

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მაია ჯიხვაძე

არასტაციონარულ და დრეკადკედლებიან არხებში სითხის  
მოძრაობის თავისებურებათა გამოკვლევა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2012 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ენერგეტიკის და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის

თბო და ჰიდროენერგეტიკის დეპარტამენტის

ენერჯის არატრადიციული და განახლებადი წყაროების მიმართულეზაზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ასოცირებული პროფესორი ევტიხი მაჭავარიანი

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება ----- წლის ”-----” -----, ----- საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის

და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს

კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი 8, აუდიტორია \_\_\_\_\_

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა – სტუ-ს ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი

გრიგოლ ხელიძე

**სამუშაოს ზოგადი დასახიათება**

**აქტუალობა.** პოლიმერული მასალები და მათ შორის პლასტიკური და ელასტიკური მილები და რულონური აფსკები სულ უფრო ფართო გამოყენებას პოულობენ ტექნიკისა და ტექნოლოგიის მრავალ დარგში. მათ შორის დაბალი წნევის სხვადასხვა პნევმატიკურ და ჰიდროდინამიკურ მოწყობილობებში და დანადგარებში. ამ მხრივ აღსანიშნავია თუნდაც თბომეურნეობაში პოლიმერული მილების გამოყენების თანამედროვე მასშტაბი. პლასტიკურ და ელასტიკურ კედლებიან არხებში სითხეების მოძრაობა მკვეთრად განსხვავდება მყარ და სტაციონალურ კედლებიან არხებში მოძრაობისაგან, მაგრამ დღემდე ამ მიმართულებით შესრულებულ სამეცნიერო ნაშრომთა აბსოლუტური უმრავლესობა სამედიცინო მიმართულებაზეა ორიენტირებული და ადამიანის სისხლის მიმოქცევის სისტემის შესწავლას ემსახურება.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, არასტაციონალურ და დრეკად კედლებიან არხებში სითხის მოძრაობის თავისებურებათა ტექნიკურ მოწყობილობებში გამოყენების თვალსაზრისით გამოკვლევის აქტუალობა ეჭვს არ იწვევს.

**სამუშაოს მიზანი.** სამუშაოს ძირითადი მიზანია არასტაციონალურ და დრეკად კედლებიან არხებში სითხის მოძრაობის თავისებურებათა შესწავლა ამ თავისებურებათა ტექნიკურ მოწყობილობებში გამოყენების თვალსაზრისით. კონკრეტულად კვლევა ჩატარდა არასტაციონალურ და დრეკად კედლებიან მილების თბოგადამცემ დანადგარებში და დრეკადი, პლასტიკური და ელასტიკური თხელი რულონური მასალების თერმიული დამუშავებისათვის საჭირო დანადგარებში, აეროდინამიკური საყრდენების შესაძლო ეფექტური გამოყენების დასაბუთების მიზნით. სამუშაოს მიზანს შეადგენდა აგრეთვე კვლევის პროცესში გამოყენებული ექსპერიმენტული სტენდების დამუშავება ტექნიკური უმაღლესი სასწავლებლების თბოენერგეტიკული მიმართულებების სასწავლო ლაბორატორიებში გამოყენების თვალსაზრისით.

**კვლევის ობიექტი და მეთოდები.** კვლევის ობიექტს წარმოადგენს დრეკად კედლებიან პოლიმერულ მილებში წყლის მოძრაობის და პოლიმერული, რულონური მასალის კედლიან ბრტყელ არხში ჰაერის დინების პროცესები. კვლევა ჩატარებულია ექსპერიმენტული მეთოდით.

**ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე.** ნაშრომის ძირითადი შედეგებს მიეკუთვნება თხელკედლა ელასტიურ მილებში სითხის მოძრაობის კანონზომიერებათა შემდგომი შესწავლის მიზანშეწონილობის დასაბუთება, სამი სხვადასხვა ექსპერიმენტული სტენდის და შესაბამისი ცდების ჩატარების მეთოდის დამუშავება, მყარ და დრეკად მილებში წყლის დინების და დრეკადკედლიან არხში ჰაერის დინების მახასიათებლების ექსპერიმენტული მონაცემების დაგროვება და აეროდინამიკური საყრდენის ინჟინრული გაანგარიშების მეთოდის დამუშავება. ნაშრომის მეცნიერულ სიახლეს მიეკუთვნება თბოგამომყენებელ დანადგარებში პოლიმერული, თხელკედლა და ელასტიკური მასალების გამოყენების პერსპექტიულობის დასაბუთება და აეროდინამიკურ საყრდენზე რულონური მასალის შეტივტივებულ მდგომრეობაში სტაბილური შენარჩუნებისათვის საჭირო ბალიში გასანვითარებელი წნევის გამოსათვლელი ანალიზური გამოსახულების გამოყვანა, რომლითაც გაანგარიშებული შედეგები კარგად ემთხვევა ექსპერიმენტულ მონაცემებს.

**მიღებული შედეგების გამოყენების სფერო.** ნაშრომში მიღებული შედეგები შეიძლება გამოყენებული იქნას თბოტექნოლოგიურ პროცესებში გამოყენებული მოწყობილობებისა და დანადგარების როგორც დამაპროექტებელ, ისე დამამზადებელ და საექსპლუატაციო ორგანიზაციებისა და საწარმოების მიერ. აგრეთვე ტექნიკური უმაღლესი სასწავლებლების თბოენერგეტიკული მიმართულებების სასწავლო პროცესში.

**ცნობები დისერტაციის მოცულობისა და სტრუქტურის შესახებ.** ნაშრომი წარმოდგენილია 124 ნაბეჭდ გვერდზე და შედგება შესავალის, ხუთი თავის, 7 ცხრილის, 37 ნახაზის (დანართთან ერთად) და დასკვნებისაგან. ციტირებული ლიტერატურის სია შეიცავს ძირითადად უცხოური წყაროების 35 დასახელებას.

### **დისერტაციის ძირითადი შედეგები თავების მიხედვით.**

ნაშრომის შესავალ ნაწილში და პირველ თავში განხილულია საკვლევი პრობლემის არსი და ისტორია. ჩამოყალიბებულია საკითხის დასმა. წარმოდგენილია ლიტერატურის მიმოხილვა, რომლის საფუძველზე დადგენილია, რომ არასტაციონალურ და დრეკად კედლებიან არხებში

რეალური სითხეების და გაზების მოძრაობას ახასიათებს მთელი რიგი თავისებურებები, რაც განაპირობებს მოვლენის ჰიდროდინამიკურ სირთულეს და მისი კვლევის სამეცნიერო აქტუალობას. დასაბუთებულია დრეკადი და არასტაციონალური პოლიმერული მასალებიდან დამზადებული მილების თბოტექნოლოგიურ დანადგარებში, კერძოდ თბოგადამცემ აპარატებში გამოყენების და რულონური პოლიმერული აფსკების თბური დამუშავებისათვის საჭირო დანადგარებში აეროდინამიკური საყრდენების გამოყენების პერსპექტიულობა ხსენებული დანადგარების მასალატევალობის შემცირების და ენერგეტიკული ეფექტურობის გაზრდის თვალსაზრისით.

ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე ამავე ნაწილში ჩამოყალიბებულია სამუშაოს მიზანი.

**მეორე თავში** წარმოდგენილია ელასტიკურ და დრეკად კედლებიან არხებში სითხის მოძრაობის თეორიული საკითხები. განხილულია ამგვარ არხებში სითხის მოძრაობის კანონზომიერებათა კვლევის ასპექტები და წარმოდგენილია ამ კანონზომიერებათა თეორიული შესწავლის ზოგადი მეთოდოლოგია. ამ მიმართულებით ჩატარებული ლიტერატურული მიმოხილვის შედეგების საფუძველზე დასაბუთებულია, რომ პლასტიკურ და ელასტიკურ კედლებიან მილებში ბლანტი სითხის მოძრაობისას, მილის დრეკად კედლებსა და სითხის დინების მახასიათებლებს შორის წარმოქმნილი კავშირურთიერთობები მრავალმხრივია და ძალიან რთული ბუნებისაა. სწორედ ამით არის გაპირობებული ის გარემოება, რომ ჯერ კიდევ არ არის დამუშავებული ხსენებული კავშირურთიერთობების ისეთი მათემატიკური მოდელი, რომლის საფუძველზეც მიღებული იქნებოდა პრაქტიკული გამოთვლებისათვის მეტნაკლებად ვარგისი საანგარიშო ანალიზური გამოსახულებები. ნათქვამის დასადასტურებლად იქვე განხილულია კონკრეტული მაგალითი და დასაბუთებულია, რომ დრეკად და არასტაციონალურ კედლებიან არხებში სითხის მოძრაობის კანონზომიერებათა შესწავლაში ჯერჯერობით გადამწყვეტი უპირატესობა აქვთ ექსპერიმენტულ მეთოდებს.

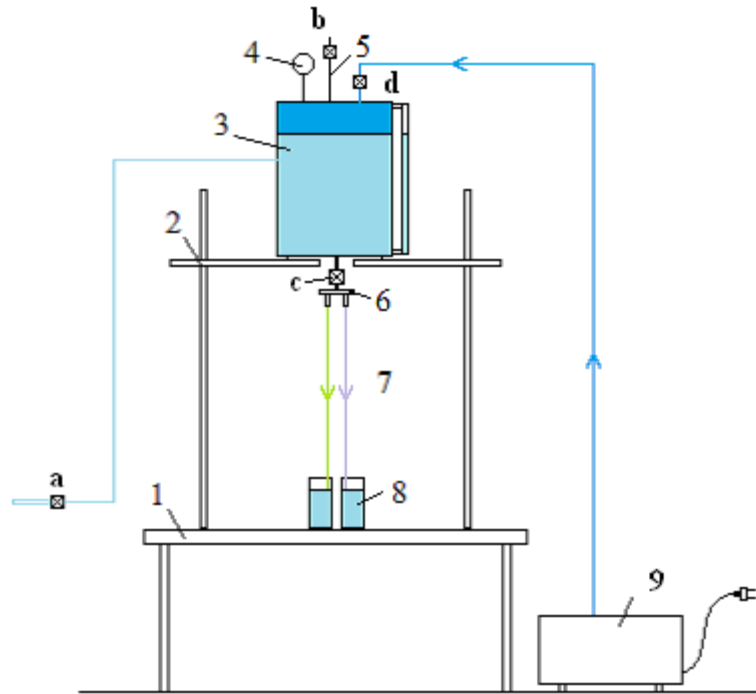
ამავე ნაწილში გაანალიზებულია ჰუკის კანონი ელასტიკური და დრეკადი მილისათვის და განხილულია ამგვარ მილებში სითხის დინების ეგრეთწოდებული ფლატერული რეჟიმი, რის საფუძველზეც დასაბუთებულია

თბოგადამცემ დანადგარებში პლასტიკური და ელასტიკური მილების გამოყენების პერსპექტიულობა ხსენებული დანადგარების მასალატევალობის შემცირების და ენერგოეფექტურობის შესაძლო შემცირების თვალსაზრისით. მეორე თავის დასასრულს გადმოცემულია არასტაციონალურ და დრეკად კედლებიან მილებში სითხის მოძრაობის თავისებურებათა ანალიზის შედეგები.

ნაშრომის მესამე თავი ეძღვნება კვლევისას დაპროექტებული და გამოყენებული ექსპერიმენტული დანადგარების აღწერას და ცდების ჩატარების შესაბამისი მეთოდიკების დამუშავებას. კერძოდ აღწერილია მეტალის მყარი და პოლიმერული მასალის დრეკადი მილების ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობების ხარისხობრივი ურთიერთშედარების ჩასატარებელი ექსპერიმენტული დანადგარი №1, რომელიც წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე და იგივე მილებით განხორციელებული თბოგადაცემის პროცესების ინტენსივობის ურთიერთშესადარებელი დანადგარი №2. ეს უკანასკნელი წარმოდგენილია ნახ. 2-ზე.

№ 1 დანადგარი წარმოადგენს ლაბორატორიულ მაგიდაზე (1) მოთავსებული სპეციალური სადგარს (2), რომელზეც განლაგებულია წყლის საწყისი მოცულობა (3). ამ უკანასკნელის ხუფზე მიერთებულია საწყის მოცულობაში განვითარებული წნევის გამზომი მანომეტრი (4) და „ბ“ ონკანიანი საჰაერო მილი (5), ხოლო ფსკერზე – „ც“ ონკანის გავლით სამილტუნე კოლექტორი (6). სამილტუნე კოლექტორის მილტუნებზე მიერთებულია ლითონისა და ელასტიკური მასალისაგან დამზადებული გამოსაკვლევი და ურთიერთშესადარებელი მილები (7), რომელთა ქვედა ბოლოები ჩაშვებულია სითხის მიმღებ და სითხის დონის მიხედვით მოცულობის მაჩვენებლებით აღჭურვილ ჭურჭლებში (8).

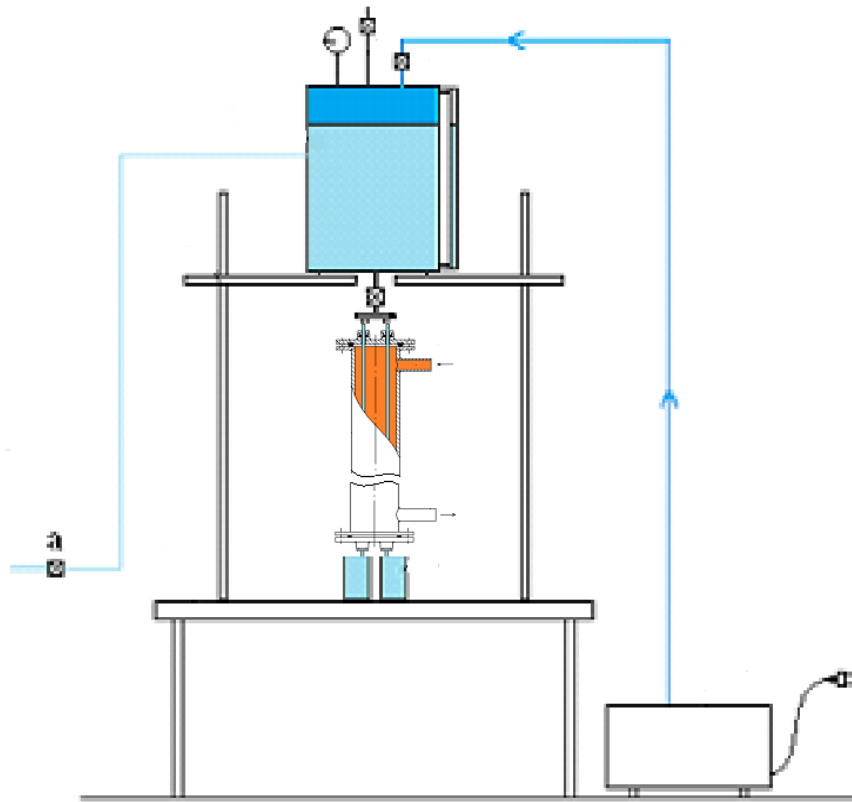
გამოსაცდელ მილებში წყლის დინების სხვადასხვა რეჟიმის დასამყარებლად საწყის მოცულობასთან „ა“ ონკანის გავლით მიერთებულია წყალსადენის მილი და „დ“ ონკანის გავლით ჰაერის ლაბორატორიული კომპრესორი (9).



ნახ. 1. № 1 ექსპერიმენტული სტენდის სქემა

ექსპერიმენტების ჩატარებისას იზომება ერთი და ეგივე ტეპადობის მქონე ჭურჭლის, როგორც მეტალის მილით, ასევე პოლიმერული მილით შევსების დრო.

№2 მეორე დანადგარი პრაქტიკულად იგივეა, რაც № 1 დანადგარი, იმ განსხვავებით, რომ საწყისი ჭურჭლიდან მიმდებ ჭურჭლებამდე არსებული მეტალისა და პოლიმერული მასალის მიღები მოქცეულია დამატებით შექმნილ მოცულობაში, რომელშიც ცირკულირებს ცნობილი და საწყის ჭურჭელში მოთავსებული წყლის ტემპერატურიდან განსხვავებული ტემპერატურის მქონე წყალი. აღნიშნულ დანადგარზე განხორციელებული ცდების შემთხვევაში უნდა გაიზომოს მეტალისა და პოლიმერული მასალის მიღებით მიმდები ჭურჭლების შევსების დროსთან ერთად უნდა გაიზომოს მიმდებ ჭურჭლებში ჩამოდინებული წყლის ტემპერატურაც.



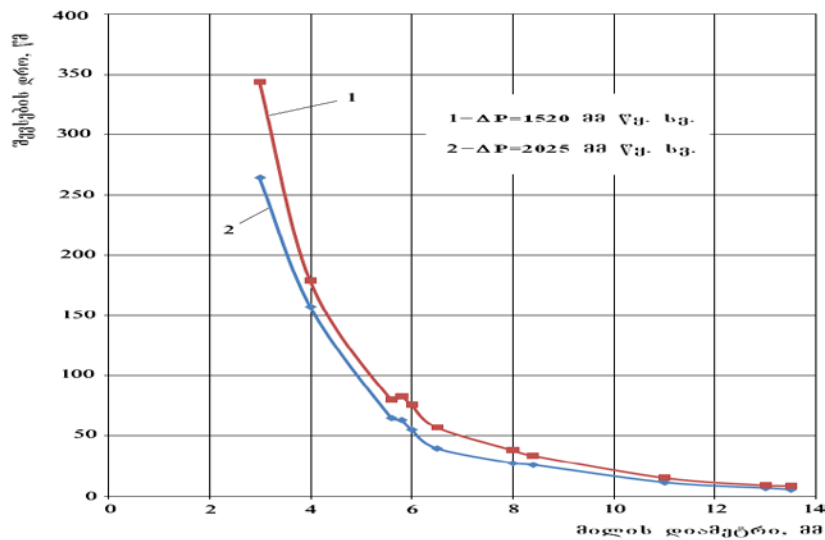
ნახ. 2. № 2 ექსპერიმენტული სტენდი

მესამე თავის დასასრულს წარმოდგენილია პლასტიკური და დრეკადი მილებისა და ლითონის მილების ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობის შესადარებელი ექსპერიმენტების ჩატარებისა და მიღებული შედეგების (ცდის მონაცემების) დამუშავების მეთოდოლოგია, ასევე პლასტიკური და დრეკადი მილებითა და ლითონის მილებით განხორციელებული თბოგადაცემის პროცესების ურთიერთ შეასადარებელი ექსპერიმენტების ჩატარების მეთოდოლოგია და მიღებული შედეგების (ცდის მონაცემების) დამუშავების მეთოდოლოგია.

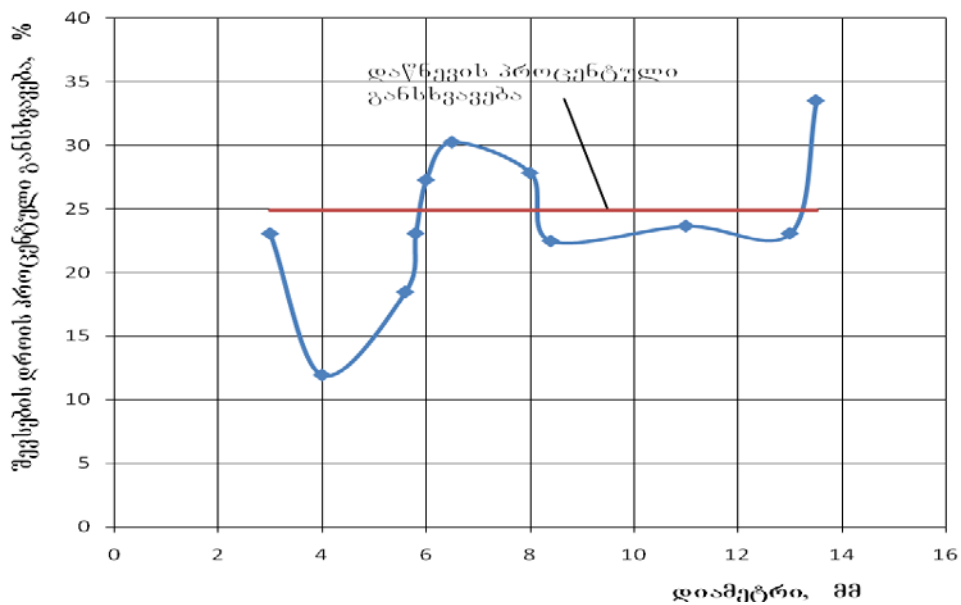
**მეოთხე თავი** მთლიანად ეთმობა პლასტიკური, დრეკადი მილებისა და ლითონის მილების ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობის შესადარებელი ექსპერიმენტების შედეგების წარმოდგენას, მათ დამუშავებას და ანალიზს. ამ თავის საწყის ნაწილში დახასიათებულია გამოკვლეული მილები და მოყვანილია გაზომვების ცდომილებათა მიახლოებითი შეფასება, რომლის ჩასატარებლად უშუალო გაზომვებით მიღებული მონაცემების მიხედვით ავაგეთ ნახ. 3-ზე წარმოდგენილი მრუდები. ამ გრაფიკზე მეტალისა და



პლასტმასის მიღები ერთმანეთისაგან არ არიან განცალკევებული ვინაიდან საინტერესო იყო სხვადასხვა დაწნევის დროს გაზომილი შევსების ხანგრძლივობათა შედარება. როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, დაწნევის გაზრდით 1520 მმ წყ. სვ.-დან 2025 მმ წყ. სვ.-მდე ყველა გამოცდილი მილისათვის შემცირდა ერთი და იგივე მოცულობის მქონე მიმღები ჭურჭლის შევსების დრო, რაც სავსებით ლოგიკურია. მაგრამ ჩვენ შევადარეთ დაწნევის პროცენტული ცვლილება, რომელიც ყველა მილისათვის ერთი და იგივე იყო, ყოველი მილის შევსების დროის პროცენტულ ცვლილებას. ეს შედარება წარმოდგენილია ნახ. 4-ზე, საიდანაც ჩანს, რომ ყველა მილისათვის ერთი და იგივე, დაახლოებით 25 %-ით განსხვავებული დაწნევებისას, ჩამოდინების დროის მიღებულ მნიშვნელობებს შორის განსხვავება სხვადასხვაა, მნიშვნელოვნად არის გაბნეული და მიუხედავად იმისა, რომ ცვლილება ერთი მიმართულებისაა (დაწნევის მომატებით შევსების დროის ხანგრძლივობა ყველა მილისათვის შემცირდა), იგი ხან დაწნევის პროცენტულ ცვლილებაზე მეტია (მაქსიმუმალურ შემთხვევაში + 8 %-ით) და ხანაც კი მასზე ნაკლები (მინიმალურ შემთხვევაში – 13 %-ით). აღნიშნული ორი წერტილის, როგორც გამონაკლისის, ამოგდებით სხენებული ცვლილებები  $\pm 7$  %-ში ეტევა. მაშასადამე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ჩვენს მიერ ჩატარებული გამოკვლევების ცდომილება უკეთეს შემთხვევაში  $\pm 7$  %-ია და უარეს შემთხვევაში დაახლოებით  $\pm 15$  %-ს უნდა შეადგენდეს. ცდომილებათა შეფასების შემდეგ ამავე მეოთხე თავში წარმოდგენილია ჩატარებული გაზომვებით მიღებული, დამუშავებული მონაცემები და მათი ანალიზი. მონაცემები დამუშავებული იქნა მე-3 თავში წარმოდგენილი მეთოდის მიხედვით და პროგრამა Microsoft Office Excel-ის გამოყენებით.



ნახ. 3. მიმღები ჭურჭლის შეესების დროის დამოკიდებულება სხვადასხვა მასალის მილის დიამეტრზე

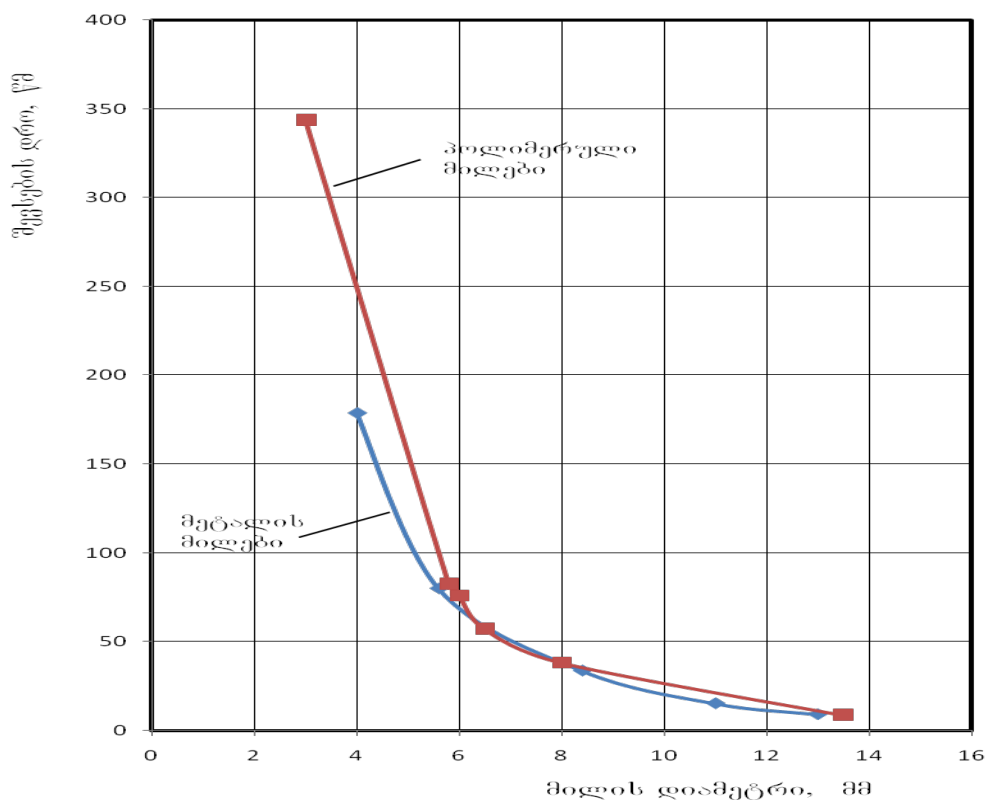


ნახ. 4. დაწნევის მნიშვნელობებს შორის არსებული განსხვავების შედარება შეესების დროის დაფიქსირებულ მნიშვნელობებს შორის განსხვავებასთან.

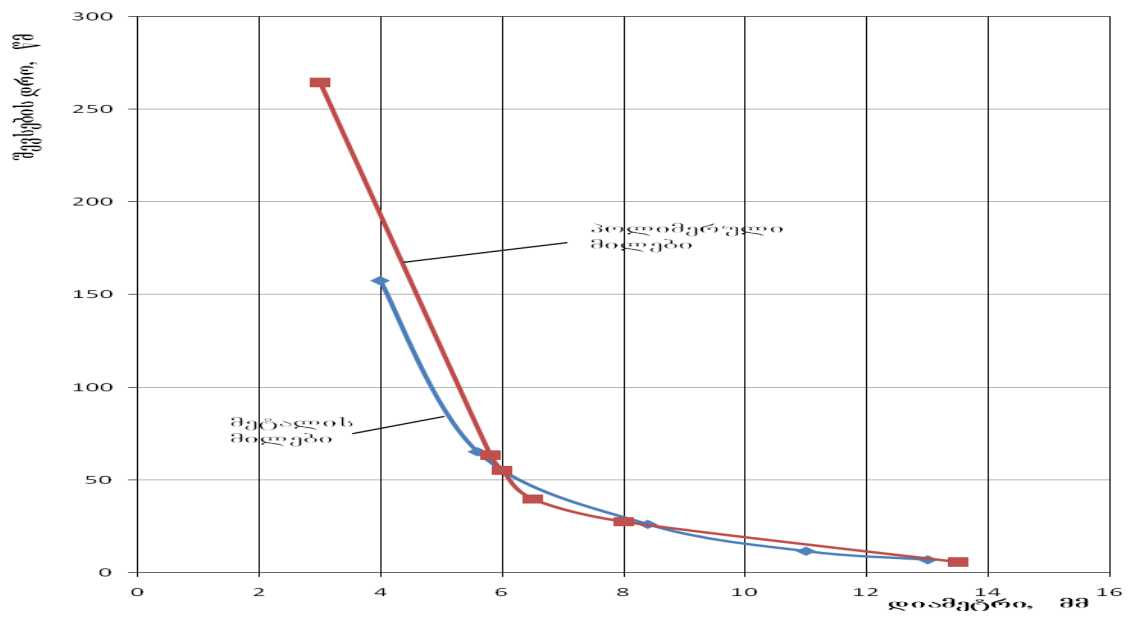
ნახაზებზე 5 და 6 წარმოდგენილია შეესების დროის დამოკიდებულება დიამეტრზე ცალკე ცალკე, მეტალის და პოლიმერული მილებისათვის შესაბამისად წყლის სვეტის 1520 მმ-ის ტოლი და 2025 მმ-ის ტოლი დაწნევისათვის. ორივე შემთხვევაში მრუდებს აქვთ ერთნაირი ხასიათი,

როგორც მეტალის ისე პოლიმერული მიღებისათვის და დიამეტრის მომატებით შევსების დრო ექსპონენციალურად კლებულობს, რაც ასე თუ ისე მეტყველებს გაზომვების მეტნაკლებად ნორმალურად შესრულებაზე, ხოლო რაიმე სხვა განსაკუთრებული დასკვნის გამოტანა ამ გრაფიკების მიხედვით შეუძლებელია.

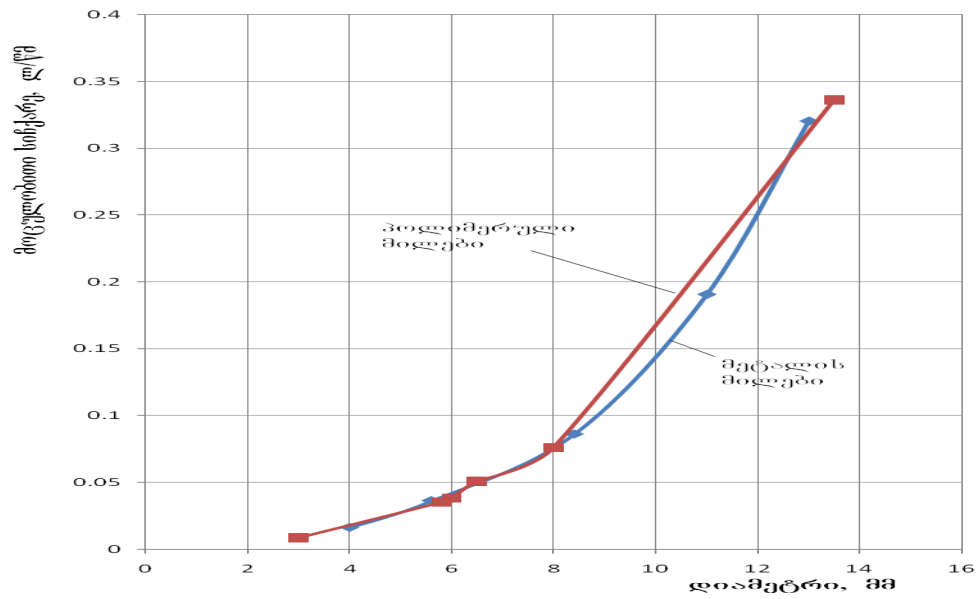
ანალოგიური დასკვნის გამოტანა შეიძლება აგრეთვე მიღებში განვითარებული ხარჯის (მოცულობითი სიჩქარის, ლ/წმ) დიამეტრზე დამოკიდებულებებიდან, რომლებიც 7 და 8 ნახაზებზეა წარმოდგენილი.



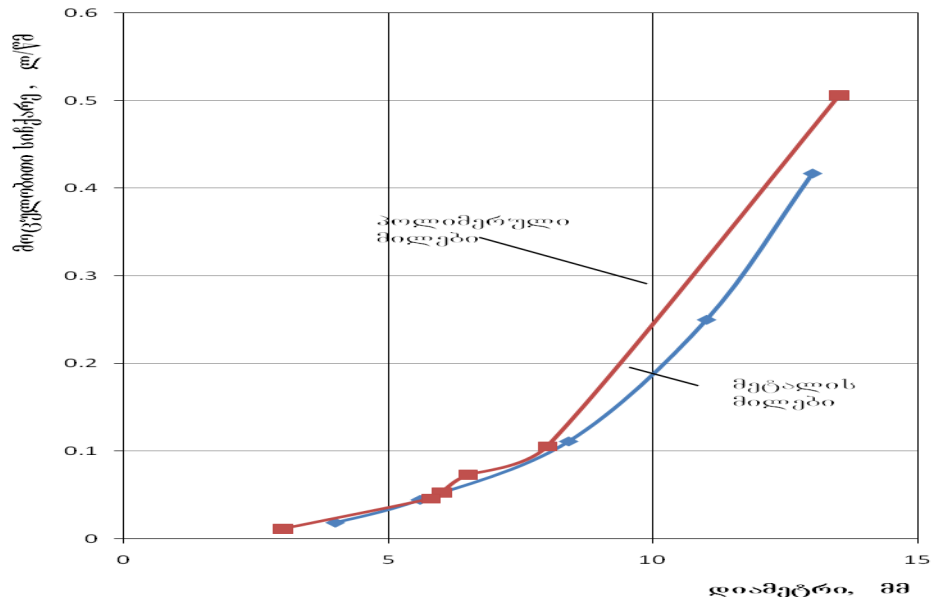
ნახ. 5. შევსების დროის დამოკიდებულება დიამეტრზე მეტალის და პოლიმერული მიღებისათვის ( $\Delta P = 1520$  მმ წყ. სვ.)



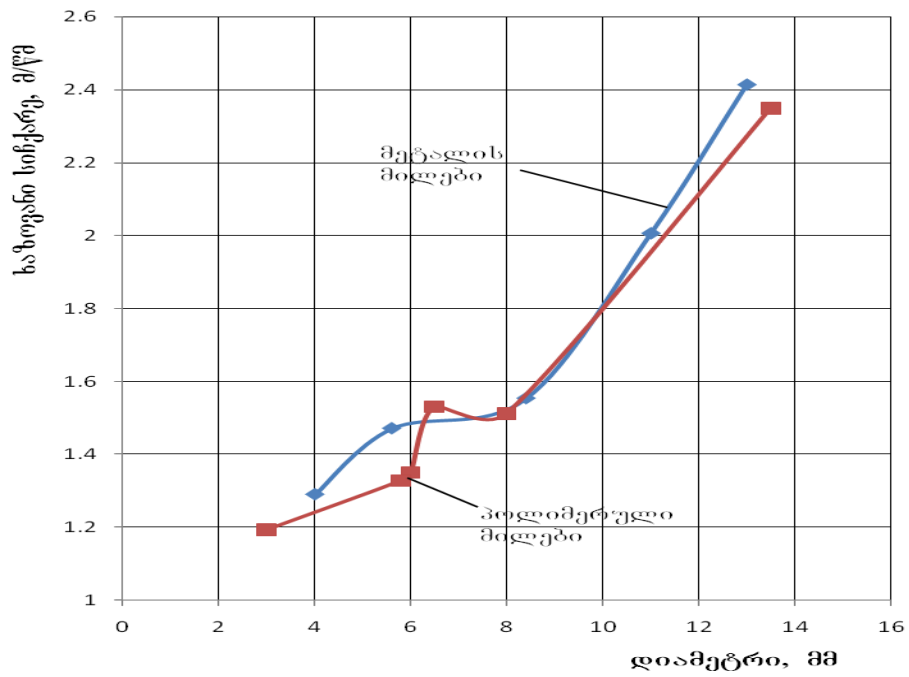
ნახ. 6. შეესების დროის დამოკიდებულება დიაამეტრზე მეტალის და პოლიმერული მილგებისათვის ( $\Delta P = 2025$  მმ წყ. სვ.)



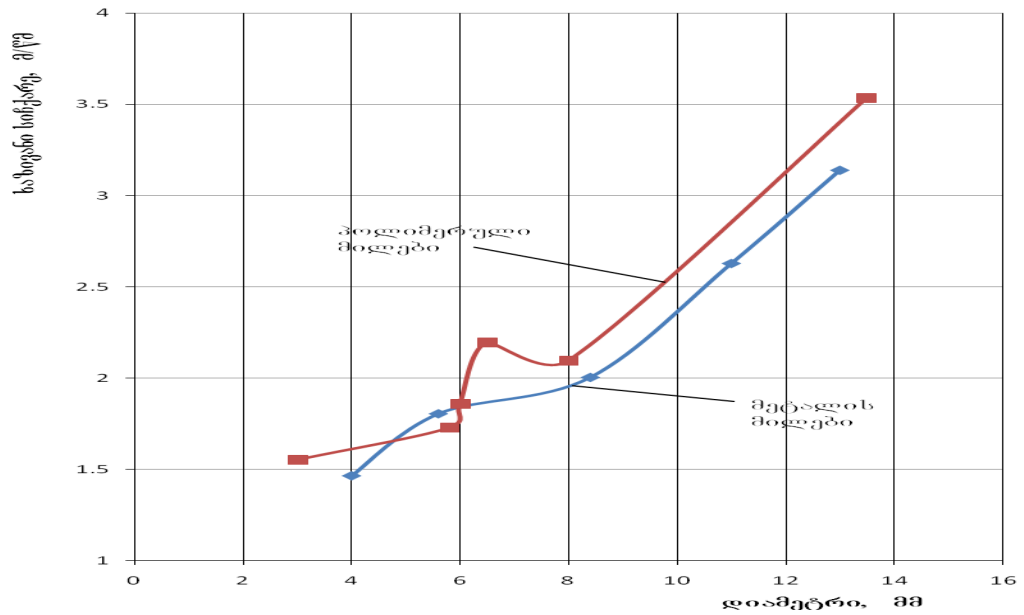
7. მოცულობითი სიხარტის დამოკიდებულება დიაამეტრზე მეტალის და პოლიმერული მილგებისათვის ( $\Delta P = 1520$  მმ წყ. სვ.)



ნახ. 8. მოცულობითი სიჩქარის დამოკიდებულება დიამეტრზე მეტალის და პოლიმერული მილებისათვის ( $\Delta P = 2025$  მმ წყ. სვ.)



ნახ. 9. საზოგადო სიჩქარის დამოკიდებულება დიამეტრზე ( $\Delta P = 1520$  მმ წყ. სვ.)



ნახ. 10. ხაზოვანი სიჩქარის დამოკიდებულება დიაპეტრზე (ΔP= 2025 მმ წყ. სვ.)

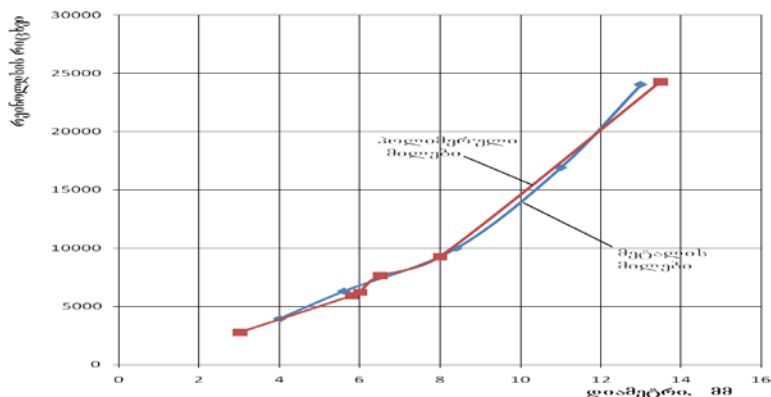
აქ მოყვანილი გრაფიკების მიხედვით მეტალისა და პოლიმერული მასალის მილები პრაქტიკულად ერთნაირ ხარჯებს ქმნიან, მაგრამ ამ მხრივ მათ შორის მეტი განსხვავება შეიმჩნევა ცდების მეორე სერიაში ანუ შედარებით მეტი დაწნევის შემთხვევაში. თუმცა 8 მმ-იან და 13,5 მმ-იან პოლიმერულ მილებს შორის შუალედური წერტილის არ არსებობა ვერ გვაძლევს ამ დასკვნის თამამად გაკეთების შესაძლებლობას.

სხვადასხვა მილებში განვითარებული გადატანითი სიჩქარის დამოკიდებულება დიაპეტრზე წარმოდგენილია 9 და 10 ნახაზებზე. ნახ. 9-ზე ჩანს, რომ ΔP=1520 მმ წყ. სვ.-ის ტოლი დაწნევისას, როგორც მეტალის, ასევე პოლიმერულ მილებში განვითარებული ნაკადების მოძრაობის სიჩქარეები ძირითადად ერთმანეთს ემთხვევა. მიუხედავად ამისა აშკარად ჩანს, რომ ზემოთ ხსენებულ ყველაზე ელასტიურ მილში (დიაპეტრით 6,5 მმ) წყლის მოძრაობის სიჩქარე დაახლოებით უტოლდება 8,4 მმ-იან მეტალის მილში განვითარებულ სიჩქარეს და მეტია ვიდრე 8 მმ-იან პოლიმერულ, მაგრამ სქელკედლა და მოუხეშავ მილში განვითარებული სიჩქარე. აღნიშნული განსხვავება კიდევ უფრო დიდია ΔP=2025 მმ წყ. სვ.-ის ტოლი დაწნევის

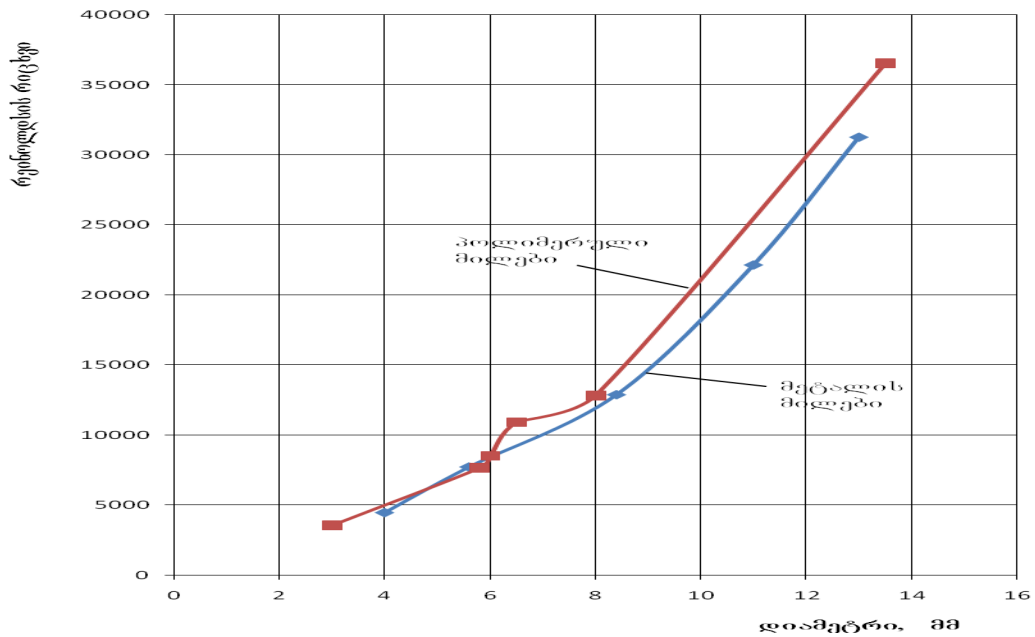
შემთხვევაში, რაც კარგად ჩანს ნახ. 10-ზე. ამავე ნახაზიდან ჩანს, რომ პოლიმერულ მილებში განვითარებული ნაკადების სიჩქარეები სჭარბობენ მეტალის მილებში განვითარებულ სიჩქარეებს, თუმცა უნდა აღინიშნოს რომ ყველა ეს განსხვავება პრაქტიკულად თავსდება ცდომილებათა ჩვენს მიერ ზემოთ მიღებული შეფასების უარესი შემთხვევის ფარგლებში, ხოლო მცირე საიმედოობით უკეთეს შემთხვევისათვის მიღებულ ცდომილებათა ფარგლებს გარეთაა.

მიუხედავად ნათქვამისა აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ნახ. 5-ზე და ნახ. 6-ზე წარმოდგენილი უშუალოდ გაზომვებით მიღებული შედეგების მიხედვით ცალკე ცალკე მეტალისა და პოლიმერული მასალის მილებისათვის აგებული დამოკიდებულებების სიმდოვრე ცალსახად მეტყველებს მიღებული შედეგების გარკვეულ საიმედოობაზე.

იმის გასარკვევად თუ დინების როგორი რეჟიმები მყარდება ჩვენს მიერ გამოკვლეულ მილებში, ვიანგარიშეთ აგრეთვე რეინოლდსის რიცხვის მნიშვნელობები, რომლებიც შესაბამისი დაწნევის შემთხვევებისათვის წარმოდგენილია ნახაზებზე 11 და 12.



ნახ. 11. რეინოლდსის რიცხვის დამოკიდებულება დიამეტრზე ( $\Delta P = 1520$  მმ წყ. სვ.)



ნახ. 12. რეინოლდსის რიცხვის დამოკიდებულება დიაპეტრზე ( $\Delta P = 2025$  მმ წყ. სვ.)

**მეხუთე თავი** ეძღვნება ღრეკადი, პლასტიკური და ელასტიკური რულონური მასალის აეროდინამიკური საყრდენის ექსპერიმენტულ გამოკვლევას, აეროდინამიკურ საყრდენში მიმდინარე პროცესების ანალიზს და პოლიმერული და სხვა თხელი რულონური მასალების თერმიული დამუშავებისათვის საჭირო დანადგარებში გამოყენების პერსპექტივიულობის დასაბუთებას.

რულონური, პოლიმერული მასალების თხური დამუშავების დანადგარებში ჩვენს მიერ შემოთავაზებული აეროდინამიკური საყრდენი კონსტრუქციულად წარმოადგენს უძრავ და ერთი რომელიმე მსახველის მთელ სიგრძეზე გარკვეული ბიჯით პერფორირებულ მილს, რომელშიც ერთი ან ორივე ბოლოდან განუწყვეტლივ შედის ჰაერი. პერფორაციიდან გამომდინარე ჰაერი ექცევა თვით მილსა და მილზე გადადებულ პოლიმერული მასალის აფსკს შორის და ქმნის ეგრეთწოდებულ საჰაერო ბალიშს. ამასთან აეროდინამიკურ საყრდენში (საჰაერო ბალიშში) მოთავსებული ჰაერის წნევის მიერ საჰაერო ბალიშის არეში აფსკზე განვითარებული ძალა უნდა უზრუნველყოფდეს აფსკის სამოძრაოდ და გადასახვევად აუცილებელ ტექნოლოგიური დაჭიმულობის დაძლევას. წინააღმდეგ შემთხვევაში დასამუშავებელი მასალის აფსკი უშუალოდ



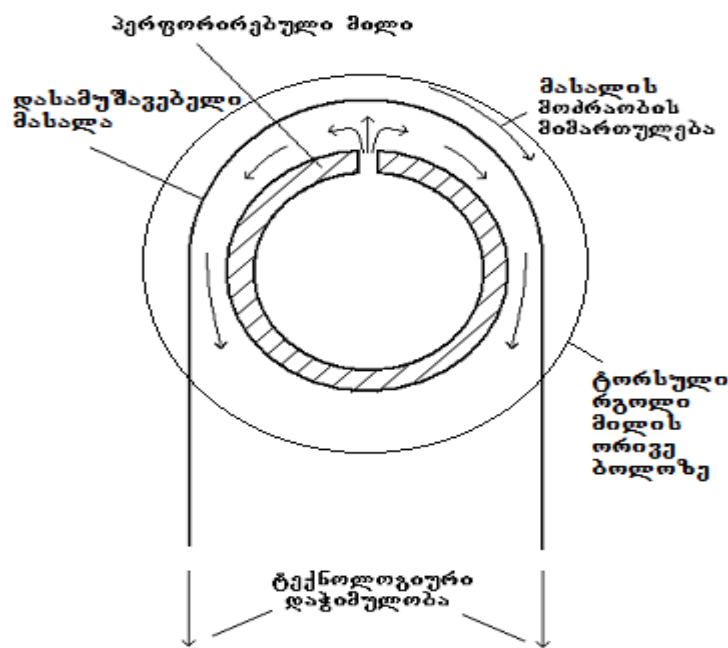
პერფორირებულ მილს გადაედება, ჩაკეტავს ჰაერის გამოსასვლელებს და დაიწყებს უძრავ მილზე სრიალს, რაც კიდევ უფრო გაზრდის დაჭიმულობის ძალას და, საბოლოო ჯამში, მასალის მთლიანობის დარღვევას გამოიწვევს.

იმ შემთხვევაში, როცა მილში არსებული წნევა საკმარისია, პერფორაციიდან გამოსული ჰაერის ჭავლები გაწევენ მასალას გარკვეულ მანძილზე მილის ზედაპირიდან, რის გამოც დასამუშავებელ მასალასა და მილს შორის გაჩნდება გარკვეული სისქის ღრეჩო. ამ უკანასკნელში წარმოიქმნება ჰაერის ორი ურთიერთსაპირისპირო მიმართულების ნაკადი, რომელთაგან ერთი იმოძრავებს მოძრავი დასამუშავებელი მასალის შემხვედრი მიმართულებით, მილის კედლის მყარ, სტაციონალურ ცილინდრულ ზედაპირსა და აეროდინამიკურ საყრდენზე შემომავალ დასამუშავებელ მასალას შორის. ამის შემდეგ კი ჰაერი საჰაერო ბალიშიდან ატმოსფეროში გამოედინება. ანალოგიურად იმოძრავებს მეორე ნაკადი დასამუშავებელი მასალის მოძრაობის თანმხვედრი მიმართულებით. აღწერილი აეროდინამიკური საყრდენი წარმოდგენილია ნახ. 13-ზე.

განსაკუთრებით ყურადსაღებია ის ფაქტი, რომ პოლიმერული აფსკების თერმიული დამუშავების შემოთავაზებული კონსტრუქცია ერთდროულად უზრუნველყოფს როგორც მასალის აბსოლუტურად ხახუნის გარეშე გადაადგილებას, რაც მნიშვნელოვნად ამაღლებს დანადგარის ენერგოეფექტურობას, ასევე მასალისათვის მისი თერმიული დამუშავებისათვის აუცილებელი სითბოს რაოდენობის ინტენსიურ მიწოდებას. ამისათვის აეროდინამიკურ საყრდენში მიწოდებული ჰაერი გაცხელებული უნდა იყოს მოცემული პოლიმერული მასალის თერმიული დამუშავებისათვის აუცილებელ ტემპერატურამდე. პოლიმერული აფსკის აეროდინამიკური საყრდენის არეში მოთავსებული ნაწილი კარგ თბურ კონტაქტშია გაცხელებულ ჰაერთან, რითაც უზრუნველყოფილი ხდება აფსკის გაცხელება სასურველ ტემპერატურამდე. ამასთან, ზიგზაგისებული მოძრაობის გამო, პოლიმერული აფსკი გაცხელებულ ჰაერთან კონტაქტში შედის თავის ხან ერთი და ხან მეორე ზედაპირით, რაც უზრუნველყოფს აფსკის ორივე მხრიდან თანაბარ გაცხელებას და თხელი აფსკების შემთხვევაში აფსკის განივ კვეთში არსებული ტემპერატურული ველს პრაქტიკულად სრულ იზოთერმულობას.

თბურად დასამუშავებელ პოლიმერულ მასალაზე სითბოს მიწოდების აღწერილი პროცესი მიგვაჩნია ერთერთ, ყველაზე ინტენსიურ ენერგომიწოდების პროცესად, ვინაიდან აეროდინამიკურ საყრდენში ცხელი ჰაერი შემოდის ჭავლების სახით, რომლებიც უშუალოდ მასალის ზედაპირებზეა მიმართული და ცნობილია, რომ სითბოს მიმღებ ზედაპირზე თბოგადამტანის ჭავლური ზემოქმედება ხასიათდება ყველაზე მაღალი თბოგაცემის კოეფიციენტით კონვექციური თბოგაცემის სხვა შემთხვევებს შორის.

აეროდინამიკური საყრდენის, ანუ პერფორირებული მილის სიგრძე დასამუშავებელი რულონური მასალის სიგანის ტოლი უნდა იყოს. ამასთან მილის ორივე ბოლოზე დამაგრებული უნდა იყოს ტორსული რგოლები, ერთგვარი კედლები, რომლებიც არ მისცემენ საჰაერო ბალიშში მყოფ ჰაერს გვერდებიდან, პერფორირებული მილის ღერძული მიმართულებით გამოსვლის საშუალებას.



ნახ. 13. აეროდინამიკური საყრდენი პოლიმერული აფსკისათვის

საჰაერო ბალიშშიდან გამოდინებული ჰაერის რაოდენობის კომპენსაცია უნდა მოხდეს პერფორირებულ მილში შემოსული ჰაერით და მაშასადამე, გარკვეული წარმადობის, წნევისა და სიმძლავრის ჰაერშემბერის გამოყენებით.

სავსებით ცხადია, რომ დასამუშავებელ მასალასა და მილის ზედაპირს შორის წარმოქმნილი ღრეხოს (საჰაერო ბალიშის) სისქე დამოკიდებულია პერფორაციიდან გამომავალი ჰაერის ხარჯის სიდიდეზე, ხოლო ეს უკანასკნელი, აფსკის დაჭიმულობის ძალის მუდმივობის შემთხვევაში, თავის მხრივ დამოკიდებულია ჰაერშემბერის მიერ პერფორირებულ მილში განვითარებულ წნევაზე.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ საჰაერო ბალიშის სისქე აეროდინამიკური საყრდენის ამა თუ იმ კვეთში მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მოცემულ კვეთში განვითარებულ სტატიკურ წნევაზე და სხვადასხვა კვეთში განვითარებული ამ წნევათა ერთობლიობა განსაზღვრავს საჰაერო ბალიშზე გადადებული დასამუშავებელი მასალის ფორმას.

მარტივი ანალიზით დგინდება, რომ საჰაერო ბალიშის საწყის კვეთში, უშუალოდ პერფორაციის სიახლოვეში ნაკადის სტატიკური წნევა თავისი სიდიდით უნდა აკომპენსირებდეს როგორც მასალის მეორე ზედაპირზე მოქმედ ატმოსფერულ წნევას, ასევე მასალის ტექნოლოგიური დაჭიმულობის ძალას და დასამუშავებელ მასალასა და მილს შორის წარმოქმნილი ღრეხოს აეროდინამიკური წინააღმდეგობის ძალას. აქედან გამომდინარე, პერფორაციის კვეთში საჭირო წნევა უნდა განსაზღვროთ როგორც

$$P = P_{ატ} + P_{დაჭ.} + P_{\varphi} \quad (1)$$

სადაც  $P_{ატ}$  ატმოსფერული წნევაა;  $P_{დაჭ.}$  - წნევა, რომელიც აკომპენსირებს დასამუშავებელი მასალის დაჭიმულობის ძალას;  $P_{\varphi}$  - წნევა, რომელიც აუცილებელია საჰაერო ბალიშის  $\varphi$  კვეთიდან ჰაერის ატმოსფეროში გამოსადევნად დასამუშავებელ მასალასა და პერფორირებული მილის კედელს შორის წარმოქმნილ ღრეხოში.

აეროდინამიკური საყრდენის საჰაერო ბალიშში მოთავსებული ჰაერის წნევის შემადგენელი, ზემოთ დასახელებული სამი კომპონენტიდან პირველი მუდმივი სიდიდეა, ანუ არ იცვლება ბალიშის მთელ ფართობზე. ჯამური წნევის მეორე და მესამე შესაკრებები კი ცვალებადია. კერძოდ მეორე შესაკრები გამოითვლება როგორც

$$P_{დაჭ} = F_1 / (R + \delta) \quad 6/3^2 \quad (2)$$

სადაც  $F_1$  არის დასამუშავებელი მასალის ერთ განივ მეტრზე მოსული ტექნოლოგიური დაჭიმულობის ძალა, ნ;

$R$  – აეროდინამიკური საყრდენის პერფორირებული მილის რადიუსია, მ;

$\delta$  – ჰაერის ბალიშის სისქე (დრეჩოს სიგანე) მოცემულ კვეთში, მ. სწორედ იმიტომ რომ რომ ბალიშის სისქე ცვალებადია, წნევის განხილულ კომპონენტს სხვადასხვა კვეთში სხვადასხვა მნიშვნელობა აქვს.

რაც შეეხება წნევის მესამე კომპონენტს, ანუ წნევას, რომელიც აუცილებელია საჰაერო ბალიშის ფ კვეთიდან ჰაერის ატმოსფეროში გამოსადგენად დასამუშავებელ მასალასა და პერფორირებული მილის კედელს შორის წარმოქმნილ დრეჩოში, ის მოძრაობის მიმართულებით თანდათან კლებულობს, რადგან ბალიშიდან ჰაერის გამოსასვლელ კვეთთან მიახლოებით მცირდება დარჩენილი გასავლელი გზის აეროდინამიკური წინააღმდეგობის დასაძლევად საჭირო დაწნევა.

ნათქვამიდან გამომდინარე, ცხადია, რომ აეროდინამიკური საყრდენის საჰაერო ბალიშში წნევის განაწილების თეორიული გაანგარიშება რთულია. ამიტომ ჩვენ მივიღეთ გადაწყვეტილება ექსპერიმენტულად შეგვესწავლა ეს საკითხი. მით უმეტეს რომ წინამდებარე ნაშრომის ძირითად მიზანს დრეკად კედლებიან არხებში სითხის დინების თავისებურებათა გამოკვლევა წარმოადგენს.

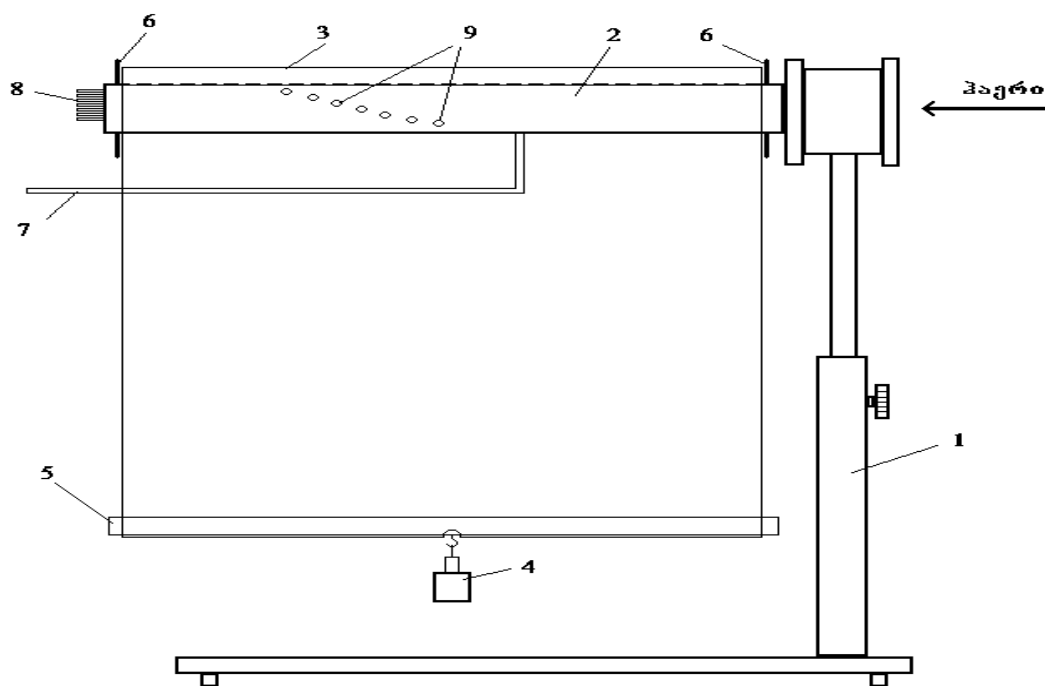
აღნიშნული მიზნით დამზადებული ექსპერიმენტული სტენდი წარმოდგენილია ნახაზზე 14. იგი შედგება დგარისაგან 1, რომელზეც დამონტაჟებულია ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მყოფი პერფორირებული მილი 2 დიამეტრით 51 მმ. პერფორირებულ მილზე გადაკიდებულია რულონური პოლიმერული მასალის ნაჭერი 3, რომლის ქვედა ბოლოები ერთმანეთთან შეერთებულია და მათზე ჩამოკიდებულია გარკვეული ტვირთი 4, ტექნოლოგიური დაჭიმულობის ძალის იმიტაციისათვის. პოლიმერული მასალის მთელ სიგანეზე განვითარებული დაჭიმულობის ძალის ერთგვაროვნების მისაღწევად, ტვირთი 4 ჩამოკიდებულია პოლიმერული მასალის ქვედა, ერთმანეთთან შეერთებულ ბოლოებს შორის ჩადებული სწორი ჭოკის 5 ცენტრალურ წერტილში დამაგრებულ კაუჭზე.

რომლისთვისაც პოლიმერული აფსკის ქვედა შუა ნაწილში ამოჭრილია ხვრელი. პერფორირებული მილის თავში და ბოლოში მილზე დამაგრებულია სპეციალური რგოლური კედლები 6, რომლებიც აეროდინამიკური საყრდენის საპაერო ბალიშში მყოფ ჰაერს არ აძლევენ გვერდებიდან გამოსვლის საშუალებას. პერფორირებულ მილში ჰაერის მიწოდება ხდება ჰაერშემბერის მეშვეობით. მილში არსებული წნევა იზომება V-ს მაგვარი მანომეტრით, მილის შიგა მოცულობასთან შეერთებული მილაკის 7 გამოყენებით. საპაერო ბალიშში ჰაერის ნაკადის მიმართულებით წნევის განაწილების გასაზომად მილში ჰერმეტიკულად შეყვანილია წნევის გადამწოდი მილაკები 8, რომლებიც მილის შიგნიდან მიერთებულია არიან მილზე გაკეთებულ სპეციალურ ხვრელებზე 9 ხოლო მილაკების გარე ბოლოები მორიგეობით უერთდება MMH-240 ტიპის მიკრომანომეტრს. ხსენებული ხვრელები გაკეთებულია საპაერო ბალიშში ჰაერის ნაკადის მიმართულებით სხვადასხვა ადგილზე და ერთმანეთისაგან აქსიალურად არიან დაძრული, რათა არ მოახდინონ ერთმანეთზე რაიმე გავლენა. მეტი თვალსაჩინოებისათვის, პერფორირებულ მილზე წნევის გასაზომი ნახვრეტებისა და გამომყვანი კაპილარების განლაგება ნაჩვენებია ნახაზზე 15.

ექსპერიმენტის იწყებოდა პერფორირებულ მილში ჰაერის მიწოდებით. პერფორაციიდან გამოსული ჰაერი მიაწვებოდა რა მილზე გადაკიდებულ პოლიმერულ აფსკს, ასწევდა მას მაღლა თავის ჭოკითა და ჭოკზე ჩამოკიდებული ტვირთით. რამოდენიმე წამში ხდებოდა ნაკადების სტაბილიზაცია, რის შემდეგაც სრულდებოდა გაზომვები. კერძოდ ფიქსირდებოდა წნევა თვით პერფორირებულ მილში ხილო ჰაერსავალზე დაყენებული მრიცხველით ფიქსირდებოდა აეროდინამიკურ საყრდენში გავლილი ჰაერის წამური ხარჯი. შემდეგ იზომებოდა წნევები საპაერო ბალიშის სხვადასხვა წერტილთან შეერთებულ ყოველ წნევის გამომყვანზე მიკრომანომეტრის მორიგეობით მიერთებით.

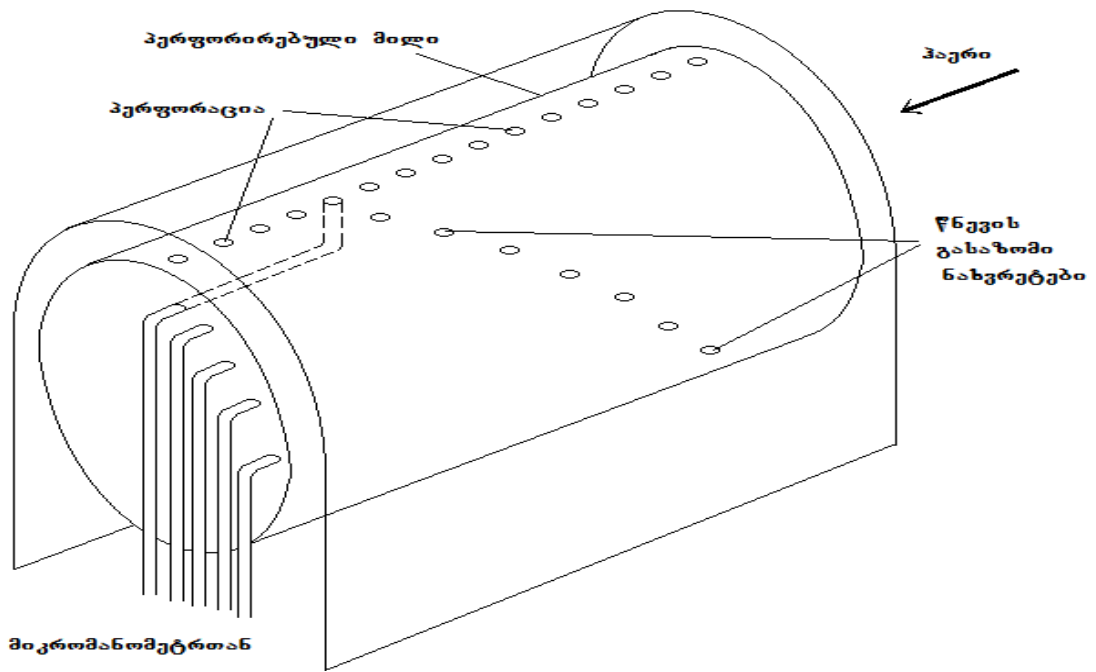
აეროდინამიკური საყრდენის საპაერო ბალიშისათვის განკუთვნილი ღრეჩოს სისქე იზომებოდა მიკრომეტრის საშუალებით. ღრეჩოს ნებისმიერ წერტილში თვით პოლიმერულ აფსკზე მიკრომეტრის გამზომი ძელაკის შეხების შემდეგ მიკრომეტრი უძრავად მაგრდებოდა სპეციალურ საყრდენზე. ამის შემდეგ ხდებოდა ძელაკის დაჭერა აფსკზე იქამდე, სანამ აფსკი

პერფორირებულ მილს არ შეესებოდა. ამ დროს კი მიკრომეტრის ჩვენების მიხედვით ფიქსირდებოდა ღრეჩოს სისქე.

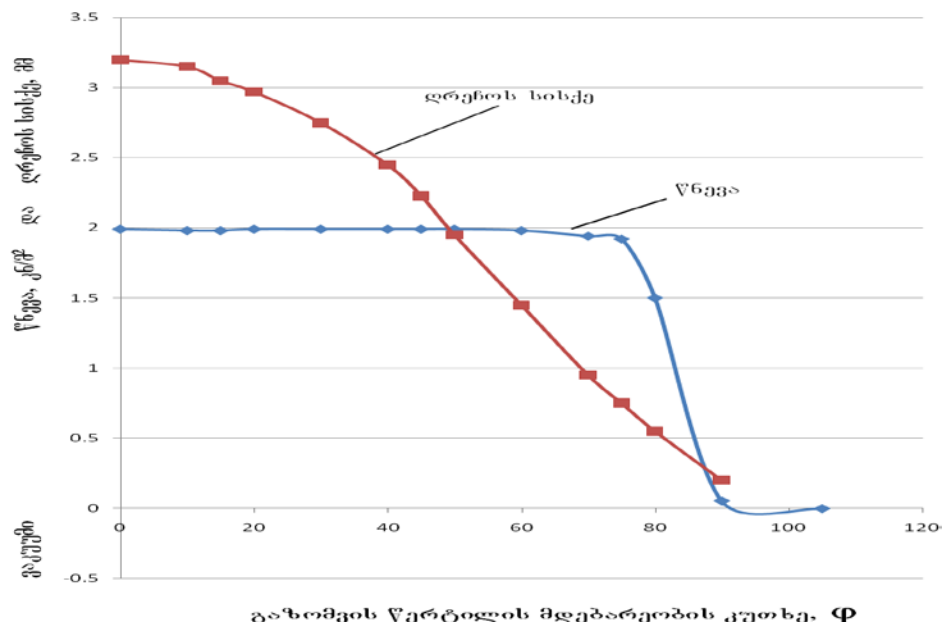


ნახ. 14. აეროდინამიკურ საყრდენში ჰაერის ღინების გამოსაკვლევი სტენდის სქემა

აეროდინამიკური საყრდენის საჰაერო ბალიშში წნევის განაწილების და თვით ბალიშის სისქის ექსპერიმენტული გაზომვები ჩატარდა 51 მმ-ის ტოლი გარე დიამეტრის მქონე და 60 სმ სიგრძის პერფორირებული მილის გამოყენებით ჰაერის მოცულობითი ხარჯის ორი სხვადასხვა მნიშვნელობის შემთხვევაში. კერძოდ 9,41 ლ/წმ და 5.5 ლ/წმ-ის შემთხვევებში.



ნახ. 15. აეროდინამიკური საყრდენის პერფორირებულ მილზე წნევის გასაზომი ნახვრეტებისა და გამომყვანი კაპილარების განლაგება.



ნახ. 16. აეროდინამიკური საყრდენის ღრეხის სისქისა და საჰაერო ბალიშში წნევის ცვლილების ტიპური სურათი

გაზომვები ჩატარდა პერფორაციის ნახვრეტების სხვადასხვა დიამეტრის და მილის მსახველზე მათი განლაგების სხვადასხვა ბიჯის დროს. სულ ჩატარდა ცდების რვა სხვადასხვა სერია.

ნახ. 16-ზე წარმოდგენილია აეროდინამიკური საყრდენის ღრეჩოს სისქისა და საჰაერო ბალიშში წნევის ცვლილების ტიპური სურათი, რომელიც საერთოა ჩატარებული ცდების ყველა სერიისათვის. ამ ნახაზიდან ჩანს, რომ ღინების გასწვრივ ღრეჩოს სისქე თანდათან კლებულობს. ვინაიდან ღინების ყველა კვეთში ჰაერის ხარჯი მუდმივია, ხოლო არხის განივი კვეთის ფართობი ღრეჩოს სისქის შემცირებასთან ერთად მცირდება, ცხადია, რომ მატულობს მოძრაობის სიჩქარე. ჰიდროდინამიკის კლასიკური თეორიის მიხედვით სწორხაზოვანი ღინებისას სიჩქარის მატებას თან უნდა სდევდეს სტატიკური წნევის შემცირება. ჩვენს შემთხვევაში, როგორც ეს ნახ 5.4-დან ჩანს, წნევა პრაქტიკულად მუდმივია საჰაერო ბალიშში ჰაერის მიერ გავლილი გზის თავდაპირველ 80 %-ზე და შემდეგ დარჩენილ 20 %-ზე მკვეთრად ეცემა. ამასთან უკანასკნელ 10 %-ზე კი, ჩატარებული ცდების ყველა სერიაში, უარყოფით მნიშვნელობებსაც ღებულობს, ანუ ატმოსფერულზე დაბალი ხდება და გარედან მოქმედი ატმოსფერული წნევის გავლენით პოლიმერული აფსკი აეროდინამიკურ საყრდენზე 90 გრადუსიანი კუთხით შემოვლის შემდეგ, დაახლოებით  $5 \div 10$  გრადუსის ფარგლებში ინარჩუნებს ელიფსურ ფორმას.

ნაშრომის მეხუთე თავის ბოლოს წარმოდგენილია ჩატარებული კვლევის შედეგებზე დაყრდნობით დამუშავებული აეროდინამიკური საყრდენის ინჟინრული გაანგარიშების მეთოდოლოგია.

## დასკვნები

შესრულებული სამუშაო და მიღებული შედეგები გვაძლევს საფუძველს გაგვიკეთოს შემდეგი დასკვნები:

1. ჩატარებულია ლიტერატურული მიმოხილვა, რომლის საფუძველზე დადგენილია, რომ არასტაციონალურ და დრეკად კედლებიან არხებში რეალური სითხეების და გაზების მოძრაობას ახასიათებს მთელი რიგი თავისებურებები, რაც განაპირობებს მოვლენის ჰიდროდინამიკურ სირთულეს



და მისი კვლევის სამეცნიერო აქტუალობას სხვადასხვა თვალსაზრისით.  
კერძოდ:

1.1. არასტაციონალური და დრეკადკედლებიანი არხების თბოტექნოლოგიურ დანადგარებში გამოყენებით მათი ეფექტურობის გაზრდის თვალსაზრისით;

1.2. პოლიმერული და სხვა შემადგენლობის რულონური მასალების წარმოებაში აეროდინამიკურ საყრდენიანი მარტივი და მაღალეფექტური თბოდამამუშავებელი დანადგარების შექმნის თვალსაზრისით.

2. დამუშავებულია სამი ექსპერიმენტული სტენდი და შექმნილია ცდების ჩატარებისა და მონაცემთა დამუშავების შესაბამისი მეთოდოლოგია. კერძოდ:

2.1. ლითონისა და დრეკადი, ელასტიური პოლიმერული მასალებისგან დამზადებული მილების ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობების ხარისხობრივი ურთიერთშედარებისათვის;

2.2. ლითონის მილებისა და ელასტიური, პლასტიური და დრეკადი მასალისაგან დამზადებული მილების გამოყენებით განხორციელებული სითბოგადაცემის პროცესების შესწავლისა და შედარებისათვის;

2.3. ელასტიური, პლასტიური და დრეკადი რულონური მასალების აეროდინამიკურ საყრდენში მიმდინარე თბური და აეროდინამიკური პროცესების შესწავლისათვის.

3. ჩატარებულია დიდი რაოდენობის ექსპერიმენტული სამუშაო, რომლის შედეგად მიღებული მონაცემების გაანალიზების საფუძველზე გაკეთებულია შესაბამისი დასკვნები და რეკომენდაციები. კერძოდ:

3.1. ღინების გამოკვლეულ რეჟიმებში მეტალის მილების და ჩვენს მიერ გამოკვლეული დრეკადკედლებიანი პოლიმერული მილების ჰიდრაულიკურ წინააღმდეგობათა ურთიერთშედარებით მიღებული შედეგების საფუძველზე შეგვიძლია გამოვთქვათ მხოლოდ რეკომენდაცია იმის თაობაზე, რომ საინტერესო იქნება ანალოგიური ცდები ჩატარდეს ძალიან თხელკედლა პოლიმერული მასალებისაგან დამზადებულ არხებში სითხის მოძრაობის თავისებურებათა გამოსაკვლევად, რადგან ელასტიურ მილში სიჩქარის მატების ჩვენს მიერ დაკვირვებული ერთი შემთხვევა არ იძლევა სერიოზული დასკვნის გაკეთების საშუალებას;

3.2. წინა, პ. 3.1 დასკვნაში მოყვანილი რეკომენდაცია და გამოთქმული მოსაზრება გამყარებულია აგრეთვე იმ გარემოებით, რომ აეროდინამიკური საყრდენის ექსპერიმენტული გამოკვლევისას დაფიქსირებულია ჰაერის ბრტყელი სადინარი არხის თხელი პლასტიკური აფსკით წარმოქმნილი ცალი კედლის მიერ სხვადასხვა რეჟიმებში სხვადასხვა ზომის ელიფსური ფორმის მიღება, რაც გამოწვეულია შიგა და გარე დინამიური ზემოქმედების შედეგად აფსკის სიმრუდის რადიუსის ცვლილებით დინების სტაბილური რეჟიმის შენარჩუნების მიმართულებით.

3.3. ექსპერიმენტულად გაზომილია ცალი მხრიდან არასტაციონალური და ღრეკადი კედლის მქონე ბრტყელ არხში ჰაერის დინების მიმართულებით ჩამოყალიბებული სტატიკური წნევის განაწილება და არხის სისქის მნიშვნელობები. გამოკვლეულია აეროდინამიკური საყრდენის გეომეტრიული ზომები და დინამიკური მახასიათებლები. აღნიშნული ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზზე დაყრდნობით დამუშავებულია პოლიმერული და სხვა რულონური მასალების მაღალეფექტურ თბოდამამუშავებელ დანადგარებში გამოყენების პერსპექტივის მქონე აეროდინამიკური საყრდენის ინჟინრული გაანგარიშების მეთოდოლოგია.

4. ნაშრომში გამოყენებული და დაპროექტებული ექსპერიმენტული სტენდები შეიძლება გამოყენებული იქნას ტექნიკური უმაღლესი სასწავლებლების თბოენერგეტიკული მიმართულებების სასწავლო ლაბორატორიებში.

#### **ინფორმაცია ნაშრომის აპრობაციის შესახებ.**

ნაშრომის შედეგები აპრობირებულია ორ საერთაშორისო კონფერენციაზე. ნაშრომის სხვადასხვა ნაწილები გამოქვეყნებულია ქვემოთ ჩამოთვლილ ოთხ სამეცნიერო სტატიაში:

1. მ. ჯიხვაძე. ღრეკად კედლებიან მილში სითხის არასტაციონალური დინების თავისებურებათა გამოსაკვლევი ექსპერიმენტული დანადგარის აღწერა და ცდების ჩატარების მეთოდოლოგია. თბილისი, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა” №1(24), 2012წ. 5 გვ.

2. ე. მაჭავარიანი, მ. ჯიხვაძე. პოლიმერულ მილებიანი რეკუპერაციული სითბოგადამცემი. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია.

გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება. თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2010წ. შრომები. 4 გვ.

3. ე. მაჭავარიანი, მ. ჯიხვაძე. რეკუპერაციულ სითბოგადამცემში პოლიმერული დრეკადი მილების გამოყენების პერსპექტივის შესახებ. თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2010წ. შრომები. 5 გვ.

4. ე. მაჭავარიანი, მ. ჯიხვაძე. დრეკად კედლებიან მილში სითხის არასტაციონალური დინების თავისებურებათა გამოსაკვლევი ექსპერიმენტული დანადგარის აღწერა და ცდების ჩატარების მეთოდოლოგია. თბილისი, საქართველოს ახალგაზრდა მეცნიერთა საზოგადოებრივი აკადემია, საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი "ინტელექტუალი", №19, 2012. 5 გვ.

## რეზიუმე

ნაშრომში დასაბუთებულია არასტაციონალურ, ელასტიურ და დრეკად კედლებიან მილებში სითხის მოძრაობის რეჟიმების კვლევის აქტუალობა, როგორც სუფთა გამოყენებითი, ასევე სამეცნიერო თვალსაზრისით. ჩატარებულია პლასტიურ და ელასტიურ მილებში სითხის მოძრაობის თავისებურებათა ანალიზი და გადმოცემულია ხსენებული ანალიზის შედეგები.

ნაჩვენებია, რომ არასტაციონალურ და დრეკად კედლებიან მილებში და არხებში რეალური სითხის მოძრაობას ახასითებს მთელი რიგი თავისებურებები, რაც განაპირობებს მოვლენის ჰიდროდინამიკურ სირთულეს და მისი შემდგომი კვლევის სამეცნიერო აქტუალობას.

ჩატარებული ლიტერატურული მიმოხილვის და მისი შედეგების ანალიზის საფუძველზე დასაბუთებულია, რომ არასტაციონალური და დრეკად კედლებიანი არხების თბოტექნოლოგიურ დანადგარებში გამოყენებით შესაძლებელია, ერთის მხრივ ასეთი დანადგარების კონსტრუქციული გამარტივება და მასალატევადობის მნიშვნელოვანი შემცირება, ხოლო მეორეს მხრივ, თბოდაამუშავებელი დანადგარებისა და თბოგადამცემი აპარატების ენერგოეფექტურობის გაზრდა. ამასთან, არასტაციონალურ და

დრეკად კედლებიან მილებისათვის ჰუკის კანონისა და რეალური სითხის მოძრაობის ეგრეთწოდებული ფლატერული რეჟიმის განხილვის საფუძველზე დასაბუთებულია, რომ თბოგადამცემ დანადგარებში დრეკადი და ელასტიური პოლიმერული მასალებისაგან დამზადებული მილების გამოყენებით შეიძლება მნიშვნელოვანი და მრავალმხრივი დადებითი ეფექტების მიღწევა. ცნობილია ელასტიკურ მილებში განვითარებული დინების ფლატერულ რეჟიმი ხასიათდება მილის კედლის გარკვეული სიხშირით თვითრხევით, რაც განაპირობებს მოვლენის კვლევის აქტუალობას თბოტექნოლოგიური პროცესების ეფექტურობის შესაძლო გაზრდის თვალსაზრისით.

ნაჩვენებია, რომ დრეკადკედლებიან არხებში ჰიდროდინამიკური პროცესების შესწავლის ანალიზური მეთოდები შეისწავლიან მხოლოდ იდეალური სითხის დინების კანონზომიერებებს და პრაქტიკული გაანგარიშებებისათვის საჭირო სიზუსტით ვერ ასახავენ რეალური სითხეების დინების კანონზომიერებებს. მოვლენების შესასწავლად ჯერ კიდევ დიდი უპირატესობა ენიჭება კვლევის ექსპერიმენტულ მეთოდებს.

ნაშრომში ძირითადად ექსპერიმენტული ხასიათისაა. წარმოდგენილია სამი სხვადასხვა ექსპერიმენტული სტენდი და დამუშავებულია მათი გამოყენებით კვლევისა და მიღებულ მონაცემთა დამუშავების შესაბამისი მეთოდოლოგია. ექსპერიმენტული სტენდები დამუშავებულია იმ თვალსაზრისით, რომ შეიძლებოდეს მათი გამოყენება ტექნიკური უმაღლესი სასწავლებლების თბოენერგეტიკული მიმართულებების სასწავლო ლაბორატორიებში. წარმოდგენილია ლითონისა და პლასტმასის მილების ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობის ხარისხობრივი ურთიერთშედარებისათვის შესრულებული ექსპერიმენტული კვლევის მონაცემები. ამ მონაცემების ანალიზის საფუძველზე გამოთქმულია რეკომენდაციები შემდგომი კვლევის ჩასატარებლად.

ექსპერიმენტულად გაზომილია ცალი მხრიდან არასტაციონალური და დრეკადი კედლის მქონე ბრტყელ არხში ჰაერის დინების მიმართულებით ჩამოყალიბებული სტატიკური წნევის განაწილება და არხის სისქის მნიშვნელობები. ნაჩვენებია, რომ არხის დრეკადი კედელი დინების მიმართულებით იცვლის სიმრუდის რადიუსს და ამით აბალანსებს მის შიგა და გარე ზედაპირებზე მოსულ დინამიურ ზემოქმედებას. გამოკვლეულია

აეროდინამიკური საყრდენის გეომეტრიული ზომები და დინამიკური მახასიათებლები, რის საფუძველზეც დადგენილია აეროდინამიკური საყრდენის ოპტიმალური ზომები და სხვა მახასიათებლები. აღნიშნული ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზზე დაყრდნობით მიღებულია აეროდინამიკურ ბალიშიში წნევის გასაანგარიშებელი გამოსახულება და დამუშავებულია პოლიმერული და სხვა რულონური მასალების მადალეფექტურ თბოდამამუშავებელ დანადგარებში გამოყენების პერსპექტივის მქონე აეროდინამიკური საყრდენის ინჟინრული გაანგარიშების მეთოდოლოგია.

ნაშრომი შედგება შესავალის, ხუთი თავისა და დასკვნებისაგან. ციტირებული ლიტერატურის სია შეიცავს ძირითადად უცხოური წყაროების 35 დასახელებას. ნაშრომის ბოლოს მოთავსებულ დანართში მოყვანილია თექვსმეტი სხვადასხვა სერიის ექსპერიმენტული მონაცემები, რომლებიც დამუშავებულია Microsoft Office Excel 2007 პროგრამით და წარმოდგენილია ცხრილებისა და დიაგრამების სახით.

ნაშრომის შედეგები აპრობირებულია ორ საერთაშორისო კონფერენციაზე. ნაშრომის სხვადასხვა ნაწილები გამოქვეყნებულია ოთხ სამეცნიერო სტატიაში, მათ შორის ერთი თანაავტორობის გარეშე.

## **ABSTRACT**

Actuality of research of fluid motion modes in tubes with unsteady, elastic and flexible walls has been well-founded in the thesis from the applied as well as scientific standpoint. Analysis of peculiarities of fluid motion in plastic and elastic tubes has been carried out and results of the above analysis have been presented.

It has been shown that real fluid motion in pipes and channels with unsteady and flexible walls is characterized by a number of peculiarities that stipulates hydrodynamic difficulty of the phenomenon and scientific actuality of further research of it.

Basing upon the carried out literary review and analysis of its results, it has been well-founded that constructive simplification of heat engineering plants as well as significant reduction of material capacity on the one hand and significant growth of power efficiency of heat processing plants and heat-exchange apparatuses on the other hand, is possible by using of unsteady and flexible channels in heat engineering plants. Herewith, basing upon the review of Hook's Law and so called flutter mode of real fluid motion for unsteady and flexible tubes, it has been well-founded that important and multilateral positive effects may be achieved by using of tubes made with plastic and flexible polymeric materials in heat-exchange plants. It is known that flutter mode of flow in flexible tubes is characterized by self-oscillations of the tube wall with distinct frequency that stipulates actuality of research of the phenomenon in the viewpoint of possible growth of efficiency of heat engineering processes.

It has been shown that the analytic methods of research of hydrodynamic processes in the channels with flexible walls, study regularities of ideal fluid flow only and don't show regularities of real fluid flows with the exactness required for practical calculations. Experimental methods of research are still prevailed in order to study the phenomenon;

The thesis bears experimental character on the whole. There are three different experimental stands and appropriate methodology of research and processing of received data has been processed by using of them. Experimental stands have been processed in order to be possible to use them in training laboratories of heat-power engineering fields of technical higher institutes. Experimental research data made for qualitative inter-comparison of hydraulic resistance of metal and plastic tubes has been presented. Recommendations for further research have been expressed basing upon the analysis of the above data.

Distribution of static pressure created to the direction of air flow in the flat channel with unsteady and flexible wall from the one side and values of the width of the channel have been measured experimentally. It has been shown that the flexible wall of the channel changes the curve radius to the direction of flow and balances dynamic impact to its internal and external surfaces. Geometric sizes and dynamic characteristics of aerodynamic bearing have been examined, on the basis of which optimal sizes and other characteristics of aerodynamic bearing have been specified., Methodology of engineering calculation of

aerodynamic bearing having perspective of using in efficient heat processing facilities of polymeric and other roll materials, have been processed basing upon the analysis of the above experimental data.

The thesis consists of introduction, five chapters and conclusions. The list of quoted literature includes 35 titles of mainly foreign sources. Experimental data of sixteen different series have been provided in the supplement at the end of the thesis, which have been processed via Microsoft Office Excel 2007 program and presented in tables and diagrams.

The results of the thesis have been approved at two international conferences. The different parts of the thesis have been published in four scientific articles, including one - without co-authors.