვავებით, რომ ყველა ისარი შებრუნებული მიმართულებითაა, მუშაობას კი ვაფიქსირებთ როგორც დახარჯულს.

ამ ნახაზზე წარმოდგენილი პრინციპით მოქმედებს ტუმბო (რომელსაც სითხე გადააქვს დაბალი დონიდან მაღალ დონეზე), კომპრესორი (რომელიც აირს ჭირხნის დაბალი წნევის გარემოდან მაღალი წნევის გარემოში, ჭურჭელში), ელექტრო გენერატორი (რომელსაც დედამიწის ნულოვანი პოტენციალიდან მუხტები გადააქვს მაღალი ძაბვის შესაბამის პოტენციალზე) და თბური ტუმბო, მაცივარი ან კონდიციონერი (რომლებსაც სითბო გადააქვთ ცივი, დაბალი ტემპერატურის მქონე სხეულიდან ცხელ, მაღალი ტემპერატურის მქონე სხეულში). თუ მაღალი პოტენციალიდან სითხე (მაღალი დონიდან), გაზი (მაღალი წნევის არედან), მუხტები (მაღალი ძაბვიდან) და სითბო (მაღალი ტემპერატურის მქონე სხეულიდან) თავისით გადადიან დაბალი პოტენციალის მქონე მიმდებებში, ამ სუბსტანციების პირიქით გადაადგილებას, ანუ დაბალი პოტენციალიდან მაღალ პოტენციალზე გადაადგილებას აუცილებლად ესაჭიროება გარკვეული მუშაობის შესრულება, ე. ი. მექანიკური ენერჯის დახარჯვა.



ნახ. 2. ჰიდრაულიკური, პნემატური, ელექტრული და თბური ძრავების შებრუნებული მოქმედების პრინციპის, ანუ ტუმბოს, კომპრესორის, ელექტროგენერატორის და თბური ტუმბოს, მაცივრის ან კონდიციონერის მოქმედების პრინციპის სქემატური გამოსახვა

დასასრულ, წლების მანძილზე წარმოებული დაკვირვებების საფუძველზე თამამად ვასკენით, რომ ჰიდრაულიკური, პნემატური, ელექტრული და თბური ძრავების და სატუმბო, საკომპრესორო, ელექტრული ენერჯის საგენერაციო, სამაცივრო და თბოსატუმბო დანადგარების მოქმედების პრინციპების ზემოთ აღნიშნული მეთოდით სწავლება მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს ახალგაზრდა სპეციალისტებში ისეთი უნარ-ჩვევების ჩამოყალიბებასა და განმტკიცებას, რომლებიც დაკავშირებულია ფართო, სტრატეგიული და ინტეგრალური აზროვნებისა და კოორდინაციის შესაძლებლობის კომპენტაციებთან.



**ON THE APPLICATION OF THE LAW OF UNITY OF OPPOSITES IN THE
LEARNING PROCESS OF THE GENERAL PRINCIPLE OF OPERATION OF
MECHANICAL ENERGY PRODUCING INSTALLATIONS**

MACHAVARIANI E.

Georgian Technical University

Summary

The paper presents the general principle of converting hydraulic, pneumatic, electrical and thermal energy to mechanical energy conversion classic plants, as a practical manifestation of the basic philosophy law – the law of the unity of opposites. The common conditions of direct and inverse operation of referenced equipments are described. It is proved, that the application of the law of unity of opposites in the learning process of the general principle of operation of mechanical energy producing installations, helps young professionals to establish and consolidate in such skills, which are related to possibility of broad, strategic and integrated thinking and coordinate competences.

**ОБУЧАЕМОСТЬ И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ ОЦЕНКИ ПРИ
ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ**

ДЖ. Г. НИКУРАДZE, В. И. КВИНТРАДZE, В. Д. МЕЛАДZE, К. Г. ЦХАКАЯ

Грузинский технический университет

В работе рассмотрено, что в обучении важную роль играет динамический параметр памяти, получивший название-«темпы усвоения знаний» (ТУЗ), являющийся индивидуально-устойчивой характеристикой. Установлено, что ТУЗ тесно связан с такими характеристиками индивидуальности, как уровень развития интеллекта, когнитивный стиль, память, темперамент, скорость чтения и др.

Успешность образовательного процесса с позиции усвоения знаний обучаемыми во многом зависит от того, насколько учитываются в образовательной технологии индивидуальные особенности обучаемых, и как раскрываются их потенциальные способности к обучению в условиях образовательной среды.

В связи с этим приобретает особую значимость оценка тех способностей, которые позволяют приобретать знания и умения. Смещение акцента со следствий обучения на его причины, т.е. на способность к обучению, выводит на первый план тесты потенциала, позволяющие оценить обучаемость человека. Под обучаемостью в широком смысле понимается совокупность индивидуальных возможностей к усвоению учебной информации, в том числе к запоминанию учебного материала, выполнению действий по ориентировке в задаче, ее решению и самоконтролю. Более узкое определение обучаемости включает показатели темпа усвоения знаний и умений.

Обучаемость-это такое качество, которое сопряжено со многими параметрами индивидуально-психологических особенностей человека. Прежде всего, обучаемость связана с познавательными возможностями человека (особенностями сенсорных и перцептивных процессов, памяти, внимания, мышления и речи). Чаще всего под обучаемостью понимают специфические качества мыслительной деятельности: обобщенность мыслительных действий, направленность на абстрагирование, самостоятельность, способность к эффективному запечатлению информации, восприимчивость к педагогической помощи и др.

Исследования показывают, что среди познавательных возможностей человека центральными для оценки обучаемости выступают такие психические процессы, как память и

мышление.

При изучении памяти в контексте обучаемости первостепенными представляются характеристики не видов памяти (оперативная, долговременная и т.д.), а прежде всего особенностей ее функционирования-скорость запоминания, объем запоминания, длительность сохранения. Более всего эти характеристики памяти нашли свое воплощение в таком понятии, как темп усвоения знаний.

Под темпом усвоения знаний понимается индивидуальная психофизиологическая характеристика обучаемого, выражающая его способность усваивать определенное количество информации в единицу времени. Для определения индивидуальных особенностей усвоения новых понятий в 1999г. проф. М. С. Карпенко была разработана и стандартизована специальная методика «Темп усвоения знаний» (ТУЗ), которая предствляет собой: 1) список из 20 пар понятий для заучивания: первые понятия в каждой паре-редко употребляемые старорусские или иностранные слова, а вторые-их перевод; 2) бланки воспроизведения, которые содержат только переводы понятий, расположенные на листе каждый раз в измененной последовательности.

Значения индивидуального темпа усвоения знаний в приведенных понятиях за академический час ($\frac{пп}{акч}$) рассчитываются по формуле:

$$ТУЗ = \frac{K \cdot N}{T(\frac{пп}{акч})}$$

где N - количество правильно выученных понятий, T -заучивания в секундах, коэффициент пропорциональности $K=(60 \times 45)$ сек., т.е. количество секунд в одном академическом часе.

Преимуществами предлагаемой методики являются быстрота и простота использования. Вся процедура обследования занимает в среднем 30-50 мин. Для использования методики не требуется технического оборудования, что делает ее доступной для широкого применения. Ее можно использовать в качестве методического инструмента в целях совершенствования процесса обучения.

В ходе исследования было установлено, что темп усвоения знаний тесно связан с такими характеристиками индивидуальности, как уровень развития вербального интеллекта, общего интеллекта, когнитивный стиль, память, особенности нервной системы, темперамент, скорость чтения и др.

В отдельном исследовании, посвященном изучению связи ТУЗ с особенностями темперамента, характера, самосознания, были составлены обобщенные психологические портреты студентов с высокими и низкими значениями ТУЗ. Студентов с высокими значениями темпа усвоения знаний характеризуют следующие особенности: высокая эмоциональная чувствительность, активность, настойчивость в коммуникативной сфере, общительность, рефлексивность; выраженность таких факторов, как высокий интеллект, образность восприятия, богатое воображение, тревожность, мобильность и др. Эти проявления сочетаются с оценкой процесса заучивания как легкого, не требующего особых усилий и интересного.

Студентов с низкими значениями темпа усвоения знаний отличает активность в коммуникативной и интеллектуальной сферах, выявляемая на фоне следующих личностных особенностей: сниженный эмоциональный контроль, лень, недобросовестность, недостаток воображения и находчивости, низкая социальная проницательность в объяснении мотивировок поведения, несамостоятельность, зависимость от мнения, поддержки окружающих, слабая воля и др. Этим студентам свойственно низко оценивать свои результаты и относиться к процессу запоминания, как трудному и неинтересному.

Смысл полученной зависимости состоит в том, что хорошая память, особенно слуховая (как непосредственная, так и смысловая), вербальный и социальный интеллект, большая аналитичность при классификации объектов, высокий уровень метапамяти, умение использовать продуктивные стратегии способствуют более высокому темпу усвоения новых понятий.

ОБУЧАЕМОСТЬ И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ ОЦЕНКИ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ

На темп усвоения знаний влияют особенности инструкции на запоминание. Так, в качестве независимой переменной рассматривались следующие виды инструкций:

- Запоминание в свободном режиме;
- Запоминание с установкой на скорость;
- Запоминание с установкой на точность;
- Запоминание с установкой на скорость и точность одновременно;
- Запоминание при однократном прочтении списка слов.

При сравнении результатов оказалось, что наиболее эффективной является инструкция с однократным прочтением списка слов для заучивания. Меньший темп наблюдается при инструкции на скорость и значительно меньший - при инструкции на точность. В то же время наиболее показательной для характеристики индивидуальности оказалась «свободная» инструкция, в которой испытуемый сам определял для себя удобный темп изучения и проверки усвоенного. Эта инструкция в наибольшей мере приближается к естественным условиям, в которых происходит реальное обучение студентов.

Располагая данными о количестве понятий, которые содержатся в учебном модуле, можно составить вероятностные прогнозы, как времени изучения отдельных учебных дисциплин, так и индивидуального времени изучения образовательной программы в целом.

Индивидуальный темп, исходя из сказанного выше, имеет важное практическое значение для обучения. Предложенный метод его измерения основан на данных современной когнитивной психологии, согласно которой система познания имеет сложную многоуровневую сетевую структуру. Процесс усвоения знаний можно рассматривать как связывание нового элемента (новой информации) с уже известными узлами сети.

Индивидуальный темп оценивает временные характеристики этой связи: какое количество новой информации человек может усвоить в единицу времени.

Наконец, на основании проведенных исследований установлено, что ТУЗ дает возможность прогнозировать не только время обучения студента, но и будущую успешность обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитина Е. В., Высоков И. Е., Чмыхова Е. В. Методика измерения темпа усвоения знаний: разработка и обоснование. // Труды СГУ, вып. 10. М., 1999
2. Тихомирова И. В., Чмыхова Е. В., Шляхта Н. Ф. Стандартизация методики измерения темпа усвоения знаний. // Труды СГУ, вып. 44. 2002
3. Карпенко М. П. Телеобучение. М., 2008

LEARNING AND FEATURES OF ITS ASSESSMENT AT REMOTE TRAINING

G. NIKURADZE, V. KVINTRADZE, V. MELADZE, K. TSKHAKAIA

Georgian Technical University

Summary

In the article it is considered, that in learning the main role plays the dynamic parameter of the memory which is named "Rate of mastering of Knowledge" (RMK), which is being individually-stable characterization. It is established, that RMK is closely related with such individual characteristics as level of development of intelligence, cognitive style, memory, temperament, speed of reading and others.



უნივერსალური ინდიკატორული პნევმოცილინდრი და მისი ერთი ბამოქმენება – ბოლცმანის მუდმივის განსაზღვრა

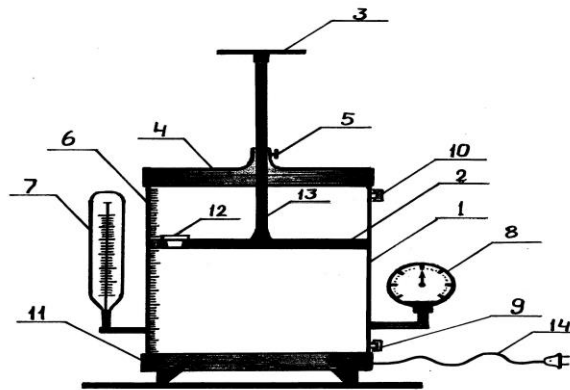
ა. უბუღავა

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

უნივერსალური ინდიკატორული პნევმოცილინდრი წარმოადგენს ჩვენს მიერ კონსტრუირებულ ელექტრომექანიკურ ხელსაწყოს, რომლის გამოყენებითაც შესაძლებელია თხუტმუდამდე სხვადასხვა ლაბორატორიული სამუშაოს შესრულება. წინამდებარე სტატიაში წარმოდგენილია ხელსაწყოს აღწერა და განხილულია მასზე ერთერთი სამუშაოს, კერძოდ კი ბოლცმანის მუდმივის განსაზღვრის წესი.

ხელსაწყოს აღწერა:

ხელსაწყოს მთავარ ნაწილს წარმოადგენს მისი ცილინდრული ბალონი (1), რომელშიც ჰერმეტიკულად მოძრაობს დგუში (2) თავისი ჰერმეტიკული საცობით (12). დგუშის ღერძის თავზე ტვიდტის ან წვრისსაწონების მოსატავსებლად დამატებულია დისკო (3). ბალონი ჰერმეტიკულადაა დახურული სახურავით (4), რომლის ნახვრეთსი ასევე ჰერმეტიკულად მოძრაობს დგუშის ღერძი (13). სახურავს აქვს სპეციალური დამჭერი ხრახნი (5), რომელიც გამოიყენება დგუშის გარკვეულ მდგომარეობაში დასამაგრებლად. მინის ბალონის ერთერთი მსახველის გასწვრივ დამაგრებულია სკალა (6), რომლის მეშვებითაც ხდება ბალონში მოთავსებული გაზის ან წყლის მოცულობის ათვლა. ბალონის ქვედა ნაწილში დამონტაჟებულია თერმომეტრი (7) და მანომეტრი (8). უკიდურეს ქვედა და უკიდურეს ზედა ნაწილებში ბალონს აქვს მცირე დიამეტრიც ნახვრეტები (9) და (10), რომლებიც სპეციალური საცობებით ჰერმეტიკულადაა დასმული. მინის ბალონი მთელი თავისი აღჭუვილობით ხისტად დამაგრებულია ელექტროქურაზე (11). ელექტროქურა იმავდროულად წარმოადგენს ხელსაწყოს სადგარს, რომელსაც გააჩნია თავისი ჩამრთველი (14).



ნახ. 1.

ბოლცმანის მუდმივის განსაზღვრა

ძირითადი ამოცანის გადასაჭრელად ჯერ მოვიყვანოთ ტემპერატურეს განსაზღვრა ჯოულებით და დავაკავშიროთ იგი აბსოლუტურ ტემპერატურასთან, რომელიც როგორც ცნობილია გრადუსებით იზომება. ამ მიზნით გავიხსენოთ, რომ სითბური წონასწორობის მდგომარეობაში ყველა აირტს ერთნაირი ტემპერატურე აქვს, ამიტომ ტემპერატურის ჯოულებით განსაზღვრისათვის უნდა მოვნახოტ ისეთი სიდიდე, რომელდაც ტემპერატურის ეს თვისება გააჩნია.

ცნობილია, რომ სითბური წონასწორობის დროს სისტემის ყველა პარამეტრიც უცვლელია. ბუნებრივია ვივარაუდოთ, რომ ამ დროს ყველა აირის მოლეკულების საშუ-

ალო კინეტიკური ენერგიაც უცვლელი იქნება. ეს ვარაუდი რომ შევამოწმოთ, ვისარგებლოთ ფორმულით:

$$P = \frac{2}{3} n \bar{E} \quad (1)$$

სადაც n არის აირის მოლეკულების კონცენტრაცია, ხოლო \bar{E} კი მოლეკულათა საშუალო კინეტიკური ენერგია.

ცხადია
$$n = \frac{N}{V} \quad (2)$$

უკანასკნელ ტოლობაში V არის აღებული აირის მოცულობა, N კი ამ მოცულობაში მოლეკულების საერთო რაოდენობა.

(2) ტოლობის გათვალისწინებით (1) ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$P = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \bar{E} \quad \text{აქედან ვღებულობთ}$$

$$\frac{PV}{N} = \frac{2}{3} \bar{E} \quad (3)$$

ამ უკანასკნელ ტოლობაში აირის P წნევა და V მოცულობა უშუალოდ ხელსაწყოზე აითვლება მანომეტრისა და სპეციალური სკალის გამოყენებით, ხოლო მოლეკულათა რიცხვი N ადვილად იანგარიშება აღებული აირის მასის (m), მოლური მასის (M) და ავოგადროს მუდმივის (N_A) მეშვეობით ასე:

$$N = \frac{m}{M} N_A \quad (4)$$

ახლა ჩავატაროთ შემდეგი ცდა:

როდესაც ვიცით ყველა გაზისათვის მოცემულ ტემპერატურაზე $\frac{PV}{N}$ ფარდობა ერთნაირია და მას θ -ით აღნიშნავენ პნემაცილინდრში მოვათავსოთ m მასისა N მოლეკულათა რაოდენობის მქონე რაიმე აირი. მოვუშვათ სამაგრი (5) და აირის თავზე დგუში (2) დავაყენოთ თავისუფალ მდგომარეობაში. ცხადია, ამ მდგომარეობაში აირს ექნება რაღაც წნევა და მოცულობა, მაგრამ ეს მნიშვნელობები ამ შემთხვევაში ჩვენთვის არ არის საინტერესო. ხელსაწყო შევდგათ მაცივარში და დაველოდოთ მანამ, სანამ ხელსაწყოს თერმომეტრის (7) ჩვენება ჩამოვა ნულ ნიშნულზე. ამ მდგომარეობისათვის ამოვიწეროთ აირის წნევისა და მოცულობის ახალი მნიშვნელობები და გამოვთვალოთ იგივე ფარდობა $\frac{PV}{N}$. ცდა გვიჩვენებს, რომ 0°C -ზე ვღებულობთ:

$$\frac{PV}{N} = \theta_0 = 3,76 \cdot 10^{-21} \text{ჯ} \quad (5)$$

ახლა ცავართოთ ხელსაწყოს ელექტროქურა (11) და დაველოდოთ სანამ ხელსაწყოს თერმომეტრის (7) ჩვენება გახდება 100°C . ამ შემთხვევაში ამოვიწეროთ აირის წნევისა და მოცულობის ახალი მნიშვნელობები დფა გამოვთვალოთ იგივე ფარდობა. ცდა გვიჩვენებს, რომ 100°C -ზე ვღებულობთ:

$$\frac{PV}{N} = \theta = 5,14 \cdot 10^{-21} \text{ჯ} \quad (6)$$

როდესაც ვხედავთ, რომ θ სიდიდე განისაზღვრება მხოლოდ ტემპერატურით და იზრდება ტემპერატურის ზრდასთან ერთად. ცხადია, იგი შეიძლება ჩაითვალოს ტემპერატურის ბუნებრივ ზომად. უფრო მეტიც, შესაძლოა თვით θ მივიჩნიოთ ტემპერატურად

და გავზომოთ იგი ჯოჯოხებით. მაგრამ ეს უხერხულობას გამოიწვევს და სიძნელეებს შექმნის. გარდა ამისა დიდი ხანია ტემპერატურა გრადუსებით იზომება და იგი T -ით აღინიშნება.

დაბაკაეშირით ჯოჯოხებით გაზრდილი ტემპერატურა θ გრადუსებით გაზომილ ტემპერატურასთან T .

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ θ სიდიდე იზრდება ტემპერატურის ზრდასთან ერთად, ამიტომ ვწერთ:

$$\theta = kT \quad (7)$$

სადაც k პროპორციულობის კოეფიციენტი.

ვიციტ, რომ $\frac{PV}{N} = \theta$. ამიტომ (7) ასე ჩაიწერება:

$$\frac{PV}{N} = kT \quad (8)$$

მე-(8) ფორმულით განსაზღვრული ტემპერატურა ყოველთვის დადებითია, რადგან დადებითია ამ ფორმულის მარცხენა მხარე. მისი მინიმალური მნიშვნელობაა $T=0$, როცა ან $P=0$ ან $V=0$. ტემპერატურის ამ მნიშვნელობას აბსოლუტური ტემპერატურა ეწოდება.

მე-(7) ფორმულაში დავადგინოთ k კოეფიციენტის მნიშვნელობა.

ვიციტ, რომ 0°C -ზე $\theta_0 = 3,76 \cdot 10^{-21}$ ჯ, ხოლო 100°C -ზე კი $\theta_{100} = 5,14 \cdot 10^{-21}$ ჯ. 0°C -ის შესაბამისი აბსოლუტური ტემპერატურა ავღნიშნოთ T_1 -ით, ხოლო 100°C -სა კი T_2 -ით. მაშინ შეგვიძლია დავწერთ:

$$\theta_{100} - \theta_0 = k(T_2 - T_1)$$

$$k = \frac{\theta_{100} - \theta_0}{T_2 - T_1} = \frac{(5,14 - 3,76) \cdot 10^{-21}}{100^{\circ}\text{K}} = 1,38 \cdot 10^{-21} \text{ჯ/კ}$$

სწორედ ესაა ბოლცმანის მუდმივი, რომელიც მოლეკულაროკინეტიკური თეორიის ერთერთ უმნიშვნელოვანეს მუდმივს წარმოადგენს.

ლიტერატურა

1. И.В. Савельев. «Курс общей физики», Т1, Издат. «Наука», 1977
2. А.В. Кортнев, Ю.В. Рублев, А.Н. Куценко. «Практикум по физике», Издательство «Высшая школа», Москва 1973
3. გ კურკუშული. “ფიზიკა” (სითხეები და აირები, მოლეკულური ფიზიკა და სითბური მოვლენები), თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1987
4. ა. უგულავა. გამოგონება: სხეულის მოცულობის განსაზღვრის ხერხი”, პატენტი P4949 GE P2010 4949B

MULTIPURPOSE INDICATING PNEUMATIC CYLINDER AND ONE METHOD FOR ITS USE – DETERMINATION OF THE BOLTZMANN CONSTANT

A. UGULAVA

Akaki Tsereteli State University

Summary

There are shown in a given article the schematic drawing of a new electromechanical instrument - Multipurpose Indicating Pneumatic Cylinder, and detailed description of its design. There is emphasized that it enables to carry out many various laboratory works. In order to acquaint with operational principle of this instrument there is considered one particular laboratory work, such as a new method and sequence of determination of the Boltzmann constant.

სარჩევი

სექცია №1. ელექტროტექნიკური და ელექტროენერგეტიკული ტექნოლოგიები

ზიგზიგაძე ო. მოსაზრებები სასისტემო ელექტროგადამცემ ხაზ „ჭორონი 154 კვ“-ის პროექტის შესახებ _____	7
მახარაძე გ., ახალაძე ფ. რეაქტიული სიმძლავრის ოპტიმალური კომპენსაციის სისტემური მიღბრების მეთოდის პრობლემები და ახალი მეთოდის არსი _____	11
Твалчрелидзе А., Гогисванидзе В., Гумберидзе Г. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С НЕСКОЛЬКИМИ СТУПЕНЯМИ НОМИНАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ _____	15
ნემსაძე შ., ქაჯაია დ. ნაწილობრივი განმუხტვები მაღალი კაპის ელექტრულ მოწყობილობებში _____	20
მუსეღლიანი თ., ქათამაძე ი., ბახტაძე მ. არაწრფივი დატვირთვის გავლენა ელექტროენერგიის ხარისხზე _____	24
Твалчრелидзе А., Цхакая К. НОВЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН _____	29
ჩიხლაძე რ., გურასპაშვილი გ. ტრანსფორმატორის ზეთის v/p და ტგ შორის კავშირის ტიმპერატურაზე დამოკიდებულება. _____	35
ჩიხლაძე ქ. ტრანსფორმატორის ზეთის უფასეობა რეზრატციის კოეფიციენტის და სიმკვრივის შარდობით _____	39
ქეთელაური გ. ჩიხკვაძე ქ. კიღურაძე ო. წყალგამაცხელებელი ბოილერის თბოტექნიკური გამოცდა _____	42
ლომიძე ი., ხელიძე გ., შატაკიშვილი ლ., ქანთარია ა. ჰიდროტურბინების მ.ძ.კ-ს ბანსაზღვრა აბრაზიული ცვეთის ბათგალისწინებით _____	47
საჩალელი ლ. ჰიდრო აბრეგატების ავტომატური მართვის სისტემის განვითარება და განხორციელება Siemens Simatic S7-ის ბაზაზე _____	50
კოპალიანი ნ., შაუთიძე ო. ჰიდრო ენერგობრეგატების დინამიკის ზობიერთი საკითხები _____	53
Шаутидзе О., Носелидзе Д., Момцелидзе Ш. МЕХАНИКА ЗАИЛЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА ЛАДЖАНУРСКОЙ ГЭС _____	57
გეგუჩაძე ა. კაშხალიანი ჰიდროკვანძების თვითგამწმენდის პრესაპტივები _____	61
მამმაღლოვი ა. რეოლოგიური მოდელების კვლევა, ნავთობის ჰიდროდინამიკური პარამეტრების განსაზღვრისათვის _____	66
გელხვიციძე პ.კ. მომავლის ენერგეტიკა _____	70

სექცია №2. ენერგოეფექტურობა და ბანახლებადი ენერგიის წყაროები

კოტორაშვილი ე., არაბიძე გ., ვეზირიშვილი თ., ვეზირიშვილი, ნოზაძე ქ.ო. ბანახლებადი ენერგიის რესურსების გამომწვევების ეფექტურობა საქართველოში _____	73
ბარათაშვილი მ. ენერგოეფექტურობა და მისი უზრუნველყოფის პერსპექტივები _____	76
ჯავახიანი ნ. ბანახლებადი ენერგიის წყაროების პოტენციალის ბარდაქმნა სტირლინების ძრავის ბაზაზე _____	79
კოხრეიძე გ., ნემსაძე ს., ფხაკაძე შ., კოხრეიძე დ., გოგინაშვილი ნ. ქარის ენერგიის ბარდაქმნის პროცესების ფიზიკური საფუძვლები _____	83
კოხრეიძე გ., ნემსაძე ს., ფხაკაძე შ., კოხრეიძე დ., გოგინაშვილი ნ. მზის ენერგიის ბარდაქმნის პროცესების ფიზიკური საფუძვლები _____	86
კოტორაშვილი ე., არაბიძე გ., ვეზირიშვილი თ., ვეზირიშვილი, ნოზაძე ქ.ო. ბანახლებადი ენერგიის რესურსების გამომწვევების ეფექტურობა საქართველოში _____	91
ქებურია მ. ელექტრომომარაგების ავტონომიური კიბრიდული სისტემები _____	95
ქებურია მ. მზის ენერგეტიკა - აწმყო და მომავალი _____	100
მუსხელიანი თ., ქათამაძე ი. ენერგოეფექტურობის პრობლემები საქართველოში _____	107
ი. შეყრილაძე, ე. მაჭავარიანი, ჯ. რუსიშვილი, გ. გიგინეიშვილი, დ. შეყრილაძე, მ. მეფარიშვილი მზის ენერგიაზე მომუშავე ინოვაციური წყალსაქანი ტუმბო _____	112

სექცია №3. ენერგიისა და რესურსების დამზოგავი ტექნოლოგიები ენერგეტიკაში, მრეწველობაში, მშენებლობასა და ტრანსპორტში

ბარათაშვილი მ. ასფალტბეტონის საფარის აღდგენა და ენერგიის დაზოგვის შესაძლებლობები _____	119
ლომიძე ა. ენერგიის დამზოგავი ტექნოლოგიები საცალო-სატარო ტვირთების დატვირთვა-ბანტვირთვის პროცესში _____	122
სამადალაშვილი ა., მოდეგაძე ტ. ზოლურად მოხუნულ ნიადაგში სასუქების შემთანი ენერგოდამზოგვი სასოფლო-სამეურნეო მანქანები _____	128
სამადალაშვილი ა. ენერგოდამზოგვი სასოფლო-სამეურნეო მანქანა ნიადაგის მინიმალური დამუშავებისათვის _____	132
მარდალეიშვილი ნ., ჩოგოვაძე ჯ. სატრანსპორტო საშუალებების ურთიერთ შეჯახებისას თვლის კავოტზე ასვლის პირობების აღდგენა მათემატიკური მოდელირებით _____	136

თოფურია რ., კონაძე თ., ქანთარია ბ. ბამონაპოლქში აირების სითბური ენერგიის გავლენა ძრავის ბამონაპოლქში სისტემის ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობაზე	140
ახვლედიანი ხ. ცილინდრული დამგვარი ჯაბრისის ჩხირების გვერდითი ღუნვითი ფიზიკური მოდელის ექსპერიმენტალური კვლევის მეთოდები და ექსპერიმენტალური სტენდი	143
თევზაძე მ., ჩხარტიშვილი ზ., ხუსკივაძე დ. სატვირთო ავტომობილების პარკისთვის ბენზინის მოთხოვნის განსაზღვრა საწვავ-სახეთი მასალების ლიმიტირების პირობებში.	148
თევზაძე მ., ჩხარტიშვილი ზ., ხუსკივაძე დ. სათადარიბო ნაწილების მოთხოვნილების დაგეგმვა	151
მორჩაძე თ. რუსაძე ნ. ბაზრდოლი გამავლობის ავტომობილის ტრანსმისიაში მაღალი სიხშირით ბამონაპოლქში დინამიკური დატვირთვების კვლევა პარტანული გადაცემის თვისებების ბათვალისწინებით	154
ფურცხვანიძე გ., კამლაძე ა., გვეტაძე ვ., გოგისვანიძე ლ. საავტომობილო ძრავების ექსპლუატაციის პროცესში ბამონაპოლქში მავნე ძირითადი მინარევების შემცირების მეთოდები	159
კანკავა ვ., ზიგზივაძე ბ., კანკავა ა. ბეტონები კომპლექსური მანქანებში დანამატებით	163

**ქვემოთხატული: ენერგიისა და რესურსების დამზოგვაში
ტიქნოლოგიები ენერგეტიკასა და მრეწველოებაში**

ბეროშვილი ა., ბეროშვილი, ი. მაჭავარიანი ე. ბუნებრივი ბაზი – ბენზინის და დიზელის საწვავის ალტერნატივა	169
ჯიხვაძე მ., ფანცხავა ე., ქსოვრელი ნ. ინოვაციური ელასტიკური მასალებიანი თბობადამცემი დანადგარების შემქმნის შესაძლებლობა	171
კობალიანი ნ., გიორგელიძე ნ., შაუთიძე თ., ყაველაშვილი ა. ვარცხნივ კმს-ის ჰიდრო ენერგობრუნებატების ვიბრაციული მასხისათმებლების ექსპერიმენტული კვლევა	174
Джандиери Г., Робакидзе Д., Ниёзов К. ЭНЕРГО И –РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИИ МАРГАНЦЕВЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ	180
Бакурадзе Э., Зивзивაძე Б., Абесаძე Н., Бакураძე К. АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ УЗЕЛ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЭЛЕКТРО- ТЕРМИЧЕСКИХ РУДОПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ	184
შალამბერიძე მ., კაკაურიძე ა., ფხაკაძე თ., სულამანიძე ა. ელექტრული ველი ლითონების ელექტროფიზური გადადნობისას	188
7. Кипиани П., Миндаძე С. ПОВЫШЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПУТЕМ ЛЕГИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА ШВА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ	194
მოდებაძე ტ. ლითონების ზრის პროცესის ოპტიმიზაცია, როგორც ამ პროცესებზე ენერგოტეგიალობის შემცირების საშუალება	199
ხაჭაპურიძე გ., ფარცხალაძე კ. ავტორეზონანსული რეზონანსის მაცივარდანადგარის ავტომატური	

მართვის უნივერსალური სისტემური ბლოკის შემუშავება _____	201
რუხაძე შ., აფრიდონიძე მ., ლომია რ. ელექტრომემბრანულ პროცესებში იონების გადატანის თანამედროვე მათემატიკური მოდელები _____	207
თავბერიძე ს., კილასონია ე., წიქორიძე მ., კბილაშვილი დ. აბრუსაქონელწარმოებაში მემცენარეობის პროდუქციის წარმოების ბიონერგეტიკული შეფასების საპრობლემური _____	210
ცაგარეიშვილი დ., სესიკაშვილი თ., ცქიფურიშვილი თ., თევდორაძე ს. მწვანეების შენახვისა და ტრანსპორტირების პროცესის კვლევა _	215
Зверев С., Сесикашвили О. СУШКА КРУПЫ ПОД КЕРАМИЧЕСКИМИ ИК ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ	
Цаგარეიშვილი დ., Цкипуриშვილი თ., Цაგარეიშვილი შ. _____	217
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРУДАТОВ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОЙ ЭКСТРУЗИЕЙ _____	222
ცირეკიძე ნ., გეგუჩაძე ზ., ცირეკიძე ტ., კიკაბიძე ნ. მრავალფუნქციური ბრუნვითი რეპროდუციის ინტეგრირებული გენერატორი	224
Накашидзе В. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОЛУЧЕНИЯ ОЗОНА _____	229
ორმოცაძე ნ.შ., ბიბილეიშვილი დ.გ., ფილია რ.მ. ორბუნებრივი საშუალებების ძალადგამტარი კვლევითი მეთოდების განსაკუთრებული _____	235
Ормоцадзе Н., Библиеишвили Д. ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ТЕРМОСТОЙКИХ ПОЛИМЕРОВ _____	238
ზივზივაძე ლ. ელექტრომაგნიტური დაბრკოლების გადაცემის და მიმღების ბუნების აღწერა _____	241
ქოქაშვილი ნ., სადალაშვილი ლ. არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების გამოყენების პერსპექტივები საქართველოში _____	244

სექცია №4. ენერგეტიკის ეკონომიკა და მენეჯმენტი

ჩომახიძე დ. ცხაკაია ქ. საქართველოს ელექტროენერგეტიკის განვითარების ტენდენციები და ამოცანები _____	249
კონჯარია ე. ელექტროენერგეტიკის როლი ეკონომიკაში _____	254
ხახუტაშვილი ე., ხუნწარია ლ. საინვესტიციო მენეჯმენტი და ენერგეტიკა _____	258
Купрашвили Т. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ ГРУЗИИ _____	262
ჩიტაშვილი გ., ქეფიშვილი ნ., ჯაგშანაშვილი ნ. საქართველოს ენერგოსისტემის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის საპრობლემური _____	268
უკლება ე. მენეჯმენტის თავისებურებები ელექტროენერგეტიკაში _____	272
ჯოხაძე პ., კუციავა გ. ჰიდრო-ელექტრო სადგურების მართვის თანამედროვე სისტემა _	276
კიკუტაძე გ. მწვანე შენობების შეფასების სისტემების (LEED)	

ორბანიხაცია და მართვა _____	279
სიჭინაგა ხ. ეკოლოგიურად ორიენტირებული მწვანე ეკონომიკის ბანკითარების ვალდებულებები საცხოვრებელი პირობების გაუმჯობესებისათვის _____	285
ამყოლაძე გ., ლომსაძე მ., დუგლაძე ჯ. ინოვაციური ტექნოლოგიების ბანკითარება ენერგეტიკაში _____	288
კუხიანიძე ახვლედიანი ნ.ნ. ენერგეტიკული სტატისტიკის ბანკითარებისა და ერთიანი სისტემის ჩამოყალიბების მიმართულებები. (პრობლემები და პერსპექტივები ენერგოსისტემაში) _____	291
ართილაყვა ა., ამყოლაძე გ., კრავეიშვილი გ. კორელაციის მეთოდის როლი ენერგოკომპანიის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების პროგნოზირებაში _____	297
ზიბზიბაძე მ., ხუნწარია ლ. საპროგნოზო ფინანსური უწყისების მომზადება ენერგეტიკული კომპანიის ღირებულების შეფასების პროცესში _____	300
კოჩიაძე თ., ცეცხლაძე ა. ენერგომატარებლების ტრანსპორტირების პრობლემები პასპირის რეგიონიდან საქართველოს გავლით _____	305
ჩოგოვაძე ჯ., ცეცხლაძე რ., ჭაბუკიანი რ. საქართველოს საზღვარო პორტების პერსპექტივა ტვირთვების გადაზიდვის ლოჯისტიკურ ჯაჭვში _____	310
სერაფოვი ზ. ელექტრონულსაწყობების საწარმოში მენეჯმენტის სრულყოფის ფორმირების მსაპროექტის შესახებ _____	313
იონანიძე ა. საქართველოს ეკონომიკურ-ენერგეტიკული აღორძინების პერსპექტივა _____	318
დანგაძე ი., ზაქარეიშვილი ვ. საერთაშორისო ტურიზმის ლოჯისტიკა _____	322

სექცია №5. საინფორმაციო ტექნოლოგიები
ტელეკომუნიკაციაში

ხუნწარია ჯ., გოგბერაშვილი მ., აბულაძე ვ. მონაცემთა კორელირებული ორბანელოგიებიანი მასივების ადაპტური უდანაპარბო კომპრესია _____	327
კოპლატაძე მ., გელხვიძე პ., მარდალეიშვილი ზ. მულტისერვისული ქსელის საარსო რესურსის ბანსაზღვრის საპროექტისათვის _____	333
ყიფიანი ქ., გვალია თ., კუპატაძე თ. მომსახურების ხარისხის შეფასება საერთო სარბებლობის სატელეფონო ქსელში _____	337
კვირკველია შ., ბერიძე ჯ., ბურკაძე ტ. სამეტრული ევმეტრობის შეფასება მობილური კავშირის MIMO სისტემაში MATLAB-ით მოდელირებით _____	342
ხითარიშვილი გ.ი. ციფრული მობილური მაუწყებლობა _____	347
მოდეზაძე ი., ხოშტარია კ. WDM ტექნოლოგიების ბანკითარების ტენდენციები _____	349
ნანობაშვილი ვ.გ., ნანობაშვილი ვ.გ. მე-2 სახეობის ბიომპულსური კოდის გლოკური	

სინქრონიზაციის საპროცედურები _____	355
შამანაძე თ.კ., შამანაძე გ.ო., ლაშქარავა ლ. გ. GSM ქსელის გადატვირთვის მათემატიკური მოდელის აღწერა _____	359
წიკლაური ბ., ხუნწარია ჯ. მისამართების მობილური კავშირის სისტემა UMTS და მისი ფუნქციები _____	362
წიკლაური ბ., ხუნწარია ჯ. LTE ტექნოლოგია _____	366
უღრელიძე ნ.ა., რობიტაშვილი ა.გ., აკოპია დ.გ. ინფორმაციის დაცვის მეთოდი რადიოკავშირის სისტემისთვის _____	369

სექცია №6. ეკოლოგია და გარემოს დაცვა

მიქაუტაძე დ., კვაბზირიძე მ. ბლოკალური დატვირთვა და კრიოსფერო _____	373
ლატარია ქ., ლატარია მ. CO ₂ -ის ემისია ატმოსფეროში და მისი დაჭერა-შენახვის პერსპექტივები _____	376
მიქაბაძე ს. ენერგეტიკა და ეკოლოგია _____	381
კამლაძე ა., გელაშვილი ა., გვეტაძე ვ. ალტერნატიული საწვავი საავტომობილო ტრანსპორტზე _____	385
ფურცხვანიძე გ., კამლაძე ა., გვეტაძე ვ. ავტოტრანსპორტის მიერ გამოყოფილი მავნე ქიმიური მინარევეები _____	387
კამლაძე ა., ფურცხვანიძე გ., გვეტაძე ვ. ანთების სისტემის მასხასიათებლების ბავშვებს ავტომობილის ტოქსიკოლოგიაზე _____	391
Туркадзе Ц., Бочондзе И., Хазарад Н., Гобеджишвили Л., Гамкрелидзе Е. ПОЛИХЛОРИРОВАННЫЕ БИФЕНИЛЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ И МЕРОПРИЯТИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ _____	394
ბრეგვაძე ა., სიჭინავა ლ. ზღვის სანაპირო ზოლის ახალი ეკოლოგიური და ეკონომიკური მეთოდი _____	399
ბასილაძე ე. ჯობნარ-მკლარის კირქვიანი კლატონ ლანდშაფტები _____ 403	
ბლიაძე ნ. ნ. მეფხრების განვითარების დინამიკა და ბუნებათსარგებლობის პრობლემები ლეჩხუმის რეგიონში _____	408
Гамкрелидзе Е., Сирбиладзе Т., Сирбиладзе К., Мамаგიшვილი И. ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ _____	412

სექცია № 7. ბანათლება ენერგეტიკის სფეროში

მაჭავარიანი ე.ს. დაპირისპირებულია ერთიანობის კანონის გამოყენება მექანიკური ენერჯის მისაღები დანადგარების მუშაობის ზოგადი პრინციპების სწავლების პროცესში	
--	--

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი _____ 417

Никурадзе Дж., Квинтрадзе В., Меладзе В., Цхакая К.
ОБУЧАЕМОСТЬ И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ ОЦЕНКИ ПРИ
ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ _____ 421

უბუღაბა ა.
უნივერსალური ინფორმაციული პრეზენტაციის დე
მონი ერთი გამოყენება – ბოღმანის მუღმივის
სბანსახღვრა _____ 424

კომპიუტერული დაკაბადონება ლევან იობაძე

გადაეცა წარმოებას 15.05.2013

ფორმატი A4

ნაბეჭდი თაბახი 26,875

ტირაჟი 100

კრებული დაიბეჭდა ი.მ. “ნათია ტორაძის“ მიერ

ქუთაისი, ახალგაზრდობის 98

ტელ. 0431 22 21 46

მობ. 599 18 20 98, 555 2165 57

E-mail: levanistamba@rambler.ru

natia491@yahoo.com



