

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი ცოფურაშვილი

ელექტროენერგეტიკის ობიექტებზე სამრეწველო სიხშირის  
ელექტრომაგნიტური თავსებადობის მდგომარეობის გამოკვლევა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

სადოქტორო პროგრამა: ”ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი: 0405

თბილისი

2018 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში  
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი  
ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი თენგიზ მუსელიანი

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2018 წლის "-----" ----- "-----" საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და  
ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის  
სხდომაზე

კორპუსი VIII , აუდიტორია 304

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,  
ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი,  
ასოცირებული პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

**სამუშაოს აქტუალობა.** თანამედროვე ელექტროენერგეტიკული სისტემები ხასიათდებიან ენერგეტიკული სიმძლავრეების მაღალი კონცენტრაციით, როგორცაა ელექტროენერჯის წარმოების ობიექტები, ელექტრო ქვესადგურები და ა.შ. ყოველივე ამან გამოიწვია ელექტრომაგნიტური თავსებადობის პრობლემების განხილვის საჭიროება, რომელიც მოითხოვს შეიქმნას ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო ბიოელექტრომაგნიტური თავსებადობისა და ელექტრული ქსელის მოწყობილობების ნორმალური ფუნქციონირებისათვის საჭირო პირობები.

ელექტრომაგნიტური თავსებადობა ეს არის ელექტრული მოწყობილობის უნარი დამაკმაყოფილებლად იფუნქციონიროს გარემოს მხრიდან ელექტრომაგნიტური ზემოქმედების პირობებში, ასევე თავის მხრივ არ გამოიწვიოს დაუშვებელი ზემოქმედება ამ გარემოზე, რომელიც მოიცავს სხვა ელექტრომოწყობილობებს.

ამჟამად ელექტრომაგნიტური თავსებადობის პრობლემა ეკოლოგიის, ენერგეტიკული უსაფრთხოებისა და ენერგორესურსების დაზოგვის პრობლემებთან ერთად მიეკუთვნება ერთერთ მნიშვნელოვან პრობლემათა რიცხვს. სხვადასხვა შეფასებების მიხედვით ევროპაში მრეწველობასა და ყოფაცხოვრებაში ელექტრომაგნიტური თავსებადობის არადამაკმაყოფილე-ბელი დონით განპირობებული ყოველწლიური ეკონომიური ზარალი შეადგენს 100 დან 500 მლრდ ევრომდე.

სამრეწველო ინფრასტრუქტურები, მათ რიცხვში ელექტრო-ენერგეტიკის ობიექტები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ გარემომცველ გარემოზე. ასე, რომ დიდი რაოდენობის სხვადასხვა ენერგობიექტების არსებობა წარმოადგენენ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროებს, რაც იწვევს ელექტრომაგნიტური გარემოს გაუარესებას. ამ დროს ელექტრომაგნიტური ველების ინტენსივობა მრავალჯერ აღემატება დედამიწის ბუნებრივი ელექტრული და მაგნიტური ველების

ინტენსივობას. ეს კი უპირველესად ნეგატიურ გავლენას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე. ასევე ამწვავებს ენერგეტიკაში ტექნიკური სტრუქტურების ენერგეტიკული თავსებადობის პრობლემას, რაც თავის მხრივ გავლენას ახდენს ელექტროენერგეტიკული სისტემების ფუნქციონირების საიმედოობაზე.

ამასთანავე ელექტროენერგეტიკული ობიექტების ახლოს, ელექტრული შეერთებებისა და სამშენებლო კონსტრუქციების სირთულის გათვალისწინებით, ასევე ელექტრული ქსელის საკვლევი უბნის სქემურ-რეჟიმული თავისებურებებიდან გამომდინარე ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების რეალური დონის შეფასება დღემდე რჩება რთულ სამეცნიერო-ტექნიკურ პრობლემად, რომელიც მოითხოვს ყოველმხრივ შესწავლას.

სამრეწველო სიხშირის (50 ჰც) ელექტრომაგნიტური ველი წარმოადგენს რადიოსიხშირული სპექტრის ზედაბალი სიხშირის დიაპაზონის ნაწილს, რომელიც ყველაზე უფრო გავრცელებულია როგორც საწარმოო, ისე საყოფაცხოვრებო პირობებში.

ენერგეტიკის მძლავრმა განვითარებამ, რომელსაც თან ახლავს მძლავრი ახალი ელექტროსადგურების გაშვება და ელექტროგადაცემის ხაზების სიგრძის არსებითი გაზრდა და ამასთანავე ელექტრული ენერჯის ინტენსიურმა გამოყენებამ საზოგადოება მიიყვანა იმასთან, რომ მე-20-ე საუკუნის უკანასკნელ ათწლეულში ჩამოყალიბდა ადამიანებით დასახლებული გარემოს გაჭუჭყიანების ახალი მნიშვნელოვანი ხელოვნური ფაქტორი – სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველი.

საკითხი მეტად გლობალური და აქტუალურია და მოითხოვს მრავალმხრივ დაწვრილებით შესწავლას.

ამჟამად ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მიერ აღიარებულია, რომ ხელოვნული წარმოშობის ელექტრომაგნიტური ველი წარმოადგენს ადამიანის ჯანმრთელობისათვის ერთერთ ყველაზე უფრო საშიშ და მნიშვნელოვან ფაქტორს, რომელიც ხასიათდება საგანგებოდ აქტიური

ბიოლოგიური მოქმედებით. ელექტრომაგნიტური ველი, როგორც გარეშე ფაქტორი, შეიძლება განხილული იქნეს ორი პოზიციიდან: ბიოლოგიური ზიანი და სოციალური სარგებლობა. ეს ორი პოზიცია ერთმანეთთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული, რადგან არა მარტო ძალიან მცირდება ბიოლოგიურად დასუსტებული ადამიანის შრომის ნაყოფიერება, არამედ ზოგიერთ შემთხვევაში ადამიანები შრომისუუნარონიც ხდებიან. აქედან გამომდინარე ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების პრობლემამ შეიძინა სახელმწიფო მნიშვნელობა და თანამედროვე პირობებში განვითარებულ ქვეყნებში უფრო და უფრო იზრდება ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან დაცვის მასშტაბები.

ადამიანის მოქმედების შედეგად შექმნილ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ძირითად წყაროებს წარმოადგენენ: ცვლადი დენის საწარმოო და საყოფაცხოვრებო ელექტრომოწყობილობების სხვადასხვა ტიპები, პირველ რიგში ქვესადგურები და მაღალი ძაბვის ელექტროგადაცემის საჰაერო ხაზები, ძალური კაბელები, ელექტროგაყვანილობა, ღია გამანაწილებელი მოწყობილობები, სამრეწველო სიხშირის (50 ჰც) მაღალი ძაბვის დანადგარები, რადგან 50 ჰც სიხშირეს შეესაბამება 6000 კმ ტალღის სიგრძე და ადამიანი მის ზემოქმედებას ექვემდებარება ახლო ზონაში. ასევე: შემაერთებელი სალტეები, ჩამრთველი საკომუტაციო აპარატები, დაცვისა და ავტომატიკის მოწყობილობები, საზომი ხელსაწყოები, გამანაწილებელი ფარები, საყოფაცხოვრებო ელექტრომოწყობილობები: ტელევიზორები, მაცივრები, ელექტრული სანათები, მიკროტალღური ღუმელები, კომპიუტერები, მობილური ტელეფონები და სხვა. ყველა ჩამოთვლილი ელექტრომოწყობილობა გარემომცველ გარემოში ქმნის სხვადასხვა დონის ელექტრომაგნიტური ველს, რომელთა ინტენსივობა მით მეტია, რაც მეტია მათში გამავალი დენი, რომელიც თავის მხრივ დამოკიდებულია ელექტრომოწყობილობის სიმძლავრეზე. აქედან გამომდინარე სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის გავლენის ჰიგიენური შეფასება

ხორციელდება სამრეწველო სიხშირის ცალკე ელექტრული და ცალკე მაგნიტური ველების მიხედვით.

სადისერტაციო ნაშრომში ჩვენ განვიხილავთ სამრეწველო ინფრასტრუქტურებს, მათ შორის ელექტროენერგეტიკის ობიექტებს, რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ გარემომცველ გარემოზე. ასე მაგალითად, მრავალი სხვადასხვა სახის ენერგობიექტის არსებობას, რომლებიც წარმოადგენენ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროს, მივყავართ ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის გაუარესებასთან. ამასთანავე ამჟამად ელექტრომაგნიტური ველის ინტენსივობა მრავალჯერ აღემატება დედამიწის ბუნებრივი ელექტრული და მაგნიტური ველების დონეს.

უპირველესად ეს მდგომარეობა ნეგატიურ გავლენას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე, ასევე ამწვავებს ენერგეტიკაში ტექნიკური სტრუქტურების ელექტრომაგნიტური თავსებადობის პრობლემას, რაც თავის მხრივ გავლენას ახდენს ელექტროენერგეტიკული სისტემების ფუნქციონირების საიმედოობაზე, ამ სისტემებში თანამედროვე მიკროპროცესორული მართვის საშუალებების მუდმივ დანერგვასთან დაკავშირებით. გარდა ამისა ბევრად განსაზღვრავს რადიო და ტელემაუწყებლობისა და კავშირგაბმულობის სხვა სახის ხარისხს.

ამასთან დაკავშირებით ელექტრომაგნიტური თავსებადობის პოზიციიდან გაჩნდა ელექტრომაგნიტური გავლენის რთული ამოცანის გადაწყვეტის პრობლემა, რომელიც მოითხოვს ისეთი ელექტრომაგნიტური გარემოს შექმნას, როცა რეალურ ელექტრულ ქსელში ელექტრომოწყობილობები და ხელსაწყოები ნორმალურად ფუნქციონირებენ და არ შეაქვთ დამახინჯებები. თავის მხრივ პრობლემა დაკავშირებულია წარმოებაში და ყოფა-ცხოვრებაში ელექტროენერგეტიკული და ელექტროტექნიკური დანადგარების მიერ შექმნილი დაბალსიხშირული ელექტრული და მაგნიტური ველების ადამიანის ჯანმრთელობაზე ნეგატიურ გავლენასთან ანუ როგორც მას უწოდებენ -ბიოელექტრომაგნიტური თავსებადობის

პრობლემა, ფართოდ განიხილება წამყვან საერთაშორისო ელექტროტექნიკურ და სამედიცინო ორგანიზაციებში რეალური საფრთხის კონკრეტიზაციისა და ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან პერსონალისა და მოსახლეობის დაცვის შესაბამისი ნორმატიული დოკუმენტების შემუშავების მიზნით.

აქედან გამომდინარე ელექტრულ ქსელებში ელექტრომაგნიტური თავსებადობისა და ბიოელექტრომაგნიტური თავსებადობის უზრუნველყოფის საკითხები დღემდე ინარჩუნებენ თავიანთ აქტუალობას.

უნდა აღინიშნოს, რომ მოქმედ ელექტროდანადგარებზე ელექტრომაგნიტური გავლენის პრობლემების შესწავლას მიძღვნილი აქვს მრავალი სამეცნიერო ნაშრომი.

ამასთანავე ელექტროენერგეტიკული ობიექტების სიახლოვეს ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების რეალური დონის შეფასება მათი ელექტრული შეერთებებისა და სამშენებლო კონსტრუქციების სირთულის გათვალისწინებით, ასევე ელექტრული ქსელის საკვლევი უბნის სქემურ-რეჟიმული თავისებურებებიდან გამომდინარე დღემდე რჩება რთულ სამეცნიერო-ტექნიკურ პრობლემად, რომელიც მოითხოვს ყოველმხრივ შესწავლას.

სამწუხაროდ საქართველოში დღემდე არ არის დამუშავებული ელექტრომაგნიტური თავსებადობისა და შესაბამისად ელექტროენერჯის ხარისხის კონცეფცია. ამით ბევრად აიხსნება ელექტროენერგეტიკულ ობიექტებზე ელექტრომაგნიტური თავსებადობის მდგომარეობის გამოკვლევის საკითხის აქტუალობა.

**სადისერტაციო სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს** საქართველოს ენერგოსისტემის ენერგეტიკულ ობიექტებსა და მათ სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური თავსებადობის, კერძოდ, სამრეწველო სიხშირის ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების დონის გამოკვლევა და მიღებული შედეგების ნორმატიული დოკუმენტებით დადგენილი მნიშვნელობებთან შესაბამისობის შეფასება.

**კვლევის ამოცანები.** დასახული მიზნის მისაღწევად სადისერტაციო ნაშრომში დასახული იქნა შემდეგი ამოცანები:

1. მოქმედი ელექტროდანადგარების ელექტრომაგნიტური ველის გაანგარიშების არსებული მეთოდების ანალიზი;
2. სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის გაზომვის ცნობილი ინსტრუმენტალური მეთოდების ანალიზი;
3. ელექტრომაგნიტური გარემოების შეფასებისათვის ელექტრომაგნიტური ველების გაზომვის არსებული საშუალებების შესაძლო გამოყენების გამოკვლევა;
4. ელექტრომაგნიტური ველის დონეზე ელექტროდანადგარების რეჟიმული პარამეტრებისა და ამინდის ფაქტორების გამოკვლევა;
5. ბიოელექტრომაგნიტური თავსებადობის პოზიციიდან გამომდინარე სამუშაოს წარმოების უსაფრთხო პირობების უზრუნველსაყოფად მოქმედი ელექტროდანადგარების ელექტრომაგნიტური გავლენის პრობლემების ყოველმხრივი შესწავლა

**კვლევის ობიექტი.** სს „თელასი“-ს კუთვნილი ნუცუბიდის 110/10/6 ქვესადგური, 110, 6, 10 კვ ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზები და საქართველოს ენერგოსისტემის კუთვნილი 220 და 500 კვ ძაბვის ხაზები.

**კვლევის მეთოდები.** დასახული ამოცანის გადაწყვეტისათვის გამოყენებულია ელექტრომაგნიტური ველის თეორიის მეთოდები ელექტროტექნიკის ფუნდამენტალურ კანონებთან ერთად, მოდელირების თეორიის მეთოდები. შემოთავაზებული მეთოდების ეფექტურობის შემოწმება ჩატარებული იქნა ელექტრომაგნიტური გარემოების ცალკეული მახასიათებლების პირდაპირი გაზომვის დახმარებითა და გამოთვლითი ექსპერიმენტის შედეგად.

სამეცნიერო დებულებების, თეორიული დასკვნების, დისერტაციის ძირითადი შედეგებისა და რეკომენდაციების დასაბუთება და ნამდვილობა დამტკიცებულია საქართველოს ენერგოსისტემის ელექტრულ ქსელებსა და



საწარმოების გამანაწილებელ მოწყობილობებში ფართომასშტაბიანი ექსპერიმენტული გამოკვლევებით.

**სამეცნიერო სიახლე.** საქართველოს მასშტაბით პირველად იქნა ჩატარებული ექსპერიმენტული გამოკვლევები ელექტრომაგნიტური ველის პარამეტრების დონის შესახებ და მათი შესაბამისობის საკითხი დადგენილ ნორმატიულ დოკუმენტებთან.

**სამუშაოს რეალიზაცია.** სადისერტაციო სამუშაოს ექსპერიმენტული გამოკვლევები შესრულებული იქნა საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის გრანტის ჩარჩოებში.

**სამუშაოს აპრობაცია.** სადისერტაციო სამუშაოს ძირითადი დებულებები გამოქვეყნებულია 3 სამეცნიერო სტატიაში. ასევე მოხსენებული იქნა ქ. ქუთაისში მე-4 საერთაშორისო კონფერენციაზე „ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ 2016 წელს და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში, ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტში პირველ, მეორე და მესამე კოლოქვიუმებზე.

**შედეგების გამოყენების სფერო.** მოცემულ სამუშაოში განხილული პრობლემა დღესდღეობით სამეცნიერო საზოგადოების ყურადღების ცენტრშია როგორც ჩვენს ქვეყანაში, ასევე მთელ რიგ ქვეყნებში. აუცილებელია ჩატარდეს განმარტებითი სამუშაოები იმის შესახებ, თუ რა გავლენას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე ელექტრომაგნიტური ველი, შემუშავდეს დამცავი ზომები და მოხდეს მათი გავრცელება.

**დისერტაციის სტრუქტურა და მოცულობა.** დისერტაცია შედგება შესავალის, 4 თავის, დასკვნების, ლიტერატურის ნუსხისა და დანართისაგან, რომლებიც მოიცავს 123 გვერდს. დისერტაცია შეიცავს 37 ნახაზს, 16 ცხრილს და 36 დასახელების ლიტერატურის ნუსხას.

## სამუშაოს ძირითადი შინაარსი

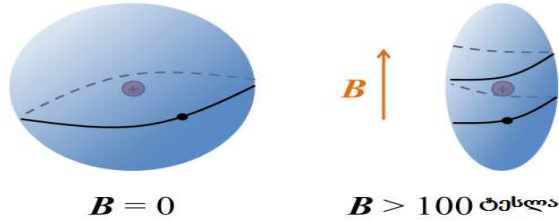
**შესავალში** დასაბუთებულია პრობლემის აქტუალობა, ჩამოყალიბებული და განსაზღვრულია გამოსაკვლევი საკითხების წრე, ასევე კვლევის მიზანი და ამოცანები. ფორმულირებულია ნაშრომის მეცნიერულ სიახლეთა და პრაქტიკული მნიშვნელობის ძირითადი ასპექტები.

**პირველ თავში** მოყვანილია ლიტერატურული წყაროების ანალიზი. ცნობილია, რომ ექსტრემალურად მძლავრი ელექტრომაგნიტური ველები იქმნებიან ქვესადგურებში და უშუალოდ მძლავრი ელექტრომოწყობილობების: 0,4-500 კვ საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზების, გენერატორების, ტრანსფორმატორების, ელექტრული ძრავების უშუალო სიახლოვეს.

სამრეწველო სიხშირის მაღალი დონის ძაბვისა და დენის ელექტროდანადგარების სიახლოვეს ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობის გაზომვის შედეგები მოწმობენ ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობების მაღალი დონის არსებობაზე, რომლებსაც შეუძლიათ ნეგატიური გავლენა იქონიონ ტექნიკური საშუალებების მუშაობასა და ადამიანის ჯანმრთელობაზე. აქედან გამომდინარე ელექტრულ ქსელებში ელექტრომაგნიტური თავსებადობისა და ბიოელექტრომაგნიტური თავსებადობის უზრუნველყოფის საკითხები დღემდე ინარჩუნებენ თავიანთ აქტუალობას.

ადამიანის ორგანიზმი ყოველდღიურ ცხოვრებაში ყოველთვის იმყოფება ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედების ქვეშ. როგორც ცნობილია ორგანიზმი შედგება მოლეკულებისგან, ეს უკანასკნელი კი ატომებისაგან, რომლებთაც დაახლოვებით ასეთი ფორმა აქვთ. ცენტრში მდებარეობს ბირთვი, ხოლო მის გარშემო ორბიტაზე მოძრავი ელექტრონები.

როდესაც მაგნიტური ველი ატომს განსჯოლავს ის ძალით შეკუმშავს მას ამ ველის პერპენდიკულარულად. კუმშვის ძალა იზრდება მაგნიტური ველის ზრდასთან ერთად. ატომი ადამიანის ორგანიზმში უხეში სფეროს ფორმიდან მიიღებს “სიგარის” ფორმას, როგორც ეს ნახ.1-ზე არის ნაჩვენები და ბოლოს – ნემსის ფორმას.



ნახ.1. ატომის ფორმის ცვლილება მაგნიტური ველის გავლენით

მოლეკულებს, რომლიდანაც ადამიანის სხეული შედგება, აქვთ უნარი შეიკავონ ერთმანეთი, როდესაც მის ატომებს აქვთ ნორმალური ფორმა. უიმისოდ კი მოლეკულა დაიწყებს დაშლას, რამაც შეიძლება ორგანიზმში ფატალური შედეგები გამოიწვიოს.

სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ადამიანის ორგანიზმზე გავლენის შესახებ პირველი გამოკვლევები ჩატარებული იქნა საბჭოთა მეცნიერების მიერ გასული საუკუნის 60-იანი წლების შუა ხანებში. იმ პირების ჯანმრთელობის მდგომარეობის შესწავლის დროს, რომლებიც 220, 330, 500 კვ ძაბვის ქვესადგურებისა და საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების მომსახურების დროს ექვემდებარებოდნენ სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებას. ამ გამოკვლევების შედეგებმა აჩვენა, რომ ის პირები, რომლებიც დიდი ხნის განმავლობაში იმყოფებოდნენ ელექტრომაგნიტურ ველში ყველაზე ხშირად ჩიოდნენ სისუსტეზე, გაღიზიანებაზე, სწრაფ დაღლაზე, მახსოვრობის დაქვეითებაზე, უძილობაზე.

ამჟამად არსებობს მრავალი პრობლემა, რომლებიც დაკავშირებულია საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ხანგრძლივ ზემოქმედებასთან ნერვულ, გულ-სისხლძარღვთა, იმუნურ და სასქესო სისტემაზე.

არსებითად დედამიწაზე არსებულ ყველა ცოცხალ ორგანიზმს გააჩნია ბიოველი. ადამიანის ბიოველი ფორმირებული იქნა დედამიწის ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებით და რადგანაც დღევანდელი ელექტრომაგნიტური ფონი ათეულათასობით აღემატება ბუნებრივს, ამიტომ ადამიანის ველს არ შეუძლია წინააღმდეგობა გაუწიოს ასეთ ზეწოლას.

სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის მოქმედების მექანიზმის თანამედროვე წარმოდგენის მიხედვით ადამიანის ორგანიზმისათვის ძირითად საფრთხეს წარმოადგენს ალგზნებად სტრუქტურებზე (ნერვული სისტემა, კუნთოვანი ქსოვილი) აღძრული ელექტრული დენის გავლენა. პარამეტრი, რომელიც განსაზღვრავს ზემოქმედების ხარისხს, წარმოადგენს ადამიანის სხეულში აღძრული გრიგალური დენის სიმკვრივე. ამ დროს სამრეწველო სიხშირის ელექტრული ველებისათვის დამახასიათებელია ადამიანის ორგანიზმში სუსტი შეღწევა, ხოლო მაგნიტური ველებისათვის ორგანიზმში პრაქტიკულად გამჭირვალეა.

ამავე თავში მოყვანილია აშშ-ში, კანადაში, გერმანიაში, საფრანგეთში, შვედეთში ჩატარებული ეპიდემიოლოგიური გამოკვლევების შედეგები. ეპიდემიოლოგიურმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ განსაზღვრულ პირობებში სისხლისა და ტვინის ონკოლოგიური დაავადების ალბათობა მნიშვნელოვნად მეტია იმ პირებში, რომლებიც ხანგრძლივად იმყოფებიან სამრეწველო სიხშირის სუსტი მაგნიტური ველის ზემოქმედების ქვეშ. სახელდობრ, შვედეთში ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ 15 წლამდე ბავშვებში, რომლებიც ცხოვრობდნენ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ახლოს 200 ნტლ მაგნიტური ინდუქციის დროს ლეიკემიით დაავადება 2,7 - ჯერ უფრო ხშირი იყო, ვიდრე ბავშვების იმ საკონტროლო ჯგუფში,

რომლებიც ცხოვრობდნენ ამ საჰაერო ხაზიდან მოშორებით და 3,8-ჯერ მეტი, რომლებიც ცხოვრობდნენ 300 ნტლ მაგნიტური ინდუქციის ზონაში.

სამრეწველო სიხშირის სუსტი მაგნიტური ველის ხანგრძლივი ზემოქმედების დროს ონკოლოგიურ ცვლილების ალბათობის ზრდას მოწმობს ციტოლოგების კვლევები უჯრედის დონეზე და ბიოლოგების მიერ ცხოველებზე ჩატარებული ექსპერიმენტებიც.

სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის უარყოფითი ზემოქმედების შესახებ წარმოდგენის ცვლილებასთან ერთად იცვლება სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ველთან პროფესიულად დაკავშირებული პერსონალისა და მოსახლეობის სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის მარეგლამენტირებელი ზემოქმედების ნორმატიული დოკუმენტები.

იმისგან დამოკიდებულებით, ვინ ამუშავებს ნორმატიულ დოკუმენტებს, ისინი ატარებენ აუცილებელ ან სარეკომენდაციო ხასიათს. სახელმწიფო ნორმატივები, როგორც წესი, ატარებენ აუცილებელ ხასიათს, ხოლო საზოგადოებრივი ორგანიზაციებისა და გაერთიანებული პროფესიონალების დოკუმენტების აბსოლუტურ უმრავლესობას აქვს სარეკომენდაციო ხასიათი. მაგრამ თანდათანობით სარეკომენდაციო პარამეტრები შეიძლება გადავიდეს აუცილებელის თანრიგში, როგორც ეს მოხდა სამრეწველო სიხშირის ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების ნორმირებულ მნიშვნელობებთან დოკუმენტში TCO-9. ამ დოკუმენტის მოდიფიკაციები TCO-92,95,99 მთელ რიგ ქვეყნებში შევიდნენ სახელმწიფო ნორმატივებში და მათი მოთხოვნების შესრულება აუცილებელია.

ნორმატიული დოკუმენტების დამუშავების დროს ყოველთვის არსებობს წინააღმდეგობა მომხმარებლისა და პროდუქციის მწარმოებლის ინტერესებს შორის. ამ დროს მთავარი როლის თამაშს იწყებს ეკონომიური საკითხები.

სამრეწველო სიხშირის ელექტრული და მაგნიტური ველების მიერ აღძრული დენების სიმკვრივეზე ბიოეფექტების დამოკიდებულება უდევს საფუძვლად ჯანდაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის დავალებით დამუშავებულ სამრეწველო სიხშირის ელექტრული და მაგნიტური ველების მიერ აღძრული დენების სიმკვრივეების ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობების საერთაშორისო დროებით რეკომენდაციებს.

ამავე თავში მოყვანილია ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების გაანგარიშების მეთოდიკა, რომლებიც დაფუძნებულია მოცემული წერტილის მიმართ ლაპლასისა და პუასონის განტოლებების ანალიტიკურ გადაწყვეტაზე.

ნაშრომის მეორე თავში განხილულია სამრეწველო სიხშირის ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების გაანგარიშებისა და გაზომვის მეთოდები.

ელექტრომაგნიტური ველის ანალიზი შეიძლება ჩატარებული იქნას როგორც საანგარიშო, ასევე პირდაპირი გაზომვის მეთოდებით.

ამჟამად ელექტრული და მაგნიტური ველების გაანგარიშების პრაქტიკაში ყველაზე უფრო გავრცელება ჰჰოვა ბადეების ანუ კიდურა სხვაობის, კიდურა ელემენტების, ინტეგრალური განტოლებების მეთოდებმა არსებობს ასევე ცნობები ვარიაციული და ეკვივალენტური მუხტების მეთოდების გამოყენების შესახებ. პირველი სამი მეთოდი წარმოადგენს საკმაოდ უნივერსალურს რაც იძლევა მათი ეგმ-ზე გამოყენების საშუალებას. მაგრამ ნორმატიული დოკუმენტის მიხედვით ელექტროენერგეტიკის მოქმედ ობიექტებზე ელექტრული და მაგნიტური ველების ანალიზი საჭიროა ჩატარებული იქნას გაზომვის მეთოდებით. მაშინ როცა პროექტირების სტადიაში მყოფ ობიექტებზე გამართლებულია საანგარიშო მეთოდების გამოყენება. ეს განპირობებულია იმით, რომ მოქმედი ელექტრული ქსელების რთული სქემების ელექტრომაგნიტური ველის გაანგარიშებისათვის მოითხოვება საწყისი მონაცემების დიდი რაოდენობა, მათ რიცხვში ობიექტების ურთიერთგანლაგება, სასაზღვრო

პირობები, მატერიალური საშუალებების ელექტროფიზიკური მახასიათებლები და სხვა. შედეგად ამოცანის დასმა იმდენად შრომატევადია, რომ წარმოიშვება პირდაპირი გაზომვის მეთოდის გამოყენების საჭიროება.

აქედან გამომდინარე ამ თავში დაწვრილებით განხილულია თანამედროვე მრავალფუნქციური უნივერსალური საზომი სამკომპონენტო ხელსაწყო BE-METP-ი, რომლის საერთო ხედი წარმოდგენილია ნახ.2-ზე. იგი შედგება ელექტრული და მაგნიტური ველების პარამეტრების საზომი ორი მოდიფიკაციის საზომისაგან "50 ГЦ" და „AT-004“ და მათი რადიოარხებით მართვის ბლოკისაგან „HTM-ТЕРМИНАЛ“.

ხელსაწყო ინსტრუქციის თანახმად ბლოკის ექსპლუატაციის პროცესში ოპერაციების ჩასატარებლად დაიშვებიან საშუალო ან უმაღლესი განათლების პირები, რომლებსაც დაწვრილებით შესწავლილი აქვთ ხელსაწყო სახელმძღვანელო, გავლილი აქვთ ინსტრუქტაჟი უსაფრთხოების ტექნიკაში და აქვთ შესაბამისი დაშვება ელექტროდანადგარებზე სამუშაოდ, საშიში ფიზიკური ფაქტორების გაზომვის გამოცდილება და იციან კომპიუტერთან მუშაობა.

წარმოდგენილი მოთხოვნებიდან გამომდინარე ამ თავში განხილულია მისი თითოეული შემადგენელი ნაწილის დანიშნულება, ხელსაწყო სამუშაოდ მომზადების, გასინჯვისა და ტესტირების საკითხები. პირდაპირი გაზომვების ჩატარების მეთოდოლოგია.

ამ ხელსაწყო დანიშნულებაა ვაწარმოთ სამრეწველო სიხშირის ელექტრული ველის დამაბულობის და მაგნიტური ველის ინდუქციის გაზომვები იმ პერსონალის სამუშაო ადგილებზე, რომლებიც პროფესიულად დაკავშირებულნი არიან სამრეწველო სიხშირის ცვლადი ელექტროენერჯის წარმოების, გადაცემისა და განაწილების სისტემების, რკინიგზის, ტრანსპორტის, სამედიცინო ტექნიკისა და საცხოვრებელი და

საოფისე სათავსოების სპეციალური მოწყობილობების მომსახურებასა და ექსპლუატაციასთან.



**ნახ.2. მრავალფუნქციური უნივერსალური საზომი სამკომპონენტანი ხელსაწყო BE-METP-ის საერთო ხედი**

ნაშრომის მესამე თავი ეძღვნება ელექტრულ ქსელებში პერსონალზე ელექტრული და მაგნიტური ველების ზემოქმედების შეფასების მეთოდებს.

ელექტრული და მაგნიტური ველების ზემოქმედების მრავალფაქტორიანობა გარემოს ეკოლოგიაზე და ადამიანის ჯანმრთელობაზე მოითხოვს ამ ზემოქმედების რაოდენობრივი შეფასების პრობლემის კომპლექსურ გადაწყვეტას.

ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, 2003 წლამდე ელექტრომაგნიტური თავსებადობის ნორმებით რეგლამენტირებული იყო ადამიანის ყოფნის ხანგრძლივობა ელექტრული ველის დამაბულობის გავლენის ზონაში და მთლიანად იყო იგნორირებული მაგნიტური ველის გავლენის ზონაში ყოფნის ხანგრძლივობა. სიტუაცია კარდინალურად შეიცვალა ახალი ნორმატიული დოკუმენტების შემოღების შემდეგ, რომელშიც გამოყენებულია ერთიანი მიდგომა, რომელიც ზღუდავს ადამიანის ყოფნის ხანგრძლივობას ელექტრული ან მაგნიტური ველის მომატებული დონის არსებობის დროს.



ამ ნორმების თანახმად ადამიანის ყოფნის ხანგრძლივობა განისაზღვრება ცალკე ელექტრული და ცალკე მაგნიტური ველებისათვის.

ელექტრული ველის დამაბულობისათვის ადამიანის ყოფნის ხანგრძლივობა, ანუ ბიოელექტრომაგნიტური თავსებადობა განისაზღვრება შემდეგნაირად.

- სამუშაო ადგილზე 5 კვ/მ-მდე ელექტრული ველის დამაბულობის დროს ადამიანის ყოფნის ხანგრძლივობა შეზღუდული არ არის;
- 5 კვ/მ-დან 20 კვ/მ-მდე ჩათვლით ელექტრული ველის დამაბულობის ზონაში ადამიანის ყოფნის ხანგრძლივობა გამოითვლება ფორმულით:

$$T_{ელ} = \frac{50}{E} - 2 \quad (1)$$

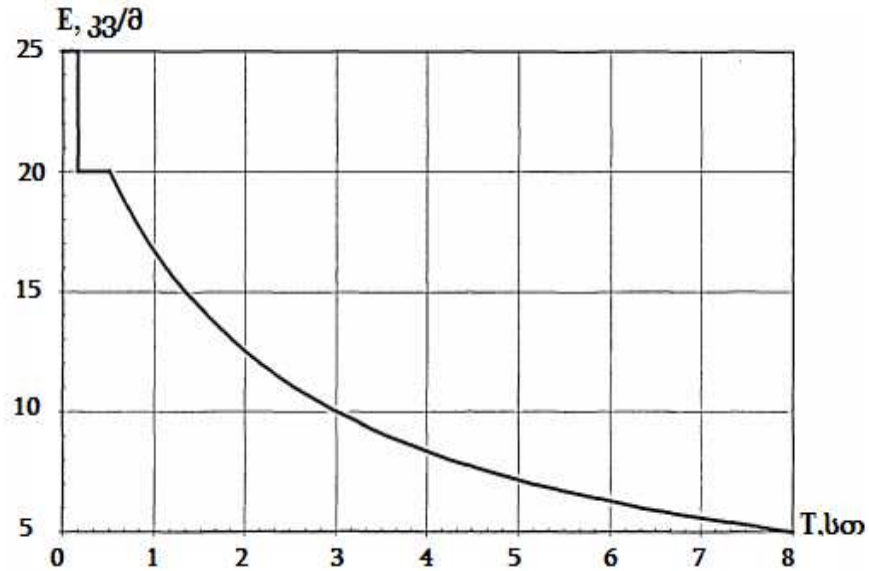
სადაც E- ელექტრული ველის დამაბულობა ადამიანის ყოფნის ადგილზე.

- 20 კვ/მ-დან 25 კვ/მ-მდე ჩათვლით დიაპაზონში ადამიანის ყოფნის ხანგრძლივობა შეადგენს 10 წთ-ს.
- 25 კვ/მ-ზე ზევით ელექტრული ველის დამაბულობის დროს დაცვის საშუალებების გამოყენების გარეშე ადამიანის ყოფნა დაუშვებელია.

ელექტრულ ველში ადამიანის ყოფნის დასაშვები ხანგრძლივობა შეიძლება რეალიზებული იყოს ერთჯერადად ან ნაწილ-ნაწილ მთელი სამუშაო დღის განმავლობაში. დანარჩენ დროს მას შეუძლია იყოს ელექტრული ველის გავლენის ზონის გარეთ ან გამოიყენოს დაცვის საშუალებები.

ნახ.3-ზე მოყვანილი ზღვრულად დასაშვები დონის მრუდის ან (1) გამოსახულების გამოყენებასთან დაკავშირებულ ძირითად პრობლემას წარმოადგენს ელექტროენერგეტიკულ ობიექტებსა და მიმდებარე ტერიტორიაზე, სადაც ველების დროებით სივრცით განაწილებას უმეტეს შემთხვევაში აქვს რთული და ზოგჯერ არასტაციონარული ხასიათი, ელექტრომაგნიტური გარემოების ცვალებადობა. ამ დროს პერსონალი, რომელიც გადაადგილდება სხვადასხვა დამაბულობების ზონებში,

ელექტრული ველის მხრიდან ექვემდებარება სხვადასხვა დონის ზემოქმედებას.



ნახ.3. ელექტრული ველის ზღვრულად დასაშვები დონისა და მასში ადამიანის ყოფნის ხანგრძლივობის დამოკიდებულების მრუდი.

ასეთ სიტუაციებში ელექტრომაგნიტური თავსებადობის ნორმები განსაზღვრავენ ელექტრული ველის სხვადასხვა დამაბულობის ზონებში ყოფნის დაყვანილ დროს  $T_{დაყვ.}$ , რომელიც ეკვივალენტურია ელექტრული ველის დამაბულობის ნორმირებული დაბალი საზღვრის, 5 კვ/მ ზონაში ყოფნის ბიოლოგიური ეფექტისა.  $T_{დაყვ.}$  განისაზღვრება ფორმულით:

$$T_{დაყვ.} = \mathcal{E} \left( \frac{E_{E1}}{T_{E1}} + \frac{E_{E2}}{T_{E2}} + \dots + \frac{E_{En}}{T_{En}} \right) \quad (2)$$

სადაც  $t_{E1}, t_{E2}, \dots, t_{En} = E_1, E_2, \dots, E_n$  დამაბულობის მქონე საკონტროლო ზონებში ყოფნის ხანგრძლივობაა, სთ;  $T_{E1}, T_{E2}, \dots, T_{En}$  -შესაბამისი საკონტროლო ზონებისათვის ადამიანის ყოფნის დასაშვები დროის ხანგრძლივობაა.

$T_{დაყვ.}$  დროს სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს 8 საათს. საკონტროლო ზონების რაოდენობა განისაზღვრება სამუშაო ადგილზე ელექტრული ველის დამაბულობის დონის ვარდნით. ამ დროს საკონტროლო ზონების

ელექტრული ველის დამაბულობის დონეებს შორის განსხვავება დადგენილია 1 კვ/მ.

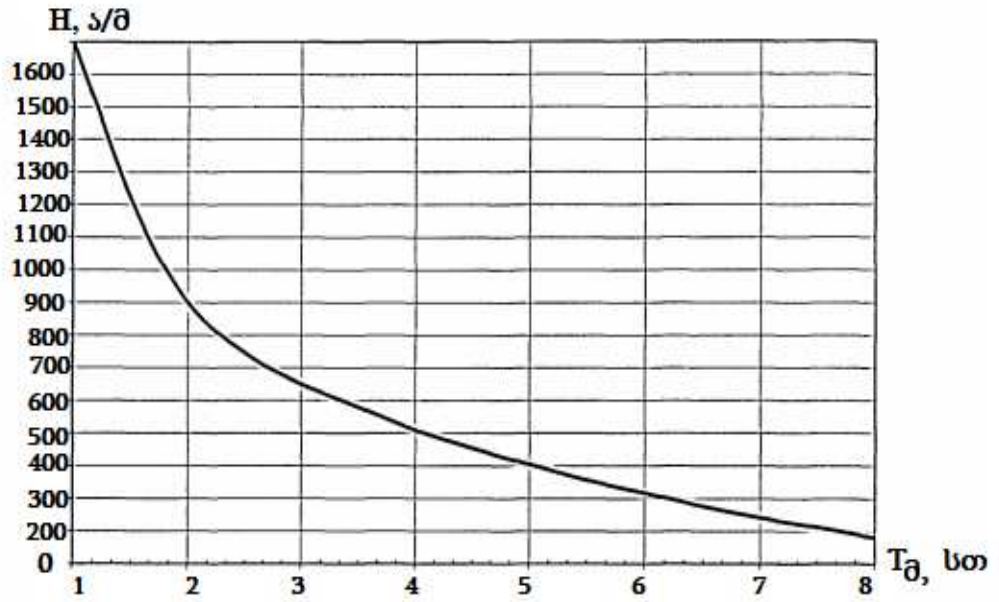
ამჟამად, საქართველოს ელექტრულ ქსელებში პრაქტიკულად არ არსებობს ხელსაწყოები, რომლებიც საშუალებას იძლევიან ავტომატურად განსაზღვრონ  $T_{დ.ყვ}$ . ამიტომ (1) და (2) გამოსახულებების გამოთვლა ეკისრება პერსონალს ელექტრულ ველში ყოფნის დროის ხანგრძლივობასთან ერთად.

ელექტრომაგნიტური თავსებადობის ნორმებით (3.2) რეგლამენტირებულია ადამიანის მაგნიტურ ველში ყოფნის ხანგრძლივობაც.

ამ ნორმატიული დოკუმენტით მაგნიტურ ველში ყოფნის ხანგრძლივობა განისაზღვრება ნახ.3.2-ზე წარმოდგენილი გრაფიკული დამოკიდებულებით. სამწუხაროდ, ამ დროს (3.1)-ს ანალოგიური არავითარი მათემატიკური ფუნქცია შემოთავაზებული არ არის. შედეგად მაგნიტურ ველში ყოფნის ხანგრძლივობის შეფასების კორექტულობა მნიშვნელოვნად არის შემცირებული.

სანიტარულ –ჰიგიენური ნორმების მიხედვით საერთო ზემოქმედების დროს მაგნიტური ველის დამაბულობის ზონაში ყოფნის ხანგრძლივობა განისაზღვრება შემდეგნაირად:

- სამუშაო ადგილზე 80 ა/მ-მდე მაგნიტური ველის დამაბულობის დროს ადამიანის ყოფნის ხანგრძლივობა შეზღუდული არ არის;
- 80 ა/მ-დან 1600 ა/მ-მდე მაგნიტური ველის დამაბულობის დიაპაზონში ადამიანის ყოფნის ხანგრძლივობა  $T_a$  განისაზღვრება ნახ.4-ზე წარმოდგენილი ინტერპოლაციის მრუდით;
- 1600 ა/მ-ზე ზევით მაგნიტური ველის დამაბულობის დროს ადამიანის ყოფნის ხანგრძლივობა  $T_a$  შეადგენს 1 სთ-ს; მაგნიტურ ველში ადამიანის ყოფნის დასაშვები ხანგრძლივობა შეიძლება რეალიზებული იყოს ერთჯერადად ან ნაწილ-ნაწილ მთელი სამუშაო დღის განმავლობაში.



ნახ.4. მაგნიტურ ველის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობის ინტერპოლაციის ადამიანის მაგნიტურ ველში ყოფნის ხანგრძლივობაზე დამოკიდებულების მრუდი.

უნდა აღინიშნოს, რომ ახალი სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმის, რომელიც ადგენს ზღვრულად დასაშვები ნორმის ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობის ზონაში ყოფნის ხანგრძლივობაზე დამოკიდებულებას, ცხად ხარვეზს წარმოადგენს ერთდროულად მომატებული დონის ელექტრული და მაგნიტური ველების გავლენის ზონაში შერეული ელექტრომაგნიტური ზემოქმედების არსებობისას სამუშაოს შესრულების ხანგრძლივობის დადგენის შეუძლებლობა.

ამრიგად ნაჩვენებია, რომ ბიოელექტრომაგნიტური თავსებადობა ინარჩუნებს თავის აქტუალობას ელექტროენერგეტიკის ობიექტების მიმდინარე ექსპლუატაციის სამუშაოების წარმოების უსაფრთხო პირობების უზრუნველყოფისათვის და მოითხოვს ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების რაოდენობრივი დონეების უტყუარ შეფასებას

ამავე თავში წარმოდგენილია ადამიანზე სამრეწველო სიხშირის ელექტრული და მაგნიტური ველების რაოდენობრივი ზემოქმედების ინსტრუმენტალური შეფასების ალგორითმები.

მეოთხე თავში წარმოდგენილია დოქტორატის მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგები. ნუცუბიდის 110/10/6 კვ ქვესადგურში, საჰაერო ძაბვის გადამცემ ხაზზე ავჰალაში, 500 კვ ძაბვის ხაზზე მამკოდაში ხაზების მინიმალური და მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში.

ნუცუბიდის ქვესადგურში პირველად ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობები გაზომილი იქნა ქვესადგურის შესასვლელში, 6 კვ ძაბვის ხაზის ქვეშ. ამ დროს ხაზში გამავალი დენი შეადგენდა 165 ამპერს. გაზომვის მონაცემები წარმოდგენილია ცხრილი 1-ში. როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, ხაზიდან დაშორებით როგორც მაგნიტური, ისე ელექტრული ველების დამაბულობები მცირდება და კიდურა ხაზიდან 13 მეტრის დაშორებით მაგნიტური ველის დამაბულობა 0,23 მკტლ აღწევს ამერიკელი და შვედი მეცნიერების მიერ დადგენილ დასაშვებ (0,2–0,3 მკტლ) ნორმას, ხოლო ელექტრული ველის დამაბულობა, რომელიც სანიტარული ნორმებითა და წესებით შეადგენს 20 კვ/მ, ყველგან დასაშვებ ფარგლებშია. აღსანიშნავია, რომ ერთი და იგივე სიმძლავრის პირობებში, რაც უფრო დაბალია ძაბვა მით უფრო ნაკლებია ელექტრული ველის დამაბულობა და მით მეტია მაგნიტური ველის დამაბულობა.

**ცხრილი 1. გაზომვიც მონაცემები ნუცუბიდის ქვესადგურის შესასვლელში**

№	დაშორება ხაზის ცენტრიდან მ.	ველის დამაბულობა	
		მაგნიტური მკტლ	ელექტრული კვ/მ
1	0	1,8	0,137
2	3	1,2	0,070
3	5	0,9	0,053
4	7	0,6	0,040
5	9	0,4	0,027
6	11	0,3	0,020
7	13	0,23	0,016

ცხრილი 2-ში წარმოდგენილია ავჰალაში, ლიბანის ქუჩაზე, ძაბვის ხაზის გასწვრივ ჩატარებული გაზომვის შედეგები.

**ცხრილი 2. გაზომვის შედეგები ლიზანის ქუჩაზე**

№	დაშორება ხაზის ცენტრიდან მ.	ველის დამაბულობა	
		მაგნიტური მკტლ	ელექტრული კვ/მ
1	0	0,55	0,024
2	2	0,48	0,022
3	5	0,45	0,0065
4	8	0,36	0,002
5	10	0,29	0,0007
6	15	0,26	0,0006
7	20	0,23	0,0006
8	25	0,2	0,0006

როგორც წარმოდგენილი ცხრილი 2-დან ჩანს, ელექტრული და მაგნიტური ველის დამაბულობების ველის მიწიდან 1,8 მ სიმაღლეზე ქვეყანაში მოქმედი სანიტარული ნორმების ფარგლებშია. ხოლო 25 მეტრის დაშორებით მაგნიტური ველის დამაბულობა 0,2 მკტლ აღწევს ამერიკელი და შვედი მეცნიერების მიერ დადგენილ დასაშვებ (0,2–03 მკტლ) ნორმას. ხოლო ზაფხულის პერიოდში არ დაფიქსირდა მაგნიტური ველის ინდუქცია 0,18 მკტლ-ზე ზევით. ადგილი შეიქმნა მისი მდებარეობიდან გამომდინარე, რადგან მის გარშემო შეინიშნება ხალხის მუდმივი ყოფნა.

ჩვენს მიერ ექსპერიმენტული გამოკვლევები ჩატარებული იქნა ასევე 500 კვ ძაბვის ხაზის გასწვრივ მამკოდაში. ცხრილი 3-ში წარმოდგენილია გაზომვის შედეგები მაქსიმალური ჩამოკიდების ისრიდან მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმებში. ცხრილი 3-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ ელექტრული ველის დამაბულობა დამოკიდებულია ძაბვაზე, ხოლო მაგნიტური ველის დამაბულობა დამოკიდებულია დატვირთვის რეჟიმზე. მაგრამ მაქსიმალური დატვირთვის დროს ელექტრული და მაგნიტური დამაბულობების დონეები დასაშვებ ფარგლებშია.

ჩატარებული კვლევებიდან ჩანს, რომ ელექტრული ველის დამაბულობა დამოკიდებულია ძაბვაზე, ხოლო მაგნიტური ველის დამაბულობა დამოკიდებულია დატვირთვის რეჟიმზე.

ცხრილი 4.5. გაზომვის შედეგები მაქსიმალური ჩამოკიდების ისრიდან დაშორებით მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში.

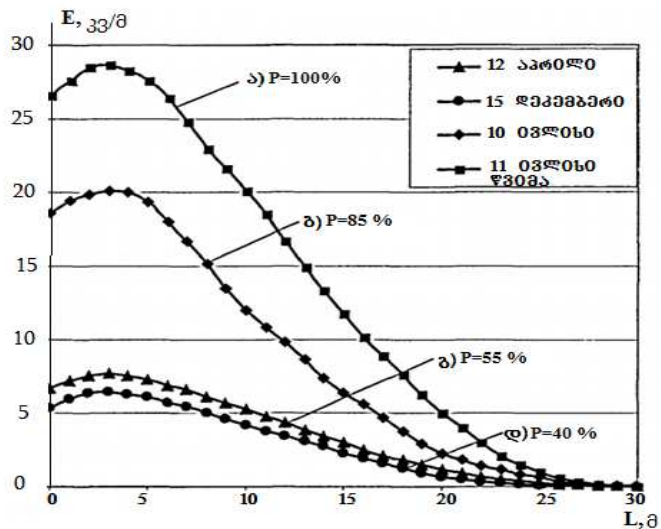
დაშორება ხაზის ცენტრიდან, მეტრი	მაგნიტური ველის დამაბულობა, ა/მ /მკტლ	ელექტრული ველის დამაბულობა, კვ/მ
0	2,76\3.46	15,100
1	2,79\3.49	15,150
2	2,83\3.54	15,300
3	2,89\3.62	15,325
4	3,0\3.76	15.230
5	3,03\3.79	14,680
6	3,05\3.82	13,980
7	3,12\3.90	12,750
8	3,16\3.95	11,490
9	3,15\3.94	9,650
10	2,31\2.89	7,950
11	2,04\2.56	6,850
12	1,64\2.05	5,990
13	1,46\1.83	5,350
14	1,17\1.47	5,020
15	0,96\1.2	4.690
16	0,90\1.13	3,820

17	0,82\1.03	3,090
18	0,78\0.98	2,560
19	0,76\0.95	1.820
20	0,72\0.91	1,120
21	0,68\0.86	0,730
22	0,63\0.79	0,690
23	0,55\0.69	0,640
24	0,48\0.61	0,590
25	0,47\0.59	0,560
26	0,43\0.54	0,450
27	0,40\0.51	0,380
28	0,36\0.45	0,320
29	0,33\0.42	0,280
30	0,32\0.41	0,230
31	0,30\0.38	0,200
32	0,24\0.31	0,170
33	0,23\0.29	0,140
34	0,21\0.27	0.100
35	0,20\0.26	0,080



36	0,19\0.24	0,065
37	0,17\0.22	0,048
38	0,16\0.20	0,030
39	0,16\0.20	0,026
40	0,16\0.20	0,015

კვლევები ჩატარებული იქნა ასევე ამინდის პირობების მიხედვით, რომლის შედეგების მიხედვით დადგინდა, რომ ამინდის პირობები გავლენას ახდენს სანიტარულ-დაცვითი ზონების ზომებზე, რომლებიც ხაზის ღერძიდან გადაადგილდებიან მნიშვნელოვანი დაშორებით. ასე მაგალითად, თუ ზამთრის პერიოდში ჰაერის 40% ტენიანობის დროს 500 კვ ხაზისათვის შეადგენდა 30 მეტრს ხაზის ცენტრიდან, ზაფხულის პერიოდში 100 % ტენიანობის ანუ წვიმის დროს შეადგენდა 36 მეტრს, ანუ დაცვის ზონის სიფართოე გაიზარდა 12 მეტრით (ნახ.5).



ნახ.5. ელექტრული ველის დაძაბულობის განაწილება ხაზის ცენტრიდან დამოკიდებულობის მიხედვით სხვადასხვა ტენიანობის დროს

ელექტრული ველის დაძაბულობაზე გავლენას ახდენს ამინდის ფაქტორები, ხოლო მაგნიტური ველის დაძაბულობაზე გაზომვის შედეგებმა ვერ გამოავლინა რაიმე მნიშვნელოვანი გავლენა.

ამავე თავში განხილულია ასევე სამრეწველო სიხშირის ელექტრული და მაგნიტური ველების მავნე ზემოქმედების პროფილაქტიკის საკითხები.

ამავე თავში განხილულია სამრეწველო სიხშირის ელექტრული და მაგნიტური ველების მავნე ზემოქმედების პროფილაქტიკა. სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ადამიანზე მავნე გავლენის გამორიცხვის საკითხების გადაწყვეტისათვის გამოიყენება ჰიგიენურ პრაქტიკაში მიღებული სამი ძირითადი პრინციპი: დაცვა დროის მიხედვით, დაცვა დაშორების მიხედვით და დაცვა კოლექტიური ან ინდივიდუალური დაცვის საშუალებების გამოყენებით. გარდა ამისა გამოიყენება სამრეწველო სიხშირის ელექტროდანადგარის მომსახურე პერსონალის წინასწარი და ყოველწლიური პერიოდული დათვალიერებები სახელმწიფო სანეპიდზე-დამხედველობისა და ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტროს ნორმატივების შესაბამისად, რომლებიც უზრუნველყოფენ ადამიანის ჯანმრთელობაზე არასასურველი გავლენების პროფილაქტიკას.

## დასკვნები

1. ელექტრულ ქსელებში ბიოელექტრომაგნიტური თავსებადობის უზრუნველყოფის პრობლემა დღემდე ინარჩუნებს თავის აქტუალობას, რომელიც კიდევ უფრო იზრდება ახალი ელექტროდანადგარების ექსპლუატაციაში შეყვანასთან, ძველის რეკონსტრუქციასთან და მოდერნიზაციასთან დაკავშირებით;
2. სამუშაოს უსაფრთხოდ წარმოების პირობების უზრუნველყოფისათვის 0,4-500 კვ ელექტროდანადგარების მიმდინარე ექსპლუატაციისა და მშენებლობის დროს მოითხოვება სამრეწველო სიხშირის ელექტრული და მაგნიტური ველების დონეთა უტყუარი შეფასება.
3. ჩატარებულია ელექტრული ქსელების ბიოელექტრომაგნიტური თავსებადობის ნორმების განზოგადოება, დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის პერსონალზე ზემოქმედების რაოდენობრივი შეფასების გამოყენებისთვის.
4. სტანდარტული მათემატიკური მოდელის საფუძველზე დამუშავებულია ადამიანზე სამრეწველო სიხშირის ელექტრული ველის მავნე ზემოქმედების დოზიმეტრიის ალგორითმი.
5. დამუშავებულია არაწრფივი მათემატიკური მოდელი, რომლის საფუძველზეც შედგენილია ადამიანზე სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის მავნე ზემოქმედების დოზიმეტრიის ალგორითმი.
6. ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების გაზომვის დროს შემჩნეულია ელექტრული ველის დამაბულობაზე ამინდის ფაქტორების გავლენა, ხოლო მაგნიტური ველის დამაბულობაზე რეჟიმული პარამეტრების გავლენა.
7. გაზომვის შედეგები საშუალებას გვაძლევს ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების მომატებული დონეების ზონებში სამუშაოს უსაფრთხოდ წარმოების უზრუნველყოფისათვის დავამუშაოთ ეფექტური ორგანიზაციული და ტექნიკური ღონისძიებების კომპლექსი.

## დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული შრომები:

1. მუსელიანი თ., ვაშაკიძე ა., ცოფურაშვილი გ. სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის წყაროების გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე და მისი სამართლებრივი რეგულირების საკითხები. "ენერჯია", 2017, №2(82), გვ.17–22.
2. მუსელიანი თ., მუსელიანი გ., ცოფურაშვილი გ. ელექტრომაგნიტური ველის ელექტროსტატიკური მდგენელების განსაზღვრა ანალიზური მეთოდით. "ენერჯია", 2017, №1(81), გვ.53–57
3. ცოფურაშვილი გ. ელექტრულ ქსელებში პერსონალზე ელექტრული და მაგნიტური ველების ზემოქმედების შეფასების მეთოდები. "ინტელექტუალი", 2017, №34, გვ. 167– 171.
4. მუსელიანი თ., ცოფურაშვილი გ., მთვარელიშვილი გ. სამრეწველო სიხშირის ელექტრული და მაგნიტური ველების ადამიანის ჯანმრთელობაზე გავლენის პრობლემები. მოხსენებათა კრებული. მე-4 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია: "ენერგეტიკა: რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები". ქ. ქუთაისი, 29.10.2016 წ. გვ. 29–31.

## Summary

By the powerful development of energy, with new powerful electric stations and increased length of voltage lines, also intensive application of electric energy, in the last ten years of twenty century, the society became under great influence of artificial, polluted environment, like a electromagnetic field of industrial frequency.

Nowadays international health organization confesses, that artificial electromagnetic field is very dangerous for human's body and has active biological action on it. Electromagnetic field, like a external factor may be reviewed from two positions: biological harm and social benefit. These two positions are densely connected to each other, because not only reduces productivity of human, but in any case they become incapables. They can not work under the field. That's why the problem of electromagnetic security became one of the most important in many modern developed countries and day after day increase the scale of defense from the electromagnetic radiation.

To be appreciated clearly levels of electric and magnetic field's tensions, nowadays stay one of the most difficult, scientific and technical problem, that needs to be studied vividly near the electric objects, because in many cases they have difficult building constructions and complex electric connections. Also because of peculiarity of survey area of electric network, it is difficult to value real levels of electric and magnetic fields.

Unfortunately in Georgia there is not processed the conception of electromagnetic compatibility and quality of electric energy. That is why the question of state of electromagnetic compatibility in electric objects is actual.

In the first part of work are represented results of literary analysis. From literary analysis is stated, that voltage lines create electric and magnetic fields of industrial frequency in the adjoining environment. The distance of spreading is several ten meters. Electric field created by lines in many times causes: headache, tiredness, weakness, hypotonia, panes in heart area, ischemia and inclinations to infarction and cerebro-vascular accident.

In this chapter are also represented: quantities of magnetic field created by some domestic devices and electric transport, also temporary international recommendation of limited significance of current's solidity aroused by electric and magnetic fields of industrial frequency, magnetic field's limited permissible significance of tensy level of industrial frequency, existing methods to calculate electric and magnetic fields.

In the second chapter is reviewed tension measuring and methods of calculation of electric and magnetic fields on industrial frequency. In this chapter especial part belongs to universal multi meter "BE-METP", that measures magnetic field's inductance and electric field on industrial frequency at places where special staff works and are connected to sources of electric energy,

transmission, distribution systems, railway, medical technics, service and exploitation of special devices of dwelling and office.

In the third part of work are represented estimation methods of electric and magnetic fields and their influence on personnel.

It needs problem to be decided complexly to value quantity of electric and magnetic fields, that have diverse influences on ecology and human health.

Before 2003 by electromagnetic compatibility norms, being under the influence of electric field was regulated and completely ignored magnetic field. The situation was radically changed after new normative documents, that limit duration of being under electric and also magnetic fields.

In this chapter is also shown the algorithmic block-scheme to determine doze during 24 hours of electric and magnetic radiation.

In forth chapter of work is reviewed results of researches fulfilled by doctoral student. Researches were progressing under regimes of maximal and minimal loads on Nutsbidze power substation (100/10/6), also under the power line in Avchala and along the high voltage line (500kV) out of Tbilisi in Mamkoda.

In work are shown that electric field's tension is depended on voltage and tension of magnetic field is depended on regime of load. Weather factor has influence on electric field but has not it on magnetic field.

In the chapter are also discussed prophylactic issues to avoid harmful influences of electric and magnetic fields.