

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

დავითი გელენიძე

“სამთო ქანებისა და ტექნოლოგიური დანადგარების დეტალების  
დასამუშავებელი მძლავრი, ენერგოდამზოგი და ეკოლოგიურად უსაფრთხო  
პლასტური დანადგარის დამუშავება”

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისარტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2011 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის

სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტის

სამთო ელექტრომექანიკის მიმართულებაზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: გურამ გოგია, სამთო ელექტრომექანიკის  
მიმართულების ხელმძღვანელი, სრული პროფესორი

რეცენზენტები: სრული პროფესორი გუგა ჭოხონელიძე

ტ.მ.კ. აკაკი ფეიქრიშვილი

დაცვა შედგება 2011 წლის ” 15 ” აპრილს, 14 საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-

გეოლოგიური ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის №13

სხდომაზე, კორპუსი III, აუდიტორია 326

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს

ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატის – ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი დ. თევზაძე

## **ნაშრომის ზოგადი დახასიათება**

**თემის აქტუალობა.** სამთო ელექტრომექანიკის მიმართულება, რომელიც შეისწავლის და იკვლევს სამთო მანქანა დანადგარებს, ამჟამად ვითარდება მეცნიერებისა და ტექნიკის უახლესი მიღწევების გამოყენებით. ამჟამად სამთო ელექტრომექანიკის მიმართულებით ასეთი მეცნიერებისა და ტექნიკის უახლესი დარგია პლაზმური ტექნოლოგია. სამთო საქმეში პლაზმური ტექნოლოგია შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას მყარი ქანების მოსანგრევად; მყარი ქანებისაგან სამშენებლო მასალების დასამზადებლად და მოსაპირკეთებლად; პლაზმური ბუდრვისათვის; სამთო მომპოვებელი ინდუსტრიის ნარჩენების გადასამუშავებლად. პლაზმური ჭრის, შედუღების, დაფრქვევისა და დადუღების გამოყენება შესაძლებელია სამთო მანქანებისა და დანადგარების წარმოების, მონტაჟის და რემონტისათვის

**კვლევის ობიექტი.** პლაზმური ტექნოლოგიების გამოყენება სამთო საქმეში ამჟამად განვითარების სტადიაშია და ამიტომ ამ მიმართულებით აუცილებელია: სამთო საქმეში პლაზმური ტექნოლოგიების გამოყენების შესაბამისი პლაზმური ჭავლის ფორმირების ხერხების შექმნა; სამთო ქანებისა და ტექნოლოგიური დანადგარების დეტალების დასამუშავებელი პლაზმატრონების შექმნა; სამთო ქანებისა და ტექნოლოგიური დანადგარების დეტალების დასამუშავებელი მძლავრი, ენერგოდამზოგი და ეკოლოგიურად უსაფრთხო პლაზმური დანადგარის დამუშავება; გამოყენების სათანადო პლაზმური ტექნოლოგიების დამუშავება.

**დისერტაციის ძირითადი მიზანია** პლაზმურ ტექნოლოგიებში ახალი მიმართულების – სამთო მრეწველობის პლაზმური ტექნოლოგიების დამუშავება. ამისათვის საჭირო იყო სამთო საქმეში პლაზმური ტექნოლოგიის გამოყენების პერსპექტიული არეების დადგენა და ამ არეებში პლაზმური ტექნოლოგიის გამოყენებისათვის აუცილებელი პლაზმური ჭავლის ფორმირების ხერხების შექმნა, მათში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების ანალიზი და შესაბამისი ექსპერიმენტული დანადგარის დამუშავება გამოკვლევა და დანერგვა.

**მეცნიერული სიახლე.** პლაზმურ დანადგარებში მიმდინარე ელექტროფიზიკური პროცესების ანალიზის საფუძველზე ჩვენ შევადგინეთ პლაზმური რკალის ფუნქციონირების ჩანაცვლების სქემა და მოვახდინეთ მისი ელექტრომაგნიტური პროცესების ანალიზი მათემატიკის კლასიკური მეთოდებით, შევქმენით მისი ამონახსნების ალგორითმი და პროგრამა, რამაც საშუალება მოგვცა დაგვემუშავებინა სამთო საქმეში გამოყენებადი ორიგინალური პლაზმური ჭავლის ფორმირების ხერხები და პლაზმური დანადგარების კონსტრუქციები. ელექტრომაგნიტური პროცესების ანალიზი საშუალებას იძლევა ჩამოვაყალიბოთ პლაზმური დანადგარის დენის წყაროს მიმართ წაყენებული ის კრიტერიუმები, რომლებიც იძლევიან პლაზმატრონის ეფექტური მუშაობის საშუალებას: პლაზმატრონის ეფექტური მუშაობა მუშა რეჟიმში უზრუნველყოფილია კვების წყაროს დამრეცი სტატიკური ვოლტამპერული მახასიათებლის შემთხვევაში, როდესაც მახასიათებლის დახრის კუთხე უახლოვდება  $90^{\circ}$  – ე. ი. კვების წყარო წარმოადგენს არა დაბვის წყაროს, არამედ დენის წყაროს, ანუ როდესაც პლაზმური რკალის წინააღმდეგობის ცვლილებისას იცვლება დაბვა და არა დენი; უქმი სვლის მაქსიმალური დაბვა უნდა იყოს მხოლოდ 10-15%-ით მეტი ვიდრე მაქსიმალური მუშა დაბვა ე. ი. კვების წყაროს ვოლტამპერულ მახასიათებელს უნდა ჰქონდეს მართკუთხედის ფორმა ე. ი. კვების წყარო უნდა იყოს დენის წყარო მუშა და მოკლედ ჩართვის რეჟიმში და დაბვის წყარო უქმი სვლის რეჟიმში; კვების წყაროს დენისა და დაბვის პულსაცია უნდა იყოს მინიმალური. ამ ანალიზის საფუძველზე ჩვენ შევქმენით, დავამზადეთ და გამოვიკვლიეთ მართკუთხა მახასიათებლის მქონე დენის წყარო, რომელიც უზრუნველყოფს პლაზმატრონის სტაბილურ და უავარიო მუშაობას.

ექსპერიმენტული მონაცემებისა და თეორიული გამოთვლების საფუძველზე ჩატარებულია პლაზმატრონის ანოდის სხვადასხვა მეთოდებით გაცივების პროცესის შედარებითი ანალიზი. წყლით და ჰაერით კონვექციური გაცივება შედარებულია წყლის დუღილით გამოწვეულ გაცივების პროცესთან. დადგენილია, რომ წყლის დუღილით ელექტროდების გაცივება წყლით კონვექციური გაცივების

თანაბარძალიანია. მიღებული შედეგი იძლევა რეალურ საფუძველს იმისათვის, რომ ჩატარდეს საკონსტრუქტორო-სამეცნიერო სამუშაოები ახალი თაობის ისეთი პლაზმატრონების შესაქმნელად, რომელთა ელექტროდებიც გაცივდება პლაზმატრონში მომარაგებული წყლის დუღილით, ხოლო ამავდროულად პლაზმაწარმოქმნელ აირად გამოყენებული იქნება ამ დუღილით მიღებული წყლის ორთქლი.

ამ სამუშაოს თეორიულ ნაწილში ჩვენ ჩავატარეთ აგრეთვე მყარი ქანის ზედაპირზე პლაზმური ალის ზემოქმედების თბური პროცესების თეორიული ანალიზი. მყარ ქანში ტემპერატურის გავრცელების მათემატიკური აღწერა ნებისმიერ მომენტში რათა განისაზღვროს მაღალი ტემპერატურის გავრცელების ნორმა, შეღწევადობის სიღრმე და შესაბამისად ნაფშვნის სისქე, ეფუძნება თბოგამტარობის განტოლებას 1D სივრცისათვის. ამ განტოლების ამოხსნა სასაზღვრო პირობებისათვის, რომელიც ითვალისწინებს ქანის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილებას ნებისმიერ მომენტში და ტემპერატურის მაქსიმალურ გადახრას, გვიჩვენებს, რომ ტემპერატურის გავრცელება ქანის მასივში ექვემდებარება ტალღისებრ მოდელს. ტემპერატურის ტალღის ამპლიტუდა მცირდება სიღრმის ხარისრის მაჩვენებელთან, ხოლო ტემპერატურა ყოველ მომდევნო პერიოდში აღიწერება ახალი ტალღით, რომელიც მიმართულია ქანის მასივის შიგნით X-ღერძის გასწვრივ. შესაბამისად ქანის ჭრის მაქსიმალური სიჩქარე არ აღემატება ტალღის გავრცელების სიჩქარეს ქანის მასივში. როდესაც ქანის მასივში სითბოგადაცემა ხდება უფრო ინტენსიური, ზედაპირის შრის ტემპერატურა და მაშასადამე ტემპერატურული გრადიენტი ქანის მასივში იზრდება, რაც იწვევს შინაგანი დაძაბულობის გაზრდას. ამას მიყვავართ დასკვნამდე, რომ როდესაც საკმაოდ დიდი ტემპერატურული გრადიენტი არის გენერირებული, ნებისმიერი მყარი ქანი იქნება აფშვნილი.

ნაშრომში წარმოდგენილია პლაზმური ბურღის სიმძლავრის გაანგარიშების მეთოდოლოგია ახალი ტიპის პლაზმური ბურღის მეთოდებისათვის, როდესაც არაა საჭირო ნაბურღი მასალის ამოტანა ზედაპირზე.

### **ნაშრომის ძირითადი შედეგები.**

მოცემულ ნაშრომში სამთო საქმეში პლაზმური ტექნოლოგიის გამოსაყენებლად შექმნილია პლაზმური ჭავლის ფორმირების პერსპექტიული მეთოდები, რომელთაგან რამდენიმე წარდგენილია საერთაშორისო კონფერენციებზე, დაპატენტებულია და დანერგილია წარმოებაში. მათ შორის:

**პლაზმატრონის კათოდის დამზადების მეთოდი (პატენტი № GE P 4440 B. 25.07.2008).** ეს მეთოდი იძლევა პლაზმატრონის ისეთი კათოდის დამზადების შესაძლებლობას, რომელიც იმუშავებს ნებისმიერი ტიპის გაზის გარემოში (ჰაერი, უანგბადი, ნახშირორჟანგი, აზოტი, წყლის ორთქლი, წყალბადი, ინერტული აირები და ასე შემდეგ) და უზრუნველყოფს სრულ თბურ კონტაქტს საკათოდე ღეროსა და გამაცივებელ ღეროს შორის.

**ღია ტიპის მძლავრი პლაზმური წარმონაქმნის მიღების ხერხი (პატენტი № GE P 4010 B. 12.25.2006),** რაც გამოიხატება იმაში, რომ თავისუფალი პლაზმური ჭავლის ჩაკეტილი კონტური ჰკვეთს ცვლად მაგნიტურ ნაკადს, რომელიც აინდუქტირებს მასში ელექტრომამოდრავებელ ძალას. მაგნიტური ნაკადი თავისუფალი პლაზმური ჭავლის ჩაკეტილ კონტურში აღძრავს ელექტრომამოდრავებელ ძალას, რომელიც ამ კონტურში წარმოშობს დენს. ეს დენი არ გადის არცერთ პლაზმური ჭავლის წარმომქმნელ ხელსაწყოში. ამიტომ პრაქტიკულად ამ დენის ძალის სიდიდე შეზღუდული არ არის. ამიტომ პრაქტიკულად ლიმიტირებული არ არის მიღებული პლაზმური ჭავლის ტემპერატურა და სიმძლავრე. გაძლიერების კოეფიციენტი შეიძლება იყოს 100 და მეტი.

**მძლავრი პლაზმური ჭავლის მიღების ხერხი (პატენტი № GE P 4948 B. 12.04.2010).** ზემოთ განხილული ღია ტიპის მძლავრი პლაზმური წარმონაქმნის მიღების ხერხის გამოყენება სამთო საქმეში მიზანშეწონილია განსაკუთრებით დიდი სიმძლავრეების საჭიროების შემთხვევაში (200 კვტ-ს ზემოთ). 50-200კვტ სიმძლავრეების შემთხვევებისათვის ჩვენ დამუშავებული გვაქვს მძლავრი პლაზმური

ჭავჭავის მიღების სხვა ხერხი. ეს ხერხი უზრუნველყოფს მძლავრი პლაზმური ჭავჭავის მიღებას უშუალოდ ერთ პლაზმატრონში ერთ ღერძზე რამდენიმე რკალის შეთავსებით, რომელსაც გააჩნია ყველა რკალის ჯამური სიმძლავრე, ხოლო პლაზმატრონის ჯამური დენი გადანაწილებულია რამდენიმე კათოდურ და ანოდურ ლაქაზე. ამასთან თითოეული რკალის კათოდი და ანოდი მიერთებულია კვების წყაროსთან ცალცალკე, ინდივიდუალურად. მაშასადამე დამოუკიდებელი ქმედების პლაზმატრონების დასაშვები დენის ძალის სიდიდე იზრდება იმდენჯერ, რამდენჯერაც გაიზრდება ასე დაწყვილებულ ელექტროდთა რაოდენობა.

**პლაზმური ბურღვის მეთოდი,** რომელიც საფუძველს უყრის ბურღვის პრინციპულად განსხვავებულ ტექნოლოგიას (განაცხადი პატენტის მიღებაზე № AP 011478. 2009, ). აქამდე არსებული ჭაბურღილების ბურღვის ნებისმიერი საბურღი დანადგარი ითვალისწინებდა ნაბურღი მასალის ზედაპირზე ამოტანას, რაც ქმნის დიდ სირთულეებს, განსაკუთრებით ღრმა ბურღვის შემთხვევებში. პრაქტიკულად ჩვენ პირველად დავამუშავეთ ბურღვის მეთოდი, როდესაც ნაბურღი მასალის ზედაპირზე ამოტანა საჭირო არ არის. ხერხი ითვალისწინებს ბურღის ნაცმის პლაზმით გახურებას, ამ გახურებული ნაცმით ქანის გადნობას და გამდნარ ქანში ქანის გადნობისას ქანის ფორიანობის შემცირების შედეგად ქანის მოცულობის შემცირებისა და გამოყოფილი გაზების შეკუმშვის ხარჯზე, ნაცმის ჩაღრმავებას ქანში. პლაზმა ახურებს მაღალ ტემპერატურამდე ნაცმს, რომელიც აღნობს ქანს. გამდნარი ქანში ხდება ფორების შევსება და გაზის გამოყოფა, რის შედეგადაც ხდება ქანის მოცულობის შემცირება და შეკუმშული გაზის ბალიშის წარმოშობა. მილის სიმძიმის ძალის გავლენით ხდება ნაცმის ჩაძირვა გამდნარ ქანში. გამდნარი ქანის მინიმალური მოცულობა მუდამ რჩება ისე, რომ ნაცმის მოცულობა ნაკლები იყოს გამდნარი ქანის რაოდენობისა და ქანის ფორიანობის კოეფიციენტის ნამრავლისა. ამ თანაფარდობით განისაზღვრება ბურღვის სიჩქარე. ქანის მცირე ან საშუალო ფორიანობის შემთხვევაში ბურღის ამოღების შემდეგ გაცივებული ქანი ქმნის უწყვეტ კედელს ამიტომ სამაგრი მილის ჩაშვება ჭაბურღილში საჭირო არ არის.

მაგრამ ქანის დიდი ფორიანობის შემთხვევაში კიდევ რჩება სიცარიელე. ამ შემთხვევაში სიცარიელის ამოსავსებად სიცარიელის არეში დნობის პროცესში ჩაემატება დამატებითი მასალა, რაც უზრუნველყოფს სიცარიელის სრულად შევსებას. ამის გამო პლაზმური ბურღის ამოღების შემდეგ, რჩება მთლიანი კედელი, რაც მიიღება გამდნარი ქანისა და დამატებული გამდნარი მასალის გაცივების შემდეგ. ამის შედეგად ბურღის დამთავრების შემდეგ სამაგრი მილების გამოყენების აუცილებლობა არ არსებობს. მაშასადამე ნაბურღი მასალის (ჯერ გამდნარი და შემდეგ გაცივებული ქანის) ზედაპირზე ამოტანა საჭირო არ არის და უმრავლეს შემთხვევაში არც სამაგრი მილების გამოყენებაა აუცილებელი.

**ელექტროგამტარული ინდუსტრიული ნარჩენების პლაზმური გადამუშავების მეთოდი** (განაცხადი პატენტის მიღებაზე № AP 011977. 21.10.2010). ინდუსტრიული ნარჩენების გადამუშავება სასარგებლო პროდუქტად ან, მანევობის შემთხვევაში, მისი განადგურება მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების უმთავრესი ამოცანაა. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ორი მიზეზის გამო: 1. საქართველოში დარჩენილია მრავალი მილიონი ტონა სამთო მომპოვებელი და მეტალურგიული წარმოების ნარჩენი, რომელიც ფაქტიურად მრავალი სასარგებლო ნივთიერების საბადოა; 2. საქართველო, როგორც მომავალი ტურიზმის ქვეყანა საჭიროებს სამრეწველო ნარჩენების გადამუშავების უზრუნველყოფას მაღალ დონეზე. ნარჩენების სრული გადამუშავება მიიღწევა პლაზმურ ღუმელებში. ჩვენს მიერ დამუშავებულია ისეთი სამრეწველო ნარჩენების პლაზმური გადამუშავების ხერხი, რომლებსაც გააჩნიათ პლაზმური ტექნოლოგიისათვის მისაღები ელექტროგამტარობა. ესენია ქვანახშირის გამდიდრების ნარჩენები (ტყობული, ახალციხე, ტყვარჩელი, საკმარისი ელექტროგამტარებლობა 800-900°C ტემპერატურების დროს) და მეტალურგიული ნარჩენები (რუსთავი, ზესტაფონი, პრაქტიკულად ლითონური ელექტროგამტარებლობა)



**დისერტაციის პრაქტიკული მნიშვნელობა.** დაპროექტებულია, დამზადებულია, გამოცდილია, გამოკვლეულია და დანერგილია 40 კვტ სიმძლავრის არალითონური მასალების დასამუშავებელი პლაზმური დანადგარი, რომელიც განკუთვნილია ქანების მოსანგრევად, ქანებიდან ბლოკების მოსაჭრელად, ბლოკების დასაჭრელად, საამშენებლო მასალების მოსაპირკეთებლად და ასე შემდეგ. ამ დანადგარის თეორიული კვლევის შედეგად აღწერილია პლაზმური რკალის კვების წყაროს მართკუთხა მახასიათებლის მიღების პრინციპი და ჩატარებულია მისი მუშაობის პროცესის ანალიზი კლასიკური მეთოდით; ნაჩვენებია, რომ პლაზმური რკალის სტაბილურობას ყველაზე კარგად უზრუნველყოფს ასეთი ტიპის კვების წყარო. მასში განსაზღვრულია სამფაზა გამმართველის ძირითადი საპროექტო პარამეტრები ასეთი შემთხვევისათვის, კერძოდ, უკუძაბვები დიოდებზე, დიოდების დენები, ძალური ტრანსფორმატორის პირველადი და მეორადი გრაგნილების ხაზური და ფაზური დენები და ძალური ტრანსფორმატორის პირველადი და მეორადი გრაგნილების ხაზური და ფაზური ძაბვები; შექმნილია ამ პარამეტრების საანგარიშო ალგორითმები და პროგრამები.

**სამუშაო შედეგების რეალიზაცია.** პლაზმური დანადგარის ექსპერიმენტულმა კვლევამ და ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზმა აჩვენა შემდეგი: გადაღებული პლაზმატრონის ვოლტამპერული მახასიათებელი აჩვენებს რომ მნიშვნელოვნად გაზრდილია ძაბვის ვარდნა რკალის ერთეულ სიგრძეზე, რაც იძლევა ტრადიციული პლაზმატრონების სიმძლავრის გაზრდის საშუალებას, რაც მიღწეულია ანოდის არხისათვის სპეციალური ფორმის მიცემით (ცილინდრული და კონუსური ფორმების მონაცვლეობით); პლაზმატრონის ვოლტამპერული მახასიათებელი ხისტია, რაც მიღწეულია პლაზმური დანადგარის ოპტიმალური ელექტროფიზიკური და ელექტრომაგნიტური სქემით. ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე განსაზღვრულია პლაზმური დანადგარის ოპტიმალური მუშაობის არე, რაც საკმაოდ ფართოა და მოცავს დენის ცვალებადობას 50-250 ამპერის ფარგლებში და ძაბვის ცვალებადობას 80-200 ვოლტის

დიაპაზონში და რაც იძლევა პლაზმური დანადგარის სიმძლავრის რეგულირების საშუალებას 4-50 კვტ ფარგლებში.

სადისერტაციო ნაშრომში მიღებული შედეგები გამოყენებულ იქნა საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში შესრულებული საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნოლოგიური ცენტრის (ISTC) გრანტში (G-1255) თემაზე: “ირიბი ქმედების პლაზმატრონის შემცველი მაღალი რესურსის მქონე პლაზმური დანადგარისა და დამრეცი მახასიათებლის მქონე დენის წყაროს შექმნა” (2007 - 2009 წწ.) და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის გრანტში: “ღრმა ბურღვის პლაზმური დანადგარის თეორიული საფუძვლებისა და ტექნიკური პროექტის დამუშავება” (2010წ).

**სამუშაო აპრობაცია.** სამუშაოს ძირითადი დებულებები მოხსენებული და განხილული იქნა შემდეგ საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციებზე:

1. Gelenidze D. “Development of Plasma Torches for Recycling Hazardous Industrial and Military Wastes”. The 20<sup>th</sup> International Conference on Solid Waste Technology and Management. Philadelphia, PA, USA. April 3-6, 2005.
2. Batkhadze Z., Gelenidze D., Marquis F.D.S., Mostaghimi J., Gelenidze M., Chankvetadze Z. Svintradze T. “Plasma Facility for Basalt Filaments Production”. Materials Science and Technology (MS&T). Detroit, Michigan, USA, September 12-20, 2007.
3. Gelenidze D.M., Prof. Gogia G. K. “DEVELOPMENT OF PLASMA DEVICE FOR RECYCLING HAZARDOUS INDUSTRIAL AND MILITARY WASTES”. International Scientific-Technical conference “New Technologies In Modern Industry”. Tbilisi. April 29-30, 2010.
4. გელენიძე დ. “პლაზმური ტექნოლოგიების სამთო საქმეში გამოყენების შესაძლებლობების ანალიზი”. სამეცნიერო კომფერენცია “თანამედროვე სამთო ტექნოლოგიები”. თბილისი. 18-19 მაისი, 2010.  
[http://www.mining.org.ge/ge/other\\_ge/Article\\_Gelenidze.pdf](http://www.mining.org.ge/ge/other_ge/Article_Gelenidze.pdf)

**პუბლიკაციები.** დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნდა 20 დაბეჭდილი ნაშრომი, მათ შორის მიღებულია 7 პატენტი და 3 წინასწარი დადებითი გადაწყვეტილება.

**ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა.** დისერტაცია შედგება შესავალის, 2 თავის და ძირითადი დასკვნისაგან. ნაშრომის მოცულობა შეადგენს კომპიუტერზე ნაბეჭდ 147 გვერდს, რომელიც შეიცავს 9 ცხრილს და 39 ნახაზს.

## სამუშაოს ძირითადი შინაარსი

### ლიტერატურული მიმოხილვა

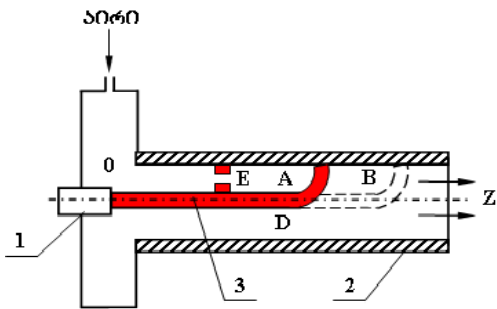
ლიტერატურულ მიმოხილვაში მოძიებულია პლაზმურ ტექნოლოგიებში წამყვანი ქვეყნების მეცნიერების პუბლიკაციები ამ დარგში, როგორებიცაა აშშ, ევროკავშირის ქვეყნები, იაპონია, ჩინეთი და რუსეთი. ამ პუბლიკაციებიდან ჩანს, რომ პლაზმური ტექნოლოგია მსოფლიო მეცნიერების პრიორიტეტია, მაგრამ ამავე მიმოხილვიდან ჩანს, რომ პლაზმური ტექნოლოგიების ფართოდ დანერგვა სამთო საქმეში შეფერხებულია სამთო საქმეში პლაზმური ტექნოლოგიის გამოყენების სპეციფიურობის გამო (დიდი სიმძლავრეები, შეზღუდული გარემო, მუშაობის მძიმე პირობები და სხვა). თუ განვიხილავთ პლაზმური დამუშავების ენერჯის ბალანს ნებისმიერი პლაზმური პროცესისათვის. აღმოჩნდება, რომ პლაზმატრონის სამთო საქმეში მისაღები მწარმოებლურობის მისაღწევად პლაზმატრონის სიმძლავრე 100 კვტ-ზე მეტი უნდა იყოს. იაფ გაზზე ხანგრძლივად მომუშავე ასეთი სიმძლავრის პლაზმატრონები ჯერ არ არსებობენ. მიუხედავად ამისა პლაზმურ ბურღვაზე მუშაობა დაიწყო ჯერ კიდევ 60-იან წლებში (ამის მაგალითია ამერიკული პატენტი [United States Patent №3467206, Plasma Drilling, 1969], რომელიც დაპატენტებულია 1969 წელს) და ინტენსიურად მიმდინარეობს დღემდე, რომლის მაგალითია ამერიკული პატენტი [United States Patent #7270195, Plasma Channel Drilling Process, 2007], რომელიც დაპატენტებულია 2007 წელს). ამიტომაც, ჩვენი მიზანია მძლავრი პლაზმატრონების შექმნა. ლიტერატურული კვლევის შედეგები გვიჩვენებს, რომ სამთო სტაციონარული დანადგარების მონტაჟისა და რემონტის დროს ლითონების ჭრის სამუშაოების შესრულებისას ტექნიკური და ეკონომიკური თვალსაზრისით ყველაზე უფრო მისაღებია პლაზმური დამუშავება. ამ პირობებშიც პლაზმური დამუშავებისას გადასაწყვეტია ორი პრობლემა: პლაზმატრონის მედეგობის პრობლემა და პლაზმატრონის ენერგომომარაგების პრობლემა.

## შედგები და მათი განსჯა

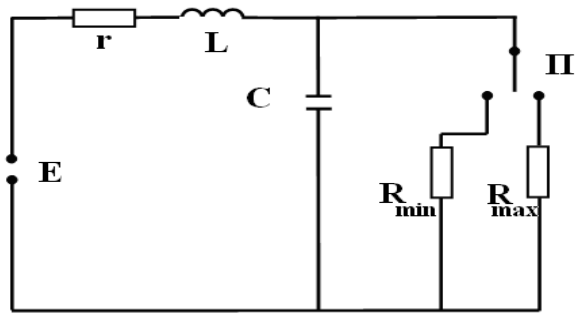
### 1. თეორიული კვლევის შედეგები

#### 1.1 პლაზმური რკალის ფუნქციონირების თეორიული საფუძვლები

მრავალრიცხოვანი თეორიული და ექსპერიმენტული ნამუშევრები საშუალებას იძლევა ჩამოვაყალიბოთ პლაზმური დანადგარის მიმართ წაყენებული კრიტერიუმები, რომლებიც იძლევიან პლაზმატრონის ეფექტური მუშაობის საშუალებას. პლაზმური რკალის მოქმედების პრინციპი შესაძლებელია წარმოვადგინოთ ისე როგორც ეს მოცემულია ნახაზ 1-ზე, ხოლო პლაზმური დანადგარის ჩანაცვლების სქემა ნახაზ 2-ზე.



ნახაზი 1.



ნახაზი 2.

აქედან შეიძლება დავასკვნათ, რომ პლაზმური რკალის მოქმედების ელექტრული წრედი უნდა შეიცავდეს აქტიური  $R$ , ინდუქციური  $L$  და ტევადურ  $C$  წინააღმდეგობათა ოპტიმალურ კომბინაციას. პროცესის რაოდენობრივი ანალიზისათვის ელექტროდის 1 პოტენციალი პირობითად მივიღოთ ნულის ტოლი, მაშინ ელექტროდის 2 პოტენციალი იქნება  $u$ . რკალის პოტენციალი რკალის ნებისმიერ  $z$  კვეთაში ავღნიშნოთ  $u(x)$  – ით, მაშინ ამ კვეთაზე პოტენციალთა სხვაობა  $\Delta u(x) = u - u(x)$ . ვთქვათ დროის გარკვეულ მომენტში რკალს აქვს მინიმალური წინააღობა  $R_{\min}$  და ის ნახტომისებურად იზრდება  $R_{\max}$  – მდე. თუ ამ მომენტში აღმოჩნდება, რომ რკალის დენი შემცირდება დასაშვებზე მეტად, მაშინ დაიწყება რკალის დეიონიზაცია და რკალი ჩაქრება. მაშასადამე პლაზმური რკალის სტაბილური ფუნქციონირების განსაზღვრის ამოცანა დადის რკალის

წრედის დენის მინიმალური მნიშვნელობის განსაზღვრამდე, როდესაც რკალის წინაღობა იზრდება (იცვლება) ნახტომისებურად მინიმალური  $R_{\min}$  - დან მაქსიმალურ  $R_{\max}$  მნიშვნელობამდე. წარმოდგენილი ჩანაცვლების სქემა (ნახაზი 2). საშუალებას იძლევა შეფასდეს დენისა და ძაბვის, როგორც მსხვილ მასშტაბიანი ისე, წვირელ მასშტაბიანი ცვლილებები და ამით განისაზღვროს წრედის ცალკეული ელემენტის გავლენა პლაზმური რკალის ფორმირებაზე. ამ ნაშრომში გაანალიზებულია დენისა და ძაბვის მსხვილ მასშტაბიანი ცვლილებები, რომლებიც წარმოიქმნებიან პლაზმური რკალის წრედში შუნტირების პროცესში. შევადგინოთ განტოლებათა სისტემა კირსჰოფის კანონის მიხედვით

$$E = L \frac{di}{dt} ir + u_{\delta}; \quad (1) \quad i = \frac{u_{\delta}}{R_{\min}} + C \frac{dU_{\delta}}{dt} . \quad (2)$$

ინტეგრირების საწყისი პირობები გრძელი რკალისათვის იქნება

$$i/t = 0 = i(0) = \frac{E}{R_{\max} + r}; \quad (3) \quad u_c/t = 0 = U_{\delta}(0) = \frac{E R_{\max}}{R_{\max} + r} \quad (4)$$

ხოლო მოკლე რკალისათვის კი

$$i/t = i(0) = \frac{E}{R_{\max} + r}; \quad (5) \quad u_c/t = 0 = U_{\delta}(0) = \frac{E R_{\min}}{R_{\min} + r} . \quad (6)$$

სისტემის ინტეგრირება შესრულებულია ოპერაციული აღრიცხვის მეთოდებით. გრძელი რკალისათვის ამონახსნი იქნება: ძაბვა რკალზე

$$u_{\delta} = \frac{E R_{\min}}{R_{\min} + r} + \frac{E R_{\max} e^{-\alpha t}}{\beta C (r + R_{\min})(r + R_{\max})} \left( \frac{1}{R_{\max}} - \frac{1}{R_{\min}} \right) \times \\ \times [(r + R_{\min} - \alpha C R_{\min} r) sh \beta t - \beta C R_{\min} r ch \beta t]; \quad (7)$$

რკალის დენი

$$i_{\delta} = \frac{E}{R_{\min} + r} + \frac{E R_{\max} e^{-\alpha t}}{R_{\min} \beta C (r + R_{\min})(r + R_{\max})} \left( \frac{1}{R_{\max}} - \frac{1}{R_{\min}} \right) \times \\ \times [(r + R_{\min} - \alpha C R_{\min} r) sh \beta t - \beta C R_{\min} r ch \beta t], \quad (8)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \left( \frac{r}{h} + \frac{1}{R_{\min} + C} \right); \quad (9) \quad \beta = \sqrt{\alpha^2 - \left( 1 + \frac{r}{R_{\min}} \right) \frac{i}{LC}} . \quad (10)$$

მოკლე რკალისათვის ამონახსნი იქნება: ძაბვა რკალზე

$$u_{\delta} = \frac{E R_{\max}}{R_{\max} + r} + \frac{E R_{\max} e^{-\alpha t}}{\beta C (r + R_{\min})(r + R_{\max})} \left( \frac{1}{R_{\min}} - \frac{1}{R_{\max}} \right) \times \left[ (r + R_{\min} - \alpha C R_{\max}^2 r) \operatorname{sh} \beta t - \beta C R_{\max} r \operatorname{ch} \beta t \right]; \quad (11)$$

რკალის დენი

$$i_{\delta} = \frac{E}{R_{\max} + r} - \frac{E R_{\min} e^{-\alpha t}}{R_{\max} \beta C (r + R_{\max})(r + R_{\min})} \left( \frac{1}{R_{\min}} - \frac{1}{R_{\max}} \right) \times \left[ (r + R_{\max} - \alpha C R_{\max} r) \operatorname{sh} \beta t - \beta C R_{\max} r \operatorname{ch} \beta t \right], \quad (12)$$

სადაც

$$\alpha = \frac{1}{2} \left( \frac{r}{h} + \frac{1}{R_{\max} + C} \right); \quad (13) \quad \beta = \sqrt{\alpha^2 - \left( 1 + \frac{r}{R_{\max}} \right) \frac{1}{LC}}. \quad (14)$$

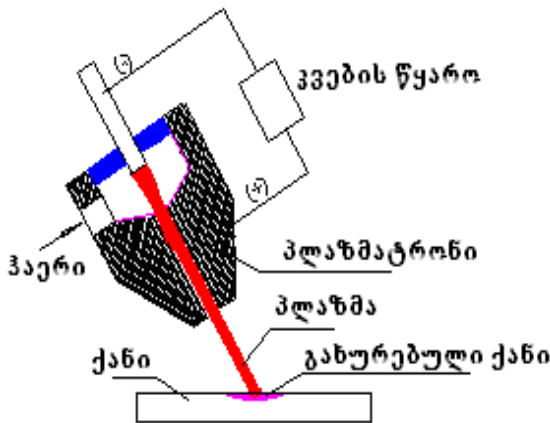
ჩატარებული ანალიზიდან ჩანს, რომ რკალის დენი დიდად არის დამოკიდებული წრედის ტევადობაზე და მით უფრო პატარაა, რაც მეტია ტევადობა.

## 12. ირიბი ზემოქმედების პლაზმატრონის ელექტროდების გაცივების სისტემების შედარებითი ანალიზი.

ექსპერიმენტული მონაცემებისა და თეორიული გამოთვლების საფუძველზე ჩატარებულია პლაზმატრონის ანოდის სხვადასხვა მეთოდებით გაცივების პროცესის შედარებითი ანალიზი. წყლით და ჰაერით კონვექციური გაცივება შედარებულია წყლის დუღილით გამოწვეულ გაცივების პროცესთან. დადგენილია, რომ წყლის დუღილით ანოდის გაცივება წყლით კონვექციური გაცივების თანაბრძალიანია. მიღებული შედეგი იძლევა რეალურ საფუძველს იმისათვის, რომ ჩატარდეს საკონსტრუქტორ-სამეცნიერო სამუშაოები ახალი თაობის ისეთი პლაზმატრონების შესაქმნელად, რომელთა ანოდებიც გაცივდება წყლის დუღილით, ხოლო ამავედროულად პლაზმაწარმოქმნელ აირად გამოყენებული იქნეს დუღილით მიღებული წყლის ორთქლი.

## 13. მყარი ქანის ზედაპირზე პლაზმური ალის ზემოქმედების თბური პროცესის თეორიული ანალიზი

ზოგადად პლაზმური ზემოქმედება ნიშნავს რომ მაღალი ტემპერატურის პლაზმური ალი ზემოქმედებს ქანის ზედაპირზე, იწვევს რა ინტენსიურ გახურებას ქანის თხელი ზედაპირისა, რაც თავის მხრივ წარმოქმნის დაძაბულობას ქანის ზედაპირულ შრეში. ეს იძლევა მყარი ქანების აფშენით პლაზმური დამუშავების საშუალებას, ქანების ჭრისა და სამშენებლო ქვების დამზადების საშუალებას. ქანების აფშენით პლაზმური დამუშავების მეთოდი ახსნილია ნახაზზე 3.



**ნახაზი 3.** სითბოს დიდი ინტენსივობის გამო პლაზმის ნაკადი ახურებს ქანის ზედაპირს იმდენად სწრაფად, რომ სითბოს გავრცელების ინერციულობის გამო, ქანის ქვედა შრე ვერ ასწრებს გახურებას და წარმოიქმნება დიდი ტემპერატურული გრადიენტი ქანის ლოკალური ნაწილის ზედა

და ქვედა შრეებს შორის. ამიტომ სხვადასხვაა ამ შრეების თბური გაფართოებისა და შეკუმშვის ხარისხი, რაც წარმოქმნის მექანიკურ დაძაბულობებს ამ შრეებს შორის და როდესაც წარმოქმნილი დაძაბულობები აჭარბებს ქანის რღვევის დასაშვებ დაძაბულობებს პატარა ზომის ნაფშენები ცილდებიან ქანს. ქანის ზედაპირზე ტემპერატურის ცვლილების სიდიდე და პლაზმური ნაკადის დიდი კინეტიკური ენერჯია (პლაზმური ნაკადის სიჩქარე აჭარბებებს ზებგერით სიჩქარეს) იძლევა ქანის როგორც ზედაპირული ასევე სიღრმისეული ჭრის საშუალებას. ქანში ტემპერატურის გავრცელების მათემატიკური აღწერა ნებისმიერ მომენტში რათა განისაზღვროს მაღალი ტემპერატურის გავრცელების ნორმა და შედწვეადობის სიღრმე და, შესაბამისად სისქე ნაფშენისა, ეფუძნება თბოგამტარობის განტოლებას 1D სივრცისათვის. სითბოს გავრცელება ქანის მასივში შეიძლება აღიწერის თბოგამტარობის განტოლებით შემდეგნაირად:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} \quad (1)$$

სადაც:  $a$  - ქანის თბოგამტარობა ვტ/(მ,°C);  $\theta$  - ტემპერატურული ცვლილება ქანში;  $\tau$  - დრო პროცესის დაწყებიდან ანშრეგებაამდე;  $x$  - მანძილი ქანის ზედაპირსა და ქანის მასივს შორის. (1) - ის ამონახსნი მართებულია სასაზღვრო პირობებისათვის რომელიც ითვალისწინებს ქანის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილებას ნებისმიერ მომენტში და ტემპერატურის მაქსიმალურ გადახრას, რომელიც ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\theta_{f,\tau} = T_{f \max} - T_{f,\tau} \quad (2) \quad \text{და} \quad \theta_{f,\tau} = \theta_{f \max} - T_f \quad (3)$$

სადაც  $T_{f,\tau}$  - ტემპერატურა ქანის ზედაპირზე ნებისმიერ მომენტში;  $T_{f \max}$  - ქანის მაქსიმალური ტემპერატურა რომელშიც რაღაც ნაწილი გამოეყოფა ქანის სხეულს პატარა ნატეხების სახით ქანის გადნობის გარეშე.  $T_f$  - ქანის ზედაპირის ტემპერატურა ამ ზედაპირიდან წინა შრის ატკეჩვის მომენტში;  $\theta_{f,\tau}$  - ქანის ზედაპირზე ტემპერატურის ცვლილება ნებისმიერ მომენტში;  $\theta_{f \max}$  - ქანის ზედაპირზე ტემპერატურის მაქსიმალური ცვლილება. (1) განტოლების ამონახსნი (2) და (3) სასაძღვრო პირობების გათვალისწინებით გვაძლევს

$$\theta_{x,\tau} = \theta_{f \max} \cos \left[ \frac{2\pi}{z_0} - \sqrt{\frac{\pi}{az_0}} * x \right] \exp \left[ - \sqrt{\frac{\pi}{az_0}} * x \right] \quad (4)$$

(4) გვიჩვენებს რომ ტემპერატურის გავრცელება ქანის მასივში ექვემდებარება ტალღისებრ მოდელს. ტემპერატურის ტალღის ამპლიტუდა მცირდება სიღრმის ხარისრის მაჩვენებელთან, ხოლო ტემპერატურა ყოველ მომდევნო პერიოდში აღიწერება ახალი ტალღით მიმართულს ქანის მასივის შიგნით X-ღერძის გასწვრივ.

**1.4 პლაზმური ბურღის სიმძლავრის გაანგარიშების მეთოდთა ახალი ტიპის პლაზმური ბურღის მეთოდებისათვის, როდესაც არაა საჭირო ნაბურღი მასალის ამოტანა ზედაპირზე**



განგარიშებისათვის მოცემულად მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:  $\nu$  – ბურღის სიჩქარე, მ/წმ;  $D$  – ბურღის გარე დიამეტრი, მ;  $C$  – ქანის სითბოტევადობის კოეფიციენტი, კალ/კგ. $^{\circ}$ C ;  $q$  – ქანის დნობის სითბო, კალ/კგ;  $F_0$  – ქანის ფორიანობის კოეფიციენტი;  $F_e$  – ქანის ფორიანობის კოეფიციენტი ბურღის გავლის შემდეგ;  $T_0$  – ქანის ტემპერატურა ბურღის პროცესის დაწყებისას,  $^{\circ}$ C ;  $T$  – ქანის დნობის ტემპერატურა,  $^{\circ}$ C ;  $\rho$  – ქანის სიმკვრივე, კგ/მ<sup>3</sup> ;  $K_1$  – ბურღის თბური მარგი ქმედების კოეფიციენტი;  $K_2$  – ბურღის ელექტრული მარგი ქმედების კოეფიციენტი;

ბურღის მოხმარებული ელექტრული სიმძლავრე იანგარიშება ფორმულით  $W = \frac{4,19Q}{K_1 K_2 t}$ , (1). სადაც:  $t$  – დროა, წმ;  $W$  – ბურღის

მოხმარებული ელექტრული სიმძლავრე, ვატი;  $Q$  – ბურღის მოხმარებული სითბოს რაოდენობა, კალ.

ბურღის მოხმარებული სითბოს რაოდენობა არის

$$Q=Cm(T-T_0)+qm, \quad (2)$$

სადაც  $m$  არის გამდნარი ქანის მასა, კგ;  $q$  – გასადნობი ქანის მასა

$$m = \frac{3.14 \rho D^2 \nu t}{4(F_0 - F_e)}, \quad (3). \quad \text{სადაც } t \text{ არის ბურღის დრო, წმ.}$$

(1), (2) და (3) – დან ეღებულობთ პლაზმური ბურღის მოხმარებული ელექტრული სიმძლავრის საანგარიშო ფორმულას

$$W = \frac{3.3 \rho \nu D^2 [C(T - T_0) + q]}{K_1 K_2 (F_0 - F_e)}.$$

## 2. პლაზმური ჭავლის ფორმირების ორიგინალური ხერხებისა და კონსტრუქციების დამუშავება

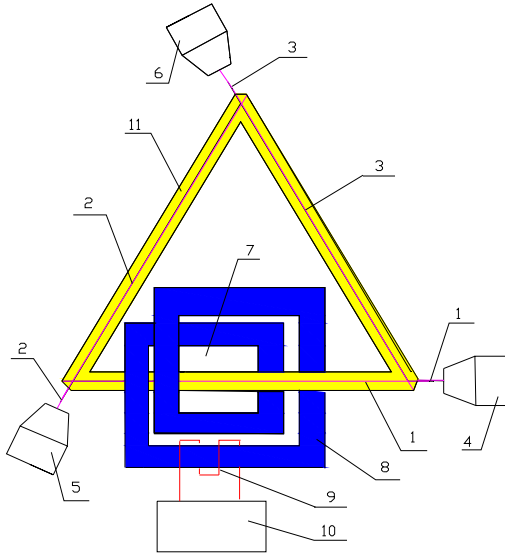
ზემოთ ჩამოყალიბებული ლიტერატურული ანალიზისა და თეორიული კვლევების საფუძველზე ჩვენ შევქმენით პლაზმური ჭავლის ფორმირების ორიგინალური ხერხები და კონსტრუქციები, რომლებმაც საშუალება მოგვცა დაგვემუშავებინა სამთო საქმეში გამოყენებადი ორიგინალური პლაზმური დანადგარები და ტექნოლოგიები. მოცემულ ნაშრომში სამთო ელექტრომექანიკის მიმართულებით პლაზმური ტექნოლოგიის გამოსაყენებლად შექმნილია პლაზმური ჭავლის ფორმირების

პერსპექტიული ხერხები, რომელთაგან რამდენიმე წარდგენილია საერთაშორისო კონფერენციებზე, დაპატენტებულია და დანერგილია წარმოებაში. მათ შორის ერთი დამუშავებულია საერთაშორისო გრანტით (CRDF). სადისერტაციო ნაშრომში მოყვანილია აქამდე დაპატენტებული ყველა ხერხი. ავტორეფერატის მოცულობის შეზღუდულობის გამო აქ აღწერილია მხოლოდ რამდენიმე.

## **2.1. პლაზმური ჭავლის გამაძლიერებლის შექმნა და კვლევა**

მძლავრი პლაზმური ჭავლის მისაღებად ძირითადად გამოიყენება ელექტრორკალური პლაზმატრონები. ასეთი ტიპის პლაზმატრონებში ელექტრული რკალის დენი მთლიანად გადის პლაზმატრონის ელექტროდებში და დენის ძალის მომატება იწვევს მისი მწყობრიდან გამოსვლას. აგრეთვე ასეთი ტიპის პლაზმატრონებში პლაზმური ჭავლის ფორმირების არე შემოსაზღვრულია მყარი კედლებით და რკალის დენის გაზრდა იწვევს მისი რღვევას. ეს ზღუდავს პლაზმური ტექნოლოგიების გამოყენებას. ნაშრომში ზემოქმადრი პლაზმური წარმონაქმნის მიღება გათვალისწინებულია ისეთი მძლავრი ჩაკეტილი პლაზმური ჭავლის შექმნით, რომელიც არ არის შემოსაზღვრული მყარი კედლით და შექმნილია იმ დენით, რომელიც არ გადის პლაზმატრონის ელექტროდებში. მძლავრი პლაზმური ჭავლის მისაღებად აუცილებელია რამდენიმე პრობლემის გადაწყვეტა: პირველი პრობლემაა მყარი კედლებით შემოსაზღვრული ჩაკეტილი პლაზმური ჭავლის შექმნა (პლაზმური ამაჩქარებლებისაგან განსხვავებით). ამ პრობლემის გადასაწყვეტად გათვალისწინებულია მინიმუმ სამკუთხა ჩაკეტილი პლაზმური ჭავლის შექმნა (1, 2, 3) (ნახ. 4) მინიმუმ სამი დამხმარე პლაზმური ჭავლისაგან (4, 5, 6). ამასთან სამკუთხა, ჩაკეტილი პლაზმური ჭავლის შექმნა შესაძლებელია სამი დამხმარე პლაზმური ჭავლით ან სამი გაზის ალის ჭავლით (გაზის ალის პლაზმის გამაძლიერებელი); მეორე პრობლემაა ჩაკეტილ პლაზმურ ჭავლში დამატებითი ენერჯის ჩაწოდება. ჩაკეტილი პლაზმური ჭავლი შეადგენს შეზღუდული ზომების მქონე მხოლოდ ერთ ხვიას. ამიტომ მასში საკმარისი ელექტრომაგნიტური ძალის შექმნა

რთული ტექნიკური პრობლემაა. ამ პრობლემის გადაწყვეტა პროექტში გათვალისწინებულია შემდეგნაირად:



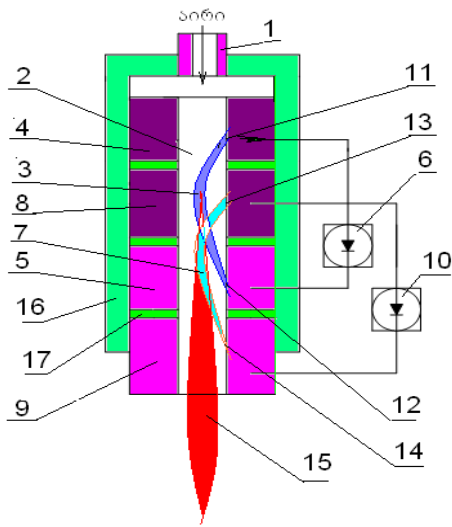
**(ნახაზი 4)** ჩაკეტილი პლაზმური ჭავლი მოთავსდება მაგნიტური კოჭის 7 რამდენიმე ხვიის შიგნით, რომლის ბოლოები ერთმანეთთან შეერთებულია, ხოლო ამ კოჭის ერთ-ერთ ხვიაზე მოთავსდება ერთი დენგამტარი ხვია 8, რომელიც მიუერთდება იმპულსურ კეების წყაროს 9. ამის შედეგად ელექტრომაგნიტური ძალა, რომელიც წარმოიქმნება

ჩაკეტილ პლაზმურ ჭავლში, ტოლი იქნება მაგნიტური კოჭის ხვიათა რაოდენობისა და დენგამტარ ხვიაზე მიწოდებული ძაბვის ნამრავლისა. ეს იძლევა ჩაკეტილ პლაზმურ ჭავლში დენის შეუზღუდავი გაზრდის საშუალებას ამ დენის ელექტროდებში გაუფლელად. თეორიულად იქმნება პლაზმური ჭავლის სიმძლავრის შეუზღუდავი გაზრდის საშუალება. ამდენად ეს მეთოდი იძლევა საშუალებას შეიქმნას მრავალი მძლავრი სხვადასხვა დანიშნულების პლაზმური დანადგარი. მათ შორის ეს მეთოდი შესაძლოა აღმოჩნდეს ერთ-ერთი გზა მართვადი თერმოგულური რეაქციის განხორციელებისაკენ; მესამე ძირითადი პრობლემაა მყარი კედლებით შემოუსაზღვრელი ჩაკეტილი პლაზმური ჭავლის მდგრადობის პარამეტრების განსაზღვრა. როგორც ცნობილია, პარამეტრების გარკვეული ერთობლიობისას, პლაზმურ ამჩქარებლებში პლაზმა ქრება, რაც ხელს უშლის პლაზმის ისეთი მაღალი კონცენტრაციებისა და ტემპერატურების მიღებას, რაც საკმარისი იქნება, მაგალითად, მართული თერმოგულური რეაქციების მისაღებადაც კი. მოცემული პლაზმური ჭავლის გამაძლიერებელში პლაზმური ჭავლის გაქრობა შეუძლებელია, ვინაიდან მყარი კედლებით შემოუსაზღვრელი ჩაკეტილი პლაზმური ჭავლის

არსებობა განპირობებულია დამოუკიდებელი პლაზმური წყაროებით, რომელთა ელექტროდებში არ გადის ჩაკეტილი პლაზმური ჭავლის ძირითადი დენი.

## **2.2. მძლავრი პლაზმური ჭავლის მიღების ხერხი**

ზემოთ განხილული ღია ტიპის მძლავრი პლაზმური წარმონაქმნის მიღების ხერხის გამოყენება სამთო საქმეში მიზანშეწონილია განსაკუთრებით დიდი სიმძლავრეების საჭიროების შემთხვევაში (200კვტ-ს ზემოთ). 50-200კვტ სიმძლავრეების შემთხვევებისათვის ჩვენ დამუშავებული გვაქვს მძლავრი პლაზმური ჭავლის მიღების ხერხი, რომელიც აღწერილია ქვემოთ: ეს ხერხი უზრუნველყოფს მძლავრი პლაზმური ჭავლის მიღებას უშუალოდ ერთ პლაზმატრონში ერთ ღერძზე რამდენიმე რკალის შეთავსებით, რომელსაც გააჩნია ყველა რკალის ჯამური სიმძლავრე, ხოლო პლაზმატრონის ჯამური დენი გადანაწილებულია რამდენიმე კათოდურ და ანოდურ ლაქაზე. ამასთან თითოეული რკალის კათოდი და ანოდი მიერთებულია კვების წყაროსთან ცალცალკე, ინდივიდუალურად. ტრადიციულ პლაზმატრონებში (დამოუკიდებელი ქმედების პლაზმატრონები მილისებური კათოდითა და ანოდით) დასაშვები სიმძლავრე განისაზრდება პლაზმატრონის კათოდისა და ანოდის დასაშვები დენის ძალის სიდიდით. მაშასადამე, შემოთავაზებული მძლავრი პლაზმური ჭავლის მიღების ხერხის ამ ვარიანტის გამოყენების შემთხვევაში, მილისებურ ელექტროდებიანი დამოუკიდებელი ქმედების პლაზმატრონების დასაშვები დენის ძალის სიდიდე გაიზრდება იმდენჯერ, რამდენჯერაც გაიზრდება ასე დაწყვილებულ ელექტროდთა რაოდენობა. დამუშავებული გვაქვს მძლავრი პლაზმური ჭავლის მიღების 2 ვარიანტი: 1) მძლავრი პლაზმური ჭავლის მიღების ხერხი ერთი კათოდითა და რამდენიმე ანოდით; 2) მძლავრი პლაზმური ჭავლის მიღების ხერხი რამდენიმე კათოდითა და რამდენიმე ანოდით. მძლავრი პლაზმური ჭავლის მიღების ხერხი რამდენიმე კათოდითა და რამდენიმე ანოდით ნაჩვენებია მე-5 ნახაზზე.

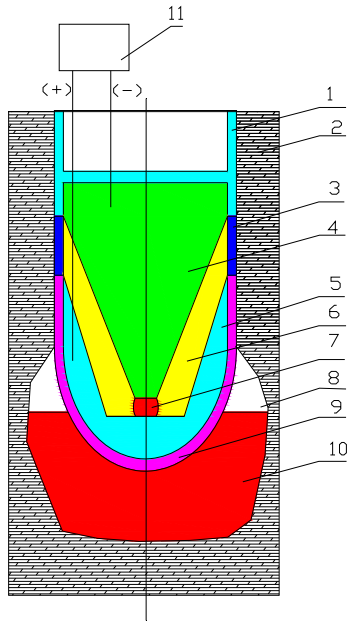


**ნახაზი 5.** პლაზმატრონში პლაზმური ჭავლის ფორმირების არეში 2 მილი 1-ის მეშვეობით ჩავაწვდით აირს (ჰაერი, არგონი, წყალბადი და ასე შემდეგ ან მათი ნარევი). კათოდი 4 და ანოდი 5 შორის ავანთებთ პირველ რკალს (რკალი 3). ეს რკალი იკვებება დენის წყარო 6-დან. შემდეგ კათოდი 8 და ანოდი 9 შორის

ავანთებთ მეორე რკალს (რკალი 7). აირის გახურების შედეგად წარმოიქმნება მძლავრი პლაზმური ჭავლი 15, რომელსაც გააჩნია ორივე რკალის ჯამური სიმძლავრე, ხოლო პლაზმატრონის ჯამური დენი გადანაწილებულია ორ კათოდურ და ორ ანოდურ ლაქაზე. ჩვეულებრივ პლაზმატრონების (დამოუკიდებელი ქმედების პლაზმატრონები მილისებური კათოდითა და ანოდით) სიმძლავრე განისაზრდება პლაზმატრონის კათოდისა და ანოდის დასაშვები დენის ძალის სიდიდით. მაშასადამე, შემოთავაზებული მძლავრი პლაზმური ჭავლის მიღების ხერხის ამ ვარიანტის გამოყენების შემთხვევაში, მილისებურ ელექტროდებიანი დამოუკიდებელი ქმედების პლაზმატრონების დასაშვები დენის ძალის სიდიდე გაიზრდება იმდენჯერ, რამდენჯერაც გაიზრდება ასე დაწყვილებულ ელექტროდთა რაოდენობა.

### 2.3. პლაზმური ბურღვის ახალი მეთოდი

პლაზმური ბურღვის ახალი მეთოდი ითვალისწინებს ბურღვის ნაცმის პლაზმით გახურებას, ამ გახურებული ნაცმით ქანის გადნობას და ნაცმის ჩაღრმავებას გამდნარ ქანში ქანის გადნობისას ქანის ფორიანობის შემცირების შედეგად ქანის მოცულობის შემცირებისა და გამოყოფილი გაზების შეკუმშვის ხარჯზე. (ნახაზი 6)



**ნახაზი 6.** მილზე 1 წამოცმულია იზოლატორი 3, კათოდი 4 და ნაცმი 9, რომელიც ჩაეწოდება ქანში 2. ნაცმში 9 მოთავსებულია ანოდი 5 და კათოდი 4. კათოდ 4 და ანოდ 5 შორის ანთია რკალი 7, რომელიც იკვებება დენის წყარო 11- დან და ასურებს კათოდ 4 და ანოდ 5 შორის მოთავსებულ გაზს მაღალ ტემპერატურამდე და წარმოქმნის პლაზმას 6. პლაზმა 6 ასურებს მაღალ ტემპერატურამდე ნაცმს 9, რომელიც აღნობს ქანს 2.

გამდნარ ქანში 10 ხდება ფორების შევსება და გაზის გამოყოფა, რის შედეგადაც ხდება ქანის მოცულობის შემცირება და შეკუმშული გაზის 8 ბალიშის წარმოშობა. მილის 1 სიძიძის ძალის გავლენით ხდება ნაცმის 9 ჩაძირვა გამდნარ ქანში 10 მანამ, სანამ შეკუმშული გაზის 8 წნევა არ გაუტოლდება ნაცმზე 9 მილის 1 დაწოლით გამოწვეულ წნევას. ნაცმის 9 (შესაბამისად მთლიანად ბურღის) გადაადგილება ხდება მანამ, სანამ დენის წყარო 11-დან რკალს 7 მიეწოდება იმდენი ენერგია, რომ შეკუმშული გაზის 8 წნევა ქანის 1-დან ახალ ახალი გამდნარი მასიდან გამოყოფილი სივრციდან, იქნება ნაკლები ნაცმზე 9 მილის 1 დაწოლით გამოწვეულ წნევაზე. ამით უზრუნველყოფილია ბურღის გადაადგილება ქანში ისე, რომ არ მოხდეს ნაბურღი ქანის ამოტანა ზედაპირზე.

#### **2.4. სამთო წარმოების ნარჩენების პლაზმური გადამუშავების მეთოდების დამუშავება**

ჩვენს მიერ დამუშავებულია ისეთი სამრეწველო ნარჩენების პლაზმური გადამუშავების ხერხი, რომლებსაც კარგი ელექტროგამტარობა გააჩნიათ. ესენია ქვანახშირის გამდიდრების ნარჩენები (ტყიბული, ახალციხე, ტყვარჩელი) და მეტალურგიული ნარჩენები (რუსთავი, ზესტაფონი). მაღალი ელექტროგამტარობის მქონე ნარჩენების პლაზმური გადამუშავების ხერხი მდგომარეობს შემდეგში: ღუმელში

ელექტროგამტარული ნარჩენის ბრიკეტსა და ანოდს შორის ანთია პლაზმური რკალი, რომელსაც დენი მიეწოდება კვების წყაროდან. ელექტროგამტარული ნარჩენის ბრიკეტი დნება და იშლება ორ ნაწილად: გამდნარი სასარგებლო ნივთიერებისა და შლაკის სახით. შლაკში გადასული მაღალი ტემპერატურის ელექტროგამტარული ნარჩენის ნაწილი იწვის ნაცმიდან ჩაწოდებულ ჟანგბადში. წვის სითბო ემატება პლაზმურ რკალში გამოყოფილ სითბოს და მონაწილეობს მთლიანად ელექტროგამტარული ნარჩენის დნობაში. მთლიანად დუმელში მოხმარებული ჯამური სითბოს რაოდენობა შედგება პლაზმური რკალიდან გამოყოფილ სითბოსა და წვის შედეგად მიღებული სითბოსგან. დუმელში მყარდება წვის შედეგად მიღებული შედარებით დაბალი და პლაზმური რკალიდან მიღებული მაღალი ტემპერატურის გასაშუალებელი ტემპერატურა. ამით წვის შედეგად მიღებული სითბოს რაოდენობას ემატება პლაზმური რკალიდან მიღებული სითბოს ის რაოდენობა, რომელც საკმარისია ელექტროგამტარული ნარჩენის ბრიკეტის გასადნობად. ამგვარად იზოგება პლაზმურ რკალში მიწოდებული ელექტრული ენერჯია და მცირდება კვების წყაროს სიმძლავრე.

## **2.5. პლაზმური დანადგარებისათვის მართკუთხა მახასიათებლის მქონე კვების წყაროს შექმნა და მისი მოქმედების თეორიული საფუძვლების დამუშავება.**

მართკუთხა მახასიათებლის მქონე პლაზმური დანადგარის კვების წყაროს მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: დამრეცი მახასიათებლის მქონე ტრანსფორმატორის პირველადი და მეორადი გრაგნილების დაცილების მანძილის რეგულირებით ფორმირდება დამრეცი მახასიათებლები. მაგრამ, რადგანაც მასთან მიმდევრულად მიერთებულია ხისტი მახასიათებლის მქონე ტრანსფორმატორი, ძაბვა მასზე არ შეიძლება იყოს ხისტი მახასიათებლის მქონე ტრანსფორმატორის ძაბვაზე მეტი და უქმი სვლის ძაბვა განისაზღვრება ამ ტრანსფორმატორით. ამრიგად ფორმირდება პლაზმური დანადგარის კვების წყაროს მართკუთხა მახასიათებლი. ელექტრომაგნიტური პროცესები ასეთი ტიპის კვების წყაროში ძირეულად განსხვავდება იმ ელექტრომაგნიტური

პროცესებისაგან, რომელიც მიმდინარეობს ძაბვის წყაროში, რომელიც კარგად არის შესწავლილი. სადისერტაციო ნაშრომში ჩატარებულია პლაზმური დანადგარის ელექტრომაგნიტური პროცესების ანალიზი კლასიკური მეთოდით, როდესაც პლაზმური რკალი იკვებება მართკუთხა მახასიათებლის მქონე დენის წყაროდან, რომელიც შეიცავს ბოგირული სქემის სამფაზა გამმართველს. ანალიზის შედეგად განსაზღვრულია მართკუთხა მახასიათებლის მქონე კვების წყაროს ვენტილების უკუძაბვები და დენები; ძალური ტრანსფორმატორის პირველადი და მეორადი გრაგნილების ფაზური და ხაზური ძაბვები; ძალური ტრანსფორმატორის პირველადი და მეორადი გრაგნილების ფაზური და ხაზური დენები და ნაჩვენებია, რომ გამართული ძაბვის ამპლიტუდური მნიშვნელობა უდრის ხაზური ძაბვის ამპლიტუდური მნიშვნელობას, ხოლო ფაზური ძაბვის ამპლიტუდური მნიშვნელობა 1,5 ჯერ ნაკლებია ხაზური ძაბვის ამპლიტუდურ მნიშვნელობაზე.

## **2.6. სისტემის: “მართკუთხა მახასიათებლის მქონე კვების წყარო-პლაზმატრონის” კომპიუტერული კვლევის შედეგები.**

ჩვენს მიერ დამუშავებული სისტემის: “მართკუთხა მახასიათებლის მქონე კვების წყარო-პლაზმატრონის” მოქმედების თეორიული საფუძვლებისა და ამავე სისტემაში ჩართული სამფაზა ძალური გამმართველის ელექტრომაგნიტური პროცესების ანალიზის საფუძველზე და ამ სისტემების ელექტრომაგნიტური პროცესების კვლევის საფუძველზე (შესაბამისი ალგორითმებისა და პროგრამების გამოყენებით), როგორც დამყარებულ ასევე გარდამავალი რეჟიმებისათვის, მიღებულია შემდეგი დასკვნები: 1) რკალის ნომინალური დენის აღდგენის სიჩქარე ყოველთვის მეტია შუნტირების პროცესში რკალის წინაარმდეგობის ცვალებადობისა. ამიტომ რკალის ანოდური ლაქის ნებისმიერი მდებარეობის შემთხვევაში რკალის დენი რჩება პრაქტიკულად მუდმივი. ეს პრაქტიკულად უზრუნველყოფს პლაზმატრონის სტაბილურ ფუნქციონირებას, რაც აფართოებს პლაზმური დანადგარის ტექნოლოგიური გამოყენების არეს და ზრდის მისი მუშაობის ხანგამძლეობას; 2) ამ პროგრამების გამოყენებით შესაძლებელია

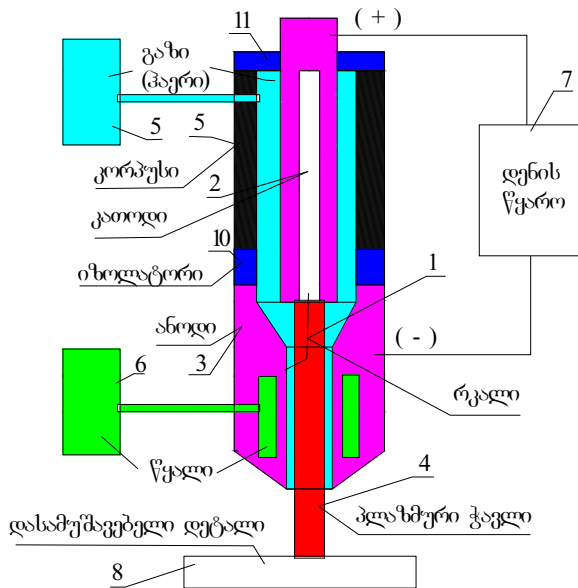


მართკუთხა მახასიათებლის მქონე დენის წყაროს ყველა ძალური ელემენტის პარამეტრების გაანგარიშება. ამ გაანგარიშებათა შედეგი აჩვენებს, რომ მართკუთხა მახასიათებლის მქონე დენის წყაროს აქვს გამოყენების დიდი პერსპექტივა მძლავრი სტაციონალური პლაზმური დანადგარებისათვის, როგორცაა პლაზმური ბურღვა, სამთო მრეწველობის ნარჩენების გადამუშავება, ქანების პლაზმური მონგრევა, სამშენებლო მასალების დამუშავება და ასე შემდეგ.

### 3. ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგები

#### 3.1 სამთო საქმეში გამოყენებადი პლაზმური დანადგარების დამუშავება, დამზადება, გამოცდა

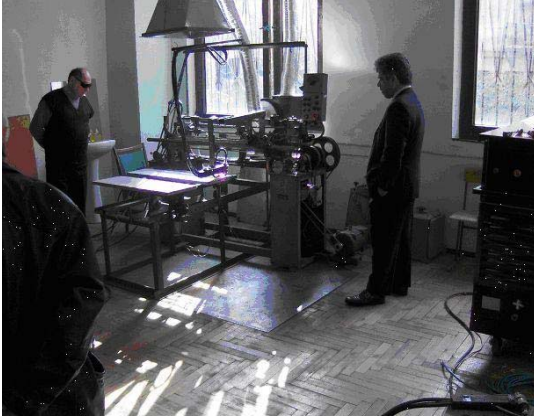
ჩვენს მიერ დამუშავებულია დამზადებულია და გამოცდილია 40 კვტ სიმძლავრის პლაზმური დანადგარი, რომელიც განკუთვნილია არალითონური მასალების დასამუშავებლად, კერძოდ: ქანების მოსანგრევად, ქანებიდან ბლოკების მოსაჭრელად, ბლოკების დასაჭრელად, სამშენებლო მასალების მოსაპირკეთებლად და ასე შემდეგ (ნახაზი 7).



**ნახაზი 7.** რკალი 1 ანთია კათოდ 2 და ანოდ 3 შორის, რომელიც ქმნის პლაზმური ჭავლს 4. პლაზმატრონს გაზი (ამ შემთხვევაში ჰაერი) ჩაეწოდება გაზმომარაგების სისტემიდან 5 ხოლო გასაცივებელი წყალი პლაზმატრონს ჩაეწოდება წყლით მომარაგების სისტემიდან 6, რომელიც ამ შემთხვევაში შეიცავს წყლის აგუს და ტუმბოს

პლაზმატრონს დენი მიეწოდება სპეციალური დენის წყაროდან 7. პლაზმური ჭავლი მიმართულია დასამუშავებელი დეტალისაკენ 8. პლაზმატრონი აწვობილია კორპუსზე 9, ანოდი და კათოდი

ერთმანეთისაგან იზოლირებულია იზოლატორებით 10 და 11. პლაზმური დანადგარის კვლევის პროცესის ფოტო მოცემულია ნახაზზე 8, ხოლო მუშაობის პროცესი ასახულია თანდართულ კლიპში.



ნახაზი 8. პლაზმური დანადგარის ერთობლივი გამოცდა კანადის ტორონტოს უნივერსიტეტის პროფესორის ჯავად მოსტაჰიმის მონაწილეობით

### 3.1. სამთო საქმეში გამოყენებადი პლაზმური დანადგარების ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგები

ექსპერიმენტულად გამოკვლეულია პლაზმატრონის ვოლტამპერული მახასიათებლები ძირითადი პარამეტრების მიხედვით. ნაშრომში ვოლტამპერული მახასიათებლების კვლევის შედეგები ასახულია ცხრილებში და გრაფიკების სახით. მიღებული პლაზმატრონის ვოლტამპერული მახასიათებლები აჩვენებს რომ მნიშვნელოვნად გაზრდილია ძაბვის ვარდნა რკალის ერთეულ სიგრძეზე, რაც იძლევა ტრადიციული პლაზმატრონების სიმძლავრის გაზრდის საშუალებას, რაც მიღწეულია ანოდის არხისათვის სპეციალური ფორმის მიცემით (ცილინდრული და კონუსური ფორმების მონაცვლეობით); პლაზმატრონის ვოლტამპერული მახასიათებელი ხისტია, რაც მიღწეულია პლაზმური დანადგარის ოპტიმალური ელექტროფიზიკური და ელექტრომაგნიტური სქემით; ექსპერიმენტალური მონაცემების საფუძველზე განსზღვრულია პლაზმური დანადგარის ოპტიმალური მუშაობის არე, რაც საკმაოდ ფართეა და მოცავს დენის ცვალებადობას 50-250 ამპერის ფარგლებში და ძაბვის ცვალებადობას 80-200 ვოლტის დიაპაზონში და რაც იძლევა პლაზმური დანადგარის სიმძლავრის რეგულირების საშუალებას 4-50 კვტ ფარგლებში.

აგრეთვე ექსპერიმენტულად გამოკვლეულია ოპტიმალური ტექნოლოგიური პარამეტრები, რომლებიც შეესაბამებიან ზედაპირების მოდნობას დეკორატიულობისა და სიმაგრის თვალსაზრისით და მაქსიმალურ ეფექტურობას ხელოვნური სამშენებლო მასალების ზედაპირების მოდნობას დეკორატიულობისა და სიმაგრის თვალსაზრისით.

სადისერთაციო ნაშრომში მიღებული შედეგები გამოყენებული იქნა საქრთველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში შესრულებული საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნოლოგიური ცენტრის (ISTC) გრანტში (G-1255) თემაზე: “ირიბი ქმედების პლაზმატრონის შემცველი მაღალი რესურსის მქონე პლაზმური დანადგარისა და დამრეცი მახასიათებლის მქონე დენის წყაროს შექმნა” (2007-2009 წწ.) და საქრთველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის გრანტში: “ღრმა ბურღვის პლაზმური დანადგარის თეორიული საფუძვლებისა და ტექნიკური პროექტის დამუშავება” (2010წ.).

### **დასკვნები**

1. ჩამოყალიბებულია სამთო საქმეში პლაზმური ტექნოლოგიის გამოყენების პერსპექტიული არეები: მყარი ქანების მონგრევა; მყარი ქანებისაგან სამშენებლო მასალების დამზადება და მოპირკეთება; პლაზმური ბურღვა და სამთო მომპოვებელი ინდუსტრიის ნარჩენების გადამუშავება;
2. პლაზმურ დანადგარებში მიმდინარე ელექტროფიზიკური პროცესებისა და ელექტრომაგნიტური პროცესების ანალიზის საფუძველზე მიღებულია პლაზმურ დანადგარების სტაბილური და ეფექტური მუშაობის კრიტერიუმები და ჩვენს მიერ პირველად დადგენილია, რომ პლაზმური დანადგარების კვების წყაროს სტატიკურ და დინამიურ ვოლტამპერულ მახასიათებლებს უნდა ჰქონდეთ მართკუთხა მახასიათებლის ფორმა;
3. ექსპერიმენტული მონაცემებისა და პლაზმატრონში მიმდინარე თბური პროცესების თეორიული ანალიზის საფუძველზე ჩატარებულია პლაზმატრონის ანოდის სხვადასხვა მეთოდებით გაცივების პროცესის შედარებითი ანალიზი. წყლით და ჰაერით კონვექციური გაცივება შედარებულია წყლის დუღილით გამოწვეულ გაცივების პროცესთან.

დადგენილია, რომ წყლის დუღილით ელექტროდების გაცივება წყლით კონვექციური გაცივების თანაბარძალიანია.

4. მყარი ქანის ზედაპირზე პლაზმური ალის ზემოქმედების თბური პროცესების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ ტემპერატურის გავრცელება მყარი ქანის მასივში ექვემდებარება ტალღისებრ მოდელს და, როდესაც საკმაოდ დიდი ტემპერატურული გრადიენტი არის გენერირებული, ნებისმიერი მყარი ქანი იქნება აფშვნილი;

5. შექმნილია პატენტებით დაცული პლაზმური ჭავლის ფორმირების შემდეგი პერსპექტიული მეთოდები და კონსტრუქციული გადაწყვეტები: 1) მრავალკომპონენტიანი საკათოდე ფხვნილის ნარევის აფეთქების ტალღით ან იმპულსური მაგნიტური ტალღით კომპაქტირებით პლაზმატრონის კათოდის დამზადების მეთოდი, რაც იძლევა პლაზმატრონის ისეთი კათოდის დამზადების შესაძლებლობას, რომელიც იმუშავებს ნებისმიერი ტიპის გაზის გარემოში და უზრუნველყოფს სრულ თბურ კონტაქტს საკათოდე დეროსა და გამაცივებელ დეროს შორის; 2) ღია ტიპის მძლავრი პლაზმური წარმონაქმნის მიღების ხერხი, რაც გამოიხატება იმაში, რომ თავისუფალი პლაზმური ჭავლის ჩაკეტილი კონტური ჰეგეტს ცვლად მაგნიტურ ნაკადს, რომელიც აინდუქტირებს მასში ელექტრომაგნიტურ ძალებს. მაგნიტური ნაკადი თავისუფალი პლაზმური ჭავლის ჩაკეტილ კონტურში აღძრავს ელექტრომაგნიტურ ძალებს, რომელიც ამ კონტურში წარმოშობს დენს. ეს დენი არ გადის არც ერთ პლაზმური ჭავლის წარმომქმნელ ხელსაწყოში. ამიტომ პრაქტიკულად ამ დენის ძალის სიდიდე შეზღუდული არ არის და შესაძლებელია ნებისმიერი სიმძლავრის პლაზმატრონის დამზადება; 3) მძლავრი პლაზმური ჭავლის მიღების ხერხი უზრუნველყოფს მძლავრი პლაზმური ჭავლის მიღებას უშუალოდ ერთ პლაზმატრონში ერთ დერძზე რამდენიმე რკალის შეთავსებით, რომელსაც გააჩნია ყველა რკალის ჯამური სიმძლავრე, ხოლო პლაზმატრონის ჯამური დენი გადანაწილებულია რამდენიმე კათოდურ და ანოდურ ლაქაზე. მაშასადამე პლაზმატრონის დასაშვები დენის ძალის სიდიდე იზრდება იმდენჯერ, რამდენჯერაც გაიზრდება ასე დაწვეილებულ ელექტროდთა რაოდენობა; 4) პლაზმური ბურღვის მეთოდი,

რომელიც ითვალისწინებს ბურღის ნაცმის პლაზმით გახურებას, ამ გახურებული ნაცმით ქანის გადნობას და გამდნარ ქანში ქანის გადნობისას ქანის ფორიანობის შემცირების შედეგად ქანის მოცულობის შემცირებისა და გამოყოფილი გაზების შეკუმშვის ხარჯზე ნაცმის ჩაღრმავებას ქანში. მაშასადამე ნაბურღი მასალის (ჯერ გამდნარი და შემდეგ გაცივებული ქანის) ზედაპირზე ამოტანა საჭირო არ არის და უმრავლეს შემთხვევაში არც სამაგრი მიღების გამოყენებაა აუცილებელი;

5) ქვანახშირის გამდიდრების ნარჩენებისა (ტყიბული, ახალციხე, ტყვარჩელი) და მეტალურგიული ნარჩენების (რუსთავი, ზესტაფონი) პლაზმური გადამუშავების მეთოდები;

6. დაპროექტებულია, დამზადებულია, გამოცდილია, გამოკვლეულია და დანერგილია 40 კვტ სიმძლავრის არალითონური მასალების დასამუშავებელი პლაზმური დანადგარი, რომელიც განკუთვნილია ქანების მოსანგრევად, ქანებიდან ბლოკების მოსაჭრელად, ბლოკების დასაჭრელად, საამშენებლო მასალების მოსაპირკეთებლად და ა. შ.;

7. ამ დანადგარის თეორიული კვლევის შედეგად განსაზღვრულია პლაზმური დანადგარის ძირითადი საპროექტო პარამეტრები ასეთი შემთხვევისათვის, კერძოდ, უკუძაბვები დიოდებზე, დიოდების დენები, ძალური ტრანსფორმატორის პირველადი და მეორადი გრაგნილების ხაზური და ფაზური დენები და ძალური ტრანსფორმატორის პირველადი და მეორადი გრაგნილების ხაზური და ფაზური ძაბვები; შექმნილია ამ პარამეტრების საანგარიშო ალგორითმები და პროგრამები;

8. ექსპერიმენტალური მონაცემების ანალიზის შედეგად მიღებულია ფორმულები, რომლებიც იძლევიან პლაზმატრონის განზოგადოებული ვოლტამპერულ, თბურ და წნევის მახასიათებლებს და განსაზღვრულია პარამეტრების კომბინაცია, რომლებისათვისაც ეს ფორმულები სამართლიანია.

**სადისაერთვადი ნაშრომის შედეგები გამოქვეყნებულია შრომებში:**

1. Gelenidze D., Makharadze L., Silagadze V., Djangidze M., Steryikova S., Gelenidze M. Analysis of the operation of system "plasmatron—power source". Works of mining-geological section of Int.sci-eng."Recent technologies and Georgia", Tbilisi. 2002. pp.78-84.

2. ბათხაძე ზ., გელენიძე დ., სტერიაკოვა ს., გელენიძე მ. ირიბი ზემოქმედების პლაზმატრონის ელექტროდების გაცივების სისტემების შედარებითი ანალიზი. "სამთო ჟურნალი". თბილისი. 2005. №1(4). გვ. 61-64.
3. Gelenidze D. "Development of Plasma Torches for Recycling Hazardous Industrial and Military Wastes". The 20<sup>th</sup> International Conference on Solid Waste Technology and Management. Philadelphia, PA, USA. April 3-6, 2005. p. 114-121.
4. Batkhadze Z., Gelenidze D., Marquis F.D.S., Mostaghimi J., Gelenidze M., Chankvetadze Z. Svintradze T. "Plasma Facility for Basalt Filaments Production". Materials Science and Technology (MS&T). Detroit, Michigan, USA, September 12-20, 2007. pp 109-115.
5. გელენიძე დ., გოგია გ., მახარაძე ლ., სიჭინავა ც. პლაზმური დანადგარების დამუშავება სამთო სამუშაოების წარმოებისათვის. "სამთო ჟურნალი". თბილისი. 2008. №1-2(20-21). გვ. 30-35.
6. Ватхадзе З.Г., Гогия Г.К., Геленидзе Д.М., Ватхадзе Л.Г. Исследование характера потери тепловой мощности через стенки водоохлаждаемого цилиндрического анода в плазматроне косвенного действия. "Энергия". Тбилиси. 2008. №1(45). стр.32-38.
7. Gelenidze D., Gogia G., Batkhadze Z., Marquis F.D.S., Gelenidze M. Two new ways of formation of plasma jet for processing rocks. Scientific - Technical Journal "ENERGY". Tbilisi. 2008. #1(45). p. 27-32.
8. გელენიძე დ., გოგია გ., სიჭინავა ც., ბათხაძე ზ. მძლავრი პლაზმური ჭავლის მიღების ხერხი. სამეცნიერო - ტექნიკური ჟურნალი "ენერჯია", თბილისი. 2009. №2(50)-1. გვ. 55-60.
9. Gelenidze D., Gogia G., Batkhadze Z., Gelenidze M. The analysis of work of three phase rectifiers on the power supply of a plasma arc with the rectangular characteristic. "Mining Journal". Tbilisi. 2009. #2(23). pp. 63-68.
10. გელენიძე დ. პლაზმური ტექნოლოგიების სამთო საქმეში გამოყენების შესაძლებლობების ანალიზი. "სამთო ჟურნალი". თბილისი. 2010. №2(25). გვ. 44-51.
11. Gelenidze D.M., Prof. Gogia G. K. "DEVELOPMENT OF PLASMA DEVICE FOR RECYCLING HAZARDOUS INDUSTRIAL AND MILITARY WASTES". International Scientific Technical conference "New Technologies In Modern Industry". Tbilisi. April 29-30, 2010. pp 171-173.
12. გელენიძე მ., ნაჭყებია შ., მერაბიშვილი პ., ნემსაძე შ., გელენიძე დ. პლაზმური ჭავლს გაძლიერების ხერხი. საქართველოს პატენტი, GE P 4010 B. 12.25.2006. AP 009009. 06.10.2005.
13. გელენიძე დ., მახარაძე ლ., გელენიძე გ., სილაგაძე ვ., ბათხაძე ზ. გელენიძე მ. პლაზმატრონის კათოდის დამზადების ხერხი. საქართველოს პატენტი, GE P 4440 B. 25.07. 2008. AP 009694. 07.11.2006.

14. ნემსაძე შ., ნაჭყებია შ., მერაბიშვილი პ., გელენიძე მ., გელენიძე დ. პლაზმური ჭავლის აჩქარების მეთოდი. საქართველოს პატენტი, GE P 4350 B. 10.04.2008. AP 009213. 09.02.2006.
15. გელენიძე დ., გელენიძე გ., გელენიძე მ., სიჭინავა ც. ზემდლავრი პლაზმური წარმონაქმნის მიღების ხერხი. საქართველოს პატენტი, GE P 4945 B. 12.04.2010. AP 010739. 05.06.2008.
16. გელენიძე დ., გოგია გ., გელენიძე გ., გელენიძე მ., ჭანკვეტაძე ზ. მძლავრი პლაზმური ჭავლის მიღების ხერხი. საქართველოს პატენტი, GE P 4948 B. 12.04.2010. AP 010816. 16.07.2008.
17. გელენიძე დ., გოგია გ., გელენიძე გ., გელენიძე მ. მართკუთხა მახასიათებლიანი დენის წყარო. ბრძანება №327/01 პატენტის გაცემის შესახებ. 01.11.2010წ. AP 011357. 09.07.2009.
18. გელენიძე დ., გოგია გ., გელენიძე გ., გელენიძე მ. ავალიანი ზ., ოცხელი დ. პლაზმური ბურღვის ხერხი. განაცხადი საქართველოს პატენტის მიღებაზე, AP 011478. 2009.
19. ფრანგიშვილი ა., გასიტაშვილი ზ., გელენიძე დ., გოგია გ., გელენიძე გ. გელენიძე მ., ლომთათიძე გ. ელექტროგამტარული ნარჩენების პლაზმური გადამუშავების ხერხი. განაცხადი საქართველოს პატენტის მიღებაზე, AP 011977. 21.10.2010.
20. ფრანგიშვილი ა., გასიტაშვილი ზ., გელენიძე დ., გოგია გ., გელენიძე გ. გელენიძე მ. მყარი მასალების პლაზმის მიღების ხერხი. განაცხადი საქართველოს პატენტის მიღებაზე, AP 011978. 21.10.2010.

### **Abstract**

The using of the plasma technology in Mining was limited because of the its specificity (the large capacities, the limited environment, the poor condition of work etc.) and was less used on practice.

The main aim of the work is the development of a new direction in the plasma technology - the plasma technologies of Mining Industry. For implementation of this goal the following activities were done: The perspective areas of using the plasma technology in Mining have been detected. This is the using plasma-flow to break the solid rocks; to process a surface of the building materials made from the solid rocks; to drill rocks; to recycle the mining industry wastes; to produce and repair the equipment of Mining Industry. The replacement scheme of the plasma-arc operation was done which is based on the analysis of the electrophysical processes occurring in plasma equipment and analysis of electromagnetic processes was conducted by using the classical mathematic methods. Its an algorithm of solutions and a program were created on base of which the original methods of the plasma-flow formation and the designs of plasma device were developed for using in Mining. On base of the analysis of electromagnetic processes those criteria of power-supply of plasma-device were established that provide an effective operation of plasma-torch. The effective operation of the plasma torch is possible when

the current-voltage characteristic of power-source is a slant line and its tilt angle close to  $90^{\circ}$ . The power-supply is not a "voltage-supply" it's a "current-supply" ie. When the plasma-arc resistance is changing the voltage is changing not the current and the maximum voltage of idling should be only 10-15% more than maximum working-voltage. The current-voltage characteristic of the power-source should have a rectangle shape, ie, the power-source should be a "current source" in the working and short circuit regime and a "voltage source" in a idling regime. On the basis of the experimental data and theoretical calculations the comparative analysis of the cooling process of an anode by different methods has been done.

The convective cooling (by water and by air) was compared with the cooling-process caused by the boiling of water. It is established that the cooling of the electrodes by the boiling of water is equal to the convective cooling by water. Also, the analysis of the thermal processes of plasma-flow action on the surface of the solid rock was done. The mathematical description of the temperature distribution in rock is based on the equation of thermal conductivity for the 1D space. The solution of this equation for the boundary conditions, which stipulates the changing of the temperature of the rock surface at any instant and the maximum temperature deviation, shows that the temperature distribution in rock is subordinated to wave model. That leads us to the conclusion that when a sufficiently large temperature gradient is generated, any hard rock will be broken.

On the basis of this work, carried out in the theoretical part, the advanced methods of the plasma-flow formation and the design solutions are created, some of which are patented and introduced in production.

**A method of plasma-torch cathode production**, which gives opportunity to make such cathode that would work for any type of gas (air, oxygen, carbon, nitrogen, water, steam, hydrogen, inert gases, and so on) and would provide full thermal contact between a rod of cathode and a rod of cooling. The essence of these methods is that the multicomponent mixture of a cathode is placed in the hole of the cooling rod and happens their compaction by the blast wave or the pulsed magnetical wave.

**A reception method of an open-type plasma-formation** is that a closed contour of the free plasma crosses the variable magnetic flow which induces the electromotive force in it. The magnetic flow induces the electromotive force in the closed, open-type plasma-contour that creates the current in this contour. This current doesn't flow in plasma-torches and its force-power is not limited.

**The plasma processing method of the conducting industrial wastes.** We have developed the plasma-processing method for the industrial wastes which have the conductivity acceptable for Plasma technology. There are the wastes of the enriched coal (Tkibuli, Akhaltsikhe, Tkvarcheli, enough conductivity during 1800-1900<sup>0</sup> temperatures) and metallurgical wastes (Rustavi, Zestaponi, almost all conductive).

**Method of reception of powerful plasma jet.** A method provides creation of several combined electric-arc in the plasma-torch on one axis. Which has the summed power of these electrical-arcs, and the summed current of the plasma-torch is redistributed on several cathode and anode spot, by this the allowable value of the current-force is increased by the amounts of so paired electrodes.

---