

620.9(05)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

კავშირი
"მეცნიერება და ენერგეტიკა"

ენერგეტიკა

სამეცნიერო-ტექნიკური რევირეზიული
ჟურნალი

2(98)/2021

თბილისი

ISSN 1512-0120

სარედაქციო კოლეგია:

მთავარი რედაქტორი – მერაბ ლორთქიფანიძე

მთავარი რედაქტორის მოადგილე – შალვა გაგოშიძე

სარედაქციო კოლეგიის წევრები: რ.არველაძე, გ.არაბიძე, ი.ბიჯამოვი, გ.ქაჯაია, ვ.კინკლაძე, ი.კალანდაძე, გ.ლეკიშვილი, ნ.მელაძე, ა.ნადირაძე, დ.ნამგალაძე, ა.ყუბანიშვილი, ა.ჭითანავა, გ.ხელიძე, ა.ჩიქოვანი, ივ.ჩოლოყაშვილი, ნ.ჩახვაშვილი (პასუხისმგებელი რედაქტორი), ვ.ტრასკინი (რუსეთი), ზ.სკვორცოვა (რუსეთი), ა.ალექსეევი (უკრაინა), კ.სეიხანი (თურქეთი), პ.პსაროპულოსი (საბერძნეთი), ა.სარუხანიანი (სომხეთი), ა.კულიევი (აზერბაიჯანი).

EDITORIAL BOARD:

The editor-in-chief – Merab Lordkipanidze

Deputy of the editor-in-chief - Shalva Gagoshidze

Editorial board members: R.Arveladze, G.Arabidze, Y.Bijamov, I.Kalandadze, G.Kajaia, V.Kinkladze, A.Kubaneishvili, G.Lekishvili, N.Meladze, A.Nadiradze, D.Namgaladze, G.Khelidze, A.Tshitanava, A.Chikovani, Iv.Cholokashvili, N.Chakhvashvili (managing -editor- in-chief), V.Traskin (Russia), Z.Skvortsova (Russia), A.Alekseev (Ukraine), K.Seyhan (Turkey), P.Psarropoulos (Greece), A.Sarukhanian (Armenia), A.Kuliev (Azerbaijan).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор – Мераб Лордkipанидзе

Заместитель главного редактора – Шалва Гагошидзе

Члены редакционной коллегии: Р.Арвеладзе, Г.Арабидзе, Я.Биджамов, Г.Каджая, А.Кубанейшвили, В.Кинккладзе, И.Каландадзе, Г.Лекишвили, Н.Меладзе, А.Надирадзе, Д.Намгаладзе, Г.Хелидзе, А.Читанова, А.Чиковани, И.Чолокашвили, Н.Чахвашвили (ответственный редактор), В.Траскин (Россия), З.Скворцова (Россия), А.Алексеев (Украина), К.Сейхан (Турция), П.Псаропулос (Греция), А.Саруханян (Армения), А.Кулиев (Азербайджан).

ნომრის მომზადებაში მონაწილეობდნენ:

ტექნ. მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი ნ.ბარაბაძე, ე.ზამბახიძე, ბ.ბურჭულაძე (ნომრის კომპიუტერული აწყობა-დაკავშირება), ი.თუმანიშვილი (ტექსტის რედაქტირება), ს.ბერიძე (ინგლისური ტექსტის მომზადება).

ჟურნალ "ენერჯის" რედაქციის მისამართი: 0179 თბილისი, ი.აბაშიძის 40. ტელ. 218-09-51

The address of the editorial office of journal "Energy": 40, I.Abashidze str., Tbilisi, 0179, Georgia, tel. 218-09-51

Адрес редакции журнала "Энергия": 0179 Грузия, Тбилиси, ул. И.Абашидзе, 40.

тел. 218-09-51

რეგისტრაციის ნომერი № 5^ა / 4 - 645

© "ენერჯია". 2011

www.Energyonline.ge

სარჩევი – CONTENTS - СОДЕРЖАНИЕ

გვ. P. Стр.

ნ.ქავთარაძე. 60 წელი კოსმოსის ათვისებიდან.....	5
ც.ყურუშაძე, მ.ბეჰირიშვილი, ვ.ჩხაიძე. მიკრო და მცირე სიმძლავრის ქარის ენერგეტიკული დანადგარის ტურბინა	15
ლ.ვეფხვაძე. საქართველოში ელექტროენერჯის მოხმარების პროგნოზირების პიბრიდული მოდელი.....	20
ბ.სარაღიძე. ახალი ფხვნილგულა მავთულით დადუღებული ზედაპირის ტრიბოლოგიური კვლევა.....	35
თ.მუსელიანი, გრ.მუსელიანი, ლ.ბალახაშვილი, მ.გვარამაძე. ერთჯაჭვა მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დაძაბულობის განსაზღვრა კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე სადენების პორიზონტალური განლაგების დროს.....	42
ი.ყურაშვილი, თ.ქიქოძე, ვ.ჩუბინიძე, დ.მხეიძე, მ.ქაღარიძე, ტ.მელაშვილი, ნ.გომოლაშვილი, გ.დარსაველიძე. იზოქრონული მოწვევის გაგლენა n-SiGe შენადნობების არადრეკად თვისებებზე.....	48
ა.შერმაზანაშვილი. რადიალურ-საჭედი მანქანების ანალიზი და ახალი კონსტრუქციის შემუშავება.....	53
ბ.ხორბალაძე. გადამცემი სისტემის ოპერატორის მიერ დასარეზერვებელი სიმძლავრის ღირებულება.....	59
ბ.ხურცილავა, ო.კიღურაძე. ენერგოეფექტური ღონისძიებები ელექტრულ ტრანსპორტზე.	62
З.МЧЕДЛИШВИЛИ, И.ДЖИХВАДЗЕ. Анализ работы различных схем генераторов релаксационных электрических колебаний.....	69
З.МЧЕДЛИШВИЛИ, И.ДЖИХВАДЗЕ. Расчеты электрических цепей с индуктивной связью методом эквивалентных контуров.....	74
ДЖ. НИКУРАДЗЕ, В. КВИНТРАДЗЕ, В.МЕЛАДЗЕ, М.ЖГЕНТИ. Информационные технологии как фактор трансформации дистанционного обучения и изменения стратегий образовательной среды.....	78
И.ТАБАТАДЗЕ. Релаксационные процессы в α – цирконии.....	84
ჯ.ნიკურაძე, ვ.კვინტრაძე, ვ.მელაძე, მ.შლენტი. დისტანციური სწავლების საგანმანათლებლო ტექნოლოგია.....	90
A.CHRELASHVILI. On the Relevance, Purpose, Subject of Research and Other Issues of the Combined Method of Large Blocks.....	95

პ უ ლ ო ც ა ვ თ

ჟურნალ "ენერჯია" რედაქტორს - ინა თუშანიშვილს საიუბილეო თარიღის მილოცვა	99
სტატიების შემოტანის წესები.....	100

60 წელი კოსმოსის ათვისებიდან

ნატო ქავთარაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. ნაშრომში “60 წელი კოსმოსის ათვისებიდან” მოკლედ არის განხილული მე-20 საუკუნის შუა წლებიდან თანამედროვე პერიოდამდე მეცნიერთა მიერ კოსმოსის ათვისებასა და შესწავლასთან დაკავშირებული საქმიანობა.

იღია კოსმოსის ათვისების შესახებ ეკუთვნოდა საბჭოთა კავშირში ამ დარგში მომუშავე “მთავარ კონსტრუქტორს” – სერგეი კოროლიოვს. მისი უშუალო პროექტითა და ხელმძღვანელობით აგებულ იქნა პირველი კოსმოსური აპარატი “სპუტნიკი”, ხოლო შემდგომ კოსმოსური ხომალდი – “სპუტნიკ-გოსტოკ-1”, რომლითაც კოსმოსში პირველმა ადამიანმა - იური გაგარინმა - იმოგზაურა. სერგეი კოროლიოვმა უდიდესი წვლილი შეიტანა საბჭოთა კავშირის რაკეტულ-კოსმოსური ტექნიკისა და სარაკეტო იარაღის წარმოების ორგანიზებაში ცივი ომის პერიოდში.

ნაშრომი შეიცავს მასალას ქართველი მეცნიერ-გამომგონებლის – ალექსანდრე ნადირაძისა და მსოფლიოს სამეცნიერო საზოგადოების მიერ აღიარებული მეცნიერის – ნიკო მუსხელიშვილის შესახებ, რომლებმაც მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს კოსმოსის ათვისების საქმეში.

კოსმოსისკენ გადაღებული პირველი ნაბიჯები გახდა საფუძველი იმ დიდი აღმოჩენებისა, რომელსაც მიაღწია კაცობრიობამ 21-ე საუკუნის დასაწყისში.

საკვანძო სიტყვები: ბალისტიკური რაკეტა, ს.კოროლიოვი, კოსმონავტი, კოსმოსი, ნ.მუსხელიშვილი, ა.ნადირაძე, სარაკეტო სისტემა, “სპუტნიკი”.

60 წელი გვაშორებს იმ დროს, როდესაც ადამიანმა შეძლო დედამიწაზე ცივილიზაციის არსებობის მანძილზე პირველი ნაბიჯები გადაედგა კოსმოსის ათვისების საქმეში. 1961 წლის 12 აპრილს პირველი ადამიანი ეწვია კოსმოსს. ამიტომაც 12 აპრილი “კოსმონავტიკის დღეს” არის აღიარებული. მართალია, მეცნიერების განვითარება და მთელი რიგი მოსამზადებელი სამუშაოები წინ უძღოდა ამ საოცარ მოვლენას, მაგრამ ადამიანი, ვინც უნიკალურ პროექტს ფრთები შეასხა და მსოფლიოში პირველი კოსმოსური რაკეტის გაფრენა უზრუნველყო, მისი სახელი და გვარი წლების განმავლობაში უცნობი იყო საზოგადოებისათვის საბჭოთა კავშირის ხელმძღვანელობის მიერ. ის კაცობრიობის ისტორიაში შევიდა როგორც ადამიანი – უდიდესი ტვინი, რომელმაც სამყარო შეცვალა, უდიდესი მეცნიერი მე-20 საუკუნის გმირი სერგეი კოროლიოვი გახლდათ.

მე-20 საუკუნის 30-40-იანი წლების პოლიტიკურმა ძვრებმა ვეროპასა და რუსეთში, შემდეგ კი მე-2 მსოფლიო ომმა, პირველი ატომური ბომბის შექმნამ და გამოცდამ სრულიად შეცვალა მეცნიერული განვითარების ვექტორი. სახელმწიფოები იბრძოდნენ პირველობის მოსაპოვებლად. ცივი ომის პერიოდი დადგა. ამ პერიოდში მსოფლიოში აშშ-სა და საბჭოთა კავშირს შორის მიმდინარეობდა გამალებული ბრძოლა შეაიარაღებისათვის. სწორედ აქ იჩინა თავი პირველად კოსმოსის ათვისების იდეამ; საბჭოთა კავშირის ლიდერებმა მეცნიერებს ერთგვარი დავალება მისცეს: შეექმნათ მსოფლიოში ისეთი პირველი აპარატი, რომელიც კოსმოსში შეძლებდა გასვლას. პარალელურად გარკვეულ სამუშაოს ატარებდა აშშ. ამრიგად, ორივე ლიდერი სახელმწიფო ცდილობდა, შეექმნა მსოფლიოში პირველი საკონტინენტაშორისო ბალისტიკური რაკეტა, რომელიც თერმობირთვული ქობინის გადატანას შეძლებდა. ორივე ქვეყანაში პროექტების განვითარებაში მნიშვნელოვანი როლი შეასრულეს გერმანელმა მკვლევარებმა – მეცნიერებმა, ვინც ომის პერიოდში ჰიტლერისთვის მუშაობდა რაკეტების პროექტებზე და ომის შემდგომ აღმოჩნდნენ ამერიკასა და საბჭოთა კავშირში.

საბჭოთა კავშირის მეცნიერთა ჯგუფმა ინჟინერ-კონსტრუქტორის – სერგეი კოროლიოვის ხელმძღვანელობით გადაწყვიტა არ დალოდებოდა სრულად აღჭურვილი სამეცნიერო თანამგზავრის დამზადებას და ინჟინრებს დაავალა რაკეტისათვის შეექმნათ ორბიტაზე გასაშვები პრიმიტიული აპარატი და ამით გარკვეული დრო მოეგოთ. ამდენად, “უბრალოდ სპუტნიკი” რამდენიმე თვეში დაამზადეს და გაუშვეს კიდევ 1957 წლის ოქტომბერს, რითაც დაიწყო კოსმოსის ერა კაცობრიობის ისტორიაში.

“სპუტნიკი” იყო 58 სმ. დიამეტრის, სფეროს ფორმის აპარატი, 2 რადიოგადამცემითა და 4 ანტენით. ის 84 კგ-მდე იწონიდა.

პირველი ხელოვნური თანამგზავრი “სპუტნიკი” დედამიწის ორბიტაზე 92 დღე იმყოფებოდა და 1440-ჯერ შემოუარა დედამიწას, ვიდრე შენელებოდა და ატმოსფეროში დაბრუნებული დაიწვებოდა. მისი რამდენიმე ნამსხვრევი ამჟამად მუზეუმში ინახება.

“სპუტნიკის შოკის” უშუალო შედეგი გახდა ამერიკის გააქტიურება კოსმოსის კვლევაში უპირატესობის მოსაპოვებლად და სარაკეტო სისტემის დასახვეწად. კაცობრიობის ისტორიაში პირველი ხელოვნური თანამგზავრის გაშვებას ძალიან დიდი გამოხმაურება და მწვავე რეაქცია მოჰყვა დასავლეთის ქვეყნების მხრიდან. აშკარა

გახდა, რომ ცივი ომის პირობებში კოსმოსში გაფრენისა და მისი ათვისებისათვის საბჭოთა კავშირი ტექნოლოგიური მზადყოფნით არ ჩამოუვარდებოდა აშშ-ს, შეიძლება ითქვას, რომ უსწრებდა კიდევ. მეტიც, საბჭოთა კავშირმა შეძლო რეკორდულად მცირე დროში შეექმნა უკვე რაკეტა – “ერ-7”, რომელზედაც შეიძლებოდა ბირთვული ქობინის დამაგრება და ამით იგი მისწვდებოდა აშშ-ის ტერიტორიას. “ერ-7”-ის გამოცდა მოეწყო. ამასთან სერგეი კოროლიოვმა საბჭოთა კავშირის ხელმძღვანელობა გააფრთხილა, რომ აშშ-იც მუშაობდა გრძელრადიუსიანი რაკეტის შექმნაზე და მან მიიღო რაკეტის გაშვების ნებართვა.

სწორედ კოროლიოვის დამსახურებაა და მის მიერ შექმნილი “სპუტნიკის” გაშვებას უკავშირდება კოსმოსური კვლევის მსოფლიოში წამყვანი ორგანიზაციის – “ნასას” შექმნაც, რომელიც 1958 წლის 29 ივლისს, აშშ-ის აერონავტიკისა და კოსმოსური სივრცის კვლევის ეროვნული სამმართველოს წარმოადგენს.

დაწყებული მე-20 საუკუნის 30-იანი წლებიდან, კოროლიოვმა უდიდესი წვლილი შეიტანა საბჭოთა კავშირის რაკეტულ-კოსმოსური ტექნიკისა და სარაკეტო იარაღის წარმოების ორგანიზებაში. მისი ხელმძღვანელობით დედამიწის ორბიტაზე მსოფლიოში პირველად გაუშვეს თანამგზავრები, სამეცნიერო სადგურები და კოსმოსური ხომალდები. ამ ღონისძიებების შესახებ ცნობებმა მთელი მსოფლიო შეაზანზარა, რადგან დედამიწაზე ცივილიზაციის არსებობის ისტორიაში ეს იყო პირველი წარმატებული შემთხვევა, როდესაც ადამიანმა შეძლო დედამიწის სივრციდან კოსმოსის სივრცეში გადანაცვლება და უამრავი სიანხლის გაგება ჩვენს მიღმა სამყაროზე, რაზედაც ოცნებობდა საუკუნეების განმავლობაში კაცობრიობა.

შემდეგ მას მოყვა კოროლიოვის პროექტით აგებული კოსმოსური ხომალდები – “ვოსტოკი” და “ვოსხოდი”. ხომალდების აგება ხორციელდებოდა ქარხანა “პროგრესში”.

1957 წელს, როდესაც სსრკ-მა პირველი ხელოვნური თანამგზავრი გაუშვა კოსმოსში, გახეთმა “პრავდა”-მ აღნიშნა, რომ ამ დიდ გამარჯვებაში ფუნდამენტური წვლილი შეიტანა ნიკოლოზ ივანეს-ძე მუსხელიშვილის დრეკადობის თეორიამ. მისი წიგნები სხვადასხვა ენაზე ითარგმნებოდა და საქართველოს სახელი საზღვრებს გარეთ გაჰქონდა. იგი იყო თეორიული და მექანიკის ეროვნული კომიტეტის თავმჯდომარე, ხუთი ქვეყნის მეცნიერებათა აკადემიის წევრი. ტურინის აკადემიამ მას 1969 წელს გადასცა პრემია და ოქროს მედალი – “მოდესტო პანეტი”, დაჯილდოებული იყო სლოვაკეთის მეცნიერებათა აკადემიის ოქროს მედლით, ლომონოსოვის

სახელობის ოქროს მედლით, 2-ჯერ მიენიჭა საბჭოთა კავშირის პრემია და 6-ჯერ დააჯილდოეს ლენინის მედლით.

განსხვავებით მისი მთავარი ამერიკელი მეტოქის – ვერნერ ფონ ბრაუნისგან, კოროლიოვის ვინაობა მის გარდაცვალებამდე სრულიად უცნობი იყო, როგორც უცხოელი, ასევე საბჭოთა საზოგადოებისათვის, რადგან მაშინდელი საბჭოთა მთავრობა, როგორც წესი, ბევრ რამეს, რაც კოსმოსთან იყო დაკავშირებული, მალავდა. იგი ცნობილი იყო როგორც “მთავარი კონსტრუქტორი”.

იგი თავიდანვე დაკავებული იყო თვითმფრინავების შექმნით, მაგრამ მან თავი გამოიჩინა როგორც ნიჭიერმა ორგანიზატორმა. სტალინური რეპრესიების უდანაშაულო მსხვერპლმა ციხეებში 6 წელი გაატარა (მათ შორის, რამდენიმე თვე ციმბირის ოქროს მომპოვებელ ბანაკებში). განთავისუფლების შემდეგ იგი გახდა საბჭოთა საკონტინენტაშორისო ბალისტიკური რაკეტების ერთ-ერთი მთავარი კონსტრუქტორი. მოგვიანებით ხელმძღვანელობდა საბჭოთა კოსმოსურ პროგრამას და მისი მონღოებით გაშვებულ იქნა დედამიწის პირველი ხელოვნური თანამგზავრი და პირველი ადამიანი კოსმოსში. მისი სიკვდილის შემდეგ, 1966 წელს, კოროლიოვის საბჭოთა მთავრის პროგრამა, რომელიც მთვარეზე ადამიანის დაშვებას ისახავდა მიზნად ამერიკელებზე ადრე, განუხორციელებელი დარჩა. კოროლიოვი ოცნებობდა ავტომატური აპარატების საშუალებით აეთვისებინა გალაქტიკის სივრცეები და მარსზე გაფრენის ორგანიზება დაეწყო, თუმცა ჩანაფიქრის განხორციელება ვერ მოასწრო.

მან ნობელის პრემია ვერ მიიღო, რადგან მისი სახელი გარდაცვალებამდე საიდუმლოდ დარჩა. მას რომ მიეღო ის თანხა, დარწმუნებით იგონებს შვილი ნატალია, ის ამ თანხას აუცილებლად მოახმარდა მარსზე კოსმოსური ხომალდის გაშვებას, რადგან, როგორც ცნობილია, სწორედ პირველი თანამგზავრები და კოსმოსური ხომალდები “ვოსტოკი” და “ვოსხოდი” კოროლიოვის ხელით შეიქმნა.

კოროლიოვთან მუშაობდა ქართველი მეცნიერი გ.ვანანაძე, რომელიც იხსენებს, რომ კოროლიოვს უყვარდა გამოთქმა: “თუ შენ აკეთებ სწრაფად და ცუდად, მაშინ გარკვეული დროის შემდეგ შენი სისწრაფე დაავიწყდება ხალხს, ხოლო ცუდი დაამახსოვრდებათ; თუ შენ აკეთებ კარგად და ნელა, მაშინ შენი კარგად გაკეთებული მუდამ ემახსოვრებათ”. მას უყვარდა საქმის კარგად კეთება.

ამის შემდგომ კიდევ ერთი უდიდესი წინსვლა განხორციელდა კოროლიოვის მიერ, როდესაც 1961 წლის 12 აპრილს მისივე ბრძანებით სტარტი აიღო დედამიწიდან

კოსმოსურმა ხომალდმა “სპუტნიკ – ვოსტოკ-1”-მა, რომელშიც პირველი კოსმონავტი-ადამიანი – იური გაგარინი იმყოფებოდა. სწორედ კოროლიოვმა გააცვილა იგი და მანვე უსურვა მშვიდობიანი ფრენა ახალგაზრდა კოსმონავტს. რამდენიმე წუთში დამყარდა ორმხრივი რადიოკავშირი დედამიწასა და იური გაგარინს შორის. ხომალდმა 1 სთ-სა და 48 წთ-ში დედამიწას ერთხელ შემოუარა. მაშინდელი ტექნიკა ჯერ კიდევ არ იძლეოდა იმის საშუალებას, რომ კოსმონავტი ხომალდში მყოფი დაშვებულიყო დედამიწაზე. ამის გამო გაგარინი (ისევე, როგორც ყველა სხვა კოსმონავტი “ვოსხოდ-1”-ის გაფრენამდე), 7 კმ-ის სიმაღლეზე კატაპულტით გამოეყო ხომალდს და მიწაზე დაეშვა. ეს ფაქტი ხანგრძლივი დროის განმავლობაში იყო დაფარული მსოფლიო საზოგადოებისაგან. გაფრენის წარმატებით დასრულების შემდეგ გაგარინი სრულყოფდა თავის ოსტატობას, ასწავლიდა და ავარჯიშებდა კოსმონავტებს, ხელმძღვანელობდა კოსმოსური ხომალდების ფრენას. 1966 წლიდან ასტრონავტიკისა და კოსმოსური სივრცის კვლევის საერთაშორისო აკადემიის საპატიო წევრი იყო. მას მიღებული ჰქონდა უმაღლესი ჯილდოები.

გაგარინი გარდაიცვალა 1968 წლის 27 მარტს. იგი ტრაგიკულად დაიღუპა საწვრთნელი ფრენის დროს, ვლადიმირის ოლქის, სოფელ ნოვოსიოლოვოსთან. დასაფლავებულია მოსკოვში, წითელ მოედანზე.

ნილ არმსტრონგი — აშშ-ის კოსმონავტი-მფრინავი, სამხედრო-საზღვაო ფლოტის ოფიცერი, სპეციალობით ავიაციის ინჟინერი. 1962 წ. მიიღო ასტრონავტის სტატუსი. 1966 წ. იყო ხომალდ “ჯემინი 9”-ის მეთაური. 1969 წ. კოსმოსური ხომალდის “აპოლო 11”-ის მეთაური და ის არის პირველი ადამიანი, რომელმაც ფეხი დადგა მთვარის ზედაპირზე. სწორედ ის ხელმძღვანელობდა მისიას “აპოლო 11”-ს ედვინ ალდრინთან (მთვარეზე დასაჯდომი კაპსულა “არწივის” პილოტი) და მაიკლ კოლინთან ერთად. კოსმოსურმა ხომალდმა სტარტი აიღო ფლორიდაში, კენედის კოსმოსური ცენტრიდან 1969 წ. 16 ივლისს და 4 დღეში, 20 ივლისს დაეშვა მთვარის ზედაპირზე, ე.წ. “წყნარ ზღვაზე”. მთელი მსოფლიო პირდაპირ ეთერში თვალს ადევნებდა ტელევიზიით ამ შესანიშნავ მოვლენას. როდესაც არმსტრონგმა ფეხი დადგა მთვარეზე 1969 წ. 21 ივლისს, 2 სთ-ს, 56 წთ-სა და 15 წმ-ზე, წარმოთქვა ისტორიული სიტყვები: “ეს პატარა ნაბიჯი ადამიანისათვის არის დიდი ნახტომი კაცობრიობისათვის”.

სამმა ასტრონავტმა: ნილ არმსტრონგმა, ედვინ ალდრინმა და მაიკლ კოლინმა მთვარეზე გაატარეს 2.5 საათი, გაიარეს 250 მ და დედამიწაზე თან ჩამოიტანეს მთვარის რამდენიმე ქვის ნატეხი შესწავლად.

პირველი კოსმოსური სადგური, სადაც ასტრონავტები მუშაობენ, იყო “სალუტ-1”, რომელიც 1971 წ. საბჭოთა კავშირმა გაუშვა. 1998 წ. ახალი საერთაშორისო კოსმოსური სადგურის პირველი ნაწილები შეაერთეს კოსმოსში და ეს სადგური უდიდესია დღემდე არსებულ სადგურებს შორის.

პირველ კოსმონავტებს შორის საბჭოთა კავშირიდან, ვინც ნ. არმსტრონგის შემდეგ მთვარეს ეწვია და ღია სივრცეში გადმოვიდა, იყო ალექსეი ლეონოვი, “ვოსხოდ 2”. 1965 წელს სხვა კოსმონავტებთან ერთად, კოსმოსში იმოგზაურა პირველმა კოსმონავტმა ქალმა საბჭოეთიდან – ვალენტინა ტერეშკოვამ (1963 წ.).

საქართველომ ბევრი გენიალური ადამიანი აჩუქა მსოფლიოს, მათ შორისაა, კონსტრუქტორი, გამოყენებითი მექანიკისა და მანქანათმშენებლობის სპეციალისტი, საბჭოთა კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი, პროფესორი, რაკეტმშენებლობის ერთ-ერთი საუკეთესო სპეციალისტი ალექსანდრე ნადირაძე, რომელმაც უმძლავრესი ბალისტიკური რაკეტები (“ტემპი”, “ტოპოლი”, “პიონერი”, “სკოროსტი” და სხვა მრავალი) შექმნა.

კვლევის და მუშაობის საგანი იყო თვითმფრინავის საჰაერო ბალიშის პრინციპზე დაფუძნებული ამფრენ-დამჯდომი მოწყობილობა, რომელიც შემდგომში დამონტაჟდა “უტ-2ნ” ტიპის თვითმფრინავზე.

ომის შემდგომი პერიოდიდან ა.ნადირაძის კვლევების მიმართულება საფრენი აპარატების მექანიკის გაუმჯობესება გახდა. მის მიერ იქნა დამუშავებული საფრენი აპარატების რთული სისტემის აგების თეორიული და ტექნიკური პრინციპები. მან ასევე შექმნა მსოფლიოში პირველი მეტეოროლოგიური კვლევითი რაკეტა “მრ-1”.

1951 წელს საბჭოთა კავშირის ხელისუფლების დავალებით ა.ნადირაძემ შექმნა რადიომართვადი ბომბის “უბ-2 ფ“-ით აღჭურვილი საავიაციო კომპლექსი “ზაიკა”, რომელიც 1955 წლიდან შეიარაღებაში მიიღეს.

გარკვეული პერიოდის შემდეგ, შეიარაღების გაუმჯობესების მიზნით, საბჭოთა კავშირის თავდაცვის სამინისტრომ მოაწყო კონკურსი კონტინენტაშორისო ბალისტიკური რაკეტების საუკეთესო პროექტის გამოსავლენად. აღნიშნულ კონკურსზე გამარჯვება ა.ნადირაძემ მოიპოვა.

1966 წელს “თბინსტიტუტს”, რომელსაც ა.ნადირაძე ხელმძღვანელობდა დაევალა, შეექმნა კონტინენტაშორისო ბალისტიკური რაკეტა მოძრავი საგრუნტო კომპლექსისათვის, და ეს პროექტი წარმატებით განხორციელდა ალ. ნადირაძის მიერ აგებულ იქნა რაკეტა “ტემპ-20”.

1971 წელს საკონსტრუქტორო ბიურომ, ანადირაძის ხელმძღვანელობით მუშაობა დაიწყო ახალ კომპლექსზე – “პიონერ”, რომლის წარმატებით დასრულების შემდეგ, 1973 წელს პროექტის ავტორს – ალექსანდრე ნადირაძეს რუსეთის დამსახურებული გამომგონებლის წოდება მიენიჭა. ახალი კომპლექსის “პიონერის” ორსაფეხურიანი რაკეტის საბრძოლო ბლოკში ინდივიდუალური დამიზნების სამი საბრძოლო ქაბინი იყო განთავსებული და თითოეულის სიძლიერე 1.5 მგ ტონას შეადგენდა. “პიონერმა” პირველი სტარტი 1974 წლის 21 სექტემბერს აიღო. მისი გამოცდა 1976 წლის 9 იანვარს, 21-ე გაშვების შემდეგ, წარმატებით დასრულდა. ამავე წლის 11 მარტს ანადირაძის ამ საშუალო მოქმედების მობილური სტრატეგიული სარაკეტო კომპლექსით სსრკ-ის არმია შეიარაღდა. 1976 წლის ბოლოს სტრატეგიული ჯარების განკარგულებაში 18 გამშვები დანადგარი იყო, 1980 წელს – 135, ორი წლის შემდეგ კი – 300. “პიონერის” გამოჩენამ ნატოს წევრ ქვეყნებში დიდი ინტერესი და შეშფოთება გამოიწვია.

ანადირაძე იყო ზესახელმწიფოს მთავარი კონსტრუქტორი, რომელმაც შექმნა მრისხანე ბალისტიკური რაკეტები, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი იყო მსოფლიოს ნებისმიერი წერტილისათვის დაერტყათ. იგი ძალიან გასაიდუმლოებული პიროვნება იყო – მას მთავრობა იცავდა.

1976 წლიდან აღნიშნული სარაკეტო კომპლექსი შეიარაღებაში მიიღეს. აღნიშნული “სარაკეტო-ბირთვული ფარი” მაშინდელი საბჭოთა კავშირის ნამდვილი სიამაყე იყო; უნდა ითქვას, რომ ვაშინგტონის ავიაციისა და კოსმონავტიკის მუზეუმში “პიონერის” ერთ-ერთი ეგზემპლარი დღემდე ერთ-ერთ თვალსაჩინო ექსპონატად ინახება. მე-20 საუკუნის სამხედრო-ტექნიკური საოცრების “ტოპოლ”-ის ავტორი და შემქმნელიც ჩვენი თანამემამულე ალ. ნადირაძეა.

1983 წელს კომპლექსი “ტოპოლი” გაყვანილ იქნა გამოცდაზე. მისი პირველი სტარტი 8 თებერვალს შედგა და ის შახტიდან განხორციელდა. 1987 წლის 28 აპრილს კი ჩამოყალიბებული იყო მისი სრულიად აღჭურვილი სარაკეტო პოლკი. სამწუხაროდ, პროექტის ავტორი ვერ მოესწრო თავისი მორიგი ქმნილების შეიარაღებაზე წარმატებით მიღებას. ალ. ნადირაძე იმავე წლის 3 სექტემბერს გულის შეტევით მოულოდნელად გარდაიცვალა.

პირველი გაშვება კოსმოსში წარმატებით განხორციელდა 1993 წლის 25 მარტს.

მოყოლებული ამ დროიდან რუსეთს წლებია სამხედრო აღლუმებზე სამხედრო ტექნიკა გამოჰყავს, რომელთა შორისაა ალ. ნადირაძის მიერ შექმნილი სარაკეტო

კომპლექსი – “ტოპოლი”, რომლის ანალოგიური დასავლეთის არც ერთ სახელმწიფოს არ შეუქმნია და არ გააჩნია.

აღწერილობის სარაკეტო ტექნიკის მაღალ საბრძოლო თვისებებზე მეტყველებს, რომ საკონტროლო გამოცდების ჩაბარების, სასწავლო-საბრძოლო გაშვების, თუ სადემონსტრაციო სროლების 30-წლიანი პრაქტიკის განმავლობაში არ ყოფილა არც ერთი არადამაკმაყოფილებელი შედეგი, არც ერთი წარუმატებელი გაშვება, მისი უშუალო ხელმძღვანელობით შეიქმნა აგრეთვე რაკეტები მყარ საწვავზე სისტემებისათვის: “ვოსხოდი”, “სოუზი”, “კოსმოსი”, “სოიუზ-აპოლონი” და “პროგრესი”.

1984 წელს გადაწყდა, რომ იგი აერჩიათ “საპატიო თბილისელად”. მაშინდელი საბჭოთა კავშირის გენერალური მდივნის – ჩერნენკოს ნებართვით მოხერხდა მისი ჩამოყვანა და “თბილისობის” დღესასწაულზე მოწვევა, მაგრამ ძალიან ვიწრო წრემ იცოდა ამის შესახებ.

აღწერილობის მიღებული ჰქონდა მაშინდელი საბჭოთა კავშირის მხრიდან უამრავი უმაღლესი ჯილდოები. ის დაკრძალულია მოსკოვში, ნოვოდევინის სასაფლაოზე, სადაც დგას მისი ძეგლი. მისი ხსოვნის უკვდავსაყოფად რუსეთის კოსმონავტიკის ფედერაციისა და მოსკოვის თბოტექნიკის ინსტიტუტის მიერ დაწესებულია აკადემიკოსს ალექსანდრე ნადირაძის სახელობის მედალი.

მას შემდეგ, რაც ამ გენიალური ადამიანების ნიჭით, ძალისხმევითა და შემოქმედებითი საქმიანობით კაცობრიობამ უდიდეს წარმატებას მიაღწია კოსმოსის ათვისების საქმეში, კოსმოსს სხვა სახელმწიფოებიდანაც რამდენიმე ათეული კოსმონავტი ეწვია და თითქოს ეს ჩვეულებრივ მოვლენად იქცა. უფრო მეტიც, კოსმოსისკენ პირველი ნაბიჯების შემდგომ 60 წელი გავიდა და მის ათვისებაში 21-ე საუკუნეში ცივილიზაცია სულ ახალ-ახალ ნაბიჯებს დგამს. გარდა იმისა, რომ კოსმოსში გაშვებულია თითქმის 1500-მდე თანამგზავრი, რომლებიც იქიდან ინფორმაციას გვაწვდიან, დღეს დედამიწაზე არსებული მასობრივი საკომუნიკაციო სისტემა წარმოუდგენელია კოსმოსის ათვისების გარეშე, როგორცაა ინტერნეტ და მობილური ოპერატორები.

შეიძლება ითქვას, რომ დღევანდელი გადასახედიდან დიდი ნახტომი გააკეთა კაცობრიობამ, როდესაც მარსის პლანეტამდეც მიაღწია, როგორც ამას ოცნებობდა კოროლიოვი. შესაძლებელია და დასაშვებია, რომ დედამიწაზე მოხდეს კატასტროფა. მაშინ ადამიანმა უნდა შეძლოს სიცოცხლე გააგრძელოს სხვაგან და ეს სხვაგან შეიძლება იყოს დედამიწის მსგავსი პლანეტა – მარსი. შესაძლებელია, ვიფიქროთ

კიდევაც, რომ დიდი პერიოდი არ გვაშორებს იმ რეალობას, როდესაც აღამიანები შეძლებენ მარსზე გადასახლებას და იქ სიცოცხლის გაგრძელებას.

ლიტერატურა

1. ვეკუა ნ. *აკადემიკოსი ნიკო მუსხელიშვილი*. თბილისი: მეცნიერება. 1989.
2. Harford, James. *Korolev: How One Man Masterminded the Soviet Drive to Beat America to the Moon*//. John Wiley & Sons. 1999.
3. Korolyov S. P. *Rocket Flight in the Stratosphere*. Moscow: State Military Publishers. 1934.
4. Korolyov S. P. *The Practical Significance of Konstantin Tsiolkovsky's Proposals in the Field of Rocketry*. Moscow: USSR Academy of Sciences, 1957.
5. Наталия Королева. *С.П. Королев. Отец*. М.: Наука. 2007.
6. Scott, David; Alexei Leonov. *Two Sides of the Moon: Our Story of the Cold War Space Race. with Christine Toomey*. St. Martin's Griffin. 2006.
7. *Космонавтика и ракетостроение*. Биографическая энциклопедия. Москва: Столичная энциклопедия. 2006.
8. Маринин И.А., Шамсутдинов С.Х., Глушко А.В. (составители). *Советские и российские космонавты. 1960—2000* / Под ред. Ю.М. Батурина. М.: ООО Информационно-издательский дом «Новости космонавтики», 2001.
9. Chaikin Andrew. *A Man on the Moon: The Voyages of the Apollo Astronauts*. London: Penguin Books. 1994.
10. *Первый состав Российского национального комитета по теоретической и прикладной механике*. Составители А. Н. Богданов, Г. К. Михайлов/Под ред. д-ра физ.-мат. наук Г. К. Михайлова. М.: «КДУ», «Университетская книга». 2018.
11. Келдыш М. В., Соболев С. Л. *Николай Иванович Мухелишвили (К шестидесятилетию со дня рождения)* // *Успехи математических наук*. 1951. Том 6. Вып. 2(42).
12. Осташев А. И. *Испытание ракетно-космической техники — дело моей жизни: события и факты*. Изд. 2-е, испр. и доп. Королёв. 2005.

60 YEARS SINCE THE BEGINNING OF EXPLORING SPACE.

N.Kavtaradze. "Energy". №2(98). 2021. Tbilisi. p. 5-14. geo. sum geo. engl. rus.

The activity of studying and exploring space from the mid-20th century to the modern era is briefly discussed in the article “60 Years Since the Beginning of Exploring Space”.

The idea of exploring space belongs to the main constructor of this field in the Soviet Union — Sergei Korolev. The first artificial Earth satellite “Sputnik” was built by him according to his project and then the next spacecraft that was created by him was Sputnik Vostok 1 by which the first human being Yuri Gagarin went to outer space. S. Korolev has done the greatest bit in the organization of manufacturing of rocket-powered space techniques and aircraft weapons during the cold war.

The article contains information about Georgian scientist and inventor Aleksandre Nadiradze and Niko Muskhelishvili who was admitted by the society of sciences of the world — they both have done their important bit in exploring space.

The first steps to space were the base of the greatest discoveries which were achieved by humankind in the 21st century.

60 ЛЕТ ОСВОЕНИЯ КОСМОСА.

Н.Кавтарадзе. "Энергия". №2(98). 2021. Тбилиси. с. 5-14. груз. реф. груз. англ. рус.

Дано краткое описание деятельности ученых в области освоения и изучения космоса с середины 20 века до наших дней.

Идея освоения космоса принадлежит Сергею Королеву - главному конструктору, работавшему в этой области в Советском Союзе. По его непосредственным проектам и под его руководством был построен первый космический корабль - «Спутник», а затем - космический корабль «Спутник-Восток-1» с запуском первого человека в космос - Юрия Гагарина. С.Королев внес наибольший вклад в организацию производства в СССР ракетно-космической техники и ракетного оружия в годы холодной войны.

Представлены также материалы о выдающемся грузинском ученом-изобретателе Александре Надирадзе и о признанном мировым научным сообществом ученом Нико Мухелишвили, внесшем значительный вклад в освоение космоса.

Первые шаги в космос дали старт великим открытиям, сделанным человечеством в начале 21 века.

**მიკრო და მცირე სიმძლავრის ქარის ენერგეტიკული
დანადგარის ტურბინა**

პროფესორი *ციური ყურუშუაძე*
ასოცირებული პროფესორი *მაყვალა ბექერიშვილი*
ემერიტუსი *ვლადიმერ ჩხაიძე*

ბათუმის სახელმწიფო საზღვაო აკადემია

ანოტაცია. აღწერილია მიკრო და მცირე სიმძლავრის ქარის ენერგეტიკული დანადგარის ტურბინის სიახლე, რომელიც საქართველოს ინტელექტუალური ცენტრის „საქპატენტის“ მიერ აღიარებულია გამოგონებად.

მასში განხილულია: სიახლის მქონე ტურბინის მუშა ორგანოს-როტორის სტრუქტურული შემადგენლობა, მუშაობის პრინციპი, ქარის კინეტიკური ენერჯის ბრუნვით მექანიკურ ენერჯიაში გარდაქმნის პროცესი და ტურბინის მთავარი მახასიათებლების-სიმძლავრისა და კუთხური სიჩქარის მნიშვნელობა ქარის სიჩქარესთან დაკავშირებით.

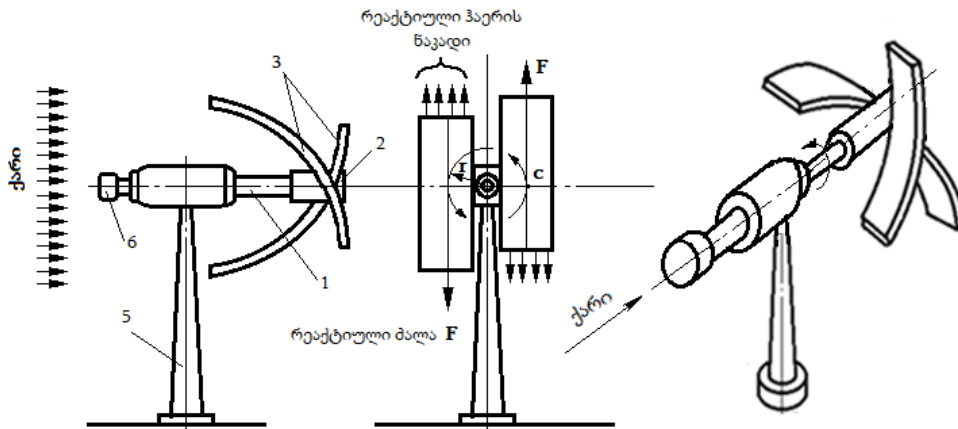
საკვანძო სიტყვები: მიკრო და მცირე სიმძლავრე, ქარის კინეტიკური ენერჯია, ტურბინა, ენერგორესურსი.

ენერგოუსაფრთხოება საფუძვლად უდევს ქვეყნის ტექნიკურ პროგრესს, რაც უზრუნველყოფს მის ეკონომიკურ და სოციალურ განვითარებას. ამავ დროს, ქვეყნის ენერგოუზრუნველყოფა მოითხოვს ბუნების წიაღში არსებული არაგანახლებადი ენერჯის წყაროების ინტენსიურ გამოყენებას, რაც დაკავშირებულია დიდ კაპიტალურ ხარჯებთან, ამ წყაროების მიღებადობასთან და ყოველივე ამასთან ერთად წარმოქმნილ ეკოლოგიურ პრობლემებთან. აქედან გამომდინარე, ბაზური ენერგორესურსების დაზოგვისა და გარემოს ეკოლოგიურად გაუმჯობესების მიზნით გამართლებული იქნება არსებული ტრადიციული ენერჯის წყაროებთან ერთად გამოყენებული იქნას არატრადიციული განახლებადი ენერჯის წყაროები. ერთერთი მათგანია ქარი.

ქარის კინეტიკური ენერჯის გამოყენებაზე დაფუძნებული მიკრო და მცირე სიმძლავრის ქარის ენერგეტიკული დანადგარების მასიური შექმნა და დანერგვა კერძო მეურნეობებსა და წარმოებებში, ასევე სოფლის ცალკე ოჯახებში ხელს შეუწყობს ქვეყნის ენერგეტიკული და ეკოლოგიური პრობლემების მოგვარებას.

რაც შეეხება მიკრო და მცირე სიმძლავრის ქარის ენერგეტიკულ დანადგარებს, ბათუმის სახელმწიფო საზღვაო აკადემიის ტექნიკური მექანიკის ლაბორატორიაში თეორიული კვლევებისა და მაკეტებზე ჩატარებული ცდების შედეგად გამოვლინდა ქარის ტურბინის მქონე კონსტრუქცია, რომელიც „საქპატენტის“ მიერ აღიარებული იქნა გამოგონებად (იხ. (11) პატენტის ნომერი: P 2021 7267 B; (51) საერთაშორისო კლასიფიკაციის ინდექსი: F 03 D 1/06)

გამოგონების ძირითადი არსი ვიზუალურად წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე, სადაც ქარის ტურბინით აღჭურვილი ენერგეტიკული დანადგარი მთლიანობაში ასახულია ორთოგონალი პროექციებითა და აქსონომეტრიული გამოსახულებით.



ნახ. 1
ქარის ენერგეტიკული დანადგარი

1- მთავარი ლილვი; 2- მორგვი; 3 - ნიჩბები; 4 - ენერგეტიკული ბლოკი; 5 - დგარი; 6 - საპირწონე.

ქარის ენერგეტიკული დანადგარის ტურბინა შეიცავს მთავარ ლილვს (1), მასზე ჩამოცმულ მორგვს (2) და მორგვზე დამაგრებულ მრუდი ან ბრტყელი ზედაპირის მქონე ნიჩბებს (3). მთავარი ლილვი მულტიპლიკატორის საშუალებით, რომელიც განლაგებულია ენერგეტიკულ ბლოკში (4), მიერთებულია ელექტროგენერატორთან ან სხვა სახის სასარგებლო მუშაობის შემსრულებელ ორგანოსთან. ყველა ამ შემადგენელი ელემენტებით აღჭურვილი ბლოკი გამაგრებულია დგარის ზედა ნაწილში ისე, რომ მას შეუძლია შეასრულოს სრული 360⁰-ით შემობრუნება დგარის ვერტიკალური ღერძის ირგვლივ.

ქარის სწორხაზობრივი მოძრაობის კინეტიკური ენერჯის გარდაქმნა ბრუნვით მექანიკურ ენერჯიაში ხორციელდება შემდეგი მიმდევრობით: ქარის მოქმედების შედეგად ენერგეტიკული ბლოკი (4) ნიჩბებთან ერთად იწყებს შემობრუნებას დგარის ვერტიკალური ღერძის ირგვლივ მანამდე, სანამ ნიჩბები ქარისადმი არ მიიღებენ საიერიშო, ანუ მუშა მდებარეობას (ამ შემთხვევაში ფლუგერის ანუ აფრის როლს ასრულებს ნიჩბების, ლილვისა და მორგვის გვერდით პროექციაზე ასახული ცოცხალი ფართი). ამის შემდეგ ჰაერის ნაკადი V სიჩქარით ეჯახება ნიჩბების ჩაზნექილ ზედაპირებს, შემოედინება მათ და შეცვლილი მიმართულებით იმავე სიჩქარითა და იმავე მოცულობით აირეკლება ნიჩბების ზედაპირებიდან. ჰაერის ნაკადის არეკვლისას ნიჩბების ზედაპირებზე აღიძვრება რეაქტიული ძალები, რომელთა ტოლქმედის ქმედების ხაზი იქნება ექსცენტრიულად დაშორებული მთავარი ლილვის ბრუნვის ღერძიდან. შედეგად მივიღებთ მთავარ ლილვზე

მოქმედ მომენტს წყვილბალის სახით, რაც გამოიწვევს მთავარი ლილვის ბრუნვას და მასთან ერთად ტურბინის მუშა ორგანოს მოქმედებას.

წარმოდგენილი ქარის ტურბინის ენერგოკინემატიკური გაანგარიშებისას ტურბინის მბრუნავი ნაწილის როტორის მოძრაობას ვიხილავთ როგორც დამყარებულს. ვინაიდან ქარის ძირითადი პარამეტრი-მისი სიჩქარის ვექტორი პერმანენტულად ცვალებადია, ამიტომ როტორის დამყარებულ მოძრაობას ვიხილავთ ქარის სიჩქარის კონკრეტული მნიშვნელობისათვის.

ნებისმიერი სახის ქარის დანადგარის ძირითადი მახასიათებელია ტურბინის სიმძლავრე და მისი როტორის კუთხური სიჩქარე ბრუნთა სიხშირის სახით, ასევე როგორც შედეგის მაჩვენებელი-ქარის ენერჯის გამოყენებისა და ჩქარმავლობის კოეფიციენტები.

როტორის ბრუნვისას ნიჩბები მის გარემომცველ ჰაერს აპობენ არა ზედაპირით, როგორც ეს ხდება არსებულ ფრთიან როტორებში, არამედ წიბოებით რის გამოც ჰაერის წინააღმდეგობა იქნება იმდენად მცირე, რომ შეიძლება მისი უგულვებელყოფა; ასევე ნიჩბების დამყარებული, თანაბარი წრიული მოძრაობისას კუთხური სიჩქარე მუდმივია, შესაბამისად მხეობა აჩქარებას ადგილი არ ექნება, რაც იმას ნიშნავს, რომ როტორზე მხეობი მიმართულებით ინერციული ძალების მოქმედება ნულის ტოლი იქნება. ასე, რომ როტორის მიერ განვითარებული სიმძლავრე დაიხარჯება მხოლოდ სასარგებლო მუშაობის შესრულებაზე და როტორის კინემატიკურ წყვილებში აღძრული ხახუნის წინააღმდეგობის გადალახვაზე.

ცნობილია, რომ გარკვეული განივი კვეთის მქონე ჰაერის ნაკადის (ქარის) კინეტიკური ენერჯია იცვლება მისი სიჩქარის კუბის პროპორციულად და ეს ცვლილება გამოისახება შემდეგი დამოკიდებულებით

$$P_j = \frac{\rho \cdot A \cdot V^3}{2}, \quad (1)$$

სადაც ρ – ჰაერის სიმკვრივე, კგ/მ³; A – ჰაერის ნაკადის განივი კვეთის ფართი, მ²;
 V – ქარის სიჩქარე, მ/წმ.

გასარკვევია ქარის ნაკადის ენერჯის რა ნაწილი გამოიყენება სასარგებლო მუშაობის შესასრულებლად, როცა როტორის ნიჩბები განლაგებული არიან პერპენდიკულარულად ქარის მიმართულებისადმი. როგორც ნახაზიდან ჩანს როტორის ნიჩბზე აღებული ნებისმიერი წერტილი ასრულებს წრიულ მოძრაობას ქარის მიმართულებისადმი მართობულად და ამავე წერტილში გამავალ სიბრტყეზე. ნიჩბების წრიული მოძრაობის გამომწვევი სიმძლავრე წარმოადგენს რეაქტიული F ძალისა და როტორის წრიული სიჩქარის U -ს ნამრავლს, ანუ

$$P_{\text{რ}} = F \cdot U. \quad (2)$$

ჰაერის ნაკადის ნიჩბის ზედაპირზე დაჯახებისა და არეკვლის შედეგად წარმოქმნილი რეაქტიული ძალების შემდეგ ხდება ჰაერის ნაკადის ნაწილობრივი გაფანტვა

გვერდითი მიმართულებით. ამის შედეგად ქარის ნაკადის შემცირების გამო მის სიმძლავრეს განსაზღვრავს რეაქტიული ძალების ტოლქმედის C წერტილის წრიული სიჩქარე U , რომელიც ჩვენ შემთხვევაში უდრის $\frac{2}{3} V$ [2], გვ. 84. თუ U -ს ამ მნიშვნელობას შევიტანთ ტოლობაში (2), მივიღებთ

$$P_{\text{რ}} = \frac{2}{3} \cdot F \cdot V = \frac{\rho \cdot A \cdot V^3}{3} . \quad (3)$$

განხილული ქარის ტურბინისათვის ქარის ენერჯის გამოყენების კოეფიციენტის დასადგენად ტოლობა (3) გავყოთ ტოლობა (1)-ზე, მივითვობთ

$$\xi = \frac{P_{\text{რ}}}{P_{\text{ქ}}} = \frac{2}{3} = 0,67 .$$

საბოლოოდ ნიჩბებიანი როტორით აღჭურვილი ქარის ტურბინის სიმძლავრე რეალურ ვითარებაში იქნება

$$P = \frac{\rho \cdot A \cdot V^3}{3} \cdot \eta \cdot \xi ,$$

სადაც η – როტორის კინემატიკურ წყვილებში აღძრული ხახუნის კოეფიციენტია;

A - წარმოადგენს როტორში შემავალ ყველა ნიჩბების საიერიშო ფართობის ჯამს, ანუ

$$A = i \cdot A_0 ,$$

A_0 – ერთი ნიჩბის საიერიშო ფართი, მ^2 ; i – ნიჩბების რაოდენობა.

უნდა აღინიშნოს, რომ თუ ჰაერის ნაკადის გაფანტვას ნიჩბის ზედაპირის განივი მიმართულებით მცირე შეზღუდვას გავუკეთებთ, რაც კონსტრუქციულ სირთულეს არ წარმოადგენს, ქარის ენერჯის გამოყენების კოეფიციენტი საგრძნობლად გაიზრდება და მასთან ერთად გაიზრდება ტურბინის სიმძლავრეც.

საილუსტრაციო მაგალითი

დასადგენია ქარის ტურბინის სიმძლავრე ქარის სიჩქარის შემდეგი მნიშვნელობისათვის 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; მ/წმ, თუ ცნობილია: ნიჩბების რაოდენობა $i=2$; თითოეული ნიჩბის საიერიშო ფართი $A_0 = 16 \text{ მ}^2$;

გადაწყვეტის თანმიმდევრობა:

1. გამოსაანგარიშებელი სიმძლავრე ქარის სიჩქარესთან დაკავშირებით

$$P = \frac{\rho \cdot A \cdot V^3}{3} \cdot \eta \cdot \xi ,$$

სადაც $\rho = 1,25 \text{ კგ/მ}^3$ – ჰაერის სიმკვრივე;

A – ნიჩბების ჯამური ფართი, იგი უდრის

$$A = i \cdot A_0 = 2 \cdot 16 = 32 \text{ მ}^2;$$

η – როტორის კინემატიკურ წყვილებში აღძრული ხახუნის კოეფიციენტი, იგი აიღება $\eta=0,9$;

$\xi = 0,67$ – ქარის ენერჯის გამოყენების კოეფიციენტი.

ყველა ამ სიდიდეების ფორმულაში ჩასმით მივიღებთ

$$P = \frac{1,25 \cdot 32 \cdot V^3}{3} \cdot 0,9 \cdot 0,67 = 8,04 \cdot V^3$$

ტურბინის სიმძლავრე ქარის სიჩქარის მნიშვნელობასთან დაკავშირებით იხილეთ ქვემოთ ცხრილში.

ქარის სიჩქარე V, მ/წმ.	3	4	5	6	7	8	9	10
ტურბინის სიმძლავრე P, ვატი	217	515	1005	1737	2758	4116	5861	8040

ლიტერატურა

1. კაპანაძე შ. ქარის მიკრო და მცირე ელექტროსადგურები. თბილისი:საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2001.
2. Фатеев Е. М. Ветро двигатели и ветроустановки. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы. М. 1948.
3. Шефтер Я. И. Использование энергии ветра. М.:Энергоатомиздат. 1983.
4. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики. М.:Наука. 1967.

MICRO AND LOW POWER WIND TURBINE.

T.Kurshubadze, M.Bekirishvili, V.Chkaidze. "Energy". №2(98). 2021. Tbilisi. p. 15-19. geo. sum geo. engl. rus.

The paper deals with constructional novelty of wind plant turbine of micro and small power output, which is recognized as invention by the intellectual centre of Georgia.

The paper describes: structural composition of the rotor, which is the working body of the turbine, its working principle, the process of transformation of wind kinetic energy into revolving mechanic energy of the rotor, as well as the change of its power and angle speed in dependence of the speed of the wind.

Ill. 1, tabl. 1, bibl. 4.

ВЕТРЯНЫЕ ТУРБИНЫ МИКРО- И МАЛОЙ МОЩНОСТИ.

Ц.Куршубазе, М. Бекиришвили, В.Чхаидзе. "Энергия". №2(98). 2021. Тбилиси. с. 15-19. груз. реф. груз. англ. рус.

Работа посвящена конструкционной новизне микро и малой мощности турбины ветряной установки, признанной изобретением интеллектуального центра Грузии.

В работе описаны: структурный состав ротора, являющийся рабочим органом турбины, принцип его работы; процесс преобразования кинетической энергии ветра во вращательную механическую энергию ротора, а также изменение его мощности и угловой скорости в зависимости от скорости ветра.

Илл. 1, табл.1., лит.4 назв.

საქართველოში ელექტროენერჯის მოხმარების პროგნოზირების ჰიბრიდული მოდელი

ასისტენტი *ლევან ვეზვაძე*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. წარმოდგენილ კვლევაში, ერთის მხრივ, შესწავლილია ისტორიული მონაცემების სტრუქტურა და შეფასებულია ე.წ. სტრუქტურული გარდატეხის წერტილები, რომელთა აღმოჩენაც სეზონურ მონაცემში ლიტერატურის მიხედვით რთული სტატისტიკური ამოცანას წარმოადგენს. კვლევა იყენებს ადიციური სეზონურობისა და ტენდენციის გარდატეხის ალგორითმს (*Breaks For Additive Seasonal and Trend*), ანუ *BFAST* ალგორითმს, რომლითაც ელექტროენერჯის მოხმარების 2005-2018 წლების მონაცემში აღმოჩენილია ის ერთი სტრუქტურული გარდატეხის წერტილი, რომელიც ყველაზე მაღალი მაგნიტუდით ხასიათდება: ნოემბერი, 2008 წ. ამის შემდეგ კვლევა პროგნოზირებას განახორციელებს სეზონური კომპონენტის გამორიცხვით სტრუქტურული გარდატეხის წერტილის შემდეგ მიღებულ მონაცემზე. კერძოდ, პირველ ეტაპზე, გენეტიკური ალგორითმის ერთი მეთოდის, სიმბოლური რეგრესიის გამოყენებით ცდილობს, მიიღოს ის ალგებრული ფუნქცია, რომელიც ყველაზე საუკეთესო მიახლოებას იძლევა როგორც მოსამზადებელ, ასევე სატესტო მონაცემზე. შესაბამისი იტერაციის შედეგად მიღებული ფუნქციის პროგნოზირების შესაძლებლობა შეფასებულია სატესტო მონაცემებზე, სადაც დადგინდა, რომ ფუნქცია 2018 წ. ბალანსთან შედარებით 2-ჯერ ამცირებს პროგნოზის ცდომილებას. ამის შედეგად განხორციელდა ელექტროენერჯის მოხმარების პროგნოზი 2030 წლამდე და დადგინდა მოხმარების 22 მლრდ. კვტ/სთ-მდე ზრდა. რიცხვითი მოდელირება განხორციელებულია კომპიუტერული პროგრამირების ენა *R*-ის გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: ელექტროენერჯის მოხმარების პროგნოზირება, ადიციური სეზონურობისა და ტენდენციის გარდატეხის ალგორითმი (*Breaks For Additive Seasonal and Trend, BFAST*) გენეტიკური პროგრამირება, სიმბოლური რეგრესია, პროგრამირების ენა *R*.

ქვეყანაში ელექტროენერგეტიკული დადგმული სიმძლავრეების ზრდა უნდა შეესაბამებოდეს ელექტროენერჯის მოხმარების დინამიკას, რაც იმას გულისხმობს, რომ მნიშვნელოვანია ელექტროენერჯის მოხმარების სწორი და დროული პროგნოზირება. სწორი პროგნოზირება უზრუნველყოფს, ერთის მხრივ, ელექტროენერჯის მიწოდების მხარეს გაწეული ინვესტიციების ელექტროენერჯის მოხმარების მოცემულ დონესთან შესაბამისობას, ხოლო, მეორეს მხრივ, ელექტროენერჯის მინიმალური დანახარჯით გამომუშავებას, რომელიც შეესაბამება უსაფრთხოების, სანდოობისა და ხარისხის მოცემულ დონეს [1].

როგორც წესი, დაგეგმვის პროცესი იწყება ელექტროენერჯის მოხმარების ტენდენციას შესწავლით. თუკი განვიხილავთ საქართველოს, ბოლო წლების

ელექტროენერჯის მოხმარება მნიშვნელოვნად გაიზარდა, კერძოდ, 2014 წელს მოხმარება 10 715 მლნ. კვტ.სთ იყო, რომელიც 2019 წლისთვის - 13 380 მლნ. კვტ.სთ-მდე, ანუ 30 %-ით გაიზარდა¹. მეორეს მხრივ კი, გამოუმუშავების ზრდის ტემპი აშკარად ჩამორჩებოდა მოხმარების იგივე მონაცემს და შედეგად, 2016-2019 წლებში საქართველო ნეტო იმპორტიორ ქვეყნების რიცხვში აღმოჩნდა². კერძოდ, 2019 წელს ექსპორტირებული ელექტროენერჯის მოცულობამ სულ რაღაც 243 მლნ. კვტ.სთ შეადგენდა, მაშინ როდესაც მეზობელი ქვეყნებიდან იმავე წელს იმპორტირებულია 1626,5 მლნ. კვტ.სთ ელექტროენერჯია.

საქართველოს ენერგეტიკული ბალანსი 2013-2019 წლები

ცხრილი 1

	წელი					
	2019	2018	2017	2016	2015	2014
ჰიდროელექტროსადგურები სულ, მლნ კვტსთ	8931.7	9949.3	9210.4	9329.2	8453.8	8333.7
მ.შ მარეგულირებელი, მლნ კვტსთ	4969.5	5801,1	5347.8	5406.2	5118.5	5158.9
მ.შ სეზონური, მლნ კვტსთ	3307.3	3456,1	3259.7	3238.8	2817.3	2682.7
მ.შ დერეგულირებული, მლნ კვტსთ	655	692,1	602.9	684.2	518	492.1
თბოელექტროსადგურები სულ, მლნ კვტსთ	2840.4	2114,9	2233	2235.5	2378.7	2035.9
მ.შ მტკვარი, მლნ კვტსთ	889.7	620.1	743.2	816.8	1212	1209.8
მ.შ.თბილსრესი, მლნ კვტსთ	476	207	244.3	166.4	760.8	781.4
ჯიფაური, მლნ კვტსთ	98.9	63.6	49.7	69.6	24.8	44.7
მ.შ. გარდაზნის თბოსადგური, მლნ კვტსთ	1367	1212.5	1171.1	1166.3	380.7	0
მ.შ ტყიბულის თბოსადგური, მლნ კვტსთ	0	11.7	24.7	16.4	0.4	0
ქართლის ქარის სადგური, მლნ კვტსთ	84.7	84,3	87.8	9	0	0
სულ გამომუშავება, მლნ კვტსთ	11856.8	12148.6	1153,2	11573.7	10832.5	10369.6
მოხმარება, მლნ კვტსთ	13380.8	13197.8	12815	12435,3	11041.71	10715.2
ექსპორტი, მლნ კვტსთ	243.4	588.6	685.7	559	659	603.6
იმპორტი, მლნ კვტსთ	1626.5	1508,8	1497.2	478.9	699	851.9
ტრანზიტი, მლნ კვტსთ	136.2	13.4	254	849.6	0	58.6

ამრიგად, ჩვენ ვხედავთ, რომ გასული წლების მონაცემები მიუთითებს ელექტროენერჯის მზარდ მოთხოვნას. მაგრამ რამდენად შენარჩუნდება მსგავსი ტენდენცია, ან რამდენად არის მოსალოდნელი მოხმარების გრძელვადიანი ზრდა, დამატებითი კვლევების სამიზნე უნდა ყოფილიყო.

უნდა აღინიშნოს, რომ ელექტროენერჯის მოხმარების საშუალო და გრძელვადიანი პროგნოზირების კუთხით საქართველოში, სამწუხაროდ, კვლევების მხრივ არასახარბიელო მდგომარეობაა. ბოლო პერიოდში განხორციელდა მხოლოდ ერთი ვრცელი ანალიზი³,

¹ წინამდებარე სტატიაში არ განიხილება 2020 წლის მონაცემები, რადგანაც გლობალური პანდემიის გამო მიჩნეულია ანომალურ წლად, რომელმაც შესაძლოა მოგვცეს მცდარი სურათი.

² წყარო www.esco.ge

³ კვლევა განხორციელდა USAID G4G პროგრამის ფინანსური მხარდაჭერით

რომელიც ეფუძნებოდა 2015 წლის საათობრივი მოხმარების მონაცემებს და ითვალისწინებდა სტატისტიკის დეპარტამენტის მიერ ელექტროენერჯის მოხმარების ბინათმესაკუთრეთა ჩვენების გამოსავლენად ჩატარებულ გამოკითხვას.

რაც შეეხება ერთწლიან პროგნოზს, აქ საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტრო იყენებს „ქვემოდან-ზემოთ“ (bottom-up) მიდგომას, რომლის შესაბამისადაც ის ეყრდნობა გენერაციის (გამომუშავებისა) და განაწილების ლიცენზიანტების მიერ მოწოდებულ ინფორმაციას. მიღებული ინფორმაცია ერთიანდება და ყოველი წლის ბოლოს ქვეყნდება მომდევნო წლის ელექტროენერჯის საპროგნოზო ბალანსის სახით. მაგალითისთვის, თუ განვიხილავთ ერთი კონკრეტული წლის, მაგალითად 2017 წლის ისტორიულ მონაცემებს, მივიღებთ შემდეგ შედეგს: საქართველოს ენერჯეტიკის მინისტრის 2016 წლის 28 ნოემბრის ბრძანებაში #89 მოცემულ საპროგნოზო მაჩვენებლების რეალურ მოხმარების მონაცემებთან შედარებით ადვილად შევნიშნავთ, რომ ამ ფორმით მიღებულ პროგნოზსა და ფაქტს შორის საკმაოდ დიდი ცდომილებაა [2].

ელექტროენერჯის (სიმძლავრის) საპროგნოზო ბალანსი, 2017 წ., საპროგნოზო და ფაქტობრივი (მლნ.კვტსთ)

ცხრილი 2

თვე	იანვარი	თებერვალი	მარტი	აპრილი	მაისი	ივნისი	ივლისი	აგვისტო	სექტემბერი	ოქტომბერი	ნოემბერი	დეკემბერი	სულ
მომხმარებლებზე მიწოდება, ფაქტობრივი	1086.9	1013.4	1020.7	934.1	857.4	871.8	986.5	1037.8	920.0	949.3	1033.6	1163.9	1086.9
მომხმარებლებზე მიწოდება, პროგნოზი	1057.4	905.7	973.9	908.4	876.4	868.8	915.7	957.2	833.0	877.2	939.2	1111.4	11224.4

კერძოდ, თუკი მომხმარებლებზე მიწოდებული ელექტროენერჯის საპროგნოზო და რეალურ მონაცემებს შორის ცდომილებად განვიხილავთ საშუალო კვადრატული გადახრიდან კვადრატულ ფესვს (Root Mean Square Error, RMSE), რომელიც გამოითვლება შემდეგი ფორმულით [3]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Predicted_i - Actual_i)^2}{N}}$$

მაშინ ცხრ. 2-ით წარმოდგენილი მონაცემებისთვის გვექნება: $RMSE \approx 75$ მლნ. კვ.სთ. ამრიგად, წარმოდგენილი მსჯელობისას გამოიკვეთა ორი პრობლემა:

- პრობლემა 1: იმისთვის, რომ დაიწყოს მსჯელობა გენერაციის სიმძლავრეების ზრდის აუცილებლობაზე, უნდა დადგინდეს, რამდენად არის შესაბამისობაში არსებული სიმძლავრეები ელექტროენერჯის მოხმარების პროგნოზთან;

- პრობლემა 2: ელექტროენერჯის მოთხოვნის ტენდენციის დასადგენად აუცილებელია ენერგობალანსის შედგენისას გამოყენებულისგან განსხვავებული მეთოდის გამოყენება და ელექტროენერჯის წარმოების გაფართოების აუცილებლობის შეფასება.

წარმოდგენილი პრობლემების გასაანალიზებლად, წინამდებარე კვლევის მეთოდოლოგია ეფუძნება დროითი მწკრივის გამოყენების არაპარამეტრულ მიდგომას, კერძოდ, მოხმარების ისტორიული მონაცემები განხილულია დროით მწკრივად და დაშვებულია, რომ ყოველი შემდეგი მონაცემი, კერძოდ, მოცემული თვის მოხმარება წარმოადგენს წინა თვეების მოხმარების გარკვეულ არაწრფივ ფუნქციას. საკითხი დგება, შვეისწავლათ და დავადგინოთ ისეთი უწყვეტი ფუნქცია, რომელიც ყველაზე კარგად აღწერს დროითი მწკრივის ავტორეგრესიას.

ამ მიზნით გამოყენებულია გენეტიკური პროგრამირების მეთოდი, რომელიც, როგორც გენეტიკური ალგორითმის ერთ-ერთი ტიპი, წარმოადგენს არაწრფივი ძიების პროცედურას. ამ პროცესში გენეტიკური პროგრამირება იყენებს ბიოლოგიიდან ნასესხებ ბუნებრივი სელექციისა და მუტაციის პრინციპს იმისთვის, რომ მოიძებნოს მოცემული ამოცანის საუკეთესო ამონახსნი, ანუ ჩვენ შემთხვევაში ის საუკეთესო ფუნქცია, რომელიც ყველაზე ზუსტად აღწერს მოცემულ მონაცემებში დაფიქსირებულ არაწრფივ ავტორეგრესიას.

თავის მხრივ, საუკეთესო ამონახსნი ნიშნავს იმ ამონახსნს, რომელიც იძლევა რეალური მონაცემების უმცირეს ცდომილებს. წინამდებარე სტატიის მიზნებისთვის ცდომილებად განიხილება ზემოთ ნახსენები საშუალო კვადრატული გადახრიდან კვადრატული ფესვი (RMSE).

ამასთან, გარდა ელექტრონერგის მოხმარების პროგნოზისა, მნიშვნელოვანია აღნიშნული მოხმარების ისტორიული მონაცემების ტენდენციის შესწავლაც, რადგან პოლიტიკის დაგეგმვისთვის აუცილებელია როგორც ისტორიული მონაცემების ადეკვატური ანალიზი და შეფასება, ასევე ტენდენციის დროული გამოკვეთა, რომელიც, თავის მხრივ, ერთ-ერთი სერიოზული ინსტრუმენტია მომავალი მოხმარების პროგნოზირებისა და ელექტროენერგეტიკული ბაზრის დაგეგმვისთვის.

საზოგადოდ, ცვლილების სტრუქტურის შესწავლა ან, უფრო კონკრეტულად, სტრუქტურული გარდატეხის წერტილის დაფიქსირება ისტორიული მონაცემების ისეთი მოდელირებაა, რომელიც საშუალებას იძლევა დაფიქსირდეს არასტანდარტული გადახრა/ცვლილება, ამ გადახრა/ცვლილების დრო და მისი მაგნიტუდა ახლად მოპოვებულ მონაცემებში.

აქედან გამომდინარე, ინტუიციურ დონეზე შეიძლება აღინიშნოს სამი ტიპის ცვლილება, რომელიც ვლინდება ელექტროენერგის მოხმარების მონაცემებში:

1. სეზონური (ციკლური) – რომელიც გამომდინარეობს ტემპერატურული ცვლილებითა და დღე/ღამის ხანგრძლივობით.
2. თანდათანობითი/ტენდენცია – მოხმარების ცვლილება, როდესაც მოხმარება წლიდან წლამდე იცვლება თვე-თვესტან შედარებით.
3. მყისიერი/წლის შიგნით – როდესაც ეკონომიკური ან ტექნოლოგიური ფაქტორები მნიშვნელოვნად მოქმედებენ ელექტროენერგის საბოლოო მოხმარებაზე და არღვევენ ადრე არსებული მოხმარების სქემებს.

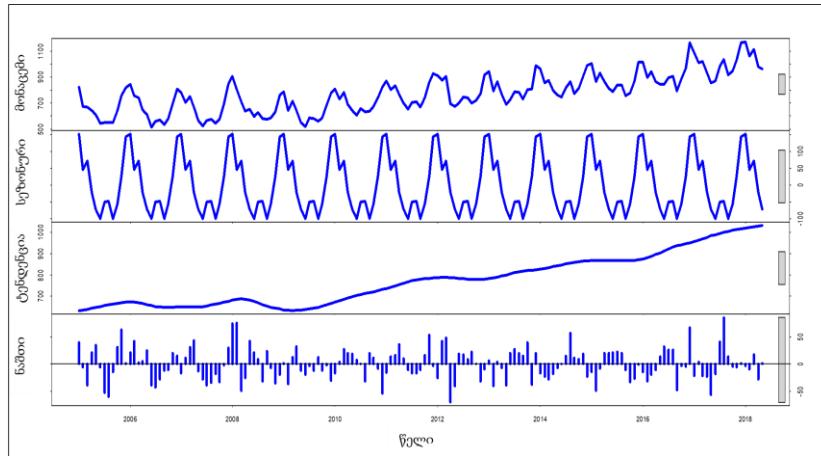
შესაბამისად, პოლიტიკის დაგეგმვისთვის აუცილებელია ელექტროენერჯის მოხმარებაში მყისიერი ცვლილების დაფიქსირება, რადგანაც მყისიერი ცვლილება ახდენს არსებული ტენდენციის (თანდათანობითი ცვლილების) სტრუქტურაზე გავლენას. პრობლემა კი ის არის, რომ სეზონურ მონაცემებში მსგავსი წერტილების დაფიქსირება საკმაოდ რთულია, რადგანაც დროის სხვადასხვა მონაკვეთებში მონაცემების თანდათანობითი ცვლილების სიჩქარის შედარება სეზონურობის გამო რთულია. თავის მხრივ, თუკი ელექტროენერჯის პროგნოზირების მეთოდოლოგია ელექტროენერჯის მოხმარებას დროით მწკრივად განიხილავს, მაშინ საფუძვლიანია იმის ვარაუდი, რომ მსგავსი ტიპის სტრუქტურული გარდატეხის წერტილები მნიშვნელოვან გავლენას უნდა ახდენდეს დროითი მწკრივების საპროგნოზო მონაცემებზე. ამიტომაც პროგნოზირების ამოცანის განხილვისთვის მნიშვნელოვნად გვეჩვენება მსგავსი სტრუქტურული გარდატეხის წერტილების გამოკვეთა.

შესწავლის მიზნებისთვის ვიყენებთ ე.წ. BFAST ალგორითმს, რომლის აბრევიატურაც იშიფრება როგორც Breaks For Additive Seasonal and Trend, ანუ ადიციური სეზონურობისა და ტენდენციის გარდატეხა. აღნიშნული მეთოდი შემოთავაზებულია 2010 წელს Verbesselt et al. [4]-ში, სადაც აღნიშნული ალგორითმი გამოყენებულია სატელიტური მონაცემების დროით მწკრივებში ტენდენციისა და სეზონურობის ცვლილების გამოსავლენად. მეთოდი ეფუძნება მონაცემების დეკომპოზიციას სეზონური, ტენდენციისა და ნაშთის კომპონენტებად გაბნევის ადგილობრივად შეწონილი დაგლუვების მეთოდის გამოყენებით (Locally Weighted Regression Smoother, LOESS). ეს მეთოდი ლიტერატურაში ცნობილია Seasonal and Trend decomposition using Loess, STL მეთოდის სახელწოდებით [5]. თუმცა STL მეთოდი ტენდენციას წარმოადგენს გლუვი წირის სახით, ანუ ამ მეთოდის დაშვებით ტენდენცია იცვლება თანდათანობით და გლუვად, შესაბამისად, ტენდენციის სტრუქტურაში მყისი ცვლილების დაფიქსირება შეუძლებელია [6]. ამის ნათელი მაგალითია 2005-2018 წწ. ელექტროენერჯის მოხმარების დეკომპოზიცია STL მეთოდის გამოყენებით, კერძოდ, ნახ. 1-ზე წარმოდგენილი მესამე წირი გამოსახავს ტენდენციას, თუმცა ამ გლუვ წირზე რაიმე სტრუქტურული ცვლილების წერტილის დაფიქსირება შეუძლებელია.

ამიტომაც BFAST ალგორითმი მონაცემების დეკომპოზიციის შემდეგ სეზონურ და არასეზონურ (ანუ მონაცემებიდან სეზონურობის გამოკლებით მიღებულ მონაცემებს) კომპონენტებს აფასებს წრფივი რეგრესიის ნაშთების მცოცავი ჯამების OLS-MOSUM მეთოდის გამოყენებით. კერძოდ, OLS-MOSUM წრფივი რეგრესიის მოდელებში სტრუქტურული ცვლილების აღმოჩენის მეთოდია, რომელიც შეისწავლის რეგრესიის ნაშთის ფლუქტუაციას დროის მოცემულ შუალედში [7].

საბოლოოდ, BFAST ალგორითმი იტერაციულად აფასებს მონაცემების დეკომპოზიციის შედეგად მიღებული ტენდენციისა და სეზონურობის კომპონენტებში გარდატეხის დროსა და მაგნიტუდას. აქ მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ მიუხედავად იმისა, რომ BFAST ალგორითმი შემუშავებულია სატელიტიდან მიღებული მონაცემების შესასწავლად, მისი შედეგი არ არის დამოკიდებული მონაცემების სახეობაზე და

დაუბრკოლებლად შეგვიძლია გამოვიყენოთ ისეთი სეზონური მონაცემის შესაფასებლად, სადაც სეზონურობა ნიღბავს ტენდენციის სტრუქტურული გარდატეხის წერტილს და მისი დაფიქსირება საკმაოდ რთულია.



ნახ. 1. ელექტროენერჯის მოხმარების მონაცემები, 2005-2018 წწ.: STL დეკომპოზიცია

დამატებით, BFAST ალგორითმის უპირატესობა ის არის, რომ მისი მეშვეობით შესაძლებელია როგორც ყველა მნიშვნელოვანი სტრუქტურული ცვლილების წერტილის აღმოჩენა, ასევე, ის საშუალებას იძლევა ისტორიულ მონაცემში მოიძებნოს ერთი კონკრეტული დროის მომენტიც, სადაც ტენდენციის ძირეული ცვლილება ფიქსირდება.

კონკრეტული რიცხვითი ექსპერიმენტის დროს ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ ტენდენციის სტრუქტურული გარდატეხის წერტილის აღმოჩენა მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს გენეტიკური პროგრამირებით მიღებული ამონახსნის პროგნოზირების შესაძლებლობას. შესაბამისად, შემოთავაზებულია პროგნოზირების ჰიბრიდული მოდელი, როდესაც გენეტიკური პროგრამირების მოდელირებისთვის გამოიყენება მონაცემების ის ნაწილი, რომელიც BFAST ალგორითმით გამოვლენილი სტრუქტურული გარდატეხის წერტილის შემდეგ მიიღება.

ა) გენეტიკური პროგრამირება

როგორც უკვე აღინიშნა, გენეტიკური პროგრამირება, როგორც გენეტიკური ალგორითმის გარკვეული მოდიფიკაცია, არაწრფივი ძიების პროცედურაა, რომელიც სპეციალურად შემოთავაზებულია ისეთი ამოცანების გადასაჭრელად, სადაც ამონახსნების საძიებო სივრცე გადაწყვეტილების ხის სახით მოცემულ ანალიტიკური ფუნქციების გამოსახულებებს მოიცავს [8]. გენეტიკური პროგრამირების ამონახსნების საძიებო სივრცე შესაძლოა იყოს Miles [9] ნაშრომში შემოთავაზებული პოლინომური ფუნქციების სივრცე (უწყვეტი ფუნქციების აპროქსიმაციის შესახებ ვაიერშტრასის თეორემის შესაბამისად), თუმცა რიცხვითი ექსპერიმენტების დროს ჩვენ დავეყრდენით Wagner et al. [10], Scwaerzel და Bylander [11] და Zhang [12] ნაშრომებს, რომლებიც იყენებენ ყველა მარტივი ალგებრული ფუნქციების (პოლინომური, ტრიგონომეტრიული, ლოგარითმული და ა.შ) გამოსახულებებისგან შემდგარ საძიებო სივრცეს.

საზოგადოდ, გენეტიკური ალგორითმის პროცედურა მოკლედ აღიწერება შემდეგი სახით [13]:

1. საწყის ეტაპზე ხდება ინდივიდების ინიციალიზაცია, რა დროსაც ალგებრული ფუნქციებისგან შემდგარი გამოსახულებები საწყისი პოპულაციის სახით გენერირდება. ეს გამოსახულებები მიიღება შემთხვევით, შესაბამისად ზოგიერთი მათგანი სხვებთან შედარებით გარკვეული აზრით უკეთეს დროით მწკრივს იძლევა; ჩვენი ექსპერიმენტის შემთხვევაში საწყისი პოპულაციის ზომა 200 ინდივიდისგან განისაზღვრა.

2. მეორე ეტაპზე ფასდება ინდივიდების ვარგისიანობა და ხდება სელექცია, ანუ ჩვენს შემთხვევაში ყველა ინდივიდი/ფუნქცია ავტორეგრესიით იძლევა დროით მწკრივს, რომელიც ისტორიულ მონაცემებთან მოცემული კრიტერიუმით, საშუალო კვადრატული გადახრიდან კვადრატული ფესვი, ფასდება;

3. ამის შემდეგ იწყება გენეტიკური ოპერაციები, შეჯვარება და მუტაცია, რაც იმას ნიშნავს, რომ ცალკეული ინდივიდის შეფასების შემდეგ ხდება პოპულაციის მთლიანი ვარგისიანობის გაუმჯობესება, რომელიც ახალი ელემენტების, შთამომავლობის შექმნით მიიღწევა, თანაც ისე, რომ შთამომავლობა მშობლებისგან გარკვეულ საჭირო თვისებებს იღებენ. ამავდროულად, შემთხვევითობის შემოტანით, რომელიც მუტაციის სახით მიმდინარეობს, გენეტიკური პროგრამირების პოპულაცია უფრო მრავალფეროვანი ხდება.

4. რიცხვითი ექსპერიმენტის განხორციელებისას გენეტიკური პროგრამირების პროცედურის დასრულება შესაძლებელია ვარგისიანობის წინასწარ განსაზღვრული კრიტერიუმის დაკმაყოფილებით, თუმცა ჩვენ შემთხვევაში ამ კრიტერიუმის წინასწარ დადგენა შეუძლებელია; შესაბამისად, რიცხვითი ექსპერიმენტის დასრულებისთვის ვიყენებთ დროის კრიტერიუმს, ანუ პროცედურა დასრულდება ერთსაათიანი დროის შუალედის ამოწურვის შედეგად.

ბ) BFAST ალგორითმი

როგორც უკვე აღინიშნა, BFAST ალგორითმის ინიციალიზაციის ეტაპზე ხდება მოცემული დროითი მწკრივის ადიტიური დეკომპოზიცია STL მეთოდით:

$$Y_t = S_t + T_t + e_t, t = 1, 2, \dots, n,$$

სადაც T_t - ტრენდის; S_t - სეზონური; e_t - ნაშთის კომპონენტებია.

თუმცა, STL მეთოდისგან უმთავრესი განსხვავება იმაში მდგომარეობს, რომ BFAST ალგორითმის პროცესში T_t ტრენდენცია განიხილება როგორც უბან-უბან წრფივი, შესაბამისად, ყოველ სეგმენტზე აქვს სპეციფიკური კოეფიციენტები, ანუ არსებობს m გარდატეხის $\tau_1^*, \dots, \tau_m^*$ წერტილი ისეთი, რომ ყოველ უბანზე ტრენდენცია წარმოდგება შემდეგი სახით:

$$T_t = \alpha_i + \beta_i * t, \text{ სადაც } i=1, \dots, m \text{ ხოლო } \tau_{i-1}^* < t \leq \tau_i^*.$$

თავის მხრივ, ალგორითმი ცალკე ამოწმებს სეზონურობის სტრუქტურულ ცვლილებას და ასეთის დაფიქსირების შემთხვევაში, სეზონური კომპონენტი ცალკეულ უბანზე წარმოდგება შემდეგი ტრიგონომეტრიული ფორმით:

$$S_t = \sum_{k=1}^K \left(\gamma_{j,k} \cos \frac{2k\pi x}{f} + \theta_{j,k} \sin \frac{2k\pi x}{f} \right),$$

სადაც $\gamma_{j,k} = a_{j,k} \cos(\delta_{j,k})$; $\theta_{j,k} = a_{j,k} \sin(\delta_{j,k})$; $a_{j,k}$ კი - სეგმენტ სპეციფიკური ამპლიტუდები, ხოლო $\delta_{j,k}$ - ფაზა და f - სიხშირე.

საბოლოო ჯამში ალგორითმი შედგება ოთხი ეტაპისგან [14]:

ეტაპი 1. დროითი მწკრივის STL დეკომპოზიცია, რომელიც საშუალებას იძლევა ტენდენციასა და სეზონურ კომპონენტში ცალ-ცალკე შეფასდეს სტრუქტურული ცვლილების არსებობა.

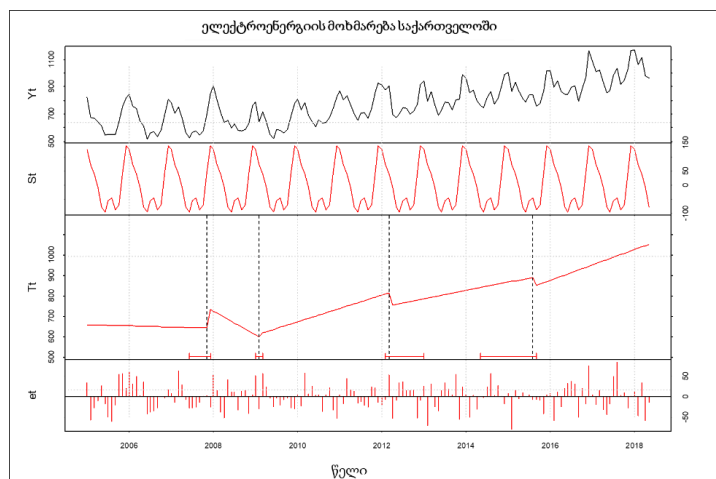
ეტაპი 2. ჩვეულებრივ უმცირეს კვადრატთა (OLS) ნაშთის მცოცავი ჯამის (MOSUM) ტესტი, რომელიც გამოყენებულია სტრუქტურული ცვლილების წერტილის დასადგენად ტენდენციაში, შესაბამისად, ტენდენცია წარმოდგენილია მონაკვეთებად, რომლებიც აერთებს აღნიშნული სტრუქტურული ცვლილების წერტილებს.

ეტაპი 3. OLS-MOSUM ტესტი სეზონური მონაცემებისთვის, რომლითაც დგინდება სეზონურ მონაცემებში სტრუქტურული ცვლილების წერტილები;

ეტაპი 4. უბან-უბან ფასდება სეზონური კოეფიციენტები და სეზონური მონაცემები.

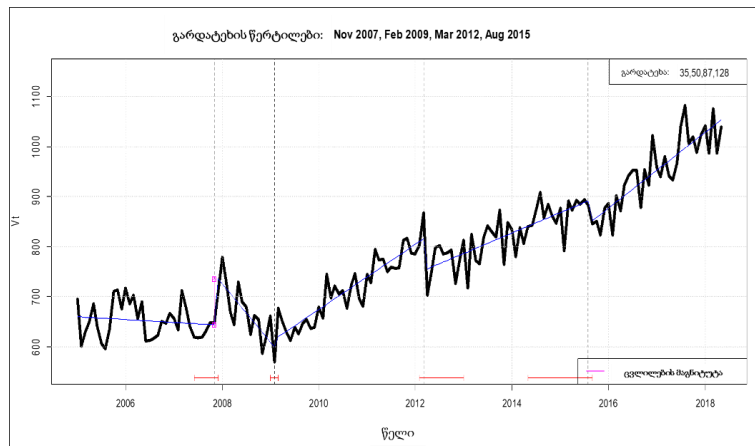
გამოიანგარიშება. თუკი სტრუქტურული ცვლილების წერტილები მონაცემების სეზონურ კომპონენტში ვერ გამოიკვეთება, მაშინ აღნიშნული სეზონური კომპონენტი ემთხვევა STL მეთოდით მიღებულ სეზონურ კომპონენტს.

მაგალითისთვის, თუკი განვიხილავთ 2005 წ. იანვრიდან 2018 წ. დეკემბრამდე ელექტროენერჯის მოხმარების მონაცემების დეკომპოზიციას ახლა უკვე BFAST ალგორითმით (იხ. ნახ. 2), ცხადია, რომ ტენდენციის კომპონენტი მნიშვნელოვნად განსხვავდება ნახაზში 1 STL მეთოდით მიღებული ტენდენციის გლუვი წირისგან და თავისი არსით წარმოადგენს უბან-უბან წრფივ ფუნქციას.



ნახ. 2. BFAST ალგორითმი: 2005-2018 წწ. ელექტროენერჯის მოხმარების დეკომპოზიცია

ამასთან, თუკი ცალკე განვიხილავთ ტენდენციის გარდატეხის წერტილებს, მაშინ დროის შუალედების ანალიზი შესაძლოა საინტერესო იყოს ელექტროენერგეტიკული



ნახ. 3. ტენდენციის სტრუქტურული გარდატეხის წერტილები

ტენდენციის დახრის კოეფიციენტები დროის შუალედებში

ცხრილი 3

დახრის კოეფიციენტები:	
2005(1) - 2007(11)	-5.647595
2007(12) - 2009(2)	-116.19473
2009(3) - 2012(3)	65.023234
2012(4) - 2015(8)	40.682179
2015(9) - 2018(5)	75.470373

ბაზრის დაგეგმვისთვის, თუმცა ეს ამოცანა ამჟამად სცდება წარმოდგენილი ნაშრომის მიზნებს.

როგორც უკვე აღინიშნა, BFAST ალგორითმს აქვს ტენდენციის ერთი სტრუქტურული წერტილის გამოკვეთის შესაძლებლობაც (იხ. ნახ. 4). როგორც რიცხვითი ექსპერიმენტების დროს დავრწმუნდით, ამ წერტილის აღმოჩენა მნიშვნელოვნად ზრდის გენეტიკური პროგრამირების პროგნოზის სიზუსტეს, რაც შემდეგი რიცხვითი ექსპერიმენტით დასტურდება.

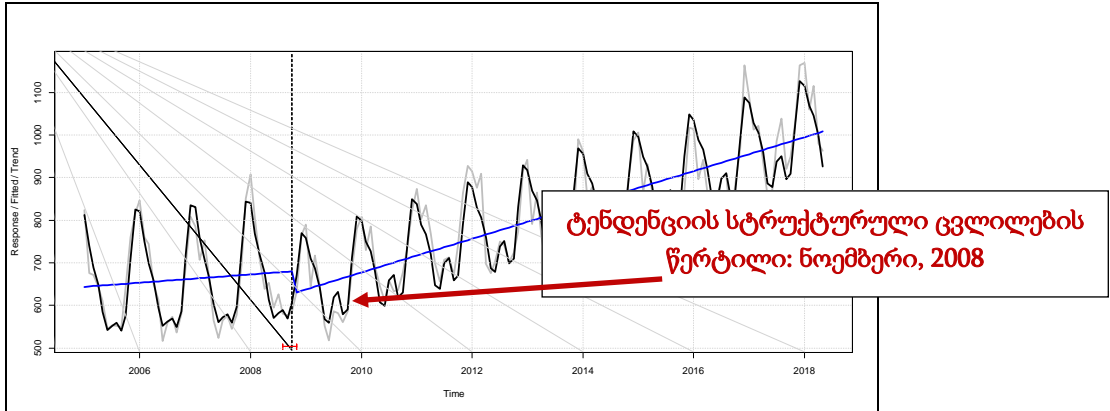
რიცხვითი ექსპერიმენტი განხორციელდა R პროგრამირების ენის გამოყენებით, კერძოდ, გამოყენებულია პაკეტი “rgp”, რომელიც წარმოადგენს გენეტიკური პროგრამირების სისტემის ინტეგრირებას R პროგრამირების გარემოში [15].

გ) რიცხვითი ექსპერიმენტი და შედეგები

რიცხვითი ექსპერიმენტის განხორციელების მიზნებისთვის განხილულია ელექტროენერჯის მოხმარება 2005-2018 წწ., საიდანაც 2005-2017 წლების მონაცემები როგორც მოსამზადებელი მონაცემები (Train Data), გამოყენებულია პროგნოზირების ფუნქციის მისაღებად, ხოლო 2018 წლის მონაცემებზე, რომელსაც სატესტო მონაცემებს ვუწოდებთ (Test Data), შეფასებულია მიღებული ფუნქციის პროგნოზის სიზუსტე.

პირველ ეტაპზე გენეტიკური პროგრამირების პროცესი განხორციელდა ავტორეგრესიით. ამასთან, ავტორეგრესიისას გამოყენება 12 თვის მონაცემები, ანუ ყოველი შემდეგი მონაცემი განიხილება წინა 12 თვის მონაცემის ფუნქციად და ვეძებთ ამ ფუნქციის

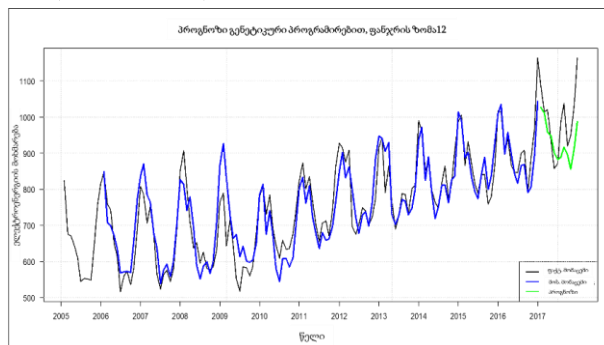
ისეთ ანალიტიკურ გამოსახულებას, რომელიც ყველაზე უკეთ ახდენს დროითი მწკრივით გამოსატულ წირის აპროქსიმაციას.



ნახ. 4. მონაცემების ანალიზი ტენდენციის ერთი გარდატეხის წერტილით გენეტიკური პროგრამირების შედეგად მიღებული ფუნქცია და მისი ცდომილება ცხრილი 4

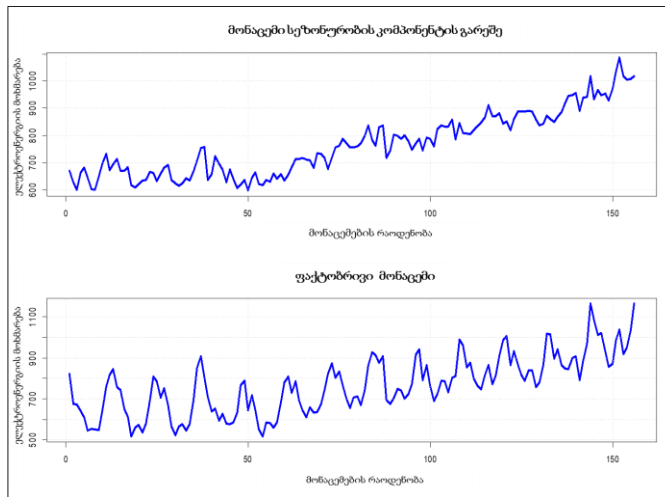
```
> Best_GP_Function:
function (x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9, x10, x11, x12)
sqrt(sqrt(x12 * x2 + -1.56403249000375 +
(x12 - x5)/0.0104539146217276) * x1 + x1) + 19.2961520436111
> rmse [1] 85.93
```

რიცხვითი ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია ცხრ. 4-სა და ნახ. 5-ის სახით, სადაც წარმოდგენილია ფუნქცია და სატესტო მონაცემებზე ამ ფუნქციის ცდომილება. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ წარმოდგენილი ფუნქციის ცდომილება აღემატება ცხრ. 2-ით წარმოდგენილი მონაცემების ცდომილებას, რაც გვაფიქრებს, რომ გენეტიკურ პროგრამირებას გარკვეული სირთულე შეექმნა მონაცემების სეზონურობის გამო.



ნახ. 5. პროგნოზირების ფუნქციის მიერ გენერირებული ფუნქციის გრაფიკი მოსამზადებელ და სატესტო მონაცემებზე

შესაბამისად რიცხვითი ექსპერიმენტის ამ ეტაპზე გადაწყდა, რომ გენეტიკური პროგრამირების პროგნოზირების შესაძლებლობის გასაზრდელად, რიცხვითი ექსპერიმენტი განგვეხორციელებინა იმ მონაცემებზე, საიდანაც ამოღებული იქნებოდა



ნახ. 5. ელექტროენერჯის მოხმარების რეალური მონაცემებისა და სეზონური კომპონენტის გარეშე მონაცემების შედარება

გენეტიკური პროგრამირების მიერ გამოვლენილი პროგნოზირების ფუნქცია და მისი ცდომილება: სეზონურობის კომპონენტის გარეშე მონაცემები ცხრილი 5

```

> Best_GP_Function:
function (x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9, x10, x11, x12)
sin(x5) + (-1.12637372517335/cos(x5)) + (cos(x12) + sin(x5) +
(cos(sin(x5) + x12) + (cos(x12) + sin(x5) + (sin(x5) + sin(x5) +
(cos(x12) + sin(x5) + (cos(x12) + sin(x5) + (sin(x5) +
sin(x5) + x12))))))))))
> rmse [1] 61.19258

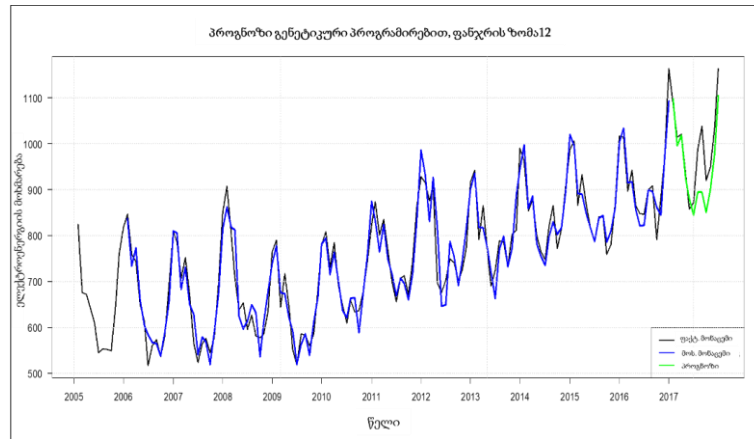
```

სეზონური კომპონენტი, ანუ საწყის მონაცემებს გამოაკლდებოდა სეზონური კომპონენტი (იხ. ნახ. 1).

სეზონურობის გარეშე მონაცემებზე რიცხვითმა ექსპერიმენტმა დაადასტურა წინასწარი მოლოდინი: გენეტიკური პროგრამირების მიერ გამოვლენილი ფუნქციის ცდომილება 61.2 მლნ. კვ.სთ-ია, რაც ცხრ. 1-ით წარმოდგენილი მონაცემების 75 მლნ. კვ.სთ-იან ცდომილებაზე ნაკლებია (იხ. ცხრ. 1, ცხრ. 5).

თუმცა ნახ. 6 აჩვენებს, რომ მიღებული ფუნქციის მიერ პროგნოზირებული მონაცემები მნიშვნელოვან ცდომილებას იძლევა ზაფხულის თვეებში, ანუ ჯამურად ცდომილება შემცირდა, თუმცა ზაფხულის თვეების მოხმარების პროგნოზირება საჭიროებს გარკვეულ კორექტირებას.

სწორედ ამ მიზნებისთვის რიცხვითი ექსპერიმენტის ბოლო ეტაპზე შემოთავაზებულია BFAST ალგორითმისა და გენეტიკური პროგრამირების გარკვეული ჰიბრიდი, რომლის მიხედვითაც ჯერ მონაცემებში გამოვლენილია სტრუქტურული ცვლილების წერტილი (ნახ. 4), ხოლო შემდეგ გენეტიკური პროგრამირების ფუნქციის მიღება მოხდა სწორედ ამ გარდატეხის წერტილის შემდეგ აღებული მონაცემების შესწავლით.



ნახ. 6. გენეტიკური პროგრამირების პროგნოზირება: სეზონური კომპონენტის გარეშე მონაცემები

შესაბამისად რიცხვითი ექსპერიმენტის პროცესი შემდეგი თანმიმდევრობით წარიმართა:

1. მონაცემებში გამოვლინდა სტრუქტურული ცვლილების წერტილი: ნოემბერი, 2008.
2. მოსამზადებელ მონაცემებად განხილულ იქნა მონაცემები სტრუქტურული ცვლილების წერტილის შემდეგ: ნოემბერი, 2008 - დეკემბერი, 2016.
3. ახალი მონაცემებიდან გამოირიცხა სეზონური კომპონენტი.
4. გენეტიკური პროგრამირების მეშვეობით გამოიკვეთა პროგნოზირების ფუნქცია.
5. შეფასდა მიღებული ფუნქციის პროგნოზირების შესაძლებლობა სატესტო მონაცემებზე.
6. მიღებული პროგნოზირების ფუნქციით განხორციელდა ელექტროენერჯის მოხმარების პროგნოზი 2030 წლამდე.

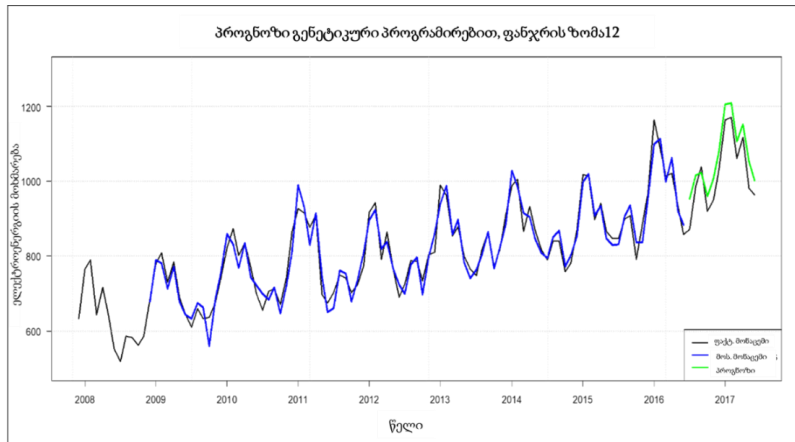
საბოლოო ჯამში, წარმოდგენილი ფორმით განხორციელებულმა რიცხვითმა ექსპერიმენტმა თითქმის 40%-ით შეამცირა სატესტო მონაცემის ცდომილება 75 მლნ. კვ.სთ-დან 48 მლნ. კვ.სთ-მდე (ცხრ. 6), ასევე, ნახ. 7 აჩვენებს, რომ პროგნოზირებული მონაცემებით აგებული წირი (მწვანე წირი) თითქმის უცდომლად იმეორებს რეალური მონაცემების წირის ფორმას.

გენეტიკური პროგრამირებისა და **BFAST** ალგორითმის ჰიბრიდული მოდელი: პროგნოზირების ფუნქცია და ცდომილება

ცხრილი 6

```
> Best_GP_Function:
function (x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9, x10, x11, x12)
x12 + log(x12, x1^sin(x7)) + exp(cos(sin(x8))) + log(x12 + log(x12,
x1^sin(x7)) + log(x12, x11^sin(x1 - x6)) + log(x11, x3^sin(log(0.839656840387031,
x11) - x6)), x3^sin(x1 - x6)) + log(x12, x3^sin(cos(-1.20042937543859) -
x6)) + log(x11, x3^sin(log(0.839656840387031, x11) - x6))

> rmse [1] 48.36079
```

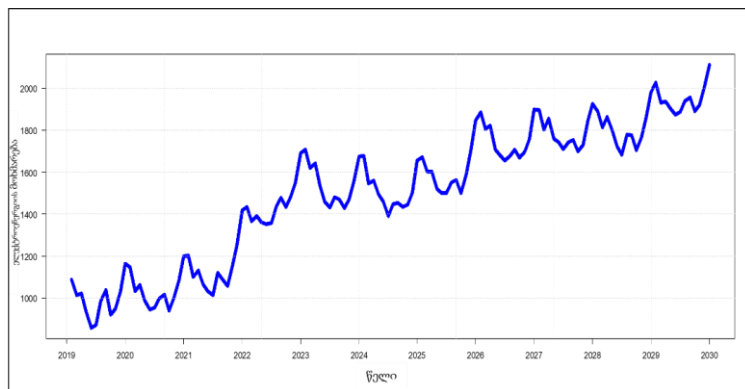


ნახ. 7. გენეტიკური პროგრამირებისა და BFAST ალგორითმის შიბრიდული მოდელი

დასასრულს, რიცხვითი ექსპერიმენტის ბოლო ეტაპია მიღებული ფუნქციით გრძელვადიანი პროგნოზირება, კერძოდ მონაცემების გენერირება ხდება შემდეგი ალგორითმით:

1. ფუნქცია წინა 12 თვის მონაცემზე დაყრდნობით იძლევა ყოველი მომდევნო თვის მონაცემს.
2. შესაბამისად, პროგნოზირების ფუნქცია თან აგენერირებს პროგნოზს და თან მიღებული პროგნოზით ახდენს მომდევნო თვის მონაცემის პროგნოზირებას.

მსგავსი რიცხვითი ექსპერიმენტის შედეგად ვიღებთ 2030 წლამდე პროგნოზირებულ გამომუშავებას თვეების მიხედვით, ხოლო ბოლო 12 თვის მონაცემის დაჯამება გვაძლევს 2030 წლის საპროგნოზო მოხმარებას, რომელიც წარმოდგენილ გამოთვლებზე დაყრდნობით, 22 მლნ. კვ სთ შეადგენს. აღნიშნული მაჩვენებელი ელექტროენერჯის მოხმარების თითქმის 75% იან ზრდას პროგნოზირებს და იძლევა იმის საფუძველს, რომ აქტიურად განიხილებოდეს ელექტროენერგეტიკული დადგმული სიმძლავრეების გაზრდის ამოცანა. თუმცა მანამ, სანამ მსგავსი ამოცანა დაისმება, შემდეგ თავში განიხილება ელექტროენერჯის ტექნოლოგიების ის სპეციფიკა, რომელიც წარმოდგენას გვაძლევს ამ ტექნოლოგიებს შორის ფუნდამენტური განსხვავებების შესახებ.



ნახ. 8. ელექტროენერჯის მოხმარების პროგნოზი 2030 წლამდე

ლიტერატურა

1. Beltran, H. Modern Portfolio Theory applied to Electricity Generation Planning, Illinois, USA, University of Illinois at Urbana-Champaign; [Master dissertation] . 2009.
2. საქართველოს ენერგეტიკის მინისტრის ბრძანება #89 „2017 წლის ელექტროენერჯის (სიმძლავრის) ბალანსის დამტკიცების შესახებ“, 2016.
3. Hyndman, R., Koehler, A. Another Look at Measures of Forecast Accuracy, International Journal of Forecasting, 22 (4). 2006.
4. Verbesselt, J., Hyndman, R., Newnham, G., Culvenor, D. Detecting Trend and Seasonal Changes in Satellite Image Time Series, Remote Sensing of Environment, 114(1). 2010.
5. Hyndman, R., Athanasopoulos, G. Forecasting, Principles and Practice, A comprehensive Introduction of the latest forecasting methods using R, Printed by Otext.com. 2014.
6. Haywood, J., Randal, J. Trending seasonal data with multiple structural breaks, NZ Visitor Arrivals and the Minimal Effects of 9/11, 2008. ხელმისაწვდომია: <http://sms.victoria.ac.nz/foswiki/pub/Main/ResearchReportSeries/mscs08-10.pdf>
7. Zeileis, A., Leisch, F., Hornik, K., Kleiber, Ch. Strucchange: An R Package for Testing for Structural Change in Linear Regression Models, ხელმისაწვდომია: <https://cran.r-project.org/web/packages/strucchange/vignettes/strucchange-intro.pdf>. 2012
8. Koza, J. Genetic Programming, A Bradford Book, The MIT Press, Sixth Printing. 1998.
9. Miles, S. Adaptive Efficiency of Futures and Stock Markets: Analysis and Tests Using a Genetic Programming, Approach a Dissertation Submitted to the Faculty of Graduate Studies In Partial Fulfilment Of The Requirements for The Degree of Doctor Of Philosophy, Library and Archives Canada, Published Heritage Branch. 2006.
10. Wagner, N., Michalewicz, Z., Khouja, M., McGregor, R. Time Series Forecasting for Dynamic Environments: the DyFor Genetic Program Model, IEEE TRANSACTIONS ON EVOLUTIONARY COMPUTATION, Volume 3490 of the series Lecture Notes in Computer Science. 2005.
11. Schwaerzel, R, Bylander, T, Predicting Currency Exchange Rates by Genetic Programming with Trigonometric Functions and High-Order Statistics, In Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference, Vol. 1 2006. ხელმისაწვდომია: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=99C42A8E49BD214ACF7F3533A8661B4E?doi=10.1.1.420.8024&rep=rep1&type=pdf>
12. Zhang, C., Genetic Programming for Symbolic Regression, ხელმისაწვდომია: <http://web.eecs.utk.edu/~czhang24/projects/cs528 Project2 Zhang.pdf> 2005.
13. Luchian, H., Băutu, A., Băutu, E. Genetic Programming Techniques with Applications in the Oil and Gas Industry , წიგნიდან: Cranganu et al. (eds.), Artificial Intelligent Approaches in Petroleum Geosciences, Springer International Publishing Switzerland . 2015.
14. Verbesselt, J., Hyndman, R., Zeileis, A., Culvenor, D. Phenological Change Detection while Accounting for Abrupt and Gradual Trends in Satellite Image Time Series, Remote Sensing of Environment, 114(12). 2010.
15. Flasch, O., Marsmann, O., Bartz-Beielstein, RGP: An Open Source Genetic Programming System for the R Environment, Conference: Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO 2010, Proceedings, Portland, Oregon. 2010.

A HYBRID MODEL FOR THE ELECTRICITY CONSUMPTION FORECAST IN GEORGIA.
L. Vepkhvadze. "Energy". №2(98). 2021. Tbilisi. p. 20-34. geo. sum geo. engl. rus.

For planning and decision-making purposes, short, medium and long-term forecasts of electricity consumption in Georgia are based on either linear models or forecast data obtained from power generation facilities, the aggregation of which creates a balance sheet for the next year. In the presented research, on the one hand, the historical data is studied and structural change points are detected based on the Breaks For Additive Seasonal and Trend (BFAST) algorithm, which identifies the single structural breakpoint with the highest magnitude in the 2005-2018 years data: November 2008. The study then makes a forecast by employing the deseasonalized data considering only points after the structural change point. In particular, in the first stage, using one method of genetic algorithm, symbolic regression, it tries to obtain the algebraic function that gives the best approximation to both training and test data. The forecasting capability of the function obtained as a result of the relevant iteration was evaluated on test data, where it was found that the function reduces the prediction error twice compared to the 2018 electricity balance sheet. Finally, the function gives the electricity consumption forecast up to the year 2030 and it is revealed that the consumption may increase up to 22 billion kWh. Quantitative modelling is performed by the computer programming language R.

Ill. 8, tabl. 6, bibl. 15.

ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ГРУЗИИ.

Л. Вепхвადзе. "Энергия". №2(98). 2021. Тбилиси. с. 20-34. груз. реф. груз. англ. рус.

Для целей планирования и принятия решений краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные прогнозы потребления электроэнергии в Грузии основываются либо на линейных моделях, либо на прогнозных данных, полученных с электростанций, агрегирование которых позволяет составить балансовый отчет на следующий год. В рамках представленного исследования, с одной стороны, изучаются исторические данные и выявляются точки структурных изменений на основе алгоритм Перелома для Аддитивной Сезонности и Тренда (BFAST), который определяет единственную структурную точку перелома с наибольшей величиной в 2005-2018 годах: Ноябрь 2008 г. Затем в исследовании делается прогноз на основе использования десеозонизированных данных, в которых учитываются только данные после точки структурных изменений. В частности, на первом этапе, используя один метод генетического программирования, символическую регрессию, метод выдаёт алгебраическую функцию, которая показывает наилучшую аппроксимацию как на тренировочных, так и на тестовых данных. Способность прогнозирования функции, полученная в результате соответствующей итерации, была оценена на тестовых данных, где было обнаружено, что найденная функция уменьшает погрешность предсказания дважды по сравнению с балансом электроэнергии в 2018 г. Наконец, функция дает прогноз потребления электроэнергии до 2030 г. показывает, что потребление может увеличиться до 22 млрд. кВт.ч. Количественное моделирование осуществляется языком программирования R.

Илл. 8, табл. 6, лит. 15 назв.

ახალი ფხენილგულა მავთულით დაღუღებული ზედაპირის ტრიბოლოგიური კვლევა

დოქტორანტი ბესიკ სარალიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ანოტაცია. დამზადდა ახალი ფხენილგულა მავთული, რომლის შემადგენლობაშია Ni 80%, Cr 20%, ხოლო შიგთავსი Cr₃C₂, დაღუღდა სპეციალურ ნიმუშებზე (ზომით გარე დიამეტრი 28 მმ, შიგა დიამეტრი 20 მმ, სიმაღლე 20 მმ) ერთი, ორი და სამ შრიანი ფენები.

ტრიბოლოგიური კვლევები ჩატარდა CMLI-2-ზე, შესწავლილი იქნა დამოკიდებულება დატვირთვისა და ხახუნის კოეფიციენტს შორის ერთშრიან, ორშრიან და სამშრიან დაღუღებულ ნიმუშებზე და დადგინდა მათი ცვეთის დონე. მინიმალური ცვეთა დაფიქსირებულია ორშრიან დაღუღებულ ნიმუშზე, რაც გამოწვეულია სამშრიანი ნიმუშის ხახუნის კოეფიციენტის მეკეთრი ზრდით. ეს გამოწვეულია სტრუქტურული ცვლილებებით, რა დროსაც მარცვლებში ჩამოყალიბდა წონასწორული სტრუქტურა ნელი გაციების გამო, რომლის სიბლანტის მახასიათებელი არის შემცირებული.

საკვანძო სიტყვები: ფხენილგულა მავთული, ნიმუში, ტრიბოლოგიური კვლევა.

ცვეთამედგობა მანქანათა ნაწილებში სიმტკიცესა და სიხისტესთან ერთად არის საიმედოობის ერთერთი მთავარი განმსაზღვრელი [1,2].

„მანქანების უმეტესობა (85-90%) გამოდიან მწყობრიდან დეტალების ცვეთის გამო. დანახარჯები შეკეთებაზე და მანქანების ტექნიკურ მომსახურებაზე რამოდენიმეჯერ აღემატება მის ღირებულებას:

- ავტომობილებში 6-ჯერ;
- თვითმფრინავებში 5-ჯერ;
- ჩარხებში 8-ჯერ [3].

„ბოლო კვლევების სესაბამისად, 2023 წლისათვის სამთომომწოდებელი მრეწველობისათვის ავტომატიზაციის ბაზარი ეღირება \$ 3,29 მლრდ. - შესაბამისად წლიური ზრდის ტემპი იქნება 6,7%. შესაბამისად ცვეთამედგი ფოლადები იქნება მნიშვნელოვანი წარმოების სრულყოფისათვის. არაშესაბამისი ფოლადების გამოყენება გამოიწვევს დანადგარების მწყობრიდან გამოყვანას და მოცდენას“ [4,5].

ცვეთამედგი ფოლადები გამოიყენება: მიწისმთხრელ დანადგარებში; სოფლის მეურნეობის ტექნიკაში; სამშენებლო მანქანებში; სასარგებლო წიაღისეულის მოსაპოვებელ მანქანებში: ქვების და მადნის სამტვრევ მანქანებში და სხვ. ცვეთამედგი ფოლადების საექსპლუატაციო თვისებები შესაძლებელია შეინარჩუნებული იყოს 4-ჯერ ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, ვიდრე ჩვეულებრივი მაღალი სიმტკიცის ფოლადებში [6].

ქრომნიკელიანი გარსაცმით დამზადებული ფხენილგულა მავთულით სადაც Ni 80% და Cr 20%-ია და ფხენილი შედგება Cr₃C₂ დაღუღებული ზედაპირის მეტალოგრაფიულმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ სამშრიან ნიმუშებში შეიმჩნევა მომატებული სისალე [7]. აღნიშნულ დაღუღებულ მასალაზე ჩატარდა ტრიბოლოგიური კვლევები.

ფხვნილგულა მავთულით რომლის გარსაცმი იყო Ni 80% Cr 20%, ხოლო შიგთავსი Cr₃C₂, დადულდა სპეციალურ ნიმუშებზე (ზომით გარე დიამეტრი 28 მმ, შიგა დიამეტრი 20 მმ, სიმაღლე 20 მმ) ერთი, ორი და სამ შრიანი ფენები.

ტრიბოლოგიური ტესტირება ჩატარდა ლაბორატორიულ ხახუნის მანქანა CMI-2-ზე (ნახ. 1).



ა



ბ

ნახ. 1. ხახუნის მანქანა CMI-2:

ა - ცვეთაზე გამოსაცდელი დანადგარი; ბ - დიაგრამის ჩამწერი დანადგარი

კვლევები ჩატარდა შემდეგი რეჟიმებით:

1. მულმივი ხახუნის სიჩქარით-0,63 მ/წ, (შეესაბამება 500ბ რ/წთ);
2. ნიმუშების ხახუნი მიმდინარეობდა ტორსული ზედაპირებით საკონტაქტო ფართით 3სმ²;
3. ნიმუშების დატვირთვა შეადგენდა 0.5, 0.7, 1.0, 1.5 და 2 მგპა. თითოეულ დატვირთვაზე ტესტირების დრო შეადგენდა 2 სთ-ს.
4. კონტრსხეული წარმოადგენდა ნაწრობ ფოლადს 40X. შემზეთად გამოიყენებოდა ზეთი 15W40, რომლის მიწოდება მოხახუნე ზედაპირზე ხდებოდა წვეთობრივად;
5. ტესტირებისას განისაზღვრა ხახუნის ტემპერატურა, ხახუნის კოეფიციენტი და წონითი ცვეთა.

ტრიბოლოგიური კვლევის შედეგები ორი საათის განმავლობაში (15 წუთის ინტერვალით) მოყვანილია ცხრ. 1, 2-ში და ნახ. 2-ზე მოცემულია დამოკიდებულება დატვირთვისა და ხახუნის კოეფიციენტს შორის.

დადგინდა, რომ დატვირთვის მოცემულ დიაპაზონში შეზეთვისას აღუღებული ზედაპირები აჩვენებენ დაბალ ხახუნის კოეფიციენტს და მათი ცვეთა უმნიშვნელოა.

დადუღებულ ერთ, ორ და სამ შრიანზე საგრძნობლად ამცირებს ხახუნის კოეფიციენტს და შესაბამისად ცვეთას, რაც დადასტურებული იყო მიკროსისალეების ზრდითაც [7].

NiCr+Cr₃C₂-ით დანადგული ფენის ტესტირების შედეგები

ცხრილი 1

ერთშრიანი

P ₁ =0.5 მგპა			P ₂ =0.7 მგპა			P ₃ =1.0 მგპა		
ხაბ. ტემ. T ^o C	ხაბ. კოეფ. f	ცვეთა Δq, მგ	ხაბ. ტემ. T ^o C	ხაბ. კოეფ. f	ცვეთა Δq, მგ	ხაბ. ტემ. T ^o C	ხაბ. კოეფ. f	ცვეთა Δq, მგ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.067	4	30	0.057	4	40	0.074	4
35	0.067		45	0.067		50	0.076	
35	0.067		50	0.076		55	0.079	
35	0.065		48	0.057		60	0.079	
36	0.065		45	0.057		65	0.079	
38	0.065		48	0.060		65	0.076	
38	0.065		48	0.060		65	0.076	
38	0.065		48	0.060		65	0.076	
38	0.065		48	0.060		65	0.076	

ორშრიანი

38	0.100	5	32	0.076	ცვეთა არ ფიქსირდება	50	0.094	4
40	0.090		40	0.0320		60	0.081	
38	0.075		40	0.0320		60	0.076	
40	0.052		40	0.0285		60	0.072	
40	0.0450		40	0.0285		60	0.047	
40	0.0400		38	0.0285		55	0.047	
40	0.0400		38	0.0285		55	0.047	
38	0.0400		38	0.0285		55	0.047	

სამშროანი

P ₄ =1.5 მგპა			P ₅ =2.0 მგპა		
ხაბ. ტემ.	ხაბ. კოეფ. f	ცვეთ Δq, მგ	ხაბ. ტემ. T ⁰ c	ხაბ. კოეფ. f	ცვეთ Δq, მგ
10	11	12	13	14	15
60	0.0827	4	50	0.0870	8
85	0.0898		90	0.0950	
90	0.0960		110	0.0980	
85	0.0870		115	0.1050	
90	0.0870		120	0.1100	
90	0.0870		120	0.1200	
90	0.0870		120	0.1200	
90	0.0870		120	0.1200	

ერთშრიანი

	0.016		22	0.031		50	0.114	მოხდა ჩაჭეჭვა
	0.018		25	0.029		60	0.113	
	0.013		25	0.020		60	0.110	
	0.013	3.5	27	0.019		85	0.180	
	0.011		27	0.018				
	0.011		27	0.017				
	0.011		27	0.015				
	0.011		28	0.015				

ორშრიანი

35	0.0675		70	0.087	
58	0.0613		85	0.084	
65	0.0630	ცვეთა არ ფიქსირდება	90	0.084	ცვეთა არ ფიქსირდება
70	0.0580		85	0.072	
70	0.0536		85	0.071	
70	0.0489		85	0.071	
70	0.0489		85	0.071	
70	0.0489		85	0.071	
70	0.0489		85	0.071	

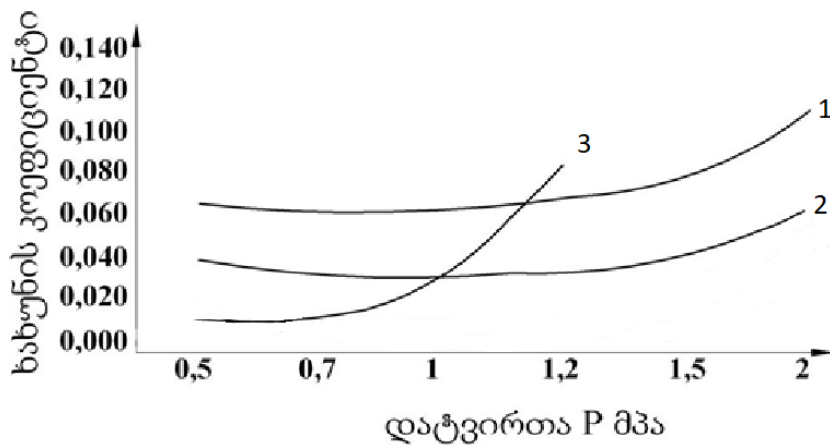
სამშროანი

P ₄ =1.5 ვერ იმუშავა	P ₅ =2.0 ვერ იმუშავა
------------------------------------	------------------------------------

NiCr+Cr₃C₂ დანადგლის ტესტირების ტრიბოლოგიური პარამეტრები.
ტესტირების დრო 2 სთ. თვითოეულ დატვირთვაზე

ცხრილი 2

№	დატვირთვა, მგპა	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0
ერთშრიანი						
1	ხახუნის ტემპერატურა T ^o C	38	48	65	90	120
2	ხახუნის კოეფიციენტი	0.067-0.065	0.060	0.076	0.087	0.012
3	ცვეთა Δq, მგ	4	4	4	4	4
ორშრიანი						
1	ხახუნის ტემპერატურა T ^o C	38	38	55	70	5
2	ხახუნის კოეფიციენტი	0.04	0.03	0.047	0.0429	50.071
3	ცვეთა Δq, მგ	5	-	4	-	-
სამშრიანი						
1	ხახუნის ტემპერატურა T ^o C	32	28	85	-	-
2	ხახუნის კოეფიციენტი	0.011	0.015	0.18		
3	ცვეთა Δq, მგ	3.5	-	-		



ნახ. 2. დამოკიდებულება დატვირთვისა და ხახუნის კოეფიციენტს შორის დანადგლი:
1-ერთშრიანი NiCr+Cr₃C₂; 2-ორშრიანი NiCr+Cr₃C₂; 3-სამშრიანი NiCr+Cr₃C₂

ამრიგად ფხვნილგულა მავთულით რომლის გარსაცმი იყო Ni80% Cr20%, ხოლო შიგთავსი Cr₃C₂, დადუღებული ნიმუშების ზედაპირების ტრიბოლოგიურმა კვლევებმა აჩვენეს, რომ მინიმალური ცვეთა დაფიქსირებულია ორშრიან დადუღებულ ნიმუშზე, რაც გამოწვეულია სამშრიანი ნიმუშის ხახუნის კოეფიციენტის მკვეთრი ზრდით, ეს გამოწვეულია სტრუქტურული ცვლილებებით, რა დროსაც მარცვლებში ჩამოყალიბდა წონასწორული სტრუქტურა ნელი გაციების გამო, რომლის სიბლანტის მახასიათებელი არის შემცირებული.

ლიტერატურა

1. <http://www.stroitelstvo-new.ru/elementy/iznosostoykost-detaley.shtml>.
უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 18.04.2021.
2. <https://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=CheckArticle&site=kts&NM=139>
უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 18.04.2021.
3. Полюшкин Н.Г. Основы теории трения, износа и смазки/Учеб.пособие. Красноярский государственный аграрный университетю. Красноярскую 2013.
4. <https://www.materialsforengineering.co.uk/engineering-materials-features/steel-wear-resistance/223373/> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 18.04.2021.
5. <https://www.ssab.com/products/steel-categories/wear-resistant-steels>
უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 18.04.2021.
6. <https://www.metaltex.com/blog/material-applications-wear-resistance/>
7. მირიჯანაშვილი ზ., ხუციშვილი მ., დადიანიძე გ., სარალიძე ბ. ახალი ცვეთამედეგი დასადუღებელი მასალის დამუშავება//სტუ საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“/შრომები. თბილისი. 2020.

TRIBOLOGICAL EXAMINATION OF THE SURFACE DEPOSITED BY NEW FLUX-CORED WIRE SARALIDZE BESIK¹

B.Saralidze. "Energy". №2(98). 2021. Tbilisi. p.35-41. geo. sum geo. engl. rus.

A new flux-cored wire was made, consisting of 80% Ni, 20% Cr, and the core, containing Cr_3C_2 , was fused on special samples (outer diameter 28 mm, inner diameter 20 mm, height 20 mm) in one, two and three layers.

Tribological studies were carried out on SMC-2, the dependence of the load on the coefficient of friction of single-layer, two-layer and three-layer welded samples was studied, and the degree of their wear was determined. On a two-layer welded specimen, minimal wear was observed due to a sharp increase in the friction coefficient of a three-layer specimen. This is caused by structural changes during which a balanced structure is formed in the grains due to slow cooling, and its viscosity characteristics are reduced.

Ill. 2, tabl. 2, bibl. 7.

ТРИБОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ НАПЛАВЛЕННОЙ НОВОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ.

Б.Саралидзе. "Энергия". №2(98). 2021. Тбилиси. с.35-41. груз. реф. груз. англ. рус.

Изготовлена новая порошковая проволока, состоящая из 80% Ni, 20% Cr, а внутренность, содержащая Cr_3C_2 , наплавлена на специальных образцах (размер наружного диаметра 28 мм, внутреннего - 20 мм, высота 20 мм) в один, два и три слоя.

Проведены трибологические исследования на СМЦ-2, изучена зависимость нагрузки от коэффициента трения однослойных, двухслойных и трехслойных сварных образцов и определена степень их износа. На двухслойном сварном образце наблюдался минимальный износ из-за резкого увеличения коэффициента трения трехслойного образца. Это вызвано структурными изменениями, во время которых в зернах формируется сбалансированная структура из-за медленного охлаждения, вязкостная характеристика которой снижена.

Илл. 2. , табл. 2, лит. 7 назв.

**ერთჯაჭვან მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის
მაგნიტური ველის დაკავშირების განსაზღვრა კიდურა ხაზის
გეგმილიდან დაშორებაზე საღმენების კორიზონტალური
განლაგების დროს**

პროფესორი თენგიზ მუსელიანი
ასისტენტ პროფესორი ბრიგოლ მუსელიანი
დოქტორანტი ლიანა ბალახაშვილი
დოქტორანტი მარიამ გვარამაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. ამრიგად, გაანგარიშებით დადგენილია, რომ P1 ტიპის საყრდენებზე კორიზონტალურად განთავსებული 500 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის საღმენების შემთხვევაში, კიბოს საერთაშორისო სააგენტოს მიერ დადგენილი და ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის მიერ ადამიანის ჯანმრთელობისათვის რეკომენდებული უსაფრთხო მაგნიტური ველის ინდუქციის ლიმიტირებული მნიშვნელობები (0,2-0,3 მკტლ); ელექტროდინამიკის მოწყობის წესებით დადგენილი ელექტროგადაცემის ხაზის დედამიწის ზედაპირიდან უმცირესი დაშორების (15,5 მ) დროს, უსაფრთხო საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა საღმენის გეგმილიდან 90 მ-ზე მეტი დაშორების შემთხვევაში.

საკვანძო სიტყვები: საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზი, მაგნიტური ველი,

სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების მოსახლეობაზე ზემოქმედების დროს ელექტრომაგნიტური თავსებადობის უზრუნველყოფა წარმოადგენს მნიშვნელოვან პრობლემას, განსაკუთრებით მაგნიტური მდგენელის ნაწილში [1]. თითოეული ადამიანი თითქმის ყოველდღე სხვადასხვა ხარისხით ექვემდებარება სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედებას.

ჯანმრთელობის საერთაშორისო ორგანიზაციამ კანცეროგენების კლასიფიკაციის შესაბამისად 2001 წელს სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველი მიაკუთვნეს შესაძლო კანცეროგენების 2b კლასის ჯგუფს [2]. 2002 წელს კიბოს კვლევების საერთაშორისო სააგენტოს მიერ დადგენილ იქნა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო მაგნიტური ველის ინდუქციის ლიმიტირებული მნიშვნელობები 0,2-0,3 მკტლ [3]. 2007 წელს ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციამ თავის რეკომენდაციებში დაადასტურა ეს მნიშვნელობები.

ღია ტერიტორიაზე ელექტრომაგნიტურ სიტუაციას აქვს გარკვეული თავისებურებები. ეს განპირობებულია იმით, რომ მისი ინტენსივობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: ძაბვის კლასზე, კონსტრუქციაზე, ხაზის გაბარიტსა და დატვირთვაზე, სახლის, სართულის

ხაზიდან დაშორებაზე. რამდენადაც მაგნიტური ველი აღიძვრება მაგისტრალში გამავალი დენით, ამიტომ იგი ვრცელდება მნიშვნელოვან დაშორებაზე.

წინამდებარე ნაშრომის მიზანია საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზებში მაგნიტური ველის მაქსიმალური დაძაბულობის პირობებში კიდურა ხაზის გეგმილიდან იმ დაშორების განსაზღვრა, რომელშიც დაკმაყოფილებულია ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის მიერ რეკომენდებული მაგნიტური ველის ინდუქციის ლიმიტირებული მნიშვნელობები 0,2–0,3 მკტლ.

მაგნიტური ველის ინდუქციის გაანგარიშებისათვის ვიყენებთ სრული დენის კანონს [4]. ელექტროტექნიკის თეორიული საფუძვლების კურსიდან ცნობილია, რომ სწორხაზოვანი დენიანი გამტარის მაგნიტური ველის ინდუქცია განისაზღვრება ფორმულით:

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi R}, \quad (1)$$

სადაც μ – გარემოს ფარდობითი შეღწევადობაა და ჰაერისათვის, $\mu=1$; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ ჰნ/მ – ვაკუუმის მაგნიტური შეღწევადობა; I – ხაზში გამავალი დენის მოქმედი მნიშვნელობა, ა; R – დაშორება კიდურა გამტარიდან, მ.

ელექტროტექნიკის თეორიული საფუძვლების კურსიდან ასევე ცნობილია კავშირი მაგნიტური ველის დაძაბულობასა და მაგნიტურ ინდუქციას შორის. მაგნიტური ველის დაძაბულობა:

$$H = \frac{B}{\mu\mu_0} = \frac{I}{2\pi R}. \quad (2)$$

როგორც (2) გამოსახულებიდან ჩანს, მაგნიტური ველის დაძაბულობის სიდიდე დამოკიდებული არ არის გარემოს თვისებებზე. არამედ დამოკიდებულია ხაზში გამავალი დენის სიდიდესა და ხაზიდან დაშორებაზე.

სრული დენის კანონით ცალკეული უსასრულო გამტარისათვის მაგნიტური ველის დაძაბულობა კომპლექსურ სახეში გამოისახება შემდეგნაირად:

$$\dot{H} = \frac{I}{2\pi R}. \quad (3)$$

ზედღების პრინციპის თანახმად:

$$\dot{H} = \frac{I_A}{2\pi R_A} + \frac{I_B}{2\pi R_B} + \frac{I_C}{2\pi R_C}, \quad (4)$$

სადაც I_A, I_B, I_C - ხაზური დენების კომპლექსური მნიშვნელობები; R_A, R_B, R_C – დაკვირვების წერტილიდან შესაბამის ხაზებამდე მანძილები.

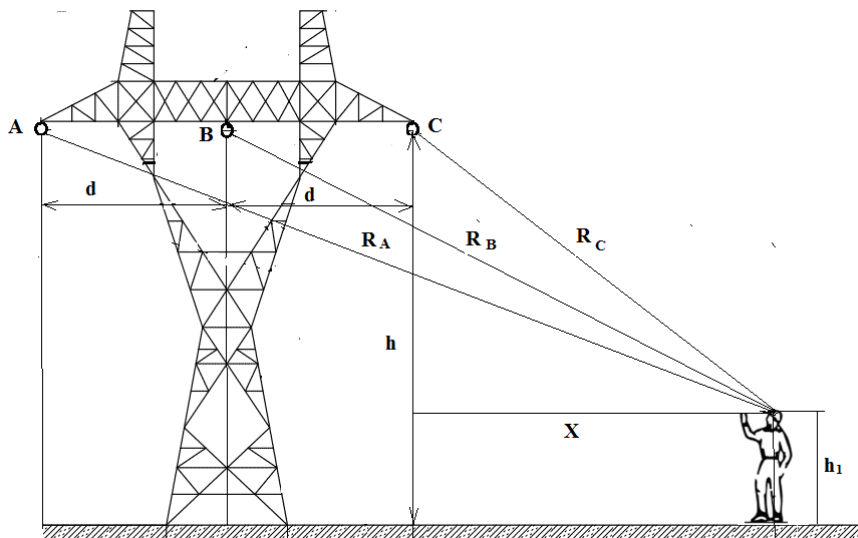
დავუშვათ ფაზების დენების კომპლექსური მნიშვნელობებია:

$$\begin{cases} \dot{I}_A = I_b \\ \dot{I}_B = I_b e^{-j120^\circ} \\ \dot{I}_C = I_b e^{j120^\circ} \end{cases} \quad (5)$$

(5) გამოსახულებიდან ხაზური დენების მნიშვნელობები შევიტანოთ (4)-ში და მივიღებთ:

$$\dot{H} = \frac{I_b}{2\pi R_A} + \frac{I_b e^{-j120^\circ}}{2\pi R_B} + \frac{I_b e^{j120^\circ}}{2\pi R_C} = \frac{I_b}{2\pi} \left(\frac{1}{R_A} + \frac{e^{-j120^\circ}}{R_B} + \frac{e^{j120^\circ}}{R_C} \right). \quad (6)$$

განვიხილოთ ერთჯაჭვა 500 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზი, რომლის საყრდენზე სადენები განლაგებულია ჰორიზონტალურად (ნახ.1).



ნახ. 1. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დაძაბულობის გაანგარიშება საყრდენზე სადენების ჰორიზონტალური განლაგების შემთხვევაში

მოცემულ შემთხვევაში ადამიანის დაშორება საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზებიდან იანგარიშება ფორმულებით:

$$\begin{aligned} R_A &= \sqrt{(X + 2d)^2 + (h - h_1)^2}; \\ R_B &= \sqrt{(X + d)^2 + (h - h_1)^2}; \\ R_C &= \sqrt{X^2 + (h - h_1)^2}. \end{aligned} \quad (7)$$

(7) გამოსახულები შევიტანოთ (6)-ში და მივიღებთ:

$$\dot{H} = \frac{I_b}{2\pi} \left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} e^{-j120^\circ} + \frac{1}{R_C} e^{j120^\circ} \right) = \frac{I_b}{2\pi} \left(\frac{1}{\sqrt{(X+2d)^2 + (h-h_1)^2}} + \frac{1}{\sqrt{(X+d)^2 + (h-h_1)^2}} e^{-j120^\circ} + \frac{1}{\sqrt{X^2 + (h-h_1)^2}} e^{j120^\circ} \right). \quad (8)$$

რადგანაც სანიტარულ - ეპიდემიოლოგიურ ნორმატიულ დოკუმენტებში მოყვანილია როგორც მაგნიტური ველის დაძაბულობის, ასევე მაგნიტური ველის ინდუქციის დასაშვები მნიშვნელობები, ამიტომ კონკრეტული მაგალითის გაანგარიშება ვაწარმოთ მაგნიტური ველის დაძაბულობისათვის, ხოლო შემდეგ მოვახდინოთ მაგნიტური ველის ინდუქციურობის გაანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

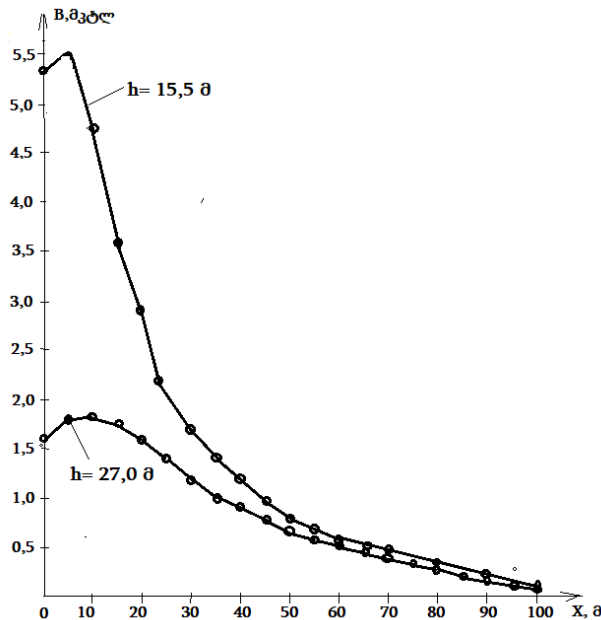
$$B = 1,25 H, \text{ მკტლ}$$

მაგალითი. განვსაზღვროთ მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დაძაბულობისა და ინდუქციურობის მნიშვნელობები მუშაობის რეალური რეჟიმში. ნახ.1-ზე მოცემულია P1 ტიპის 500 კვ ძაბვის შუალედური ანძა, რომელზეც სადენები განლაგებულია ჰორიზონტალურად. დაშორება სადენებს შორის $d=12$ მ. სადენის მარკაა AC-400/51, რომლის ხანგრძლივად დასაშვები დენია $I_{დას.} = 825$ ა. ანგარიში ვაწარმოთ ორი შემთხვევისათვის: 1) აღნიშნული ტიპის საყრდენებზე სადენების დედამიწის ზედაპირიდან მაქსიმალური განლაგების $h=27,0$ მ სიმაღლეზე; 2) დედამიწის ზედაპირიდან $h=15,5$ მ სიმაღლეზე. ეს უკანასკნელი სიმაღლე აღებულ იქნა გამომდინარე იქედან, რომ ელექტროდანადგარების მოწყობის წესების (IIYЭ 7), ცხრ. 2.5.22-ის მიხედვით, დასახლებულ პუნქტებში 500 კვ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სადენის უმცირესი დაშორება დედამიწის ზედაპირიდან უნდა იყოს 15,5 მ.

მაგნიტური ველის დაძაბულობის ანგარიშის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში და ნახ. 2-ზე.

როგორც ცხრილიდან და ნახ. 2-დან ჩანს, მოცემულ შემთხვევაში კიბოს საერთაშორისო სააგენტოს მიერ დადგენილი და ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის მიერ აღამიანის ჯანმრთელობისათვის რეკომენდებული უსაფრთხო მაგნიტური ველის ინდუქციის ლიმიტირებული მნიშვნელობები (0,2-0,3 მკტლ) დაცულია საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა სადენის დედამიწაზე გეგმილიდან 90 მ მეტ მანძილზე დაშორების შემთხვევაში.

#	დაშორება კიდურა ხაზის გეგმილიდან X, მ	მაგნიტური	მაგნიტური	მაგნიტური	მაგნიტური
		ველის	ველის	ველის	ველის
		დაძაბულობა H, ა/მ	დაძაბულობა B, მკტლ	დაძაბულობა H, ა/მ	დაძაბულობა B, მკტლ
		h=27 მ		h=15,5 მ	
1	0	1,25	1,56	4,28	5,35
2	5	1,44	1,81	4,4	5,50
3	10	1,47	1,84	3,63	4,53
4	15	1,43	1,79	2,88	3,60
5	20	1,26	1,58	2,23	2,79
6	25	1,09	1,36	1,79	2,23
7	30	1,01	1,27	1,38	1,73
8	35	0,87	1,08	1,12	1,40
9	40	0,76	0,95	1,01	1,26
10	45	0,64	0,81	0,81	1,02
11	50	0,57	0,71	0,66	0,83
12	55	0,51	0,64	0,57	0,71
13	60	0,46	0,58	0,48	0,60
14	65	0,38	0,48	0,44	0,555
15	70	0,36	0,44	0,39	0,49
16	75	0,33	0,41	0,36	0,45
17	80	0,29	0,36	0,32	0,40
18	85	0,28	0,35	0,29	0,36
19	90	0,25	0,31	0,26	0,33
20	95	0,23	0,28	0,244	0,31
21	100	0,21	0,26	0,230	0,29



ნახ. 2. 500 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის ინდუქციის კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე დამოკიდებულების გრაფიკი სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს

1. Мисриханов М.Ш., Рубцова Н.Б., Седунов В.Н., Демин С.А., Токарский А.Ю. Электромагнитные поля воздушных и кабельных линий электропередачи как фактор риска для здоровья населения// Безопасность в техносфере. № 11. 2011.
2. Скрипкин А.А., Сивяков Б.К., Аврясова О.С. Возможность предотвращения столкновений вертолетов с проводами высоковольтных линий электропередач путем их обнаружения по создаваемому ими магнитному полю// Авиационная промышленность. № 3. 2013.
3. Сивяков Б.К., Аврясова О.С. Математическое моделирование электромагнитного поля электроустановок/ Вестник СГТУ. № 4(51). Вып.3. 2010.
4. Ионкин П.А., Даревский А.И., Кухаркин Е.С., Миронов В.Г., Мельников Н.А. Теоретические основы электротехники. М.: Высшая школа. Т.1. 1976.

DETERMINATION OF TENSION OF MAGNETIC FIELD OF SINGLE-CIRCUIT HIGH VOLTAGE OVERHEAD POWER TRANSMISSION LINE AT THE DISTANCE FROM THE UTMOST LINE PROJECTION IN HORIZONTAL PLACEMENT OF LINES

T. Museliani, G. Museliani, L. Balakhashvili, M. Gvaramadze. "Energy". №2(98). 2021. Tbilisi. p.42-47. geo. sum geo. engl. rus.

Thus, it is determined based on the calculation, that in case of the horizontally placed 500 kW tension overhead power transmission line wires on the P1 type pillars, the limited values (0,2-0,3) of the safe magnetic field induction determined by International Cancer Agency and recommended for human health by International Health Protection Organization, when, according to the power equipment management regulations, there is the shortest (15,5 m) distance of the power transmission line from the ground surface, are safe in case there is more than a 90 m distance from the last wire projection of the overhead power transmission line.

Ill. 2, tabl. 1, bibl. 4.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ОДНОЦЕПНОЙ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ОТ РАССТОЯНИИ КРАЙНЕГО ПРОВОДА ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ПРОВОДОВ.

T. Museliani, G. Museliani, L. Balakhashvili, M. Gvaramadze. "Энергия". №2(98). 2021. Тбилиси. с42-47. груз. реф. груз. англ. рус.

Расчетами установлено, что на опорах типа P1 при горизонтально расположенных проводах воздушных линий электропередачи напряжением 500 кВ, лимитированные значения индукции магнитного поля (0,2-0,3 мкТл) в целях безопасности населения, Международным агентством рака и Министерством установлено, что при наименьшей высоте (15,5 м) от поверхности земли, согласно Правилам устройства электроустановок безопасность будет обеспечена при их удалении на 90 м от проекции крайнего провода.

Илл. 2, табл. 1, лит. 4 назв.

**იზოქრონული მოწვების ბავლენა n-SiGe შენადნობების
არადრეკად თვისებებზე**

აკადემიური დოქტორი *ია ყურაშვილი*
დოქტორანტი *თორნიკე ქიქვირიძე*
აკადემიური დოქტორი *ბიორგი ჩუბინიძე*
ფიზიკის მეცნ. კანდიდატი *ლავით მხეიძე*
ტექნ. მეცნ. კანდიდატი *მარინა ქაღარია*
მაგისტრი *ტატიანა ველაშვილი*
მაგისტრი *ნარგიზა გოგოლაშვილი*
პროფესორი *ბიორგი დარსაველიძე*

სოხუმის ილია ვეკუას ფიზიკა-ტექნიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია. შესწავლილია საწყისი და გამა ფოტონებით დასხივებული n-ტიპის ელექტროგამტარობის მონოკრისტალური SiGe შენადნობების ძვრის დინამიკური მოდულისა და შინაგანი ხახუნის ცვლილებები 20-500°C ინტერვალში იზოქრონული მოწვის პირობებში. დაუსხივებელ მდგომარეობაში გამოვლენილია ორივე ფიზიკური მახასიათებლის მეტად სუსტი წრფივი ამაღლება, განპირობებული არასტაბილური დეფექტების მოწვით. $5 \cdot 10^{16} \text{ სმ}^{-2}$ ფლუენსის ^{60}Co გამა ფოტონებით დასხივება იწვევს ძვრის მოდულისა და შინაგანი ხახუნის არამონოტონურ ცვლილებებს. კრიტიკულ ტემპერატურებზე ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების ექსტრემუმების გამოვლინება განპირობებულია კონფიგურაციული და კონცენტრაციული ცვლილებებით რადიაციული დეფექტების სტრუქტურაში.

საკვანძო სიტყვები: დისლოკაციური სტრუქტურა, იზოქრონული მოწვა, რადიაციული დეფექტები, შინაგანი ხახუნი, ძვრის მოდული.

სილიციუმ-გერმანიუმის შენადნობები წარმოადგენენ მიკროელექტრონიკის საბაზო მასალას. ისინი ხასიათდებიან ნახევრადგამტარულ ხელსაწყოთმშენებლობაში საკონსტრუქციო მასალად გამოყენების მაღალი პერსპექტივებით. მათ საფუძველზე მზადდება მაიონებელი გამოსხივების დეტექტორები, სენსორები, მიკრო- და ნანოელექტრო-მექანიკური სისტემები, ნანოტექნოლოგიების სხვადასხვა ჰიბრიდული ნამზადები [1]. SiGe შენადნობების მექანიკური თვისებების მცირე ცვლილებებსაც კი შეუძლიათ გამოიწვიონ აღნიშნული პრეციზიული სისტემების მახასიათებლების გაუარესება. ეს გარემოება განაპირობებს მათი სტრუქტურისა და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების კომპლექსური კვლევების აუცილებლობასა და აქტუალობას.

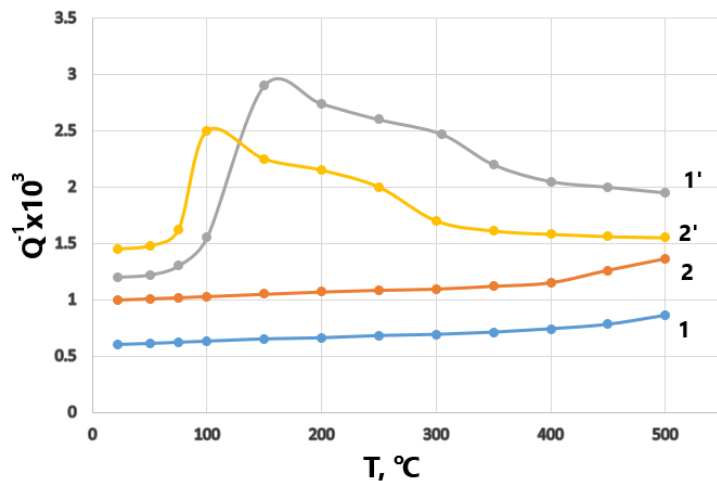
დღეისათვის ექსპერიმენტულად გამოკვლეულია SiGe შენადნობების დისლოკაციური სტრუქტურის თავისებურებები [2] და შედგენილობის გავლენა მექანიკურ [3] და რელაქსაციურ პროცესებზე [4,5]. პრაქტიკულად შეუსწავლელია რადიაციის გავლენა

განსაზღვრული ელექტროფიზიკური თვისებების მონოკრისტალური SiGe შენადნობების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე.

წინამდებარე ნაშრომში შესწავლილია საწყის და გამა ფოტონებით დასხივებულ მდგომარეობაში n-ტიპის ელექტროგამტარობის SiGe შენადნობების შინაგანი ხახუნისა და ძვრის დინამიკური მოდულის ცვლილებები იზოქრონული მოწვევის პირობებში.

ექსპერიმენტული კვლევები განხორციელდა მეტალოგრაფიული, ელექტროფიზიკური, ოპტიკური თვისებებისა და ინფრაბგერების 0,5-5,0 მკ დიაპაზონში შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის რეგისტრაციის მეთოდებით. გამოყენებულ იქნა შემდეგი დანადგარები და მოწყობილობები: მეტალოგრაფიული მიკროსკოპი NMM-800RF/TRF, იწ დიაპაზონის ოპტიკური სპექტრომეტრი Agilent Cary 600 Series FTIR, ელექტროფიზიკური მახასიათებლების გამზომი Ecopia HMS-3000 სისტემის ხელსაწყო, შინაგანი ხახუნის ლაბორატორიული დანადგარი. გრეხითი რხევების შთანთქმის რელაქსაციური პროცესების აქტივაციური მახასიათებლების განსაზღვრა განხორციელდა სტანდარტული მეთოდით [6].

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია საწყისი და ⁶⁰Co გამა ფოტონებით დასხივებული მონოკრისტალური n- Si_{0,996}Ge_{0,004}:P (10¹⁴სმ⁻³) და n- Si_{0,95}Ge_{0,05}:P (10¹⁴სმ⁻³) შენადნობების იზოქრონული მოწვის პროცესში შინაგანი ხახუნის ცვლილების კვლევის შედეგები.



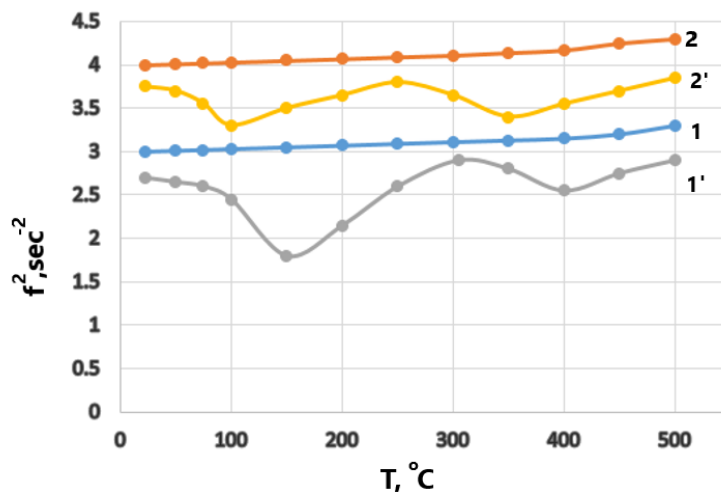
ნახ.1. იზოქრონულად მომწვარი n-SiGe შენადნობების შინაგანი ხახუნის სპექტრები:
 1,1'-n- Si_{0,996}Ge_{0,004}: P (10¹⁴სმ⁻³); 2,2'- n- Si_{0,95}Ge_{0,05}: P (10¹⁴სმ⁻³)
 1,2 - დაუსხივებელი, 1',2'- ⁶⁰Co გამა ფოტონებით დასხივებული ნიმუშები

როგორც მოსალოდნელი იყო, ორივე დაუსხივებელი ნიმუშის იზოქრონული მოწვის ტემპერატურულ სპექტრებში არ ვლინდება რაიმე სახის გადახრები თითქმის წრფივად მზარდი კანონზომიერებიდან. 300-500°C ტემპერატურულ უბანზე გრეხითი რხევების მიღების სუსტად ამაღლება შესაძლებელია განპირობებულია კრისტალიზაციის პროცესში ფორმირებული დეფექტების (მინარეგების ატომები, ვაკანსიები, თერმული დეფექტები)

დიფუზური აქტიურობით. $5 \cdot 10^{16} \text{cm}^{-2}$ ფლუენსის ^{60}Co გამა ფოტონებით დასხივების შემდეგ $n\text{-Si}_{0.996}\text{Ge}_{0.004}\text{:P}(10^{14}\text{cm}^{-3})$ შენადნობების შინაგანი ხახუნის ინტენსივობის ტემპერატურული ცვლილება არამონოტონურია. ის ხასიათდება მკვეთრად მზარდი ფონით $80\text{-}150^\circ\text{C}$ ინტერვალში. $150\text{-}400^\circ\text{C}$ დიაპაზონში შინაგანი ხახუნის ინტენსივობა საფეხურების მსგავსად მცირდება, ხოლო $400\text{-}500^\circ\text{C}$ ინტერვალში ის ხასიათდება ნელი მონოტონური შემცირებით.

გამა ფოტონებით დასხივებული გერმანიუმის მაღალი შემცველობის $n\text{-Si}_{0.95}\text{Ge}_{0.05}\text{:P}(10^{14}\text{cm}^{-3})$ შენადნობის შინაგანი ხახუნის ტემპერატურული ცვლილება ასევე არამონოტონურია. $\text{Si}_{0.996}\text{Ge}_{0.004}\text{:P}(10^{14}\text{cm}^{-3})$ შენადნობისგან განსხვავებით მასში შინაგანი ხახუნის ინტენსივობის მაქსიმუმის ტემპერატურა 50°C -ით შემცირებულია. შესაბამისად დაბალი ტემპერატურების მიმართულებით გადანაცვლებულია შინაგანი ხახუნის მდორედ ვარდნისა და გაჯერების ტემპერატურული ინტერვალები.

$n\text{-Si}_{0.95}\text{Ge}_{0.05}\text{:P}(10^{14}\text{cm}^{-3})$ შენადნობის ძვრის დინამიკური მოდულის პროპორციული რხევის სიხშირის კვადრატის ტემპერატურული ცვლილებები შემდეგი თავისებურებებით ხასიათდება. დაუსხივებელ მდგომარეობაში 500°C ტემპერატურამდე იზოქრონული მოწვევის გავლენით ძვრის მოდული განიცდის მეტად სუსტ წრფივ ზრდას, რაც შესაძლებელია განპირობებულია არასტაბილური თერმული დეფექტების მოწვითა და მოწვის პროდუქტების გადანაწილებით დისლოკაციების ირგვლივ არსებული კოტრელის ატმოსფეროში. გამა ფოტონებით დასხივებულ მდგომარეობაში ძვრის მოდული ზიგზაგისებურად იცვლება. ის ხასიათდება ძლიერი (150°C) და შედარებით სუსტი (400°C) მინიმუმებითა და განიერი მაქსიმუმით 300°C ტემპერატურის არეში, 500°C ტემპერატურაზე ძვრის მოდულის სიდიდე მაღალია და უახლოვდება დაუსხივებელი ნიმუშის დამახასიათებელ მნიშვნელობას.



ნახ. 2. იზოქრონულად მომწვარი $n\text{-SiGe}$ შენადნობების ძვრის მოდულის სპექტრები:
 1,1'- $n\text{-Si}_{0.996}\text{Ge}_{0.004}\text{:P}(10^{14}\text{cm}^{-3})$; 2,2'- $n\text{-Si}_{0.95}\text{Ge}_{0.05}\text{:P}(10^{14}\text{cm}^{-3})$
 1,2 - დაუსხივებელი, 1',2'- ^{60}Co გამა ფოტონებით დასხივებული ნიმუშები

დაუსხივებელი $n\text{-Si}_{0.95}\text{Ge}_{0.05}\text{:P}(10^{14}\text{სმ}^{-3})$ შენადნობის ძვრის მოდულის ტემპერატურული ცვლილება ასევე მონოტონური წრფივი ზრდით ხასიათდება. ძვრის მოდულის წრფივი ამაღლებისადმი მისწრაფება გამოწვეულია კრისტალიზაციის პროცესში შენადნობის სტრუქტურაში წარმოქმნილი არასტაბილური დეფექტების მოწვითა და დისლოკაციების დამუხრუჭების გაძლიერებით მინარევებით გამდიდრებულ კოტრელის ატმოსფეროში. გამა ფოტონებით დასხივებულ მდგომარეობაში ძვრის მოდულის ტემპერატურული ცვლილება არამონოტონურად მზარდია. ის ხასიათდება დაბალი ტემპერატურებისაკენ 50°C -ით წანაცვლებული ორი მინიმუმითა და მაქსიმუმით 250°C ტემპერატურის არეში. აღსანიშნავია, რომ 500°C ტემპერატურამდე იზოქრონული მოწვებით ძვრის მოდულის სიდიდე საგრძნობლად ამაღლებულია საწყისი მდგომარეობის დამახასიათებელ სიდიდესთან შედარებით. დასხივებულ მდგომარეობაში ორივე შენადნობის ძვრის მოდულის სუსტად გამოვლენილი წრფივი ზრდა ძირითადად განპირობებულია გარდაქმნებით რადიაციული დეფექტების სტრუქტურაში იზოქრონული მოწვების პროცესში.

გამა ფოტონებით დასხივებული $n\text{-Si}$ შენადნობების შინაგანი ხახუნის და ძვრის მოდულის არამონოტონური ცვლილებები დაკავშირებულია მათ სტრუქტურაში ფორმირებული რადიაციული დეფექტებში (VP , VO° , VO^{\ominus} , C_iO_i , C_iC_i , O_iS_i , S_iS_i) განხორციელებული გარდაქმნებით იზოქრონული მოწვების გავლენით. $100\text{-}150^{\circ}\text{C}$ ინტერვალში ძვრის მოდულის მკვეთრი შემცირება და შინაგანი ხახუნის ინტენსივობის ზრდა ემთხვევა რადიაციული წარმოშობის ვაკანსია-ფოსფორის წყვილების (E -ცენტრები) დაშლის ტემპერატურულ არეს. E -ცენტრის დაშლით განთავისუფლებული ვაკანსიები ურთიერთქმედებენ ჟანგბადის ჩანერგილ ატომებთან და წარმოიქმნება შედარებით სტაბილური A ცენტრები- VO , დივაკანსიები- V_2 და VO_2 . ეს უკანასკნელი ეფექტურად მოქმედებს დისლოკაციურ სტრუქტურასთან და იწვევს სტრუქტურის განმტკიცებასა და ძვრის მოდულის ზრდას $250\text{-}300^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურულ ინტერვალში. 300°C ტემპერატურიდან იწყება დისლოკაციებისა და A ცენტრების დაშლის პროცესი, რაც ნათლად ვლინდება ძვრის მოდულის ვარდნით $300\text{-}400^{\circ}\text{C}$ ინტერვალში. ამავე ტემპერატურებზე მიმდინარეობს ასევე თერმულად მდგრადი ელექტრულად ნეიტრალური VO_2 კომპლექსების ფორმირება. ამაღლებული თერმული მდგრადობის VO_2 კომპლექსები განაპირობებენ დისლოკაციების ბმების გაძლიერებას, რაც იწვევს ძვრის მოდულის ამაღლებასა და შინაგანი ხახუნის ინტენსივობის მდორედ შემცირებას $400\text{-}500^{\circ}\text{C}$ ინტერვალში. გერმანიუმის მაღალი შემცველობის $n\text{-Si}_{0.95}\text{Ge}_{0.05}\text{:P}(10^{14}\text{სმ}^{-3})$ შენადნობში რადიაციული დეფექტების სტრუქტურაში განხორციელებული ანალოგიური ცვლილებები ვლინდებიან შედარებით დაბალ ტემპერატურებზე. ასეთი ცვლილებები განპირობებულია აღნიშნული შენადნობის სტრუქტურაში მესრის პარამეტრის ზრდითა, და, შესაბამისად, ატომთა შორისი კავშირის ძალების შემცირებით.

1. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике/Под ред. А.Л. Асеева. Новосибирск: Изд.- во СО-РАН. 2004.
2. Yonenaga I. Dislocation dynamics in SiGe alloys// Journal of Physics: Conference Series. 2013. 471. 012002.
3. Yonenaga I. Dislocation Velocities and mechanical strength of bulk GeSi crystals. Physica Status Solidi (a). 1999. 1711.
4. Kurashvili I., Darsavelidze G., Bokuchava G., Chubinidze G., Tabatadze I., Archuadze G. Influence of radiation defects on internal friction spectra of SiGe crystals//Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences. Vol. 12. #3. 2018.
5. Kurashvili I., Darsavelidze G., Kimeridze T., Chubinidze G., Tabatadze I. Peculiarities of internal friction and shear modulus in ⁶⁰Co gamma-rays irradiated monocrystalline SiGe Alloys. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Materials and Metallurgical Engineering. Vol. 13. No8. 2019.
6. Blanter M.S., Golovin I.S., Neuhauser H., Sinning H.-R. Internal friction in metallic materials. A handbook. Springer Series in Materials Science. Vol. 990. 2007. XVII.

INFLUENCE OF ISOCHRONAL ANNEALING ON INELASTIC PROPERTIES OF n-SiGe ALLOYS.

I.Kurashvili, T.Kimeridze, G.Chubinidze, D.Mkheidze, M.Kadaria, T.Melashvili, N.Gogolashvili, G.Darsavelidze. "Energy". №2(98). 2021. Tbilisi. p. 48-52. geo. sum geo. engl. rus.

In conditions of isochronal annealing, changes in the dynamic shear modulus and internal friction in the temperature range of 20-500°C of the initial and gamma- irradiated monocrystalline SiGe alloys have been studied. A slight linear increase in both physical characteristics is revealed in the non-irradiated samples, stipulated by annealing of unstable thermal defects. Irradiation by ⁶⁰Co gamma-photons with $5 \cdot 10^{16} \text{cm}^{-2}$ fluences causes non-monotonous changes of shear modulus and internal friction. It is supposed, that revealing of the extremal physical-mechanical characteristics at critical temperatures are due to configuration and concentration changes in the radiation defects structure.

Ill. 2, bibl. 6.

ВЛИЯНИЕ ИЗОХРОННЫХ ОТЖИГОВ НА НЕУПРУГИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ n-SiGe

И. Курашвили, Т. Кимеридзе, Г. Чубинидзе, Д. Мхеидзе, М. Кадария, Т. Мелашвили, Н. Гоголашвили, Г. Дарсавелидзе. "Энергия". №2(98). 2021. Тбилиси. с.48-52 . груз. реф. груз. англ. рус.

Изучены изменения динамического модуля сдвига и внутреннего трения исходных и облученных гамма-фотонами монокристаллических сплавов n-SiGe в процессе изохронного отжига в области температур 20-500°C.

В необлученных образцах обнаружено незначительное линейное возрастание указанных физических характеристик, обусловленное отжигом нестабильных дефектов. Облучение ⁶⁰Со гамма фотонами вызывает немонотонное изменение модуля сдвига и внутреннего трения в процессе изохронного отжига. Предполагается, что появление экстремумов физико-механических характеристик при критических температурах обусловлено конфигурационными и концентрационными изменениями в структуре радиационных дефектов.

Илл. 2, лит. 6 назв.

რადიალურ-საჭედი მანქანების ანალიზი და ახალი კონსტრუქციის შემუშავება

დოქტორანტი ალექსანდრე შერვაზანაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. შესრულებულია რადიალურ-საჭედი მანქანების ანალიზი და შემოთავაზებულია აირ-ჰიდრაველიკური საჭედი მანქანის ახალი კონსტრუქცია. მანქანა შეიცავს მუშა ცილინდრებს, რომლებიც რადიალურაა განლაგებული ნამზადის ღერძის მიმართ და ზედა ნაწილით ხისტადაა შეერთებული რგოლური ფორმის მაღალი წნევის აირის რესივერთან.

მანქანის დადებითი ეფექტი განპირობებულია იმით, რომ ნამზადზე ზემოქმედება ერთდროულად რამდენიმე მხრიდან ხდება, რაც ამცირებს ნამზადის განივკვეთში გამჭიმავი ძაბვების წარმოშობის და ბზარების გაჩენის ალბათობას.

საკვანძო სიტყვები: რადიალურ-საჭედი, ჰაერ-ჰიდრაველიკური მანქანა, რესივერ, აკუმულატორი.

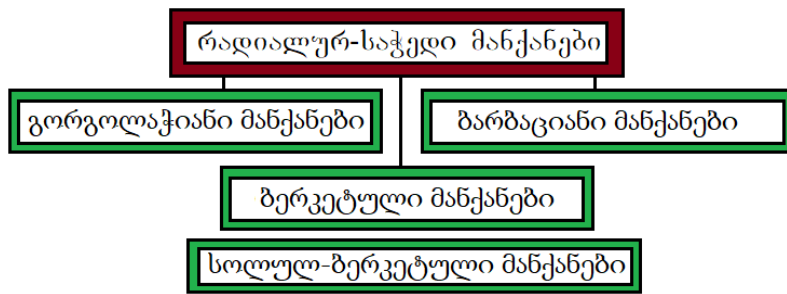
რადიალურ-საჭედ მანქანებზე ლითონების პლასტიკური ფორმირების პროცესები ფართოდ გამოიყენება მანქანათმშენებლობაში და მეტალურგიაში. რადიალური ჭედვა უზრუნველყოფს ლითონურ ნაკეთობათა მაღალ სიზუსტეს და ძვირადღირებული ლითონების ეკონომიას. რადიალური ჭედვა გამოიყენება მანქანათმშენებლობის ისეთ დარგებში, როგორცაა ავტოტრაქტორთმშენებლობა, სანავთობე დანადგარების მშენებლობა და მრავალი სხვ. რადიალური ჭედვით ხდება რთული ფორმის ზომამკრძელი ღერძსიმეტრიული დეტალების დამუშავება. ასეთ დეტალებს მიეკუთვნება საფეხურებიანი ლილვები და ღერძები, კონუსური და შლიცებიანი (ღარებიანი) დეტალები, ასევე ცეცხლსასროლი იარაღის ლილვები [1-3].

რადიალურ-საჭედი მანქანები სამ ჯგუფად იყოფა: 1) გორგოლაჭიანი; 2) ბერკეტული და 3) ბარბაციანი.

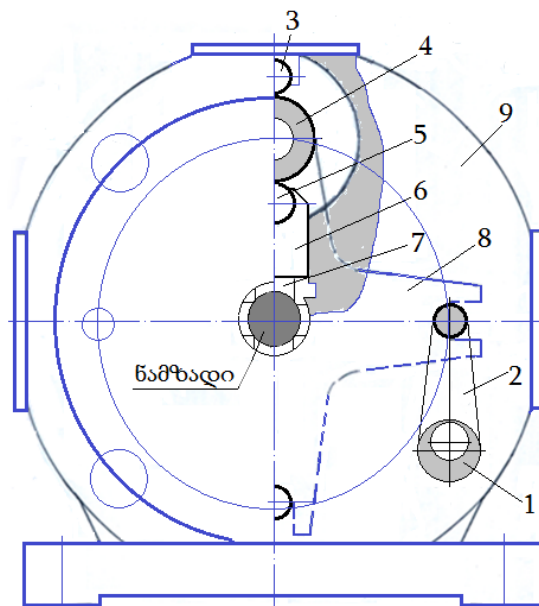
ნახ. 1-ზე მოცემულია რადიალურ-საჭედ მანქანების კლასიფიკაცია [4].

ქვემოთ მოცემულია ამ მანქანების კინემატიკური სქემების განხილვა, აღნიშნულია მათი დადებითი მხარეები და გამოვლენილია ნაკლოვანებები.

გორგოლაჭიანი რადიალურ-საჭედი მანქანები კონსტრუქციის მიხედვით როტაციულ-საჭედი მანქანების მსგავსია [5]. გორგოლაჭიანი მანქანის კონსტრუქციის სქემა მოცემულია ნახ. 2-ზე.



ნახ. 1. რადიალურ-საჭედ მანქანების კლასიფიკაცია



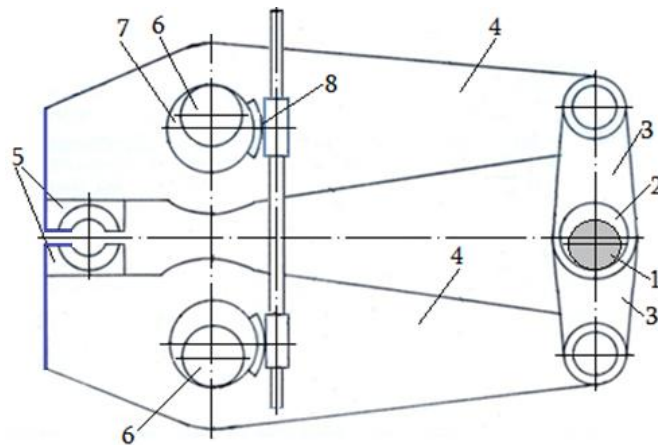
ნახ. 2. გორგოლაჭიანი რადიალურ-საჭედი მანქანის სქემა

მანქანის დეტალები და კვანძები მოთავსებულია კორპუსში 9. მისი ასამოქმედებელი მექანიზმი წარმოადგენს გორგოლაჭებიან ჯვარედინას 8. ჯვარედინას გორგოლაჭები 4 კონტაქტშია საყრდენ გორგოლაჭებთან 3. ჯვარედინა ბარბაცით 2 დაკავშირებულია ექსცენტრულ ლილვთან 1.

მანქანის მუშაობის პრინციპი ასეთია. ჯვარედინა რხევით მოძრაობაში მოდის ექსცენტრული ლილვის 1 და ბარბაცას 2 საშუალებით. ჯვარედინას რხევის დროს გორგოლაჭები 4 ახდენს საყრდენი 3 და ცოციას გორგოლაჭების 5 განსოლვას, რაც გადაადგილებს ცოციას 6 მანქანის ცენტრისკენ, რის გამო ხდება ნამზადის მოჭიმვა საცემელებით 7.

გორგოლაჭიანი რადიალურ-საჭედი მანქანა ძირითადად განკუთვნილია ნაკეთობების შიგა ზედაპირის პროფილირებისათვის. ამ მანქანის ძირითადი ნაკლია ის, რომ მისი დეტალები ხშირად გამოდის მწყობრიდან დიდი დინამიკური დატვირთვების და დარტყმების გამო. გორგოლაჭიან მანქანებს ახასიათებს მაღალი ხმაურიანობა.

ბერკეტული მანქანის სქემა მოცემულია მე-3 ნახ-ზე. ბერკეტულ მანქანებში საცემელებს მოძრაობა გადაეცემა ბერკეტებით. ბერკეტები კინემატიკურ კავშირშია ექსცენტრულ ლილვთან. ლილვზე 1 დამაგრებულია ექსცენტრიკები 2, რომლებთანაც დაკავშირებულია ბარბაცები 3. ბარბაცები სახსრულადაა შეერთებული ბერკეტებთან 4, რომელზეც დამაგრებულია საცემელები 5. ბერკეტები 4 დაყენებულია ღერძებზე 6. საცემელების სვლის რეგულირება ხდება ექსცენტრული მილისების 7 და ჭიახრახნული მექანიზმის 8 მეშვეობით.



ნახ. 3. ბერკეტული მანქანის სქემა

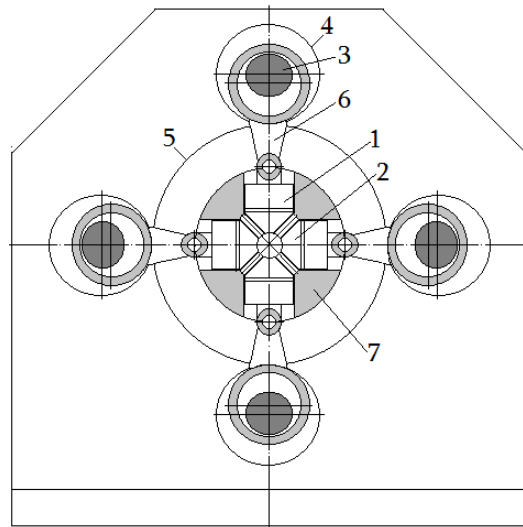
მანქანის მუშაობის პრინციპი ასეთია: ლილვზე 1 დამაგრებულ ექსცენტრიკებს 2 მოძრაობაში მოჰყავთ ბარბაცები 3. ბარბაცები გადასცემს რხევით მოძრაობას ბერკეტებს 4, რომელზეც დამაგრებული საცემელები 5 განახორცილებს დარტყმებს ნამზადზე. ზემოთ აღწერილი სქემა უზრუნველყოფს მანქანის მაღალ საიმედოობას და სარემონტოდ ვარგისიანობას.

რადიალურ-საჭედ მანქანებიდან ყველაზე ზუსტი ბარბაციანი მანქანები [6]. ბარბაციანი მანქანები არიან ჰორიზონტალური და ვერტიკალური. მოჭიმვის ძალა ერთ საცემელზე ჰორიზონტალურ მანქანებში 500 ტ-ს აღწევს, ხოლო ვერტიკალურ მანქანებში კი - 250 ტ-ს.

ამ მანქანებს აქვს რამდენიმე (უმეტეს შემთხვევაში - ოთხი) სამჭედლო მექანიზმი, რომლებიც განლაგებულია რადიალურად მანქანის ღერძის მიმართ.

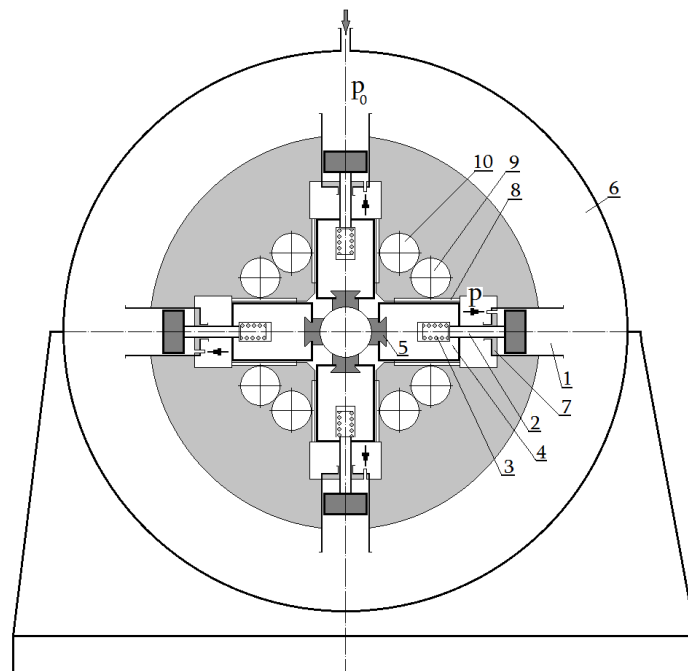
ნახ. 4-ზე წარმოდგენილ მანქანას აქვს ცოციები 1 საცემელებით 2 (მანქანას აქვს ოთხი ცოცია საცემელებით). ცოციები 1 მოძრაობაში მოდის მრუდმხარა ბარბაცა მექანიზმებით, რომელთა მრუდმხარები 3 დამაგრებულია კბილანებზე 4, რომლებიც მოდებაშია ცენტრალურ კბილანასთან 5. მრუდმხარები 3 ბარბაცების 6 მეშვეობით შეერთებულია საცემელებთან ცოციებთან 1. ცოციები 1 მოთავსებულია კორპუსის 7 კილოებში. დამუშავების პროცესში ნამზადი განიცდის ძალოვან ზემოქმედებას ოთხივე მხრიდან რადიალური მიმართულებით.

ამჟამად, სამჭედლო-საშტამპავ წარმოებაში ფართოდ გამოიყენება აირ-ჰიდრაულიკური საჭედი ურთები [7]. ამ დანადგარების უარყოფითი მხარე მდგომარეობს იმაში, რომ ნამზადი ჭედვის პროცესში ვერტიკალური მიმართულებით განიცდის ცალმხრივ ძალურ ზემოქმედებას. ამიტომ აქ ძალის მიმართულებით მოქმედებს მკუმშავი ძაბვები, ხოლო ჰორიზონტალური მიმართულებით კი - გამჭიმავი ძაბვები, რაც არის ლითონში მრავალრიცხოვანი ბზარების წარმოშობის და, შესაბამისად, უხარისხო პროდუქციის მიზეზი.



ნახ. 4. ბარბაციანი მანქანა

ჩვენ მიერ შემუშავებულია აირ-ჰიდრაულიკური საჭედი მანქანა (ნახ. 5).



ნახ. 5. აირ-ჰიდრაულიკური საჭედი მანქანის სქემა

ამ მანქანაში ცილინდრები განლაგებულია წრეზე რადიალურად. ამასთან, ჰაერის რგოლური რესივერი საერთოა ყველა მუშა ცილინდრისათვის [8].

მანქანა შეიცავს მუშა ცილინდრებს 1, რომელთა დგუშების ჭოკები 2 ამორტიზატორების 3 საშუალებით შეერთებულია დარტყმით მასებთან 4, რომლებზეც დამაგრებულია საცემელები 5. ყოველივე მუშა ცილინდრი 1 ზედა ნაწილით ხისტადაა შეერთებული რგოლური ფორმის მაღალი წნევის აირის რესივერთან 6, რომელიც ამავე დროს ფაქტობრივად წარმოადგენს მანქანის კორპუსს. მუშა ცილინდრების 1 ქვედა არე დახურულია სახურავებით 7 და მილაკის მეშვეობით უერთდება მაღალი წნევის ჰიდრაგლიკურ სისტემას. დარტყმითი მასების 4 გვერდებზე მიმაგრებულია კბილა ლარტყები 8, რომლებიც მოდებაშია მასინქრინიზებულ კბილანებთან 9 და 10. კბილანები 9 და 10 მოთავსებულია მანქანის კორპუსის ცილინდრულ გამონაჩარხებში.

მანქანის მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში. ჰიდრაგლიკური სისტემიდან მაღალი წნევის (p , ატმ) სითხე მიეწოდება მუშა ცილინდრების 1 ქვედა არეში, რის შედეგად ცილინდრების დგუშები გადალახავენ რესივერში 6 მაღალი წნევის (p_0 , ატმ) ქვეშ მყოფ აირის წინააღმდეგობას და რადიალურად გადაადგილებენ დარტყმით მასებს 4 საცემელებთან 5 ერთად მანქანის პერიფერიისაკენ. ამ ქმედებით მანქანა მოდის მზადყოფნაში. საცემელებს შორის უბანში ნამზადის მიწოდებისთანავე მუშა ცილინდრების 1 ქვედა არე მკვეთრად გაითიშება მაღალი წნევის სისტემიდან და შეუერთდება გადასაშვებ რეზერვუარს, რის გამო აქ წნევა მკვეთრად ეცემა და რესივერის 6 ზედა არეში მყოფი მაღალი წნევის აირის ზემოქმედებით ცილინდრების 1 დგუშები დარტყმითი მასებთან 4 და საცემელებთან 5 ერთად სწრაფად გაქანდება პერიფერიიდან მანქანის ცენტრისაკენ და აწარმოებენ დარტყმას ნამზადზე, რითაც სრულდება ლითონის დეფორმაცია.

დარტყმითი მასების 4 გვერდებზე მიმაგრებული კბილა ლარტყები 8 მასინქრონიზებულ კბილანებთან 9 და 10 ერთად, უზრუნველყოფენ დარტყმითი მასების შეტანხმებულ მოძრაობას, რაც აუცილებელია იმისათვის, რომ საცემელებმა ერთდროულად შეასრულონ დარტყმითი ზემოქმედება ნამზადზე.

დეფორმაციის მუშაობის ციკლის დამთავრებისთანავე მუშა ცილინდრების ქვედა არეები კვლავ უერთება მაღალი წნევის ჰიდრაგლიკური სისტემას და მანქანა მოდის მზადყოფნაში დეფორმაციის შემდეგი ციკლის შესასრულებლად.

წარმოდგენილი მანქანის დადებითი ეფექტი განპირობებულია იმით, რომ აქ შესაძლებელია დაერტყმითი ძალით ნამზადზე ზემოქმედება ერთდროულად რამდენიმე მხრიდან, რის გამო ნამზადის განივკვეთში იქმნება ყოველმხერივი კუმშვის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა. ეს კი მკვეთრად ამცირებს ნამზადის განივკვეთში გამჭიმავი ძაბვების წარმოშობის და ბზარების გაჩენის ალბათობას, ე.ი. ხარისხიანი პროდუქციის გამოშვების შესაძლებლობა იზრდება.

ლიტერატურა

1. Радюченко Ю.С. Ротационное обжатие. М.:Машиностроение. 1972.
2. Радюченко Ю.С. Ротационная ковка - обработка деталей на ротационно и радиально-обжимных машинах. М.:Машгиз. 1962.
3. Любвин В.И. Обработка деталей ротационным обжатием. М.: Машгиз. 1959.
4. Тюрин В.А., В.А.Лазоркин В.А., Поспелов И.А., Флаховский Х.П. Ковка на радиально- обжимных машинах. М.:Машиностроение. 1990.
5. Савинов Е.А..Технологические и конструктивные особенности радиально-обжимных (ковочных) машин и перспективы их развития.КШП, №10,1981. С.61-64.
6. მებონია ს., ნატრიაშვილი თ., მიქაუტაძე მ., დემეტრაძე დ. რადიალურ-საჭედი მანქანების კონსტრუქციები და მათი გამოყენების სფერო. მეცნიერება და ტექნოლოგიები. № 4-6. 2011.
7. Кузнечно-штамповочное оборудование/Под ред А.Н.Банкетова и Е.Н.Ланского. М.:Машиностроение. 1982.
8. მებონია ს., ნატრიაშვილი თ., შერმაზანაშვილი ა. აირ-ჰიდრაულიკური საჭედი მანქანა. პატენტი №7153. გ.ბ. №10. 2020.

ANALYSIS OF RADIAL FORGING MACHINES AND DEVELOPMENT OF A NEW DESIGN.
A. Shermazanashvili. "Energy". №2(98). 2021. Tbilisi. p.53-58. geo. sum geo. engl. rus.

In article analyzes the radial forging machines and suggests a new design of the gas-hydraulic steering forging machine. The machine contains working cylinders located radial relative to the axis of the work piece and connected by the upper part to an annular receiver of high-pressure gases.

The positive effect of the machine is due to the fact that the impact on the work piece simultaneously from several sides is carried out, which reduces the tensile stresses in the section of the work piece and reduces the likelihood of cracks.

Ill. 5, lit. 8.

АНАЛИЗ РАДИАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИН И РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ.

A. Шермазанашвили. "Энергия". №2(98). 2021. Тбилиси. с.53-58. груз. реф. груз. англ. рус.

Анализируются радиально-ковочные машины и предлагается новая конструкция газогидравлической ковочной машины. Машина содержит рабочие цилиндры, расположенные радиально относительно оси заготовки и соединенные верхней частью с кольцеобразным ресивером газов высокого давления.

Положительный эффект машины обусловлен тем, что воздействие на заготовку осуществляется одновременно с нескольких сторон, что снижает растягивающие напряжения в сечении заготовки и вероятность возникновения трещин.

Илл. 5, лит. 8 назв.

ბალანსში სისტემის ოპერატორის მიერ დასარეგულირებელი სიმძლავრის ღირებულება

დოქტორანტი *ვიორგი ხორბალაძე*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. საბალანსო ბაზრის დანერგვის შემდეგ ვხვდებით FCR, aFRR, mFRR პროდუქტებს. სტატია გამოიყენება გსო-ს მიერ დასარეგულირებელი სიმძლავრის საშუალო შეწონილი ფასის განსაზღვრისთვის წლის ჭრილში, პორტუგალიის დღით ადრე ბაზრისა და საბალანსო სიმძლავრის წლიური შეწონილი ფასების ურთიერთმიმართების გათვალისწინებით.

საკვანძო სიტყვები: საბალანსო ბაზარი, სიმძლავრე, სადისპეტჩერო, სსე, უბალანსობა, ენერგეტიკული სისტემის მართვა, რეზერვები.

საბალანსო ბაზარზე ვხვდებით FCR, aFRR, mFRR პროდუქტებს. მათი მოცულობები წლის ჭრილში გამოიყურება შემდეგნაირად: FCR სიმძლავრის ალება = + 50 მგვტ; FCR სიმძლავრის მოხსნა = -50 მგვტ; aFRR სიმძლავრის ალება = + 60 მგვტ; aFRR სიმძლავრის სიმძლავრის მოხსნა = -60 მგვტ; mFRR სიმძლავრის ალება = + 250 მგვტ; mFRR სიმძლავრის სიმძლავრის მოხსნა = -200 მგვტ.

FCR-ის დარეგულირებელი სიმძლავრის მოცულობა ევროპული სტანდარტების შესაბამისად განისაზღვრება ყველაზე მძლავრი მინაერთის დაკარგვის შესაბამისად. საქართველოს შემთხვევაში აღნიშნული მიდგომა ვერ მოქმედებს. თუ გსოFCR-თვის დაარეგულირებებს ენურის გენერატორის 250 მგვტ სიდიდის ტოლი სიმძლავრეს ან მუდმივი დენის ჩანართის ერთი პოლის ტოლი 350 მგვტ სიმძლავრის ტოლ რეზერვს, მას მაინც ვერ გამოიყენებს, რადგან საქართველოს სისტემა პატარაა და ავარიულ სიტუაციაში (ავტონომიური რეჟიმის შემთხვევაში) თუ გამოირთვება 250 მგვტ სიდიდის გენერაცია, სხვა სადგურებზე არსებული რეზერვი მაინც ვერ ასწრებს ამოქმედებას თავისი ინერციულობიდან გამოდინარე და საჭირო ხდება სიხშირის ავტომატური განტვირთვის ავტომატიკის გამოყენება, რომელიც, თავის მხრივ, ახორციელებს მომხმარებლების გამორთვას. საქართველოს სისტემაში 50 მგვტ-ზე მეტი სიდიდის FCR-ის დარეგულირებას აზრი არ აქვს. ეს სიდიდე იარსებებს მანამ, სანამ იქნება ავტონომიურ რეჟიმში გამოყოფის/ დარჩენის საშიშროება.

aFRR-ის დარეგულირებელი სიმძლავრის მოცულობის სიდიდე დამოკიდებულია როგორც ქვეყნის მოხმარების სიდიდეზე, ასევე განახლებადების მოცულობაზე.

საქართველოს შემთხვევაში განახლებადების საერთო მოცულობა ძალიან მცირეა (20 მგვტ-ქარი). ამ პროდუქტის მოცულობის ზრდას უნდა ველოდეთ განახლებადი ენერჯის მოცულობების ზრდასთან ერთად.

mFRR-ის დარეზერვებული სიმძლავრის მოცულობის სიდიდე გამოითვლება სისტემაში მიერთებული ყველაზე მძლავრი გენერატორის და მომხმარებლის სიდიდის შესაბამისად. ამ რეზერვის მოცულობის შემცირება შესაძლებელია შემდეგ შემთხვევებში, კერძოდ:

1) თუ გენერაციის ობიექტი იძლევა საშუალებას, მაგალითად ენგურჰესი უზრუნველყოფს ისეთ რეჟიმში მუშაობას, რომ ერთ გენერატორზე 250 მგვტ-ის ნაცვლად ეკავოს არაუმეტეს 200 მგვტ-სა, ან უფრო მცირე სიმძლავრე, თუ ამის საშუალება გააჩნია. აღნიშნულის მიღწევა შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც არ მუშაობს მე-9 ენერგობლოკი.

2) მოხმარების შემთხვევაში, მაგალითად ზამთრის პერიოდში, აფხაზეთის დატვირთვა 220კვ ევს "კოლხიდა" 3-ზე შეადგენს 240 მგვტ-ს, ხოლო ზაფხულში იგი მცირდება 160 მგვტ-ის ფარგლებში.

საერთო ჯამში წლის ჭრილში დარეზერვებული მოცულობა გამოიყურება შემდეგნაირად: $(50+50+60+60+250+200)*8760=5\ 869\ 200$ მგვტ.სთ.

თუ გამოვიკვლიებთ პორტუგალიის ბაზარს, დაგადგენთ, რომ 2018 წლის საშუალო დღით ადრე ბაზრის ფასია - 57,5 ევრო/მგვტ.სთ. ამის შემდეგ უნდა ავიღოთ 2018 წლის რეზერვის სიმძლავრის შეწონილი ფასი - 12 ევრო/მგვტ. აქედან გამომდინარე, რეზერვის სიმძლავრის შეწონილი ფასი არის 21% საშუალო წლიური დღით ადრე ბაზრის ფასისა.

იმ შემთხვევაში, თუ საქართველოს დღით ადრე ბაზრის ფასი შეადგენს საშუალოდ 155 ლარს/მგვტ.სთ-ზე წლის ჭრილში და თუ გავითვალისწინებთ პორტუგალიის მაგალითის პროცენტულ ურთიერთმიმართებას, მაშინ საქართველოს საბალანსო სიმძლავრის შეწონილი წლიური ღირებულება გამოვა 33 ლარი/მგვტ. სწორედ ამ ფასით არის დადგენილი დარეზერვებული სიმძლავრის ღირებულება, რომელიც შეადგენს $5\ 869\ 200 * 33 = 193\ 683\ 600$ ლარს.

პორტუგალიაში 2019 წლის ელექტროენერჯის მოხმარების 51% დაიფარა განახლებადი ენერჯის წყაროების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯით. თუ გავითვალისწინებთ, საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემის ჰიდრორესურ-

სებით სიმდიდრეს და მათი სიმძლავრის შენახვის ღირებულების ნაკლებობას სხვა წყაროებთან (თბო, ატომური) მიმართებაში, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ამ კვლევაში მიღებული შედეგები საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემისთვის მნიშვნელოვნად შემცირდება.

VALUE OF CAPACITY RESERVED BY THE TRANSMISSION SYSTEM OPERATOR.

G.Khorbaladze. "Energy". №2(98). 2021. Tbilisi. p. 59-61. geo. sum geo. engl. rus.

After the introduction of the balancing market there is FCR, aFRR, mFRR products. The article is used to determine the weighted average price of reserve by transmission system operator for the year, taking into account the correlation between the annual day ahead and balancing capacity price in the Portugal.

СТОИМОСТЬ МОЩНОСТИ, КОТОРУЮ ДОЛЖЕН ПОДДЕРЖАТЬ ОПЕРАТОР СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ.

Г.Хорбаладзе. "Энергия". №2(98). 2021. Тбилиси. с. 59-61. груз. реф. груз. англ. рус.

После введения балансирующего рынка есть продукты FCR, aFRR, mFRR.

Определяется средневзвешенная цена резерва по оператору передающей системы за год с учетом корреляции между годовыми днями вперед и балансирующей ценой мощности в Португалии.

ენერგოეფექტური ღონისძიებები ელექტრულ ტრანსპორტზე

დოქტორანტი *გიორგი ხურცილავა*
ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფ. *ოპარ კილურაძე*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. ელექტროენერჯის ეკონომიას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ელექტრულ ტრანსპორტზე, რადგანაც ტრანსპორტი აღჭურვილია დიდი სიმძლავრის ელექტროძრავებით. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ ადრეულ წლებში ელექტროძრავი შემადგენლობა (ემშ) ძირითადად დაკომპლექტებული იყო მუდმივი დენის ელექტროძრავებით და ამ მიზნით გამოიყენებოდა მიმდევრობით აგზნებიანი მუდმივი დენის ძრავები. მათი ასეთი ფართო გამოყენება აიხსნება იმით, რომ ადვილად მიიღება წვეის ამძრავისათვის საჭირო მახასიათებლები, ვიდრე იმ შემთხვევებში, როდესაც წვეის ძრავების ნაცვლად გამოიყენებოდა სხვა ტიპის ძრავები, მაგალითად, მოკლედშერთული როტორიანი ან ფაზურროტორიანი ასინქრონული ძრავები. სიხშირული გარდამქმნელების განვითარებამ (ე.წ. ვექტორინვერტორები) თანამედროვე ეტაპზე საშუალებას იძლევა ემშ-ს მართვისათვის წვეის ძრავებად მოკლედშერთული როტორიანი ასინქრონული ძრავების გამოყენება, რამაც განაპირობა წვეაზე დახარჯული ელექტროენერჯის მნიშვნელოვანი ეკონომია.

განხილულია ემშ-ს მართვის ტრადიციული მეთოდები და დასაბუთებულია, რომ გარდამავალ პერიოდში მიზანშეწონილია განხორციელდეს წვეის ამძრავის მოდერნიზება და წვეაზე დახარჯული ელექტროენერჯის ეკონომიის მიზნით თანამედროვე ძალისხმევით ელექტრონიკის მიღწევების გამოყენება.

საკვანძო სიტყვები: ელექტრული ტრანსპორტი, ენერგოეფექტურობა, ასინქრონული ძრავა, ვექტორინვერტორები, სიხშირული მართვა.

განვიხილოთ მოკლედ ემშ-ს მართვის მეთოდები და სქემის მოდერნიზების არსი. ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია ელექტრომატარებლისა და ელმავლის მართვის სქემა, ელექტრომექანიკური კონტროლერის და გამშვები რეზისტორების გამოყენებით (რეოსტატულ-კონტაქტორული მართვა). ასეთი მეთოდით მართვისას ე.წ. გამშვები რეზისტორები ჩართულია წვეის ძრავების მიმდევრობით. გარდა ამისა, მიმდევრობით არის ჩართული ორივე ურიკის წვეის ძრავები. აღნიშნული რეჟიმების უზრუნველყოფა შესაძლებელია C1, C2 და C3 ჩამრთველების მეშვეობით, მათი მართვა კი ხდება მემანქანის პულტიდან.

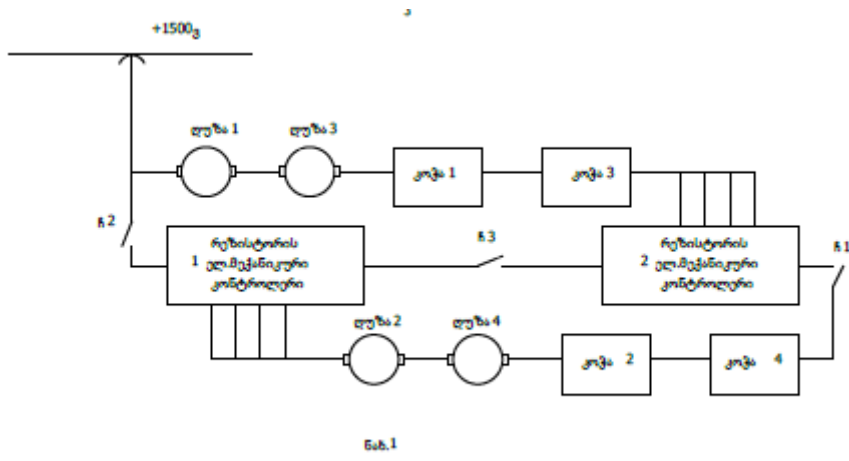
გამშვები რეზისტორების დახმარებით ხდება წვეის ძრავების დენის შეზღუდვა გარკვეულ დონეზე

$$I_{\text{ძრ}} = (U - E)/R \quad (1)$$

სადაც U - ქსელის ძაბვა; E - მიმდევრობით შეერთებული ძრავების მიერ გამოიმუშავებული ელექტრომამოძრავებელი ძალა (ემძ), რომლის სიდიდეც, თავის მხრივ, დამოკიდებულია ძრავების ბრუნვის სიჩქარეზე (ელექტრომამოძრავი შემადგენლობის მოძრაობის სიჩქარეზე). საწყის მომენტში ემშ-ის სიჩქარე 0 -ის ტოლია, ამიტომ $E=0$ და (1) იღებ სახეს:

$$I_{\text{ბრ}} = U / (R , \quad (2)$$

სადაც (R წარმოადგენს მიმდევრობით ჩართული რეზისტორების ჯამურ წინააღმდეგობას, ცხადია, ძრავების ღუზის გრაგნილების და აგზნების კოჭების ჯამური წინააღმდეგობების ჩათვლით. სწორედ ამ მეთოდით და (2) ფორმულით შეირჩევა გამშვები რეზისტორის (გრ) სიდიდე.



ნახ.1

ემშ-ში ძირითადად გამოყენებული იყო მიმდევრობით აგზნებიანი მუდმივი დენის ძრავები, რომლებიც დღეისათვის იცვლება ცვლადი დენის ძრავებით, რომელთა მართვაც ხდება ელექტრონული ვექტორ-ინვერტორების გამოყენებით (სინშიზრული რეგულატორებით). ასეთი სისტემების დანერგვა იწვევს ემშ-ის ძირეულ ცვლილებებს როგორც მექანიკურ, ისე ელექტრულ ნაწილში.

ზოგიერთ შემთხვევაში ეფექტურია მექანიკური ნაწილის (ურიკები, რელუქტორები, წვეის ძრავები) უცვლელად დატოვება და ელექტრომექანიკური კონტროლერის ჩანაცვლება ელექტრონული რეგულატორით. ცხადია, ემშ-ს გაშვება და სინქარის რეგულირება დამოკიდებულია ზემოთ აღნიშნული გამშვები რეზისტორის სიდიდეზე, რომლის ცვლილებითაც იცვლება მდბ-ზე (მუდმივი დენის ძრავი) მოსული ძაბვის მნიშვნელობა, ერთდროულად წარმოებს ძრავების დენის კონტროლი (მისი სიდიდე არ უნდა გამოვიდეს დასაშვები საზღვრებიდან). საბოლოოდ, მდბ მიუერთდება უშუალოდ ქსელს ($R_{გაგზ}=0$). ამ რეჟიმში გვაქვს ორი ჩართვის სქემა: 1) ყველა მდბ ჩართულია მიმდევრობით და მომქედებს ქსელის ძაბვა $U_{ქს}$ (ერთ ძრავზე მოდებული ძაბვაა 0.25 $U_{ქს}$) და 2) პარალელური ჩართვა, როდესაც ორი ძრავია მიმდევრობით ჩართული და ასეთი ორი შტო პარალელურად, ამ რეჟიმში, როდესაც $R_{გაგზ}=0$, თითოეულ მდბ-ზე მოდებული ძაბვა 0.5 $U_{ქს}$ -ის ტოლია, ე.ი. იზრდება 2-ჯერ. სიმძლავრე კი ერთიდაიგივე წვეის დენის დროს იზრდება 2-ჯერ. განხილულ რეჟიმებს ნახ. 1-ზე მოცემულ სქემაში უზრუნველყოფს ელ.მექანიკური კონტროლერი, C1, C2 და C3 ჩამრთველები და გამშვები რეზისტორები.

უნდა აღინიშნოს, რომ რეზისტორების სიდიდის ცვლილება ხდება ნახტომისებურად (საფეხუროვანი მართვა), რადგანაც რეზისტორების სიდიდის ცვლილება ობიექტური მიზეზების გამო ვერ ხერხდება მდორედ. განხილულ რეზისტორების სისტემას გააჩნია რიგი ნაკლოვანებები:

- რეზისტორების სიდიდის საფეხუროვანი ცვლილება იწვევს მდპ-ის დენის ნახტომისებურ ცვლილებებს. ასეთნაირად იცვლება წვევის ძრავების მაბრუნებელი მომენტიც და, მაშასადამე, წვევის ძალაც (მაბრუნებელი მომენტი დენის კვადრატის პროპორციულია). დენის და წვევის ძალის ნახტომისებური ცვლილებები თავის მხრივ იწვევს ბიძგებს და გარკვეულ დისკომფორტს მოძრაობისას.

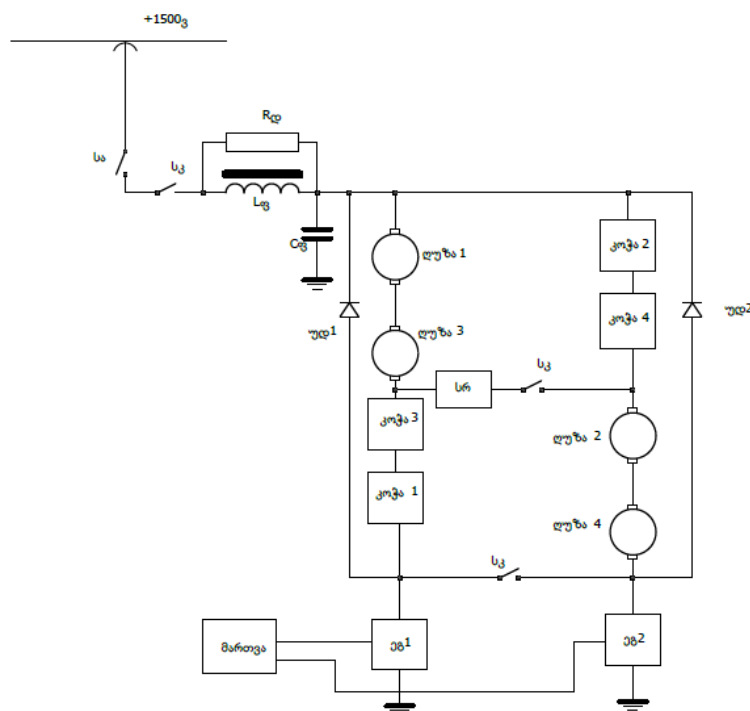
- რეზისტორულ-კონტაქტორული მართვის სისტემა ხასიათდება დაბალი საიმედოობით, რადგანაც ელექტრომექანიკური სისტემა (კონტროლერი) ხშირად გამოდის მწყობრიდან კონტაქტების და რელეების არსებობის გამო.

- წვევის ძრავები არ არის დაცული ქსელში მიმდინარე ანომალური რეჟიმებისგან-შესაძლებელია მოხდეს მდპ-ების დაზიანება გადაძაბვების გამო.

- დიდია ელექტროენერგიის დანაკარგები, განსაკუთრებით ემშ-ის გაშვების და დაბალი სიჩქარეებით მოძრაობისას.

- დაბალია თვით ავტომატური მართვის სისტემის სწრაფმოქმედება.

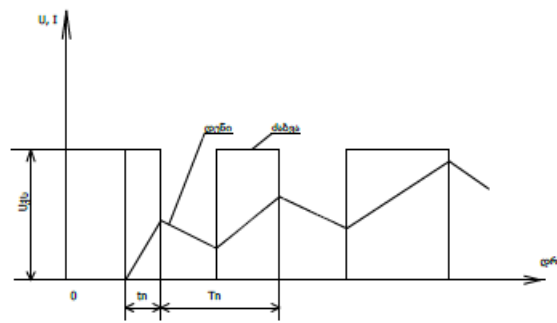
წვევის ელექტროამძრავის მართვის ელექტრონული სისტემა, თანამედროვე ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებით, ზემოთ აღნიშნული ყველა ნაკლოვანებისგან თავისუფალია (ნახ.2).



ნახ. 2.

ჩესური წარმოების ელმავალზე განხორციელებული სქემა შეიცავს შემდეგ ელემენტებს: „სა“ -სწრაფმოქმედი ავტომატი, რომელიც კვებას აწოდებს ელექტროამძრავის წრედებს; „ხკ“ - ხაზოვანი კონტაქტორი, რომელიც ჩაირთვება წვეის რეჟიმის დაწყებისას; Lფ, Cფ - ფილტრის ინდუქციურობა და ტევადობა შესაბამისად; Rდ - დემფერის რეზისტორი; უდ1 და უდ2 - უკუდიოდები წვეის ძრავების პირველი და მეორე შტოებისთვის შესაბამისად; ეგ1 და ეგ2 - ელექტრონული გასაღები (წრედის ჩამრთველ-ამომრთველი) წვეის ძრავების I და II შტოებისთვის; სკ-სამუხრუჭე კონტაქტორი; სრ - სამუხრუჭე რეზისტორი.

აღნიშნულ სქემაში წვეის ძრავების წრედში ელექტროენერჯის მიწოდება ხდება იმპულსურად. ამასთან იმპულსების ხანგრძლივობა ისეა შერჩეული, რომ ძრავის დენი ვერ ასწრებს გაზრდას ნომინალურ სიდიდემდე, რადგანაც წვეის წრედში ჩართულია ინდუქციურობა (ძრავის ღუზის და აგზნების კოჭის გრაგნილები), რომელიც არ აძლევს საშუალებას დენს სწრაფი ცვლილებისთვის. ზოგიერთი ტიპის მდძ-ებისთვის საჭიროა მიმდევრობით, ინდუქციურობის კოჭის დამატებაც. ელექტრონული გასაღების გამორთვის შემთხვევაში ინდუქციურობაში დაგროვილი ენერჯია უკუდიოდების დახმარებით მიეწოდება ფილტრის კონდენსატორს.



ნახ3

ნახ. 3-ზე ნაჩვენები დიაგრამიდან ჩანს, რომ ძრავზე მოდებული ძაბვის საშუალო მნიშვნელობა:

$$U_d = \frac{t_i}{T_i} * U_{კს} \quad (3)$$

სადაც t_i არის იმპულსის მოქმედების ხანგრძლივობა, ხოლო T_i - იმპულსების პერიოდი. კონკრეტულ შემთხვევაში პერიოდი უცვლელი სიდიდეა და ტოლია $T_i = \frac{1}{400} * 1000 = 2.5$ მლ.წმ; იმპულსის ხანგრძლივობა კი იცვლება (0÷2.5) მლ.წმ-ის ფარგლებში ავტომატური სისტემის დახმარებით. ამის გამო მდძ-ებზე მიწოდებული ძაბვის ცვლილება შესაძლებელია 0÷Uკს ფარგლებში.

აღსანიშნავია, რომ ძაბვის ასეთი ცვლილება პრაქტიკულად იწვევს უმნიშვნელო დანაკარგებს ეგ1 და ეგ2 გასაღებების მართვის და ძალოვან წრედებში. შედეგად

ვლებულობთ, რომ ელექტროენერჯის დანაკარგები პრაქტიკულად ნულის ტოლია ელექტროენერჯია მთლიანად იხარჯება სასარგებლო მუშაობის შესრულებაზე.

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ სიჩქარის რეგულირების პორცესში განხორციელებულია ძრავის დენის სტაბილიზება, რაც იმას ნიშნავს, რომ მიუხედავად ქსელის დაბვის სიდიდისა, მოძრაობის ტრაექტორიისა და წინააღმდეგობის ძალის სიდიდისა, ძრავის დენი მუდმივია და დამოკიდებულია მემანქანის მიერ დენის სიდიდის შეკვეთაზე, რაც, თავის მხრივ, რეალიზდება ჯოისტიკის (მანიპულატორის) სახლურის გადახრის კუთხის მიხედვით. მემანქანეს შეუძლია დენი ცვალოს (0-1ნა) ფარგლებში მოძრაობის მოთხოვნების შესაბამისად. ამ რეჟიმებში დენი გამოითვლება ფორმულით:

$$I_{ძრ} = (U_d - E) / R, \quad (4)$$

სადაც U_d ძრავზე მიწოდებული საშუალო დაბვის მნიშვნელობა; E - ემძ-ის მნიშვნელობა.

დენის სტაბილიზების რეჟიმში U_d და E იცვლება ისე, რომ სხვაობა $(U_d - E)$ მუდმივია, რაც იმას ნიშნავს, რომ იმპულსების სიგანის ზრდასთან ერთად, იზრდება ემძ ისე, რომ $(U_d - E) = (\frac{t_0}{T_0} * U_{ქს} - KV)$ (4) მუდმივია, სადაც K - პროპორციულობის კოეფიციენტი; V - სიჩქარე.

ემშ-ის სიჩქარე დამოკიდებულია წვევის ძრავების მიერ შექმნილ წვევის ძალაზე ($F_{წვე}$). ამ ძალის გარდა, მოქმედებს ე.წ. წინააღმდეგობის ძალაც $F_{წინ}$, რომელიც წარმოიშობა მრავალი ძალის ჯამური მოქმედებით (საკისრებში ხახუნის ძალა, ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა, სავალ რელსსა და ბორბლებს შორის ხახუნის ძალა, აღმართზე მოძრაობისას ჩამომსრიალებელი ძალა და სხვ.). ემშ-ის თანაბარი მოძრაობისას:

$$F_{წვე} = F_{წინ}, \quad (5)$$

ხოლო დინამიკაში ემშ-ს მოძრაობა აღიწერება გამარტივებული ფორმულით:

$$F_{წვე} - F_{წინ} = K \frac{dV}{dt}, \quad (6)$$

სადაც K – კოეფიციენტი; J - ინერციის მომენტი; V - სიჩქარე.

როგორ ჩანს, ძალოვანი ელექტრონიკის გამოყენებით ემშ-ის მართვის შესაძლებლობები ფართოვდება და, რაც მთავარია, მძღ-ების მართვის პორცესში პრაქტიკულად არ არის ელექტროენერჯის დანაკარგები.

უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ელექტრონული გასაღების როლში ადრინდელ სისტემებში გამოიყენებოდა ძალოვანი ტირისტორები და მათზე აგებულ სქემები, რომელთა ძირითადი ნაკლოვანებანია:

- გადართვის დაბალი სისწრაფე;
- მათი მთლიანად მართვა შეუძლებელია;
- ეგ-ის წრედის ჩაკეტვისათვის სპეციალური სქემის დამუშავებაა საჭირო.

თანამედროვე ეტაპზე ძალოვანი ელექტრონიკის განვითარების შედეგად, შეიქმნა JGBT ტიპის ტრანზისტორები, რომლებსაც აღნიშნული ნაკლოვანებანი არ გააჩნია და შესაძლებელია მათი გამოყენება ემშ-ის მართვის სქემებში.

ბორჯომი-ბაკურიანის ვიწროლიანდაგიან რკინიგზას 1966 წლიდან ემსახურება ჩეხური წარმოების მატარებელი ჩს-11 ტიპის ელმავლით (ფოტო).



მართვისა და ელექტრომომარაგების მოძველებული სისტემა შეიცვალა თანამედროვე მოდერნიზებული სისტემით, რომელიც მოიცავს შემდეგ ენერგო-ეფექტურ და მოძრაობის უსაფრთხოების დონისძიებებს:

- ძირეულად შეცვლილია წვევის ამძრავის მართვის მეთოდი და ნაცვლად რეოსტატულ-კონტაქტორული მეთოდით მართვისა, გამოყენებულია მართვის თანამედროვე იმპულსური მეთოდი JGBT ტიპის ტრანზისტორების გამოყენებით;
- დამუშავებულია და დანერგილია წვევის ძრავების სინქარის რეგულირების და დენის სტაბილიზაციის სქემები;
- გამოყენებულია პროცესორული მართვა და დანერგილია ვიდეო-თვალთვალის სისტემები;
- დამონტაჟებულია ელექტრონული დაცვის

სისტემები, რომლებიც იცავს წვევისა და დამხმარე ძრავებს ანომალური რეჟიმების წარმოშობისას;

- დამონტაჟებულია ახალი მართვის პულტი, რომელიც უზრუნველყოფს ყველა პროცესებისა და მოწყობილობების მართვას;
- შემუშავებულია და დანერგილია ახალი ტიპის ელექტრონული ანალიზატორი, ელმავლის დენის, ძაბვის და სინქარის კონტროლის და სათანადო ჩანაწერებისა და გრაფიკების მიღებისათვის;
- ელექტრონული ანალიზატორით განისაზღვრება მოძრაობის მახასიათებლები და ენერგოეფექტურობა.

სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით ძველი მოხმარება (დღეში 2 რეისი) შეადგენდა 550000 კვტ.სთ/წ, ხოლო ახალი მოხმარება კი - 279310 კვტ.სთ (დღეში 2 რეისი). შესაბამისად ელექტროენერჯის წლიურმა დანაზოგმა შეადგინა 270690 კვტ.სთ/წ, ანუ 49,2%.

1. Розенфельд В.Е. и др. Теория электрической тяги. М.:Транспорт. 1983.
2. Кереселидзе А.Е. и др. Электронные промышленные устройства. Тбилиси: Ганатлеба. 1990.
3. Семенов Б.Ю. Силовая электроника. Солон-Р. М. 2001.

ENERGY EFFICIENT ACTIVITIES ON ELECTRIC TRANSPORT

G. Khurtsilava, O. Kighuradze. "Energy". №2(98). 2021. Tbilisi. p. 62-68. geo. sum geo. engl. rus.

Energy efficiency on the electric transport is very important as the transport is equipped with powerful electric motors. It should also be noted, that in early years electromotive composition (EC) was mainly equipped with DC electric drives and sequential excitation DC motors were used for this purpose. Such a wide use is explained by the fact that it is easier to get characteristics required for the traction drive than it is in the cases when other motors, for example, such as short-circuit rotor or phase rotor asynchronous motors, are used instead of the traction motors. The development of the frequency converter (the so-called vector-invertors), at current stage, allows to use short-circuit rotor asynchronous motors as the traction motors for EC management which has provided significant economy of electricity consumed on the traction.

Traditional EC management methods are reviewed and it is justified that at transitional stage it is reasonable to upgrade the traction drive and use modern power electronics' achievements for saving electric power consumed for the traction.

Ill. 3, foto 1, bibl. 3.

МЕРЫ ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Г.Хурцилава, О.Кигурадзе. "Энергия". №2(98). 2021. Тбилиси. с.62-68. груз. реф. груз. англ. рус.

Экономия электроэнергии имеет большое значение для электротранспорта, поскольку транспорт оснащен электродвигателями большой мощности. Следует также отметить, что в первые годы электросоставы в основном состояли из двигателей постоянного тока, и для этой цели использовались двигатели постоянного тока с последовательным возбуждением. Их широкое использование объясняется тем, что характеристики, необходимые для тяговых двигателей, получить легче, чем в тех случаях, когда вместо тяговых двигателей использовались другие типы двигателей, такие, как роторные асинхронные двигатели с коротким замыканием или фазовые роторные асинхронные двигатели. Разработка преобразователей частоты (так называемых векторных преобразователей) на современном этапе позволяет использовать роторные асинхронные двигатели с коротким замыканием в качестве тяговых двигателей для управления ЭМС, что обусловило значительную экономию электричества.

Рассматриваются традиционные методы управления ЭМС и аргументируется, что в переходный период целесообразно модернизировать тяговый двигатель и использовать достижения современной силовой электроники для экономии электричества.

Илл. 3, фото 1, лит. 3.

АНАЛИЗ РАБОТЫ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ГЕНЕРАТОРОВ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

*Ассистент- профессор, доктор техн. наук ЗУРАБ МЧЕДЛИШВИЛИ
Старший преподаватель, доктор техн. наук ИВАН ДЖИХВАДЗЕ*

Грузинский технический университет

Аннотация. В электронных устройствах релаксационные колебания возникают в тех случаях, когда имеются условия для периодических скоплений и последующего рассасывания зарядов, причем скорость одного из таких процессов существенно выше скорости другого. В работе рассматриваются примеры релаксационных колебаний в электронных устройствах и дано математическое описание одного из таких колебаний.

Ключевые слова: частота, форма, колебание, генератор, неоновая лампа.

Введение

Релаксационными являются колебания, которые резко отличаются по форме от гармонических. Они возникают в нелинейных механических и электрических системах, в которых существенную роль играют диссипативные силы: в частности, для электрических систем таковой является активное сопротивление.

В электрических приборах часто применяются устройства, генерирующие переменные токи различных форм и частот. В большинстве случаев генерированные токи являются синусоидальными. Генераторы синусоидальных токов являются автоколебательными системами, содержащими колебательные контуры с двумя реактивными элементами - индуктивностью и емкостью; энергия в контуре периодически запасается то в магнитном поле индуктивности, то в электрическом поле емкости; частота автоколебаний определяется параметрами колебательного контура.

На практике применяются также генераторы релаксационных колебаний: форма таких автоколебаний резко отличаются от синусоидальной, причем в состав генератора входит только один накопитель энергии (обычно емкость). В релаксационном генераторе энергия периодически запасается реактивным элементом и затем расходуется в сопротивлении.

Основная часть

Схема простейшего генератора релаксационных колебаний с ионным диодом (неоновая лампа) изображена на рис. 1. Он представляет собой двухполюсник [1-5].

В большинстве случаев характеристики возбуждающих двухполюсников несимметричны, вследствие чего обе полуволны релаксационного колебания имеют различный вид. Емкость заряжается через большое сопротивление R от источника постоянной э.д. с. E при некотором напряжении на емкости U_1 в ионном диоде, параллельно соединенном с емкостью, возникает тлеющий разряд, и емкость начинает быстро разряжаться через малое внутреннее сопротивление диода. Когда напряжение

на емкости снижается до некоторого значения U_2 , при котором ионизация внутри диода прекращается, сопротивление диода резко возрастает, и конденсатор начинает снова заряжаться через сопротивление.

Неоновая лампа с характеристикой „типа вольтовой дуги” может возбудить лишь последовательный колебательный контур. Возникновение релаксационных колебаний возможно лишь в том случае, когда $L = 0$. Величины зарядного и разрядного токов различны на несколько порядков. Длительность процесса разряда исчезающе мала по сравнению с длительностью периода, в то время как заряд через сопротивление проходит относительно медленно по закону

$$U = -(U_0 - U_{\Gamma}) \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) + U_0. \quad (1)$$

Если пренебречь временем разряда, то для определения длительности периода колебаний получим

$$\tau = RC \cdot \ln \frac{U_0 - U_{\Gamma}}{U_0 - U_3}. \quad (2)$$

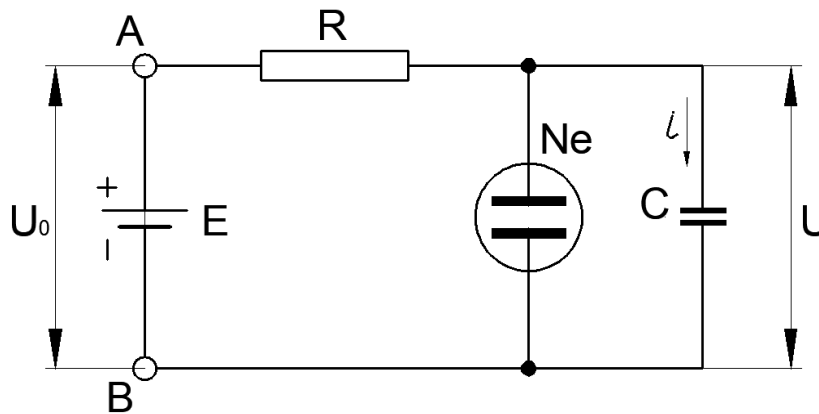


Рис. 1.

Вместо неоновой лампы для возбуждения напряжения пилообразной формы может быть применен тиратрон (рис. 2), который в некоторых отношениях более удобен. Тиратрон представляет собой газонаполненную лампу, напряжение зажигания которой может регулироваться изменением напряжения на сетке [1-5].

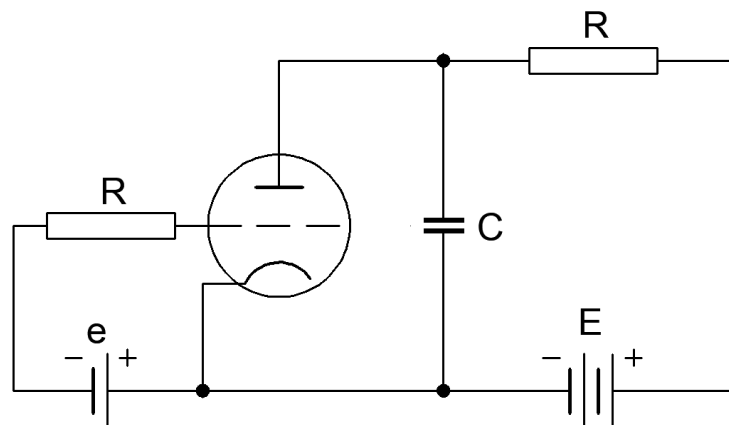


Рис. 2.

Напряжение гашения составляет лишь 20-40 В. С некоторыми тиратронами удается получить релаксационные колебания на частотах приблизительно до 40 кГц.

На рис. 3 приведены соответствующие кривые напряжения и тока. Напряжения такой формы называют пилообразным или линейно возрастающим. Оно применяется для временных разверток в электронно-лучевых трубках, так как для получения на экране неискаженной картины исследуемой кривой напряжения, обратный ход луча должен быть по возможности быстрым, а прямой ход - линейным. Линейный рост напряжения получается в том случае, когда напряжение питания U_0 велико по сравнению с напряжениями зажигания и гашения. Еще более точно можно поддерживать необходимое при этом постоянство зарядного тока, если вместо сопротивления R использовать лампу с экранизирующей сеткой, анодный ток которой при постоянных напряжениях на сетке мало зависит от анодного напряжения. Постоянство анодного тока еще улучшается при введении сопротивления в цепь катода, что создает отрицательную обратную связь по постоянному току.

Вследствие того, что разрядный ток переносится ионами, генераторы с неоновыми лампами значительно более инерционны, чем, например, динаatronные генераторы (1-5). Это препятствует получению релаксационных колебаний, частота которых превосходит 10 кГц. Релаксационные колебания при этом все более и более приближаются к колебаниям синусоидальной формы. Колебания же существенно более высоких частот вообще не возбуждаются.

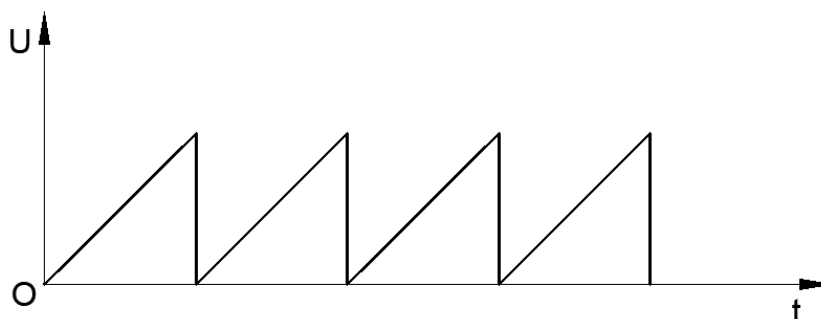


Рис. 3.

Полученный график релаксационных колебаний может быть разложен в ряд на составляющие гармоники по методу Фурье с помощью формулы:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos nt + b_n \sin nt \quad (3)$$

Если колебательная функция задана в виде:

$$f(t) = \frac{U_0}{2} + f_1(t); \quad (4)$$

$$f_1(t) = U_0 \left(\frac{t}{T_0} - \frac{1}{2} \right).$$

Так как данная функция нечетна, то свободный член и первый коэффициент в формуле (4) равны нулю:

$$a_0 = a_n = 0.$$

Исходя из этого, находим только второй свободный член b_n :

$$\begin{aligned} b_n &= \frac{4U_0}{T_0} \int_0^{\frac{T_0}{2}} \left(\frac{t}{T_0} - \frac{1}{2} \right) \sin n\omega t dt = \\ &= \frac{4U_0}{T_0} \left\{ \frac{1}{T_0} \int_0^{\frac{T_0}{2}} t \sin n\omega t dt - \frac{1}{2} \int_0^{\frac{T_0}{2}} \sin n\omega t dt \right\} = \\ &= \frac{4U_0}{T_0} \left\{ \frac{1}{T_0} \left[-\frac{T_0}{2n\omega} \cos \frac{n\omega T_0}{2} + \frac{1}{n^2 \omega^2} \sin \frac{n\omega T_0}{2} \right] + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{2} \left[\frac{1}{n\omega} \cos \frac{n\omega T_0}{2} - \frac{1}{n\omega} \right] \right\} = -\frac{2U_0}{n\omega T_0} = -\frac{U_0}{n\pi}. \end{aligned}$$

Отсюда пилообразная кривая зависимости напряжения от времени (рис. 3) может быть представлена в виде ряда:

$$f(t) = \frac{U_0}{2} + f_1(t) = \frac{U_0}{2} + \frac{U_0}{\pi} \left[\sin \omega t + \frac{1}{2} \sin 2\omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \dots \right]. \quad (5)$$

Заключение

Описаны конструктивные схемы и принципы работы генераторов релаксационных колебаний разных типов; рассмотрены электромагнитные процессы, происходящие в основных элементах, в частности в триодных и неоновых лампах, в конденсаторах и резисторах генераторов.

Полученные с помощью релаксационного генератора пилообразные колебания описаны математическим методом разложений в тригонометрические ряды Фурье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нейман Л. Р., Демирчян К. С. Теоретические основы электротехники. Т 1, Т.2. М: Энергоиздат. 1981.
2. Айзинов М. М. Радиотехнические цепи и сигналы. М: Транспорт. 1966.
3. Зернов Н. В., Карпов В. Г. Теория радиотехнических цепей. М: Госэнергоиздат. 1965.
4. Пирс Д. Электроны, волны, сообщения. М: Физматгиз. 1961.
5. Хайкин С. Э. Электромагнитные колебания и волны. М: Энергия. 1964.

ANALYSIS OF OPERATION OF VARIOUS CIRCUITS OF RELAXATION ELECTRIC OSCILLATIONS GENERATORS

Z.Mchedlishvili, Iv. Jikhvadze. "Energy". №2(98). 2021. Tbilisi. p. 69-73. geo. sum geo. engl. rus.

In electronic devices, relaxation oscillations occur when there are conditions for periodic accumulation and subsequent resorption of charges, the speed of one of such processes being significantly higher than the speed of the other. In the present work, mechanisms for generating noise and noise characteristics of specific electronic devices are comprehensively considered from a single position, examples of relaxation oscillations in nonlinear electric circuits are considered and a mathematical description of one of such oscillations is given.

Ill. 3, bibl. 5.

რელაქსაციური ელექტრული რხევების გენერატორების სხვადასხვა სხეულების მუშაობის ანალიზი.

ზ. მჭედლიშვილი, ივ. ჯიხვაძე. "ენერჯია". №2(98). 2021. თბილისი. გვ. 69-73. რუს. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

ელექტრონულ მოწყობილობებში რელაქსაციური რხევები წარმოიშევა იმ შემთხვევებში, როდესაც არსებობს მუხტების პერიოდული შეგროვების და შემდგომი გაწოვების პირობები. ამასთან ერთად, ასეთი ერთ-ერთი პროცესის სიჩქარე გაცილებით მაღალია, ვიდრე მეორესი.

ნაშრომში ყოველმხრივ ერთიანი პოზიციით განხილულია რხევების გენერირების მექანიზმები და კონკრეტული ელექტრონული მოწყობილობების რხევითი მახასიათებლები, განიხილება რელაქსაციური რხევების მაგალითები არაწრფივ ელექტრულ კონტურებში და მოცემულია ერთ-ერთი ასეთი რხევის მათემატიკური აღწერა.

ილ. 3, ლიტ 5.

РАСЧЕТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С ИНДУКТИВНОЙ СВЯЗЬЮ МЕТОДОМ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ КОНТУРОВ

Ассистент- профессор, доктор техн. наук ЗУРАБ МЧЕДЛИШВИЛИ
Старший преподаватель, доктор техн. наук ИВАН ДЖИХВАДЗЕ

Аннотация. Рассматриваются основные определения, расчетные соотношения и эквивалентные схемы, необходимые для более детального изучения индуктивно связанных цепей с воздушным сердечником, используемые в различных электрических приборах, электрических машинах и радиотехнических устройствах. Предложены методы замены контуров, входящих в индуктивно связанные цепи эквивалентными заменяющими контурами необходимые для различных расчетов этих цепей.

Ключевые слова: частота, форма, колебание, контур, обмотка, электрический ток, напряжение.

Введение

Свойство магнитно-связанных контуров используется в трансформаторах применяемых в различных электронных и радиотехнических устройствах для возможности преобразования значения токов и напряжений. В простейшем случае трансформатор состоит из двух электрически не соединенных и неподвижных относительно друг друга катушек, называемых обмотками трансформатора, связанных между собой потоком взаимной индукции. Если обмотки трансформатора намотаны на ферромагнитный сердечник, свойства такого трансформатора будут нелинейными. Здесь будем предполагать, что ферромагнитные сердечники отсутствуют, и трансформатор будем считать линейным.

Переменный ток, проходя через первичную или вторичную обмотку индуктивно связанной цепи, создает магнитный поток. В зависимости от ориентации обеих обмоток определенная часть полного магнитного потока будет эти обмотки связывать. Безразмерная величина k , равная отношению потока, охватывающего обе обмотки, к полному потоку, называется коэффициентом связи [1-5].

Основная часть

Чтобы проанализировать индуктивно связанные цепи, вторичная цепь должна быть пересчитана к первичной. В результате получается эквивалентная схема первичной цепи с учетом вторичной, что позволяет определить первичный ток. Вторичная цепь также может быть исследована с помощью эквивалентной схемы. Анализ эквивалентной схемы вторичной цепи зависит от решения, полученного для эквивалентной схемы первичной цепи, так как наведенная во вторичной обмотке э. д. с. равна $-j\omega M i_1$.

Когда имеются две катушки общим потоком, то между ними возникает взаимная индуктивность M , определяемая по формуле:

$$M = \frac{N_2 \Phi_{21} \cdot 10^{-8}}{I_1}, \quad (1)$$

где N_2 – число витков вторичной катушки; Φ_{21} – магнитный поток, создаваемый первичным током и охватывающий обе обмотки; I_2 – ток в первичном контуре (1-5).

В нашем примере поставлена задача определения первичного тока и напряжения на зажимах 3 и 4 схемы, приведенной на рис. 1.

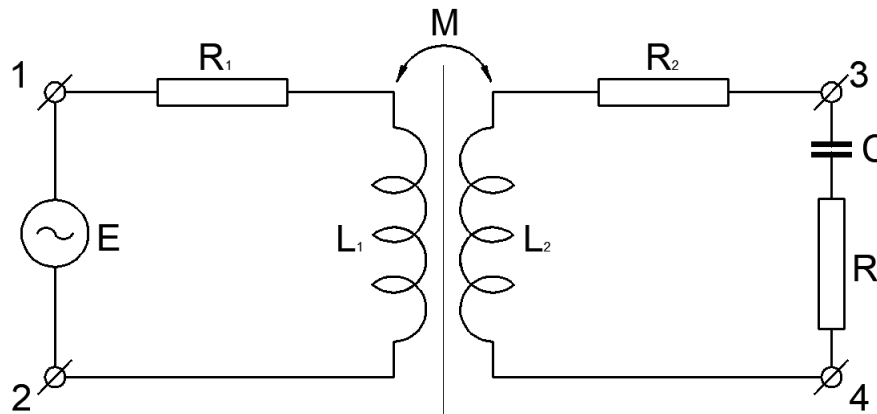


Рис. 1.

Для этого была составлена эквивалентная схема первичного контура, показанная на рис. 2.

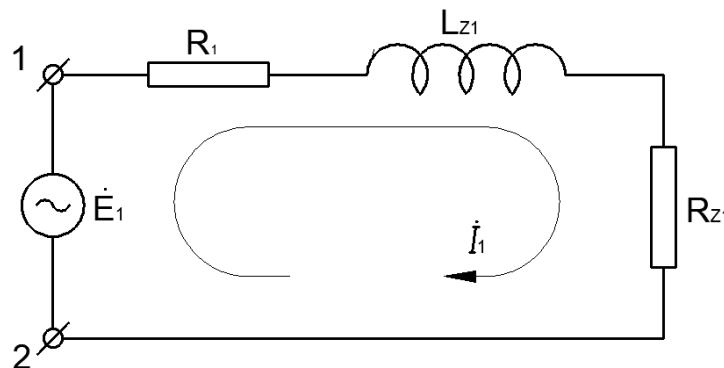


Рис. 2.

Для этой схемы эквивалентные элементы выражены зависимостями:

$L_{Z1} = j\omega L_1$ – эквивалентная индуктивность первичного контура;

$R_{Z1} = \frac{(\omega M)^2}{R_2 + j\omega L_2 + Z_H}$ – эквивалентное сопротивление первичного контура.

Первичный ток в нашем случае определяется из уравнения:

$$i_1 = \frac{U_1}{R_1 + j\omega L_1 + \frac{(\omega M)^2}{R_2 + j\omega L_2 + Z_H}}. \quad (2)$$

Составим теперь эквивалентную схему вторичной цепи, как показано на рис. 3.

Для этой схемы эквивалентные элементы выражаются зависимостями:

$L_{Z2} = j\omega L_2$ – эквивалентная индуктивность вторичного контура;

$R_{Z1} = R_3$ – эквивалентное сопротивление вторичного контура 4;
 $C_{Z2} = \frac{-j}{\omega C}$ – эквивалентная емкость вторичного контура.

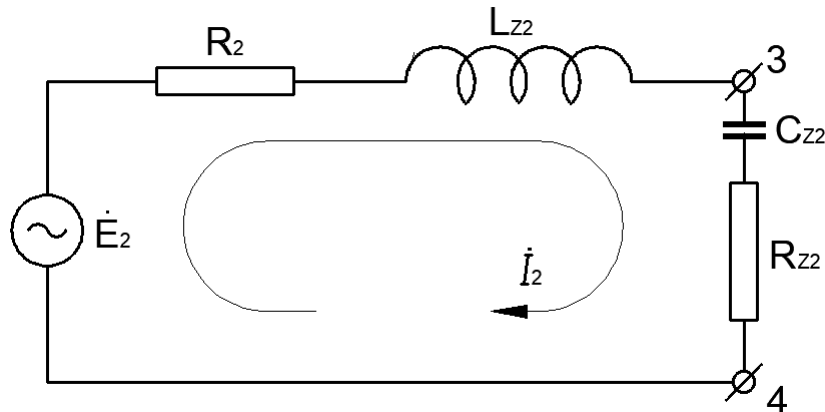


Рис. 3.

Формула для определения напряжения между зажимами 3 и 4 вторичной обмотки запишется в виде:

$$U_H = \frac{j\omega M i_1 Z_H}{R_2 + j\omega L_2 + Z_H} \quad (3)$$

Ток в контуре эквивалентной схемы вторичной цепи будет:

$$i_2 = \frac{\dot{U}_2}{Z_2}, \quad (4)$$

где i_2 – вторичный ток; \dot{U}_2 – э. д. с., наведенная во вторичной цепи; Z_2 – полное сопротивление вторичной цепи; Z_H – полное сопротивление между зажимами 3 и 4; \dot{U}_H – напряжение между зажимами 3 и 4.

Заключение

Описаны конструктивные схемы и принципы работы контуров с индуктивной связью [1-5]. Даны основные определения, расчетные схемы для решения задачи конкретной двухконтурной индуктивно связанной цепи; рассмотрены эквивалентные схемы первичной и вторичной цепей. Для этих схем подобраны соответствующие элементы и написаны определяющие соотношения, а на их основе выведены расчетные формулы токов и напряжений в данной электрической системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т. 1, 2 М: Энергоиздат. 1981.
2. Айзинов М.М. Радиотехнические цепи и сигналы. М: Транспорт. 1966.
3. Зернов Н.В., Карпов В.Г. Теория радиотехнических цепей. М: Госэнергоиздат. 1965.
4. Пирс Д. Электроны, волны, сообщения М: Физматгиз. 1961.
5. Хайкин С.Э. Электромагнитные колебания и волны. М: Энергия. 1964.

CALCULATIONS OF ELECTRICAL CIRCUITS WITH INDUCTIVE COUPLING BY EQUIVALENT CIRCUITS.

Z.Mchedlishvili, Iv.Jikhvadze. "Energy". №2(98). 2021. Tbilisi. p. 74-77 geo. sum geo. engl. rus.

This article discusses the basic definitions, calculated ratios, and equivalent circuits required for more detailed consideration of inductively coupled air core circuits, which are used in various electrical samples, electrical machines and radio devices. Methods of replacing circuits included in inductively connected circuits with equivalent replacement circuits, which are necessary for different calculations of these circuits, are given.

Ill. 3, bibl. 3.

ინდუქციური კავშირის მქონე ელექტრული წრედების ანგარიში ექვივალენტური კონტურების მეშვეობით.

ზ. მჭედლიშვილი, ივ. ჯიხვაძე. ენერჯია". №2(98). 2021. თბილისი. გვ. 74-77. რუს. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

განხილულია ძირითადი ცნებები, საანგარიშო დამოკიდებულებები და ექვივალენტური სქემები, რომლებიც აუცილებელია ჰაერის გულარას მქონე ინდუქციურად დაკავშირებული წრედების უფრო დეტალურად განსახილველად, რომლებიც გამოიყენებიან სხვადასხვა ელექტრულ ხელსაწყოებში, ელექტრულ მანქანებში და რადიოტექნიკურ მოწყობილობებში. მოცემულია ინდუქციურად დაკავშირებულ წრედებში შემავალი კონტურების, ექვივალენტური კონტურებით შეცვლის მეთოდები, რომლებიც აუცილებელია ასეთი წრედების სხვადასხვა ანგარიშისათვის.

ილ. 3, ლიტ. 3.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ФАКТОР ТРАНСФОРМАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ СТРАТЕГИЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

Профессор *ДЖЕМАЛ НИКУРАДЗЕ*
Профессор *ВАХТАНГ КВИНТРАДЗЕ*
Профессор *ВАХТАНГ МЕЛАДЗЕ*
Ассоциированный профессор *МАЙЯ ЖГЕНТИ*

Грузинский технический университет

Аннотация. Открытия М. Планка в начале XX века и создание квантовой теории явились доминирующим фактором изменения прежней физической картины мира, впоследствии общенаучных представлений и мировидения в целом. Становление и бурное развитие дистанционной формы обучения как образовательной среды нового столетия свидетельствуют о качественных изменениях как методик и навыков поиска информации, так и дидактических приемов ее изложения в процессе преподавания. В системе дистанционного образования социокультурные изменения, вызванные ростом информационных технологий особенно заметны. Вызовы новых принципов и методов образовательной стратегии требуют быстрого и своевременного ответа. Все вышеизложенное не только свидетельствует об изменениях в социокультурном мире информационного общества, но и актуализирует проблемы взаимосвязи синергетического подхода и идей постмодернизма к анализу как объективной реальности, так и виртуальной, изменении содержания и функции философских категорий в новой мировоззренческой парадигме.

Ключевые слова: *парадигма, синергетика, виртуальность, постмодернизм.*

Введение

Изменение мировоззренческой парадигмы в условиях информационного общества сопровождается трансформацией как общей картины мира, в основе которой лежат как достижения фундаментального естествознания, так и качественное преобразование пространства культуры, роли и места человека в реальности. Становление и бурное развитие дистанционной формы обучения как образовательной среды нового столетия свидетельствуют о качественных изменениях как методик и навыков поиска информации, так и дидактических приемов ее изложения в процессе преподавания. Изменяется не только мир, его восприятие человеком, но и способы получения образовательных услуг студенческой аудиторией, что обуславливает и изменение требований к методическим приемам и навыкам преподавателя.

В системе дистанционного образования социокультурные изменения, вызванные ростом информационных технологий, особенно заметны. Вызовы же новых принципов и методов образовательных стратегий требуют быстрого и своевременного ответа. Анализ познавательной ситуации демонстрирует изменение

установок и ценностей познающего субъекта- общедоступность информации, ее визуальный характер часто пртводят к ее некритическому усвоению, приоритету «правополушарного» мышления. Превращение информационных потоков в «экраный тип» культуры, наличие альтернативных, а зачастую - и неадекватных электронных источников приводят к взаимопересечению точек зрения и подходов, в силу чего студент как субъект образовательной деятельности не всегда способен выяснить и установить истинность полученных «псевдознаний». Становится очевидной необходимость изменения роли и инструментария преподавателя в познавательной ситуации в дистанционной среде обучения.

Основная часть

Открытия М. Планка в начале XX века и создание квантовой теории явились доминирующим фактором изменеия физической картины мира, впоследствии общенаучных представлений и мировидения в целом. Реалии современного естествознания свидетельствуют о разворачивании аналогичных процессов в научной картине мира и о происходящей смене мировозренческой парадигмы, отражающей динамику социокультурных изменений в условиях технической цивилизации.

Под воздействием информационных технологий и телекоммуникаций изменяется пространство культуры, ускоряется ритм жизни, трансформируется социальное и индивидуальное бытие, культура техногенной цивилизации приобретает новые черты, формируются новые каналы воздействия как на научное знание, так и на повседневную жизнь. Именно поэтому в исследовании социокультурных процессов все большую роль начинают играть принципы и патерны синергетики, с позиции которой культура предстает как сложная неравновесная открытая система, одним из факторов развития которой становятся прцессы информатизации и медиатизации. Информационные технологии и коммуникационные стратегии становятся объектом изучения со стороны различных научных дисциплин, но их способность к манипулированию социумом и воздействие на характер культуры и деятельности требуют комплексного анализа, совместных усилий представителей гуманитарного и естественнонаучного знания.

Расширене пространственных границ информационного общества видоизменяет практически все сферы социокультурной жизни, массовое и индивидуальное сознание и как следствие - трансформирует содержание и дискурс философских категорий и концептов. В этой связи особый интерес как с праксиологической, так и с теоретической точек зрения, представляют проблемы

определения и изучения особенностей восприятия и использования таких философских категорий, как «пространство» и «время», «реальность» и ряд других.

В исследованиях проблем социальной философии одной из наиболее признанных точек зрения является выделение техногенной цивилизации как современного этапа общественного развития. В ее развитии решающую роль играют постоянный поиск и применение новых технологий, причем не только производственных технологий, обеспечивающих экономический рост, но и технологий социального управления и социальных коммуникаций. Информационное общество как современный этап развития техногенной цивилизации является предметом различного рода исследований-конкретно-социологических, социально-политических, экономических, технических, философских. При этом в процессе распространения и использования информации, в первую очередь с помощью электронных средств, кардинальным образом изменяются не только все сферы социальной жизнедеятельности, но и возникает ряд принципиально новых проблем. В решении и анализе этих проблем значимую методологическую роль играют принципы и паттерны синергетики. Само информационное общество может быть проинтерпретировано как самоорганизующаяся неравновесная система, хаосогенный и спонтанный аттракторы которой представлены в первую очередь креативными элементами как социокультурной реальности, так и в таком «человекообразном комплексе» (термин В. С. Степина), как виртуальная реальность [1].

Информационное пространство как новый вид реальности обладает не только открытостью, неустойчивостью, тенденцией к самосовершенствованию и развитию, самоорганизацией, но и органически включает в себя познающего субъекта в качестве подсистемы. Человек с присущими ему социальными ценностями, целями, мировоззренческими установками предстает не только как создатель и потребитель виртуальной среды, но и как имманентный элемент этой глобальной системы. Подобно тому, как анализ объективной реальности предполагает единство теоретического и эмпирического исследования, так и анализ виртуальной реальности требует не только использования инструментария постнеклассической науки, но и тщательного изучения двусторонней связи «человекообразных» систем, обратного воздействия компьютерной реальности на процессы социокультурной действительности и на внутренний духовный мир человека. Если традиционно философское знание предметом исследования избрало либо реальность объективную, либо реальность субъективную и процесс их взаимодействия, то сегодня предметом философского анализа становится «третий» вид реальности-

виртуальность [2]. Философия же находится в поиске методологии и мировоззренческого обоснования современных процессов единства трех видов реальности и находит решение во взаимодействии синергетики и постмодернизма. В условиях глобализации коммуникационные стратегии создают новые возможности для социального манипулирования, формирования предполагаемых реакций и состояний массового сознания. По сферам осуществления социальное манипулирование в информационном пространстве может осуществляться различными способами: в сфере поведения - через программы и стереотипы поступков, алгоритмы деятельности, преподносимые в качестве образцов для подражания, результатом чего выступают репродуктивные действия. При этом средства массовой информации сегодня называют не просто товары и услуги, конкретные продукты, а определенный образ жизни, стиль и манеру поведения, речевые обороты [3].

Сама «мировая паутина» представляет собой новый тип социокультурной среды, в которой формируется особый вид отношений, не ограниченный только утилитарным ее использованием в качестве источника информации, но и превращается в сферу социальной деятельности, в сферу «третьей» реальности, оказывающей обратное воздействие на пользователей, рождающей новые способы социального манипулирования и новую систему ценностей. Процессы трансформации виртуального пространства обуславливают необходимость его философского анализа, о чем свидетельствуют исследования «сетевой» этики, публикации по правовым проблемам интеллектуальной собственности, влияние и применение информационных технологий в образовании (развитие дистанционной формы обучения).

Формируются новые эстетические ценности как следствие появления «сетевых живых журналов», виртуальных галерей, on-line литературы, электронных видов искусства. Все это свидетельствует о преобразовании самой информационной сферы, изменениях качественного состояния виртуальной реальности и количественных параметрах ее развития [4].

Кроме того, распространение социальных сетей не только значительно расширяет круг общения и видоизменяет коммуникации, но и создает вовлеченность в чужие дела, рождает ложную ответственность как следствие сопричастности. В результате изменяется содержание такой философской категории, как «время», рождается новая темпоральность. Время спрессовалось и стало нелинейным. Ранее мир двигался в едином ритме. В традиционном обществе

время соответствовало ритмам природы. В новоевропейской культуре время соотносилось часами и разделением на «рабочее» и «свободное».

В виртуальной же реальности и в современной повседневной жизни формируется новое восприятие времени как дискретного и нелинейного. Время зависит от степени вовлеченности человека в тот или иной процесс, его можно делить, перераспределять и даже продавать.

Изменяется также и содержание философской категории «пространство». Если ранее в повседневной жизни пространство ассоциировалось с конкретным местом, то теперь деятельность людей переключивается в пространство потоков (финансовых, информационных), которые происходят в виртуальной реальности, на которые мы повлиять не можем (термин испанского социолога М. Кастельса) [4]. При этом увеличивается число «ошибок нарратива», так как логические, нарративные схемы из-за резкого увеличения неучтенных данных перестают работать. Любая модель содержит в себе только известные и прогнозируемые риски, «возможные неожиданности», «невозможные неожиданности» становятся ведущими факторами развития социума и культуры [5].

Заключение

Все вышеизложенное свидетельствует не только об изменениях в социокультурном мире информационного общества, но и актуализирует проблемы взаимосвязи синергетического подхода и идей постмодернизма в анализе как реальности объективной, так и виртуальной, в изменении содержания и функции философских категорий в новой мировоззренческой парадигме. При этом в исследовании этих процессов возрастает методологическая роль синергетического подхода, так как сегодня культура характеризуется как система хаосогенная, открытая, неравновесная с нелинейными законами. Поскольку трансформациям подвергаются и средства, и способы коммуникаций, то неизбежно изменяется и сам человек как активный участник процесса развития системы «человек-информация-виртуальная реальность-объективная реальность».

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Степин В. С. Философия и цивилизация/ Философы XX века. Минск. 2005.
2. Тоффлер Э. Метаморфозы власти. М. 2002.
3. Бауман З. Индивидуализированное общество. М. 2009.
4. Кастель М. Галактика ИНТЕРНЕТ. М. 2009.
5. Андерсон К. Длинный хвост. Новая модель ведения бизнеса. М. 2009.

INFORMATION TECHNOLOGY AS A FACTOR IN THE TRANSFORMATION OF DISTANCE LEARNING AND CHANGES IN THE STRATEGIES OF THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT.

Nikuradze J., Kvintradze V., Meladze V., Zhgenti M. "Energy". №2(98). 2021. Tbilisi. p. 78-83. geo. sum geo. engl. rus.

The discoveries of M. Planck at the beginning of the 20th century and the creation of quantum theory were the dominant factor in the change in the former physical picture of the world, later in general scientific ideas and the worldview in general. The formation and rapid development of distance learning as an educational environment of the new century testifies to qualitative changes in both the methods and skills of searching for information, and didactic methods of its presentation in the teaching process. In the system of distance education, the socio-cultural dimensions caused by the growth of information technologies are especially noticeable, the challenges of new principles and methods of educational strategies require a quick and timely response. All of the above, thus, testifies not only to changes in the socio-cultural world of the information society, but also actualizes the problems of interconnection of the synergistic approach and the ideas of postmodernism in the analysis of both objective and virtual reality, changes in content and function philosophical categories in a new worldview paradigm.

Bibl. 5.

ინფორმაციული ტექნოლოგიები, როგორც დისტანციური სწავლების ტრანსფორმაციის ფაქტორი და საგანმანათლებლო გარემოს სტრატეგიის ცვლილება.

ჯ. ნიკურაძე, ვ. კვინტრაძე, ვ. მელაძე, მ. ჯღენტო. "ენერჯია". №2(98). 2021. თბილისი. გვ. 78-83. რუს. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

მე-20 საუკუნის დასაწყისში მაქს პლანკის აღმოჩენები და კვანტური თეორიის შექმნა იყო მსოფლიოს წინანდელი ფიზიკური სურათის, შემდგომში კი - ზოგადსამეცნიერო წარმოდგენებისა და მსოფლმხედველობის მთლიანობაში შეცვლის დომინანტური ფაქტორი.

დისტანციური სწავლების, როგორც ახალი საუკუნის საგანმანათლებლო გარემოს ჩამოყალიბება და სწრაფი განვითარება მოწმობს როგორც ინფორმაციის ძიების მეთოდებისა და უნარების, ასევე სწავლების პროცესში მისი წარმოდგენის დიდაქტიკური მეთოდების ხარისხობრივ ცვლილებებს. დისტანციური სწავლების სისტემაში განსაკუთრებით თვალშისაცემია ინფორმაციული ტექნოლოგიების ზრდით გამოწვეული სოციალურ-კულტურული განზომილებები, საგანმანათლებლო სტრატეგიის ახალი პრინციპებისა და მეთოდების გამოწვევები მოითხოვს სწრაფ და დროულ რეაგირებას.

ამრიგად, ყოველივე ზემოთქმული მოწმობს არა მხოლოდ ინფორმაციული საზოგადოების სოციოკულტურულ სამყაროში მომხდარ ცვლილებებს, არამედ ახდენს სინერგიულ მიდგომისა და პოსტმოდერნიზმის იდეების ურთიერთკავშირის პრობლემების აქტუალიზაციას. ეს გამოხატება ფილოსოფიური კატეგორიების შინაარსისა და ფუნქციის ცვლილებების ანალიზში, ახალ მსოფლმხედველობრივ პარადიგმაში როგორც ობიექტური რეალობის, ასევე ვირტუალურის.

ლიტ. 5.

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В α – ЦИРКОНИИ

Акад. доктор *ИРАКЛИЙ ТАБАТАДЗЕ*

Сухумский Физико-технический институт им. И.Н.Векуа
Грузинский Технический Университет

Аннотация. Исследованы температурная и амплитудная зависимости внутреннего трения и модуля сдвига α – циркония, полученного электролитическим методом. Изменялись способность рассеяния энергии упругих крутильных колебаний и динамический модуль сдвига образцов α – Zr в исходном состоянии и после циклической высокоамплитудной деформации при 850^oC.

Ключевые слова: α – цирконии, релаксация, модуль сдвига, деформация, внутреннее трение.

В температурных спектрах внутреннего трения выявлены характерные для металлов с гексагональной структурой максимумы релаксационного рассеяния энергии колебаний, сопровождаемые понижением модуля сдвига. На кривых амплитудной зависимости внутреннего трения и модуля сдвига обнаружены критические амплитудные деформации, при которых изменяются скорости роста внутреннего трения и понижения модуля сдвига. В рамках теоретических моделей описаны возможные механизмы рассеяния колебаний и локального ослабления сил межуатомных взаимодействий в решетке α – Zr. Проанализирован вклад в указанные изменения атомов внедрения кислорода, взаимодействующих с ядрами невинтовых дислокации с учетом продольного и поперечного диффузионного смещения атомов кислорода под действием температуры и внешнего периодического напряжения.

Исследования эффектов рассеяния упругих колебаний в конденсированных средах из-за высокой чувствительности и информативности методов акустической спектроскопии, в частности метода внутреннего трения, могут дать обширную информацию о механизмах потерь энергии, состоянии структуры, а также позволяют рассчитать важные параметры микроструктуры. К последним относятся концентрация точечных дефектов, размеры зерен и блоков, энергетические и кристаллогеометрические характеристики дислокационной структуры и т.д.

В отличие от металлических материалов кубической симметрии неупругие свойства металлов с гексагональной структурой мало исследованы [1]. Это обстоятельство в основном обусловлено трудностью получения высокочистых высокотемпературных переходных металлов Ti, Hf, Zr, а также сложным характером разнообразных фазовых превращений в их кристаллической структуре.

Были исследованы температурные и амплитудные зависимости квадрата частоты колебаний, пропорционального модулю сдвига, и процессов рассеяния энергии упругих колебаний α – Zr, полученного электролитическим методом. Измерения проводились на низкочастотном релаксаторе с обратным крутильным маятником. Исследуемые образцы

закрепляли в механических держателях на вертикальной оси крутильного маятника. Размеры образцов: длина – 25–30 мм, диаметр – 0,5–0,8 мм. Измерения проводили в вакууме $\sim 10^{-4}$ торр в интервалах температуры – 20– 800⁰С, частоты крутильных колебаний – 0,5–5,0 Гц и амплитудной деформации – $2 \cdot 10^{-5}$ - $5 \cdot 10^{-3}$. Значения внутреннего трения, интенсивности рассеянной колебательной энергии определяли по формуле [1]:

$$Q^{-1} = \frac{1}{\pi N} \ln \frac{A_n}{A_{n+N}},$$

где N - число колебаний, совершившихся при уменьшении амплитуды от A_n до A_{n+N}

Величину критической амплитудной деформации определяли как точку раздела амплитуднонезависимой и амплитуднозависимой областей на кривой внутреннего трения $Q^{-1}(\varepsilon)$ и динамического модуля сдвига $f^2(\varepsilon)$. Значение самой колебательной деформации определялось по углу закручивания образцов, закрепленных в маятнике. Активационные характеристики релаксационных процессов рассеяния энергии упругих колебаний определяли методом частотного смещения их максимумов [1].

На рис. 1 представлены результаты измерений температурной зависимости внутреннего трения электролитического α - Zr в исходном и циклически деформированном состояниях.

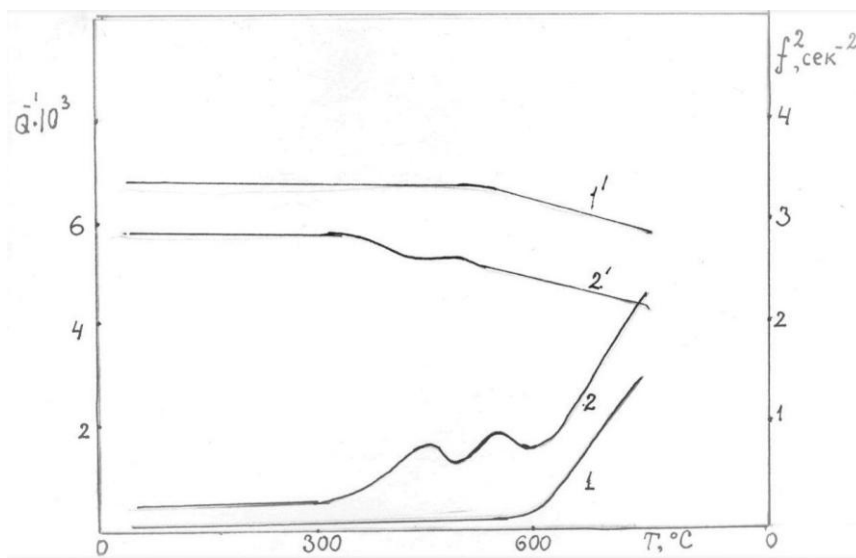


Рис. 1. Температурный спектр внутреннего трения (1,2) и модуля сдвига (') α - циркония:

1,1' - исходное состояние; $f_0 = 1,8$ Гц;
2,2' - циклически деформированное, 850⁰С, число циклов – 200

Как ожидалось, исходный спектр $Q^{-1}(T)$ свободен от каких – либо максимумов. Его характеризует фон низкой интенсивности вплоть до 600⁰С, выше которой наблюдается его экспоненциальное возрастание. Несмотря на то что в α - Zr присутствует примесь кислорода относительно высокой концентрации ($\sim [10]^{18} - [10]^{19} [см]^{(-3)}$) в

позициях внедрения (i) и в гексагональной структуре присутствуют пары атомов замещения (s) и внедрения (i) : i - s , практически невозможно обнаружить эффекты рассеяния энергии колебаний, связанные с переориентацией пар i - s в поле напряжений. Это связано с тем, что такая переориентация (поворот примесного атома i вокруг неподвижного атома матрицы s) не дает ощутимую локальную деформацию структуры. Оно в свою очередь обуславливается тем, что симметрия системы занятых межузлий (i - положение) в гексагональных кристаллах совпадает с симметрией матрицы. Иными словами, в гексагональных кристаллах, не содержащих более одного вида примесей, указанные межузлия обладают тригональной симметрией, и потому их заполнение отдельными атомами не приводит к появлению дефектов, способных вызвать сдвиговую релаксацию. В том случае, когда в кристаллической решетке с гексагональной симметрией, в частности, в $\alpha - Zr$, рядом i - спары появляется атом другого элемента (Ti, Hf,), образуется моноклинный {100} дефект, и становится возможным проявление релаксационного эффекта рассеяния энергии колебаний кристалла [2].

В процессе циклической деформации при больших амплитудах крутильных колебаний

($10^{-3} - 10^{-2}$) возможно образование свежих сегментов дислокаций, новых вакансий и атомов матрицы в позициях внедрения (i) . В таком случае возможно формирование сложных конфигураций дефектов, характеризующихся пониженной точечной симметрией. Предполагаем, что появление широких максимумов на кривой $Q^{-1}(T)$ в деформированных образцах $\alpha - Zr$ связано с указанной перестройкой в структуре дефектов (рис.1,2). Оба максимума изменяют свою температуру с изменением частоты колебаний от 1-го до 5 Гц. Это указывает на их релаксационное происхождение. Активационные характеристики максимумов внутреннего трения в $\alpha - Zr$ приведены в таблице.

Характеристики релаксационных процессов в $\alpha - Zr$.

Таблица

Состояние образца $\alpha - Zr$	Температура максимумов Q^{-1}	Энергия активации, eV	Частотный фактор, $сек^{-1}$	Относительная интенсивность максимума, $Q^{-1} \cdot 10^3$
Деформирован при 850°C амплитуда деформации $10^{-3} - 10^{-2}$ число циклов деформации 200	460	1,85	$4 \cdot 10^{13}$	6
	550	2645	$1 \cdot 10^{14}$	9

Изменения в спектре тепловых колебаний решетки, а также диффузионная перестройка дефектов и увеличение подвижности дислокации в $\alpha - Zr$ обуславливают плавное, почти линейное понижение модуля сдвига (рис. 1 1^1). Его понижение в области 800 – 850°C

составляет $12 \div 15$ %, обусловленное, главным образом, термическим расширением кристаллической решетки. После высокотемпературной циклической деформации вероятнее всего происходят освобождение сегментов колеблющихся дислокаций от вакансионных и примесных центров закрепления и дальнейшее их перемещение на несколько единиц параметра решетки. В этих условиях образуются новые дефектные центры со слабыми межуатомными силами взаимодействия. Таким образом, создаются условия регистрации пониженных значений механической характеристики - динамического модуля сдвига, что на кривой $f^2(T)$ изображено спадами при температурах 400 - 450°C и 550°C (рис. 1, 2¹).

Экспериментально показано сильное уменьшение модуля сдвига предварительно деформированного α -Zr в тех случаях, когда образец подвергается высокоамплитудной колебательной деформации. Одновременно происходит заметное повышение интенсивности релаксационных максимумов Q^{-1} наблюдаемых в области температур 450-600°C. Эти характеристики свидетельствуют о проявлении S-K (Snoek-Koster) релаксации в исследуемых образцах α -Zr в условиях крутильных колебаний с частотами 0,5-5,0 Гц. Согласно теории [3] S - K релаксация в Ti и Zr возникает при температурах, при которых дислокации приобретают способность передвигаться за пределами примесной атмосферы, образованной парами дефектов O-O и O-M (M - атом металлической примеси).

Нелинейные изменения интенсивности релаксационных процессов при 450 и 500°C в условиях изменения концентрации кислорода детально исследовались авторами работы [4], полагавших, что и в формировании максимума, принимают участие атомы внедрения кислорода и дислокации. Однако в реализации релаксационного процесса сильно возрастает роль диффузионного движения внедренных атомов кислорода в поперечном направлении относительно ядра дислокации.

Такого рода четкое энергетическое разделение процессов движения дислокации, окруженных атмосферой внедренных атомов кислорода, должным образом может отображаться на поведении модуля сдвига и внутреннего трения в широком диапазоне амплитудной деформации.

В действительности в α - Zr на кривых амплитудной зависимости внутреннего трения $Q^{-1}(\varepsilon)$ и модуля сдвига $f^2(\varepsilon)$ в условиях комнатной температуры наблюдаются следующие особенности. В исходных образцах в интервале амплитудной деформации от $2 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ изменения Q^{-1} и f^2 не обнаруживаются. Выше амплитудной деформации $\sim 10^{-4}$ начинается слабое возрастание внутреннего трения и одновременное слабое линейное понижение модуля сдвига. При амплитудах $\geq 5 \cdot 10^{-4}$ возрастают скорости увеличения Q^{-1} и уменьшения модуля сдвига. Эти изменения свидетельствуют о проявлении отрыва дислокационных сегментов от точек закрепления, приводящего к локальному ослаблению сил взаимодействий и, следовательно, к уменьшению динамического модуля сдвига.

После высокотемпературной циклической деформации появляется ступенчатое увеличение Q^{-1} , а также ступенчатое уменьшение модуля сдвига с двумя критическими величинами амплитудной деформации, при которых заметно изменяются скорости возрастания Q^{-1} и спада f^2 . Такие изменения свидетельствуют о формировании кислородосодержащих различных энергетических барьеров на пути перемещения дислокационных сегментов. Механизм их происхождения и действия требует дополнительных комплексных исследований структуры и структурно – чувствительных механических свойств α – Zr.

Автор выражает благодарность проф. Г.Ш. Дарсавелидзе за содействие при выполнении работы.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Новик А., Берри Б. Релаксационные явления в кристаллах. М.: Атомиздат. 1972.
2. Blanter M.S., Granovsky E.B, Magalas L.B. Interaction of dissolved atoms and relaxation due to interstitial atoms in hcp metals/ Materials Science and Engineering A 370 (2004).
3. Ritchie J. G. Core diffusion, unpinning and the Snoek – Koster Relaxation. ScriptaMetallurgica. Vol 16. 1982.
4. Ritchie J. G., Sprungmann K.W. High Temperature Internal Friction in α – Zr. Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL – 6810 (1981).

RELAXATION PROCESSES IN α – ZIRCONIUM.

I. Tabatadze.. "Energy". №2(98). 2021. Tbilisi. p. 84-89. rus. sum geo. engl. rus.

The temperature and amplitude dependences of the internal friction and the shear modulus of α – zirconium were investigated. The ability to scattering the energy of elastic torsional oscillations and the dynamic shear modulus of α - Zr samples in the initial state and after cyclic high – amplitude deformation at 850⁰C were measured.

In the temperature spectra of internal friction , the effects of relaxation scattering of oscillations energy, accompanied by a decrease in the shear modulus are revealed, that’s characteristic of metals with a hexagonal structure. On the curves of the amplitude dependence of the internal friction and the shear modulus, critical values of strain amplitude were revealed at which the rates of increase in internal friction and decrease in shear modulus change.

Within the framework of theoretical models possible mechanisms for scattering oscillations and weakening localized interacting forces in α - Zr are described. The contribution of interstitial oxygen atoms, which interact with the nuclei of non – screw dislocations is analyzed, considering the longitudinal and transverse diffusion displacement of oxygen atoms under the influence of temperature and external periodic stress.

Ill. 1, tabl. 1, bibl. 4.

რელაქსაციური მოვლენები α - ცირკონიუმში.

ი.ტაბატაძე. "ენერჯია". №2(98). 2021. თბილისი. გვ. 84-89.რუს. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

შესწავლილია α - ცირკონიუმის შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის ტემპერატურული და ამპლიტუდური დამოკიდებულებები. გაზომილი იქნა დრეკადი გრეხითი რხევების გაბნევის უნარიანობა და დინამიკური ძვრის მოდული α -Zr - ისინი მუშების საწყის და მაღალტემპერატურებზე (850°C) ციკლურად დეფორმირებულ მდგომარეობებში.

შინაგანი ხახუნის ტემპერატურულ სპექტრებში გამოვლენილია ჰექსაგონალური სტრუქტურების მეტალებისათვის დამახასიათებელი რხევითი ენერჯიის რელაქსაციური გაბნევის ეფექტები, რასაც თან სდევს ძვრის მოდულის შემცირება. შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის ამპლიტუდური დამოკიდებულების გრაფიკებზე გამოვლენილია კრიტიკული ამპლიტუდური დეფორმაციის წერტილები, რომლებზედაც იცვლება შინაგანი ხახუნის ინტენსივობის ზრდისა და ძვრის მოდულის შემცირების სიჩქარეები. თეორიული მოდელების ჩარჩოებში აღწერილია რხევების გაბნევისა და ლოკალიზებული კავშირის ძალების შესუსტების შესაძლებელი მექანიზმები α -Zr-ში. გაანალიზებულია ჩანერგილი ჟანგბადის ატომების წვლილი აღნიშნულ ცვლილებებში, რომლებიც ურთიერთქმედებენ დისლოკაციების ბირთვებთან. ამავე დროს განხილულია ჟანგბადის ატომების განივი და გასწვრივი დიფუზური გადაადგილება ტემპერატურისა და გარეშე პერიოდული ძაბვის ზემოქმედებით.

ილ. 1, ცხრ. 1, ლიტ. 4.

დისტანციური სწავლების საგანმანათლებლო ტექნოლოგია

პროფესორი *ჯემალ ნიკურაძე*
პროფესორი *მასტანბ კვინტრაძე*
პროფესორი *მასტანბ მელაძე*
ასოცირებული პროფესორი *მანია შლენტი*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. განხილულია სასწავლო პროცესის ძველი და თანამედროვე მოდელები. სწავლების პარადიგმის შეცვლა მნიშვნელოვანწილად დაკავშირებულია განათლების პროცესში ახალი საინფორმაციო ტექნოლოგიების დანერგვასთან, რაც უმნიშვნელოვანესი მახასიათებელია სასწავლო პროცესის იმ პირობებში, როდესაც უმაღლესი სასწავლებელი დაყოფილია დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიის მიხედვით. ამ პირობებში სტუდენტი განათლებას იღებს ვირტუალურ გარემოში და სწავლის პროცესის აქტიური მონაწილეა ირჩევს რა სწავლების თავის ინდივიდუალურ ტრაექტორიას. ამას ხელს უწყობს საინფორმაციო-კომუნიკაციურ დისტანციურ სასწავლო ტექნოლოგიაში რეალიზებული სწავლების მოდულური პრინციპი, სახელწოდებით “დისტანციური განათლება”. ეს მოდელი ითვალისწინებს სასწავლო დისციპლინის ლოგიკურად ჩაკეტილ ბლოკებად დაყოფას, რომელთაც მოდულები ეწოდება.

დისტანციური სწავლების პრინციპები საშუალებას იძლევა იდენტური სასწავლო პროცესის ჩატარებისა ტერიტორიალურად დაშორებულ ყველა სასწავლო ცენტრში, ხოლო სასწავლო პროდუქტების სპექტრის მუდმივი გაფართოება, მათი დროული განახლება და კომპეტენტური მიდგომა სწავლების მიმართ-გამოსაშვები კონტინგენტის მაღალი ხარისხის მომზადების ფორმირებას და მათ მზაობას პროფესიონალური შემოქმედებისთვის.

საკვანძო სიტყვები: *სწავლების პარადიგმა, მოდულური პრინციპი, სასწავლო-მეთოდური კომპლექსი.*

შესავალი

XX საუკუნის ბოლო ათწლეულებამდე, ტრადიციულ საგანმანათლებლო სისტემაში გამოიყენებოდა სკინერის (Skinner B.F.) საგანმანათლებლო მოდელი სახელწოდებით “დასწავლის ოპერანტიული თეორია” [1].

ამ მოდელში ე.წ. “უმაღლეს” ინსტანციას, ანუ საგანმანათლებლო პროცესის ცენტრალურ ფიგურას წარმოადგენდა მასწავლებელი (ლექტორი), რომელიც სტუდენტს სწავლების მოტივაციას უქმნიდა მხოლოდ “წახალისებით” ან “დასჯით”. თავად სტუდენტი კი განიხილებოდა ერთგვარ “ჭურჭლად”, რომელშიც მასწავლებელს უნდა “ჩაესხა” ცოდნის გარკვეული რაოდენობა, შესაბამისად პოზიტიური ან ნეგატიური სტიმულირების სახით.

ძირითადი ნაწილი

თანამედროვე საგანმანათლებლო საზოგადოებაში სულ უფრო მეტ ადიარებას პოულობს სწავლების ახალი პარადიგმა, რომელშიც ცენტრალურ ფიგურას წარმოადგენს მოსწავლე (სტუდენტი), ხოლო მასწავლებელი (ლექტორი) წარმოადგენს დამრიგებელს, შუამავალს (mediator) სწავლების საორგანიზაციო-ტექნოლოგიურ გარემოსა და მოსწავლეს (სტუდენტს) შორის, ანუ ის, ვინც ეხმარება მოსწავლეს სწავლაში (facilitator). სწავლების პარადიგმის შეცვლა მნიშვნელოვანწილად დაკავშირებულია განათლების პროცესში ახალი საინფორმაციო ტექნოლოგიების დანერგვასთან, რაც უმნიშვნელოვანესი მახასიათებელია სასწავლო პროცესის იმ პირობებში, როდესაც უმაღლესი სასწავლებელი დაყოფილია დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიის მიხედვით. ამ პირობებში სტუდენტი განათლებას იღებს ვირტუალურ გარემოში და სწავლის პროცესის აქტიური მონაწილეა, ირჩევს რა სწავლების, თავის ინდივიდუალურ ტრაექტორიას.

ამას ხელს უწყობს საინფორმაციო-კომუნიკაციურ დისტანციურ სასწავლო ტექნოლოგიაში რეალიზებული სწავლების მოდულური პრინციპი, სახელწოდებით “დისტანციური განათლება”. ეს მოდელი ითვალისწინებს სასწავლო დისციპლინის ლოგიკურად ჩაკეტილ ბლოკებად დაყოფას, რომელთაც მოდულები ეწოდება. მათ ჩარჩოში მიმდინარეობს როგორც ახალი მასალის შესწავლა, ასევე მასალის ათვისების შემოწმების საკონტროლო ღონისძიებები [2]. მოდულები წარმოადგენენ ჩასათვლელ ერთეულებს (ბოლონიის პროცესის ტერმინოლოგიით-კრედიტებს).

თითოეული მოდულის შესასწავლად განსაზღვრულია 45 აკადემიური საათი (36 აკად.სთ საგამოცდო სესიების გარეშე), რაც მოიცავს აუცილებელ აუდიტორულ და სტუდენტის დამოუკიდებელ მუშაობას. დისტანციური სწავლების პირობებში აუდიტორული საათები მოიცავს საკონსულტაციო-სატრენინგო და საატესტაციო მეცადინეობებს, ხოლო დამოუკიდებელი მუშაობა კი ტესტებთან მუშაობას.

სასწავლო საგნების ყოველი მოდულის ძირითადი საინფორმაციო-სასწავლო რესურსებით უზრუნველყოფა ხდება სასწავლო-მეთოდური კომპლექსების (სმკ) მეშვეობით. სმკ-ს დანიშნულებაა მოსწავლეთა ეფექტური მუშაობით უზრუნველყოფა ყველა ტიპის მეცადინეობებისთვის, რაც გათვალისწინებულია საგანმანათლებლო პროგრამის სასწავლო გეგმით.

სმკ შეიცავს სასწავლო პროდუქტებს და სასწავლო-მეთოდურ მასალებს ელექტრონული ვერსიითა და ბეჭდური სახით (საგნის სამუშაო პროგრამა, სასწავლო სახელმძღვანელოები, შესავალი მოდულური (სამოდულო) ლექციები შესრულებული ტელელექციების სახით, სლაიდლექციები და აუდიო ლექციები,

საინფორმაციო და მეთოდური მასალები კოლექტიური ტრენინგებისათვის, კომპიუტერული სასწავლო პროგრამები, პროფესიონალური ლაბორატორიული სამუშაოები და ა.შ.) [3]. ტელეესეს მოსამზადებელი მეთოდური მასალები, ციფრული და ანალოგური ვიდეოკომპლექსების გამოყენებით, ტექსტები ძირითადი და დამატებითი სამეცნიერო და სასწავლო ლიტერატურის ჩამონათვალით (სიით) და საინფორმაციო-საცნობარო მასალები-კითხვარები, ლექსიკონები, სტუდენტთა დამოუკიდებელი მუშაობის ორგანიზების მეთოდური მასალები (ნაბეჭდი მასალების ელექტრონული ვერსიები) და ა.შ.

დისტანციური სწავლების საგანმანათლებლო ტექნოლოგია ხასიათდება იმით, რომ:

1. საშუალებას იძლევა სწავლების ერთგვაროვანი გარემოს ჩამოყალიბებას ნებისმიერ გეოგრაფიულ პუნქტში, ანუ დისტანციურად. საშუალებას იძლევა უწყვეტ სასწავლო პროცესში ჩართვისა, რომელიც ხორციელდება სხვადასხვა სასწავლო პროდუქტების მუდმივად გამოყენების მეშვეობით დაწყებული სამუშაო სახელმძღვანელოდან კომპიუტერულ სასწავლო პროგრამებამდე, სლაიდ-ლექციებიდან აუდიოკურსებამდე, რომელთა გამოყენება ადვილად შესაძლებელია სახლის (საბინაო) პირობებში.

2. ფართოდ გამოიყენება მიმოხილვითი სწავლება, რომელიც ხორციელდება მიმოხილვითი ტელელექციების მეშვეობით, რაც ეხმარება სტუდენტს ჩამოყალიბოს შესასწავლი ცოდნის სფეროს ერთიანი, სტრუქტურირებული სურათი.

3. რეგულარულად იყენებს მეცადინეობათა ეფექტურ მეთოდებს – სატრენინგოებს, მათ შორის გლოსარულ და ალგორითმულ სწავლებას, რომლებიც უზრუნველყოფენ ცნებების, ფაქტების, პერსონალიების მოწესრიგებულ დამახსოვრებას, რომელსაც შეიცავს პროფესიონალური კითხვარები. ამასთან ერთად, პროფესიონალური უნარების ალგორითმების სისტემატური დასწავლა საშუალებას აძლევს მომავალ სპეციალისტებს მომავალში ადვილად გადაწყვიტონ მათი ძირითადი ამოცანები.

4. იყენებს რა დისტანციური სწავლების საგანმანათლებლო ტექნოლოგიის ფარგლებში რეალიზებად, განვითარებად სფეროში ჩართვას, აორგანიზებს მოსწავლეთათვის დამოუკიდებლად ინფორმაციის ძებნას, მის შემოქმედებით გააზრებას და დამოუკიდებელ მოქმედებას მუდმივად ცვალებად პირობებში.

5. უზრუნველყოფს სწავლებისადმი ინდივიდუალურ მიდგომას (ინდივიდუალური სასწავლო გეგმა, ინდივიდუალური განრიგი, ინდივიდუალური დიდაქტიკა – ცოდნის ათვისების ტემპი, გამეორებათა რაოდენობა და ა.შ.).

6. ფორმირებას უკეთებს პროფესიონალურ კომპეტენტურობას საგნობრივ სფეროებში.

დასკვნა

დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიის აღნიშნული მახასიათებლები შესაძლებელია უზრუნველყოფილი იყოს მოცემული უმაღლესი სასწავლებლის მხოლოდ მაქსიმალური ინფორმატიზაციის ხარჯზე, რომლისთვისაც ინფორმატიზაციის დონე წარმოადგენს მისი საგანმანათლებლო გარემოს ხარისხის განმსაზღვრელ ფაქტორს.

დისტანციური სწავლების პრინციპები საშუალებას იძლევა იდენტური სასწავლო პროცესის ჩატარებისა ტერიტორიალურად დაშორებულ ყველა სასწავლო ცენტრში, ხოლო სასწავლო პროდუქტების სპექტრის მუდმივი გაფართოება, მათი დროული განახლება და კომპეტენტურული მიდგომა სწავლების მიმართ-გამოსაშვები კონტინენტის მაღალი ხარისხის მომზადების ფორმირებას და მათ მზაობას პროფესიონალური შემოქმედებისთვის. დისტანციური სწავლება გულისხმობს ინფორმატიზაციის და საინფორმაციო სისტემების მეთოდების გამოყენებას, ხოლო ისინი, თავის მხრივ, მოითხოვენ სასწავლო პროცესის საორგანიზაციო პარამეტრების სტანდარტიზაციას და სისტემატიზაციას.

ლიტერატურა

1. Skinner B.F. The behavior of organisms an experimental analysis. New-ork:Appleton_Century, 1938.
2. Тихонов А.Н. и др. Управление современным образованием. М: Вита Пресс: 1988.
3. Карпенко М. П. Телеобучение. М. 2008.

EDUCATIONAL TECHNOLOGIES AND DISTANCE LEARNING.

Nikuradze J., Kvintradze V., Meladze V., Zhgenti M. "Energy". №2(98). 2021. Tbilisi. p. 90-94. geo. sum geo. engl. rus.

The article briefly reviews the old and new models of the educational process. To a large extent, the change in the teaching paradigm is associated with the introduction of new information technologies into the educational process, which is most characteristic of the pedagogical process in a distributed university using distance learning technology, where a student studies in a virtual environment and is an active participant in the educational process, choosing his own an individual learning path. This is facilitated by the modular principle of teaching implemented in the information and communication distance educational technology called "distance learning", which offers the division of the discipline into logically closed blocks, called modules.

The principles of distance learning allow conducting an identical educational process in all territorially remote training centers, and the constant expansion of the range of educational products, their timely updating and a competence-based approach to training - the formation of a high quality of training of graduates and their readiness for professional activities.

Bibl. 3.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ.

Никурадзе Дж.Г., Квинтрадзе В.И., Меладзе В.Д., Жгенти М.И. "Энергия". №2(98). 2021. Тбилиси. с. 90-94. груз. реф. груз. англ. рус.

В статье кратко рассмотрены старые и новые модели учебного процесса. В значительной степени смена парадигмы обучения связана с внедрением в образовательный процесс новых информационных технологий, что в наибольшей степени характерно для педагогического процесса в условиях распределенного Вуза по технологии дистанционного обучения, где студент обучается в виртуальной среде и является активным участником образовательного процесса, выбирая свою индивидуальную траекторию обучения. Этому способствует реализуемый в информационно-коммуникационной дистанционной образовательной технологии, получившей название «дистанционное обучение», модульный принцип обучения, предлагающий разделение учебной дисциплины на логически замкнутые блоки, называемые модулями.

Принципы дистанционного обучения позволяют проводить идентичный учебный процесс на всех территориально удаленных учебных центрах, а постоянное расширение спектра учебных продуктов - своевременное их обновление и компетентный подход к обучению - способствуют формированию высокого качества подготовки выпускников и их готовность к профессиональной деятельности.

Лит. 3 назв.

ON THE RELEVANCE, PURPOSE, SUBJECT OF RESEARCH AND OTHER ISSUES OF THE COMBINED METHOD OF LARGE BLOCKS

Doctor of technical science ABRAM CHRELASHVILI

Non-entrepreneurial (Non-commercial) Legal Entity "ETelTa". Tbilisi, Georgia

Abstract. *The article deals with the development of a new combined calculation method "Large Block Combined Method" in the mechanics of solid deformable seals. In the present work, the author's opinions on the urgency, purpose, research subject and other issues of the development of this method are discussed. This method will be mainly used to study the tense-deformed condition of objects with very complex structures. It relies on the applications of the finite element numerical method and the large block analytical method. Such a method will be effective in cases where part of the object to be examined can be considered as elements with simple and complex structure, where the analytical method of large blocks will be used, and the rest as a space with very complex structure, where the numerical method of finite elements will be used. In addition, the contact conditions required to ensure the simultaneous operation of these parts of the object under consideration must be met. The article discusses the issues that favor the combined method of large blocks over the finite element method and the analytical method for large blocks. Especially noteworthy is the issue of specifying the results of the tense-deformed state of objects with complex structures using a new calculation method.*

Keywords: *tense state, body, surface, impact, deformation, load.*

In the study of the tense-deformed condition of objects with very complex structures, the finite element method [1-3] and the boundary element method [4] are still irreplaceable methods, but as we see required further refinement of these numerical methods in order to eliminate all or part of their shortcomings. For this, it is possible to develop a combined method [5] for large blocks, which will be based on the application of the numerical finite element method [1-3] and the analytical method of large blocks [6]. This method will be effective in cases where part of the object under study can be considered as elements with a simple and complex structure, where the analytical method of large blocks will be used, and the rest as a space with a very complex structure, where the numerical finite element method will be used. In addition, the contact conditions necessary to ensure the simultaneous operation of these parts of the object under consideration must be observed.

Consider as an example the study of arched dams. When studying the stress-strain state of arched dams, it is better to take into account all boundary conditions, including the distributed hydrostatic load and the presence of holes (in the form of gutters) in the building.

When studying the stress-strain state of arch dams by the numerical finite element method, it is known that the distributed hydrostatic load can be taken into account approximately (finite elements in the form of compressed loads in the nodes); When considering them, the solution to the problem is associated with such difficulties that the use of the analytical method of large blocks practically makes no sense. As for the use of the combined method of large blocks, which is based on the representation of large blocks of the object under consideration. In most of the arched

dams, which are analyzed by the analytical method of large blocks [6], it is possible to accurately take into account the hydrostatic load, and in a small part of the building (for research by the numerical finite element method), where the above openings are located, they can be taken into account. Taking these two factors into account, it is obvious that to confirm the results of the study of the stress-strain state of arch dams, the combined method of large blocks should be used, which, in our opinion, confirms the relevance of the development of this method.

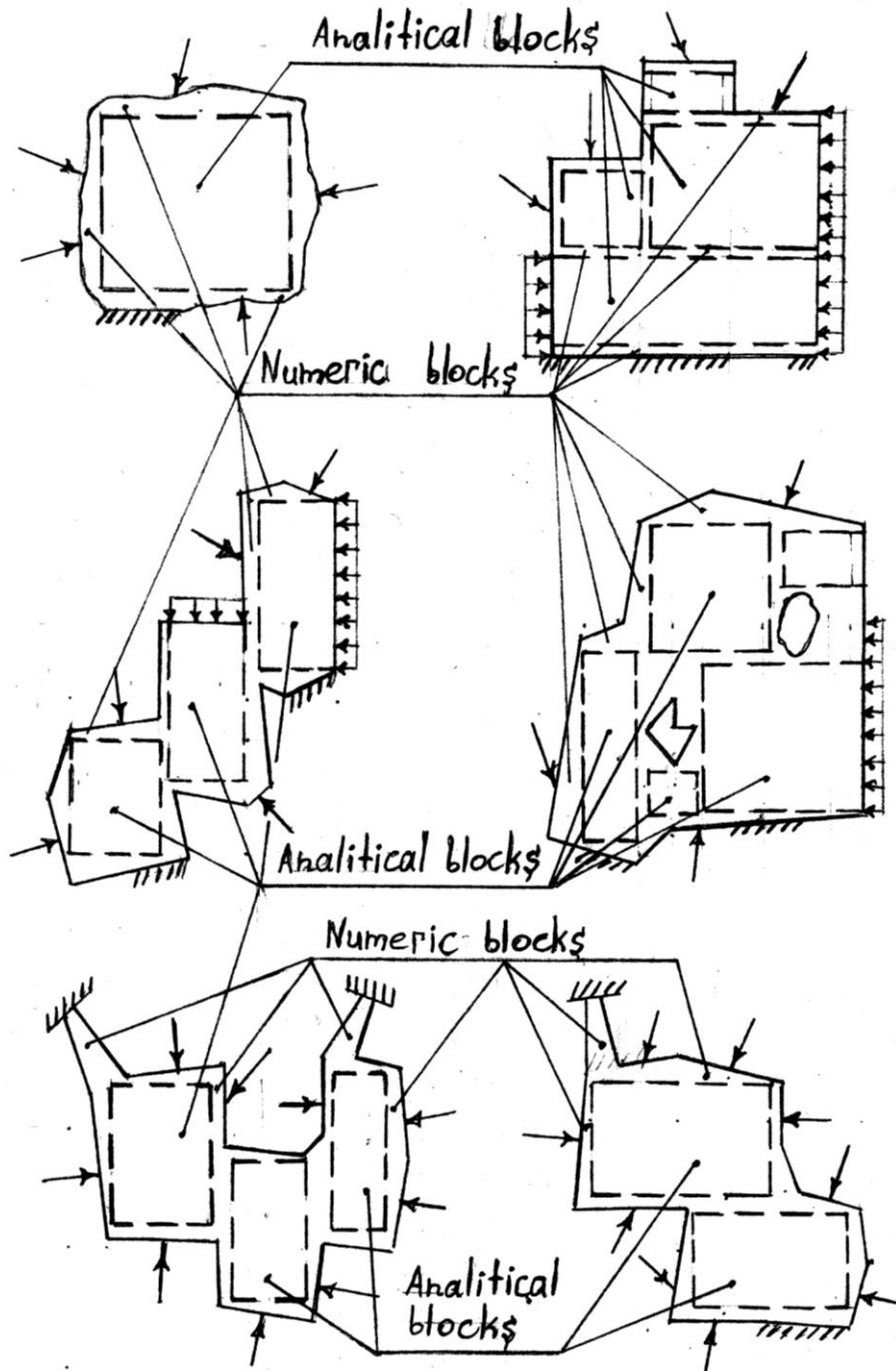


Figure 1

In addition to the above, when using the combined method of large blocks, compared to the finite element method, a significant reduction in the number of finite elements is achieved and, as a consequence, a significant reduction in the amount of required information. A significant reduction in the system of general algebraic equations is also achieved (due to a significant reduction in the number of finite elements). All this is achieved through the use of the combined method of large blocks, the object under consideration is presented as a combination of large blocks, and in most of them the analytical method of large blocks is used to study their stress-strain state, and in others - the numerical method of finite elements, especially in boundary elements.

Based on the above, it can be considered that the combined method of large blocks for studying the stress-strain state of objects of very complex structures, its numerical implementation is an urgent problem of structural mechanics of great scientific and practical importance.

When using the combined method large blocks, the test object should be represented in such a way that:

- The number of large blocks should be as small as possible, especially the number of blocks for the study of which the analytical method of large blocks is used [6]. Due to the shape of the object under study and the boundary conditions, in most cases, a part of these blocks should be more than approximately 80% of the total volume of the object under study.

- Due to the shape of the object under study, it must be represented as a set of such large blocks that the boundary conditions of the object under consideration (including the distributed load) are taken into account with maximum accuracy.

As already mentioned, the combined method of large blocks allows you to represent an object as a combination of such large blocks, among which the analytical method of large blocks is used for most studies (in most cases, such blocks contain more than 80% of the object's size). In connection with the above, the use of the combined method of large blocks in the survey of an object [5] allows to refine the results obtained using the numerical finite element method, which is an important and noteworthy achievement.

The purpose of the development of the combined method of large blocks was to create a new combined method [5] (for studying the stress-strain state of objects of very complex design) using the existing analytical method of large blocks [6] and the numerical finite element method [1- 3], It would have the advantages listed above in comparison with the mentioned methods [1-4,6], which is a continuation of the process of further improvement of computational methods.

REFERENCES

1. Zenkevich O. The finite element method in technology. M.: Mir. 1975.
2. Galager R. Method of finite elements. M.: Mir. 1984.
3. Segerlind L. Application of the finite element method. M.: Mir. 1979.
4. Crouch S., Starfield A. Methods of boundary elements in solid mechanics. M.: Mir. 1987.
5. Chrelashvili A. On the analytical-numerical method of large blocks. Proceedings of the International Symposium on Thin-Wall Spatial Systems. Tbilisi. 2001.
6. Gudushauri I.I. Theory of elasticity in ordinary differential equations. Tbilisi:Metsniereba. 1990.

მსხვილი ბლოკების კომბინირებული მეთოდის დამუშავების აქტუალობის, მიზნის, კვლევის საგნისა და სხვა საკითხების შესახებ.

ა.ჭრელაშვილი. "ენერჯია". №2(98). 2021. თბილისი. გვ. 95-98. ინგლ. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

სტატია ეხება მყარი დეფორმადი სხეულების მექანიკაში ახალი კომბინირებული საანგარიშო მეთოდის "მსხვილი ბლოკების კომბინირებული მეთოდის" დამუშავებას. წინამდებარე ნამუშევარში განხილულია აღნიშნული მეთოდის დამუშავების აქტუალობის, მიზნის, კვლევის საგნისა და სხვა საკითხების შესახებ ავტორის მოსაზრებები.

აღნიშნული მეთოდი ძირითადად გამოყენებული იქნება ძალიან რთული სტრუქტურის მქონე ობიექტების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის შესასწავლად. იგი ეყრდნობა სასრული ელემენტების რიცხვითი მეთოდისა და მსხვილი ბლოკების ანალიზური მეთოდის გამოყენებას. ასეთი მეთოდი ეფექტური იქნება ისეთ შემთხვევებში, როდესაც გამოსაკვლევი ობიექტის ნაწილი შეიძლება განხილულ იქნეს მარტივი და რთული სტრუქტურის მქონე ელემენტების სახით, სადაც გამოყენებული იქნება მსხვილი ბლოკების ანალიზური მეთოდი, ხოლო დანარჩენი ნაწილი კი - როგორც ძალიან რთული სტრუქტურის მქონე სივრცე, რომელშიც გამოყენებული იქნება სასრული ელემენტების რიცხვითი მეთოდი. ამასთან ერთად, უნდა შესრულებულ იქნას ის საკონტაქტო პირობები, რომლებიც საჭიროა განსახილველი ობიექტის აღნიშნული ნაწილების ერთდროული მუშაობის უზრუნველსაყოფად.

განხილულია ის საკითხები, რომლებიც უპირატესობას აძლევენ მსხვილი ბლოკების კომბინირებულ მეთოდს, სასრული ელემენტების რიცხვით მეთოდთან და მსხვილი ბლოკების ანალიზურ მეთოდთან შედარებით. განსაკუთრებით აღსანიშნავია, ის საკითხი, რომელიც ეხება რთული სტრუქტურის მქონე ობიექტების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის შედეგების დაზუსტებას ახალი საანგარიშო მეთოდის გამოყენებით.

ლიტ. 6.

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ, ЦЕЛИ, ОБЪЕКТЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ДРУГИХ ВОПРОСАХ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА ОБРАБОТКИ КРУПНЫХ БЛОКОВ

А. Чрелашвили. "Энергия". №2(98). 2021. Тбилиси. с. 95-98. англ. реф. груз. англ. рус.

Рассматривается разработка нового комбинированного метода расчета больших блоков в механике твердого деформируемого тела. Обсуждаются мнения автора об актуальности, цели, предмете исследования и другие вопросы развития этого метода. Этот метод в основном будет использоваться для исследования напряженно-деформированного состояния объектов очень сложной структуры. Он основан на применении численного метода конечных элементов и аналитического метода больших блоков. Эффективность метода будет проявляться в тех случаях, когда часть исследуемого объекта может рассматриваться как элементы с простой и сложной структурой, где будет использоваться аналитический метод больших блоков, а остальное - как пространство с очень сложной структурой, где будет использован численный метод конечных элементов. При этом должны соблюдаться условия контакта, необходимые для обеспечения одновременной работы этих частей рассматриваемого объекта. Обсуждаются также вопросы, в которых отдается предпочтение комбинированному методу больших блоков по сравнению с методом конечных элементов и аналитическим методом для больших блоков. Особого внимания заслуживает вопрос уточнения результатов напряженно-деформированного состояния объектов сложной структуры с помощью нового метода расчета.

Лит. 6 назв.

ინა თუმანიშვილი - საიუბილეო თარიღის მილოცვა



ჟურნალ "ენერგია"-ს კოლექტივი პატივისცემით და დიდი სიყვარულით ვულოცავთ ქალბატონ ინა თუმანიშვილს იუბილეს. ქალბატონი ინა არის გულისხმიერი, კეთილშობილი, ერთგული და უზადო მცოდნე თავისი საქმისა. მისნაირი სპეციალისტი საქართველოში იშვიათად თუ მოიძებნება.

ვუსურვებთ ჩვენს მეგობარს, მშვენიერ ქალბატონს, ჯანმრთელობას, მხნეობას და წარმატებულ მოღვაწეობას, რომლის ხელის შეწყობითაც ჩვენი ჟურნალი აგრძელებს საქმიანობას.

И н н е!

Тогда, когда мы были еще молоды,
Когда вздыхали просто, от избытка чувств,
Любили все, что мило было в городе.
Остались, нежность, радость, маленькая грусть.
Была красива и умна, не возникала,
Кого хотела, сразу завлекала.
Бывали сложности, но проявляла силу,
Легко, с кокетством проходила мимо.
И сколько чувств и дел в себя вместила!
И как всегда, мы вместе будем, Инна.

Мераб Лордкипანიძე

სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალ "ენერჯის" რედაქცია

რედაქციაში სტატიების შემოტანის წესები

1. ჟურნალის რედაქციაში შემოსატანი მასალა უნდა შეიცავდეს:
 - საკუთრივ სტატიას - 1 ეგზ. (სტატია და რეფერატი უნდა იყოს სტრუქტურირებული და შედგებოდეს შემდეგი ნაწილებისგან:
 - მეცნიერების დარგი;
 - სამუშაოს საგანი, თემა, მიზანი;
 - სამუშაოს შესრულების მეთოდი ან მეთოდოლოგია;
 - სამუშაოს შედეგები;
 - შედეგების გამოყენების სფერო;
 - დასკვნები.
 - ანოტაციას ქართულ ენაზე - 1 ეგზ.
 - ანოტაციას რუსულ ენაზე - 1 ეგზ.
 - ანოტაციას ინგლისურ ენაზე - 1 ეგზ.
 - დისკეტაზე ჩაწერილ სტატიასა და სამივე ანოტაციას (სათაურებით ქართულ, რუსულ და ინგლისურ ენებზე).
2. რედაქციაში შემოტანილი სტატიის გვერდის მოცულობა განისაზღვრება ერთნახევარი ინტერვალით. შრიფტის ზომაა 12; გვერდის ველები – ზევიდან, ქვევიდან, მარცხნიდან და მარჯვნიდან – 25 მმ. შრიფტები: ქართული – Sylfaen, AcadNusx, ინგლისური და რუსული – Times New Roman.
3. სტატია შეიძლება წარმოდგენილი იქნას ქართულ, რუსულ ან ინგლისურ ენაზე. მისი მოცულობა არ უნდა იყოს 3 გვერდზე ნაკლები და 10 გვერდზე მეტი.
4. გრაფიკული (ნახაზი, ფიგურა, სქემა, დიაგრამა, ნომოგრამა) და ფოტო მასალა აღირიცხება ტექსტის შემადგენლობაში ისევე, როგორც ციტირებული ლიტერატურის ნუსხა და, თანაც აუცილებელია უახლესი. აუცილებელია ციტირებული ლიტერატურის რიგითი თანმიმდევრობის ნუმერაციის განთავსება ტექსტში. წარმოდგენილი გრაფიკული ან ფოტო მასალა იბეჭდება შავ-თეთრი გამოსახულებით. ფერად გამოსახულებაში მათი შესრულების შესაძლებლობა ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში დგინდება გამომცემლობა "ენერჯის" ხელმძღვანელობასთან შეთანხმებით. ყველა გრაფიკულ ან ფოტო მასალას უნდა ჰქონდეს დასახელება.
5. სტატიის ქართული, რუსული და ინგლისური ანოტაცია თითოეული უნდა შეიცავდეს 500 ნიშანს (დაახლოებით ხელნაწერი ტექსტის 10 სტრიქონს). ქართული, რუსული და ინგლისური ტექსტები უნდა ემთხვეოდეს ერთმანეთს.
6. ფიზიკური სიდიდეები უნდა იყოს წარმოდგენილი საერთაშორისო SI სისტემასთან შესაბამისობაში. ფორმულებში შემავალი სიდიდეები და აღნიშვნები უნდა გამოისახოს ქართული, ბერძნული ან ლათინური ანბანის შესაბამისად. როგორც გამონაკლისი, დასაშვებია რუსული ანბანის ასოების გამოყენება ეკონომიკური ხასიათის სტატიის წარმოდგენისას.
7. აუცილებელია სტატიის ავტორის (ავტორების) სახელის, სამეცნიერო ხარისხის, წოდების ან სპეციალობის მოყვანა. ავტორის (ავტორების) ხელმოწერის გარეშე სტატია არ მიიღება. საჭიროა ბინის ან სამუშაო ადგილის ტელეფონის მითითება.