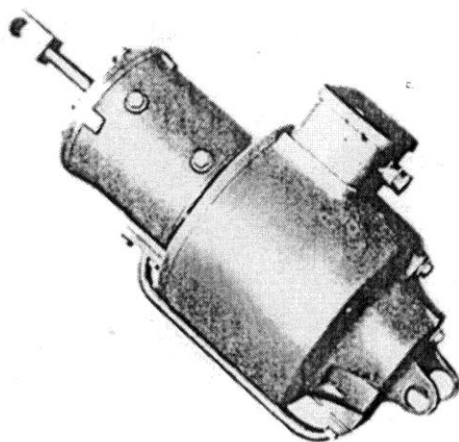


სიმონ ბიწაძე

მაგნიტურჰიდრავლიკური
საბიკმებლები



„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სიმონ ბიწაძე

მაგნიტურჰიდრაულიკური
საბიკმეგლები



დამტკიცებულია მონოგრაფიად
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭოს
მიერ. 17.05.2017, ოქმი №2

თბილისი
2017

მონოგრაფიაში განხილულია მაგნიტურჰიდრაული საბიძგებელას ჩვენ მიერ შემუშავებული, საავტორო მოწმობებით დაცული, თხუთმეტი ორიგინალური კონსტრუქცია, მათი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების შედეგები. გადაწყვეტილია საბიძგებელას დინამიკის ზოგიერთი ამოცანა.

აღწერილია საბიძგებლების ლაბორატორიული გამოცდისათვის სპეციალურად შექმნილი სტენდი, რომელზეც ჩატარდა ზოგიერთი იმ პროცესის იმიტირება, რომლებიც გვხვდება მაგნიტურჰიდრაული საბიძგებელას გამოყენებისას ტვირთაშე მანქანების მუხრუჭებსა და სხვა მანქანა-დანადგარებში. მოცემულია სტენდზე გამოცდის მეთოდიკა. მოყვანილია ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მუშაობისთვის განკუთვნილი მაგნიტურჰიდრაული საბიძგებლების მართვის ორიგინალური ელექტრული სქემები.

დასახულია მაგნიტურჰიდრაული საბიძგებლების ტექნიკური მახასიათებლების, მუშაუნარიანობისა და ხანგამძლეობის გაუმჯობესების გზები.

მონოგრაფია გამოადგებათ იმ მკვლევრებს, კონსტრუქტორებს, ინჟინრებსა და სტუდენტებს, რომლებიც დაინტერესებულნი არიან მაგნიტურჰიდრაული საბიძგებლებით, მათი დაპროექტებითა და დინამიკის ამოცანებით.

რეცენზენტები: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის, სამშენებლო მექანიკის დეპარტამენტის უფროსი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი მისეილ შილაკაძე,

მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტის, მანქანათა დინამიკის განყოფილების ხელმძღვანელი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ვიქტორ ზვიადაური

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2017

ISBN 978-9941-20-852-2

<http://www.gtu.ge>

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილის (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.



შესავალი

მრეწველობის მრავალ სფეროში, სადაც საჭიროა ელექტრული პროცესების გარდაქმნა მექანიკურ პროცესებად, კერძოდ, სწორხაზოვან წინსვლით მოძრაობად, მრავალმხრივი გამოყენება პოვა მუდმივი და ცვლადი დენის ელექტრომაგნიტურმა ამძრავებმა, ელექტროჰიდრავლიკურმა და მაგნიტურჰიდრავლიკურმა საბიძგებლებმა, რომლებიც, უკანასკნელის გარდა, საკმაოდ ფართოდაა გაშუქებული სამეცნიერო ტექნიკურ ლიტერატურაში.

მუდმივი და ცვლადი დენის ელექტრომაგნიტური ამძრავები განხილულია მ. ალექსანდროვის [11, 12], მ. ბრეიტერის [22], ა. კრიჩევსკის [41] და სხვათა შრომებში. ელექტროჰიდრავლიკურ საბიძგებლებს არაერთი ნაშრომი მიუძღვნეს მ. ალექსანდროვმა [11, 12], ა. აიზენშტაინმა [1-3, 6, 8-10], ე. გუსელნიკოვმა [24-33], ნ. დოროფეევმა [34-35], ა. არაქელიანმა [14-16] და სხვებმა. ცენტრიდანული ელექტრომექანიკური საბიძგებლებისადმი მიძღვნილი შრომებიდან აღსანიშნავია ვ. ოსტაპენკოს [47-49], კ. ბარამიდის [17], ა. ფესვიანიძის [52] და ი. რუხაძის [18] შრომები. რაც შეეხება მაგნიტურჰიდრავლიკურ საბიძგებლებს, ისინი მწირადაა წარმოდგენილი მ. ალექსანდროვის წიგნში [11]. გარდა ამისა, მაგნიტურჰიდრავლიკურ საბიძგებლებზე ჩვენთვის ცნობილია გერმანიისა და ავსტრიის პატენტები [11, 66, 67].

ნებისმიერი სახისა და კონსტრუქციის საბიძგებელას მოეთხოვება კონსტრუქციის მაღალი საიმედოობა,

კონსტრუქციული სიმტკიცე, საბიძგებელას ელემენტების კონსტრუქციის სიმარტივე, ჭოკის სწრაფი აწევა და ჭოკის დაშვების სიჩქარის რეგულირება, გაცვეთილი დეტალების შეცვლის სიმარტივე, ადვილი რეგულირება, რეგულირების მდგრადობა, მოხახუნე ელემენტების მინიმალური ცვეთა, მინიმალური გაბარიტები და წონა.

იმის გამო, რომ საბიძგებლების მრეწველობაში გამოყენება სულ უფრო მატულობს, მათ უფრო მეტად გაზრდილი მოთხოვნები წაეყენებათ, ამიტომ აქტუალობას იძენს საბიძგებლების გაუმჯობესებული ტექნიკური მახასიათებლების მქონე ახალი კონსტრუქციების შექმნა.

წინამდებარე ნაშრომი ეძღვნება მაგნიტურჰიდრაული საბიძგებელას ჩვენ მიერ შექმნილი, საავტორო მოწმობებით დაცული თხუთმეტი ორიგინალური კონსტრუქციის შემუშავებასა და მათ თეორიულ და ექსპერიმენტულ კვლევას [76-127].

ჩატარებული კვლევების ანალიზმა აჩვენა მაგნიტურ-ჰიდრაული საბიძგებელას ახალი ორიგინალური კონსტრუქციების ზოგიერთი უპირატესობა არსებულ ელექტრომაგნიტურ ამძრავებსა და საბიძგებლებთან შედარებით, ახალი კონსტრუქციის მაგნიტურჰიდრაული საბიძგებელას მრეწველობაში დანერგვამ კი ცხადყო მისი საიმედო მუშაუნარიანობა და ხანგამძლეობა.

მონოგრაფია შედგება ხუთი თავისაგან:

პირველ თავში მიმოხილულია ელექტრომაგნიტური ამძრავები, ელექტროჰიდრაული, ელექტრომექანიკური და მაგნიტურჰიდრაული საბიძგებლები.

მეორე თავი ეძღვნება სწრაფსვლიანი მაგნიტურ-ჰიდრავლიკური საბიძგებლების შემუშავებასა და კვლევას. განხილულია საბიძგებელას ჭოკის მოძრაობის დროის მახასიათებლები, განსაზღვრულია ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დრო და დასახულია მისი შემცირების გზები. შემუშავებულია მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას (მჰს) ორი ახალი კონსტრუქცია ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების მცირე დროთი. ასევე შემუშავებულია ორიგინალური მჰს ჭოკის აწევისას მოძრაობის მცირე დროთი, სწრაფსვლიანი მჰს დამცველი სარქველით და მჰს ჭოკის სვლის სიდიდის რეგულირებით. ძალთა ბალანსის განტოლებებისათვის შესწავლილია კოშის საწყისი ამოცანები, რომელთა ამოხსნის საფუძველზე დადგენილია ჩვენ მიერ შემუშავებული სხვადასხვა საბიძგებელას ჭოკის აწევისას ჭოკის მოძრაობის დრო. მჰს-ებისათვის შერჩეულია მუშა სითხე. აღწერილია საბიძგებლების გამოსაცდელი სტენდი და გამოცდის მეთოდიკა. მოცემულია ამ სტენდზე ზოგიერთი მჰს-ს გამოცდის შედეგები და მათი ანალიზი.

მესამე თავი ეძღვნება სწრაფსვლიანი მჰს-ების შემუშავებასა და კვლევას. ანალიზის შედეგად დასახულია საბიძგებლების ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დროის შემცირების ხერხები. შემუშავებულია მჰს-ს მემბრანიანი ორი ახალი კონსტრუქცია, რომლებისთვისაც შერჩეულია მემბრანა. მოცემულია ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების და ჭოკის დაშვებისას ჭოკის მოძრაობის დროთა ანალიზი. შემუშავებულია მჰს-ს კონსტრუქცია ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების გარეშე და კონსტრუქცია

ჭოკის მყისი უკუსვლის შესაძლებლობით. რეინოლდსის განტოლებისათვის დირიხლეს სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნით საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის ღუზის გულართან მიზიდვისას მემბრანიანი მჰს-ებისათვის განსაზღვრულია გამოსაწნევ სითხეში წნევის განაწილების სახე, დადგენილია ღუზის მიზიდვისას გამოსაწნევი სითხის ღუზაზე მოქმედი წინაღობის ძალა და განსაზღვრულია მისი ოპტიმალური სიდიდე; მიღებულია თანაფარდობა დროსა და ღუზის სვლას შორის. სწრაფუკუსვლიანი მჰს-ებისათვის მოცემულია ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები და ჩატარებულია მათი ანალიზი.

მეოთხე თავში მოცემულია ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე საბიძგებლების მიმოხილვა და ანალიზი. განხილულია ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მჰს-ს ორიგინალური კონსტრუქცია და მის ბაზაზე შექმნილია ახალი მჰს ორიგინალური ელექტროსქემით. შემუშავებულია ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მანქანა-მექანიზმების მუხრუჭების ორიგინალური მაგნიტურჰიდრაულიკური ამძრავი და ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე ახალი კონსტრუქციის მჰს გაზრდილი საიმედოობითა და ხანგამძლეობით.

მეხუთე თავში განხილულია საბიძგებელას მწყობრიდან გამოსვლის ზოგიერთი მიზეზის აღმოფხვრის გზები და მათი გათვალისწინებით შემუშავებულია მჰს-ს ახალი კონსტრუქცია. მიმოხილულია საბიძგებელას ღუზა-დგუმის ელექტრომაგნიტის გულართან მიზიდვისას ამორტიზაციის საკითხი და შემუშავებული უმემბრანო მჰს-ებისათვის

განსაზღვრულია საბიძგებელას ღუზის გულართან მიზიდვისას სითხის წინაღობა, რაც მიღწეულია რეინოლდსის განტოლებისათვის სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნით. მოყვანილია ძირითადი დასკვნები და შედეგები და დასახულია მკვლევების ახალი კონსტრუქციების შერწყმით სასურველი ნიშან-თვისებების მქონე მკვლევების მიღების გზები.

თავი პირველი
ელექტრომაგნიტური ამძრავებისა და
საბიძგებლების მიმოხილვა

§1.1. ელექტრომაგნიტური ამძრავებისა და
ელექტროჰიდრავლიკური და ელექტრომექანიკური
საბიძგებლების მოკლე მიმოხილვა

მანქანათმშენებლობაში არსებული ზოგიერთი ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით შემუშავდა მრავალი სახის ამძრავი სხვადასხვა მოქმედების პრინციპით და კონსტრუქციით. მათგან ყველაზე მარტივი კონსტრუქციის მქონეა ცვლადი და მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტები.

მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტები ხასიათდებიან შედარებით დიდი საიმედოობით. დამზადებისათვის საჭირო ხარჯების გათვალისწინებით მათი დამზადება მიზანშეწონილია მხოლოდ ღუზის სვლის გარკვეულ მაქსიმალურ სიდიდემდე. ღუზის სვლის მაქსიმალური სიდიდის შემდგომი გაზრდა ელექტრომაგნიტის დამზადებას არაეკონომიურს ხდის.

როგორც მუდმივი, ისე ცვლადი დენის ელექტრომაგნიტების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან უპირატესობას, სხვა სახის ამძრავებთან შედარებით, წარმოადგენს ნებისმიერ მდებარეობაში გამოყენების შესაძლებლობა ელექტრომაგნიტების ტექნიკური მახასიათებლების გაუარესების გარეშე.

მრეწველობაში გამოყენებული ელექტრომაგნიტური ამძრავები სრულად ვერ აკმაყოფილებენ იმ მოთხოვნებს, რომლებიც მათ წაეყენებათ ექსპლუატაციის დროს. ისინი ხასიათდებიან რიგი უარყოფითი თვისებებით, რომელთა რიცხვს განეკუთვნება შემდეგი:

ღუზის მაქსიმალური მუშა სვლა არის მცირე;

ელექტრომაგნიტის ჩართვისას ღუზის გულარზე მიზიდვა მიმდინარეობს დარტყმებით, რაც იწვევს ხმაურს მუშაობისას, ექსპლუატაციის პერიოდში ღუზასა და გულარში ბზარების გაჩენას, სამაგრი დეტალების მწყობრიდან გამოსვლას, ხოლო ცვლადი დენის ელექტრომაგნიტებში – მაგნიტური ფირფიტების განმოქლონებასაც;

მათი მუხრუჭების ამძრავად გამოყენებისას შეუძლებელია ხუნდების ფრიქციული მასალის ცვეთის კომპენსაცია;

ელექტრომაგნიტის ჩართვისას, ღუზის მიზიდვის შეუძლებლობის შემთხვევაში, კოჭის გადახურება გარკვეული დროის შემდეგ იწვევს ელექტრომაგნიტის მწყობრიდან გამოსვლას;

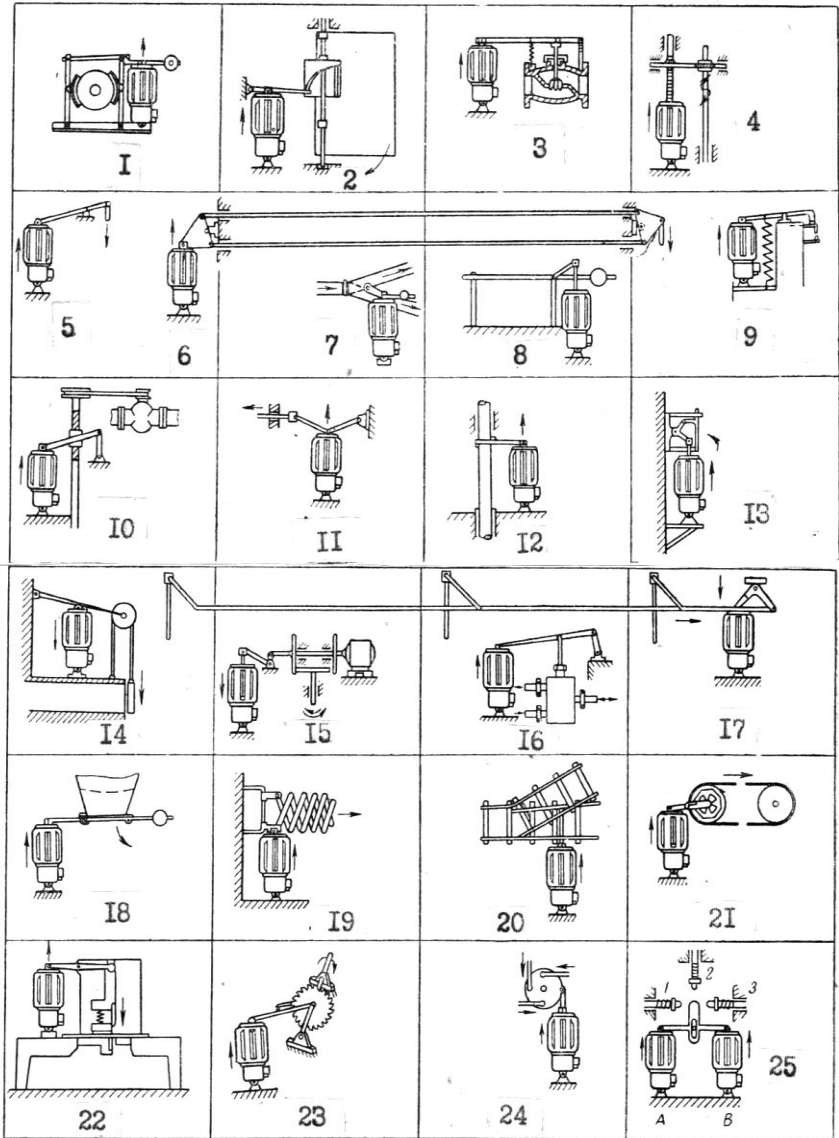
ელექტრომაგნიტების მუხრუჭებში გამოყენებისას მათი კონსტრუქციები არ იძლევა საშუალებას, მოხდეს დამუხრუჭების პროცესის სიმდოვრის რეგულირება, რის გამოც მდოვრე დამუხრუჭება შეუძლებელია.

ელექტრომაგნიტებთან შედარებით საბიძგებლების რიგი უპირატესობის გამო, ბოლო ხანებში მრეწველობაში მეტწილად გამოიყენება სხვადასხვა სახის საბიძგებელია.

საბიძგებლებს იყენებენ მაგალითად (ნახ. 1.1):

- 1) ხუნდებიანი მუხრუჭების განსამუხრუჭებლად;
- 2) ცილინდრული მუშტას მეშვეობით ბრუნვითი მოძრაობის მისაღებად;
- 3) სხვადასხვა სარქვლის დისტანციურად სამართავად;
- 4) დიდი მგრეხავი მომენტის მქონე ბრუნვითი მოძრაობის მისაღებად;
- 5) ბერკეტის გამოყენებით სვლის მიმართულებისა და ძალვის შესაცვლელად;
- 6) დაშორებულ წერტილში სწორხაზოვანი მოძრაობის გადასაცემად, რაც უზრუნველყოფს საბიძგებელას უსაფრთხო მუშაობას დაჭუჭყიანებულ, რადიაქტიურ ან მაღალი ტემპერატურის გარემოში;
- 7) აირგაყვანილობებსა და ჰიდროგაყვანილობებში ორარხიანი სარქვლის სისტემის შეზღუდული ბრუნვითი მოძრაობის სამართავად;
- 8) შლაგბაუმის ჩასაკეტად;
- 9) კონტაქტური წერტილოვანი შედუღების ელექტროდის ამძრავად;
- 10) ხრახნის და ქანჩის მეშვეობით წინსვლითი მოძრაობის სწრაფ ბრუნვით მოძრაობად გარდაქმნისას, რათა ვენტილის მართვის დროს მიღებულ იქნეს რამდენიმე ბრუნვი;
- 11) ჰორიზონტალური მოძრაობის მისაღებად საკმაოდ გაზრდილი ძალვით (მაგ., დაწნეხვა, ბრიკეტირება და ა.შ.);

- 12) ჭიდან მილის წყვეტილად ამოსაწევად;
- 13) მძლავრი ამომრთველების დისტანციურად სამართავად;
- 14) ღუმელის გასაღებად, სვლის სიდიდის მრავალჯერადი გაზრდით;
- 15) ბრუნვითი მოძრაობის რევერსირებისათვის ფრიქციულ გადაცემათა სამართავად;
- 16, 17) ერთდროულად რამდენიმე სარქვლის დისტანციურად სამართავად;
- 18) ბუნკერის ჩამკეტის გასაღებად;
- 19) ჭიმკრების, კამერების, ლიუკების გასახსნელად სახსრული სადგულის მეშვეობით;
- 20) რკინიგზის ისრების გადასაყვანად;
- 21) ლენტური ტრანსპორტიორის პერიოდული წყვეტილი მოძრაობის მისაღებად;
- 22) მცირე სიმძლავრის მექანიკური მაკრატლის ამძრავად;
- 23) ამძრავი ლილვის განსაზღვრული კუთხით შენელებული ბრუნვითი მოძრაობის მისაღებად;
- 24) იმ მექანიზმების სამართავად, რომლებშიც ტრეპელის მეშვეობით იცვლება ძალვის მიმართულება;
- 25) სამი სარქვლის თანმიმდევრულად სამართავად.



ნახ. 1.1. საზიდებლების გამოყენების მაგალითები

ბოლო დროს სამრეწველო წარმოებაში დიდი გამოყენება ჰპოვა ელექტროჰიდრავლიკურმა საბიძგებლებმა (ეჰს-ებმა), რომელთაც მუდმივი და ცვლადი დენის ელექტრომაგნიტურ ამძრავებთან შედარებით არაერთი უპირატესობა აქვთ. კერძოდ, ისინი ხასიათდებიან მუშაობის მეტი სიმდოვრით, მაღალი ცვეთამედეგობით, მცირე წონით, ნაკლები მგრძნობიარობით მექანიკური გადატვირთვების მიმართ, ჭოკის სვლის მეტი მაქსიმალური სიდიდით, სამუხრუჭე სისტემებში გამოყენებისას ხუნდების ფრიქციული მასალის ცვეთის კომპენსაციის შესაძლებლობით და ცვლადი დენის ელექტრომაგნიტებთან შედარებით გამშვები დენის მცირე სიდიდით.

ჩამოთვლილ უპირატესობებთან ერთად ეჰს-ებს ნაკლოვანებებიც აქვს. კერძოდ, მათი უარყოფითი მხარეებია ის, რომ:

ჭოკის მუშა სვლის გაზრდის გარეშე შეუძლებელია მუხრუჭის ხუნდების ფრიქციული მასალების ცვეთის კომპენსაცია;

მუშა სითხის ტემპერატურის ზრდა, მისი სიბლანტის ცვლილების გამო, უარყოფითად მოქმედებს საბიძგებელას ჭოკის სვლის დროის შემადგენელ ყველა კომპონენტზე;

ეჰს-ში მბრუნავი მოხახუნე წყვილების არსებობა უარყოფითად მოქმედებს საბიძგებელას ხანგამძლეობაზე;

მბრუნავი ნაწილების არსებობის გამო ძნელდება ჰერმეტიკულობის დაცვა, განსაკუთრებით ვერტიკალური მდებარეობიდან გადახრისას;

ექს-ს საკმაოდ რთული კონსტრუქცია აძნელებს როგორც მის დამზადებას, ისე ექსპლუატაციის დროს მის შეკეთებას;

ექს-ს ცენტრიდანული ტუმბოს ქვედა არეში აღინიშნება კავიტაცია, რაც იწვევს ტუმბოს ფრთის დაზიანებას;

საბიძგებელას ჩართვის სიხშირის გაზრდისას მუშა სითხე აქაფდება, რაც ზრდის ჭოკის აწევის დროს;

ექს-ს არსებულ კონსტრუქციებში შეუძლებელია ჭოკის სვლის სიდიდის რეგულირება;

ექს-ს უმეტეს კონსტრუქციაში ვერტიკალური მდებარეობიდან გადახრისას მკვეთრად მცირდება მათი ამწევი ძალა;

ექს-ს უმეტეს კონსტრუქციაში ელექტროძრავა მოთავსებულია მუშა სითხეში, მუშა სითხის დაბინძურებისას კი ირღვევა ხვიათა იზოლაცია, რის გამოც ელექტროძრავა გამოდის მწყობრიდან;

ექს-ს ამოქმედება ელექტრომაგნიტთან შედარებით ხდება მეტი დაყოვნებით.

ჭოკზე გარე დატვირთვის დახრილად მოქმედებისას მიმმართველ მილისში საბიძგებელას ჭოკი სწრაფად ცვდება და ზოგჯერ იჭედება კიდევ.

ბოლო პერიოდში განსაკუთრებული გამოყენება ჰპოვა ცენტრიდანულმა ელექტროდინამიკურმა საბიძგებლებმა, რომელთა ჭოკის სვლა და ძალვა განპირობებულია მბრუნავი ტვირთის ცენტრიდანული ძალებით.

ხსენებული საბიძგებლები წარმატებითაა გამოყენებული მუხრუჭების ამძრავებად სხვადასხვა მანქანაში. ამ საბიძგებლების სხვადასხვა მდებარეობაში დაყენების შესაძლებლობა,

დაბალი ტემპერატურის პირობებში მდგრადი მუშაობა, მნიშვნელოვანი წვევის ძალა, მუშა სითხის უქონლობა და შედარებით მცირე გაბარიტები მათ საკმაოდ პერსპექტიულს ხდის.

ცენტრიდანულ ელექტრომექანიკურ საბიძგებლებს ნაკლოვანებებიც აქვს. ამ უკანასკნელთ განეკუთვნება:

ეკს-თან შედარებით მეტი დაყოვნების დრო ჭოკის დაშვებისას;

მბრუნავი მოხახუნე ზედაპირების სწრაფი ცვეთა;

მბრუნავი მასების ბალანსირების აუცილებლობა;

ეკს-თან შედარებით ჭოკის დაშვებისას მოძრაობის სიჩქარის რეგულირების შეუძლებლობა;

ჭოკის საშუალო სიჩქარის რამდენჯერმე ნაკლებობა ეკს-ს ჭოკის საშუალო სიჩქარეზე;

რევერსიული მუშაობისას საათში ჩართვათა რიცხვის მკვეთრი შემცირება;

ეკს-თან შედარებით საათში ჩართვათა რიცხვის სიმცირე;

ჭოკის აწვევის დაყოვნება, რასაც იწვევს მბრუნავი ტვირთის გაქანებისათვის საჭირო დრო;

საბიძგებელას დიდი მასის მქონე ტვირთისათვის ბრუნვითი მოძრაობის მინიჭებისას უძრაობის ინერციის გადასალახავად საჭირო ენერგიის დიდი ხარჯი;

ენერგიის დიდი დანაკარგი ხახუნსა და ცვეთაზე მუშა ზედაპირებს შორის იმ საბიძგებლებში, რომლებშიც ცენტრიდანულ ტვირთად გამოყენებულია ბურთულები და აგრეთვე იმ კონსტრუქციის საბიძგებლებში, სადაც მრავალი

სახსრული შეერთება ან გართულებულია სახ-სრული შეერთების შეზეთვა;

ყოველივე ზემოთქმულის გამო ცენტრიდანულმა ელექტრომაგნიტურმა საბიძგებლებმა მრეწველობაში ჯერჯერობით ვერ პოვა ისეთი მასობრივი გამოყენება, როგორც სხვა საბიძგებლებმა.

§1.2. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლების მიმოხილვა

საზღვარგარეთ შეიმუშავეს მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლების (მჰს-ების) კონსტრუქციები. მჰს-ებში შერწყმულია ელექტრომაგნიტებისა და ელექტროჰიდრაულიკური საბიძგებლების ღირსებები. ამიტომ მათი გამოყენების შესაძლებლობა ძალზე დიდია. მაგალითად, მათი გამოყენება შეიძლება ყველა იმ შემთხვევაში, რომელიც ნაჩვენებია ნახ. 1.1-ზე.

საბჭოთა კავშირში მჰს არა მარტო არ შემუშავებულა და მრეწველობაში არ გამოყენებულა, არამედ ჩვენს გარდა არავის გამოუქვეყნებია [76–127].

ჩვენთვის ცნობილი მჰს-ს კონსტრუქციებისგან ერთ-ერთი აღწერილია გფრ-ს პატენტში №1088684 [11]. მასში ჭოკის აწევა ხდება წყვეტილად, ელექტრომაგნიტის ჩართვა-გამორთვის მეშვეობით მანამ, სანამ ჭოკი მიაღწევს ზედა კიდურა მდებარეობას. ჭოკის აწევის პროცესში, ელექტრომაგნიტის გამორთვისას, ელექტრომაგნიტის ღუზა

საწყის მდებარეობამდე დაეშვება საბიძგებელაში არსებული ზამბარის მეშვეობით. ეს ზამბარა იკუმშება დამატებითი ჭოკის საშუალებით ელექტრომაგნიტის გულართან მიზიდვისას.

აღნიშნული მკვლევარების მიხედვით მხარეებია: გაზრდილი ხანგამძლეობა, უხმაურო მუშაობა, მუშაობის საიმედოობა, უარყოფითი მხარეები კი – მისი რთული კონსტრუქცია, ჭოკის წყვეტილი მოძრაობა აწევისას, ჭოკის დაშვების დროის რეგულირების შეუძლებლობა. ეს უკანასკნელი ზღუდავს საბიძგებელას გამოყენებას მუხრუჭებში.

ავსტრიული ფირმა „Elin“-ის მიერ შემუშავებული, ჩვენთვის ცნობილი კონსტრუქციის MHG ტიპის მაგნიტურჰიდრაულიკურ საბიძგებელა „Mahyd“-ში მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზა ასრულებს ელექტრომაგნიტის კოჭაში მოთავსებული პირველადი ჰიდროცილინდრის დგუშის როლს [65, 66, 70]. ღუზა გულართან მიზიდვისას მუშა არეში მოთავსებული მუშა სითხის მეშვეობით აწევს საბიძგებელას კორპუსის ზედა ნაწილში (მუშა სითხის ავზში) არსებული მეორე ჰიდრაულიკური ცილინდრის დგუშს მასზე დამაგრებულ ჭოკთან ერთად. ჭოკის დაშვების სიმდოვრის რეგულირებისათვის საბიძგებელაში გათვალისწინებულია მარეგულირებელი სარქველი.

ფირმის მონაცემებით, იმის მიხედვით თუ როგორია ჭოკზე გარე დატვირთვა, ჭოკის აწევის დრო ცვალებადობს 0,8-1,0 წმ-მდე შუალედში; ჭოკის დაშვების დრო მცირდება

მასზე მოქმედი დატვირთვის გაზრდით და მარეგულირებელი სარქვლის სრული გახსნისას ასევე არ აღემატება 1 წმ-ს, თუმცა, სარქვლის შესაბამის მდებარეობაში დაყენებისას დაშვების დრო შესაძლებელია გაიზარდოს 6 წმ-მდე, რაც MHG ტიპის საბიძგებელას მუხრუჭებში გამოყენების შემთხვევაში პრაქტიკულად უზრუნველყოფს დამუხრუჭებას სიმღვრის ნებისმიერი ხარისხით; ამ საბიძგებელას მუდმივი დენით კვებისას ცვლადი დენის ქსელიდან გამმართველის საშუალებით, აწვეისა და დაშვების დრო მარეგულირებელი სარქვლის სრული გახსნისას აღწევს 2 წმ-ს; ჩართვის სხვადასხვა ხანგრძლივობისას აწვეის დროის შემცირება ხდება ელექტრომაგნიტის კოჭის ფორსირებით; დაშვების დროის შემცირება მარეგულირებელი სარქვლის სრული გახსნისას შესაძლებელია ელექტრომაგნიტის ღუზის გულართან სრული მიზიდვისას მათ შორის ნარჩენი ჰაერის ღრეჩოს გაზრდით, რაც, თავის მხრივ, გამოიწვევს მჰს „Mahyd“-ის მუშაუნარიანობის შემცირებას 2%-დან 10%-მდე.

ელექტროჰიდრავლიკური საბიძგებლებისგან განსხვავებით, რომლებშიც მუშა სითხის ტემპერატურის გაზრდასთან ერთად იზრდება ჭოკის მოძრაობის დროის ყველა შემადგენელი კომპონენტი, MHG ტიპის მჰს-ში მუშა სითხის ტემპერატურის გაზრდისას ჭოკის აწვეისას და დაშვებისას ჭოკის მოძრაობის დრო მცირდება, ხოლო მოძრაობის დაწყების დაყოვნების დრო არაა დამოკიდებული სითხის ტემპერატურაზე.

მკს „Mahyd“-ის ჩართვის სიხშირის მაქსიმალური სიდიდე შეზღუდულია მხოლოდ ელექტრომაგნიტის ღუზის მიზიდვის დროთი.

მკს „Mahyd“-ის ხუნდებიან მუხრუჭებში გამოყენებისას, მიუხედავად ფრიქციული მასალის ცვეთისა, მკს განმუხრუჭებულ მუხრუჭში უზრუნველყოფს ხუნდის ფრიქციულ სადგმელსა და სამუხრუჭე ბორბალს შორის ღრეჩოს საწყისი მინიმალური სიდიდის შენარჩუნებას. ყველა სხვა სახისა და ტიპის საბიძგებლებისა და ელექტრომაგნიტების გამოყენების შემთხვევაში კი აღნიშნული ღრეჩო მინიმალურია მხოლოდ მაშინ, როცა ფრიქციული სადგმელი არის ახალი. სადგმელის ცვეთასთან ერთად იზრდება ღრეჩოს სიდიდეც. აქედან გამომდინარე, მკს „Mahyd“-ის ხუნდებიან მუხრუჭებში გამოყენებისას დამუხრუჭების დაწყების დაყოვნების დრო არაა დამოკიდებული ფრიქციული მასალის ცვეთის სიდიდეზე, მაშინ როცა დანარჩენი საბიძგებლებისა და ელექტრომაგნიტების მუხრუჭებში გამოყენებისას ფრიქციული მასალის ცვეთასთან ერთად იზრდება აღნიშნული დროც.

დამუხრუჭების დაწყების დაყოვნების დროის შემცირება აუმჯობესებს ამწე მანქანების მუშა პირობებს, ამცირებს ლითონკონსტრუქციებისა და ბაგირის დინამიკურ დატვირთვებს და აადვილებს ასაწევი ტვირთის საჭირო მდებარეობაში ფიქსირებას. ამიტომ, ამწე მანქანების მუხრუჭებში გამოყენებისას სხვა საბიძგებლებთან და ელექტრომაგნიტებთან შედარებით გადამწყვეტი უპირატესობა ენიჭება მკს „Mahyd“-ს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ხუნდებიან მუხრუჭებში მკვ „Mahyd“-ის გამოყენებისას ფრიქციული მასალის ცვეთის კომპენსაცია, განსხვავებით ყველა სხვა საბიძგებლებისაგან, შესაძლებელია ჭოკის მუშა სვლის სიდიდის გაზრდის გარეშე. ამიტომ, MHG ტიპის საბიძგებელას შერჩევისას მათი მუხრუჭებში გამოყენებისათვის გაანგარიშება უნდა ჩატარდეს მხოლოდ იმ სვლისთვის, რომელიც მოითხოვება ხუნდსა და ბორბალს შორის აუცილებელი ღრეჩოს შესაქმნელად და ბერკეტული სისტემის ელემენტების დრეკადი დეფორმაციის კომპენსაციისათვის.

მკვ „Mahyd“-ის ექსპლუატაციის შემთხვევაში ჭოკის დაშვებისას თუ არ არსებობს უკუქმედების ძალვა (მაგალითად, ლარტყული გადაცემის აძვრისას, ვენტის მართვისას და ა.შ.), მაშინ მკვ „Mahyd“-ი აღიჭურვება დამაბრუნებელი ზამბარით. თუ უკუქმედი ძალვა ჭოკზე მიიღება მხოლოდ შეკუმშული ზამბარის მეშვეობით, მაშინ საბიძგებელას სიმძლავრე იანგარიშება მხოლოდ ზამბარის საწყისი ძალვის მიხედვით, მისი საბოლოო შეკუმშვის ძალვის გათვალისწინების გარეშე. ამ შემთხვევაში საბიძგებელას საჭირო ნომინალური მუშაუნარიანობა 15%-ით ნაკლებია, ვიდრე იმ მექანიზმებში ექსპლუატაციისას, რომელთა უკუქმედების ძალვის მახასიათებელი ჰორიზონტალური ხასიათისაა (მაგ., საპირწონე ტვირთისას).

მკვ „Mahyd“-ის ელექტრომაგნიტი ღუზის მაქსიმალური h_1 სვლის მნიშვნელოვანი სიმცირის შედეგად მუშაობს მცირე საჰაერო ღრეჩოს დროს, რომელიც არაა დამოკიდებული ფრიქციული მასალის ცვეთაზე. ეს საბიძგებელას

გამოყენებას შესაძლებელს ხდის წვევის ძალვის ფრიად დიდი მნიშვნელობებისა და გამშვები დენის შედარებით მცირე მნიშვნელობების დროს. ღუზის გულართან მიზიდვისას, როცა საჰაერო ღრეჩო მცირდება, ელექტრომაგნიტის წვევის ძალვა და, შესაბამისად, საბიძგებელას ამწევი ძალვაც იზრდება. თუმცა, მოცემულ საბიძგებელაში წვევის ძალვის გაზრდას თან არ ახლავს გულარზე დარტყმები.

აღსანიშნავია, რომ d_1 დიამეტრიანი პირველადი დგუშის h_1 სიმაღლეზე აწვევისას d_2 ($d_2 < d_1$) დიამეტრიანი მეორადი დგუში აიწევა მნიშვნელოვნად მეტ სიმაღლეზე, რომელიც განისაზღვრება ტოლობით [11]

$$h_2 = h_1 \left(\frac{d_1}{d_2} \right).$$

მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელა „Mahyd“-ის უპირატესობებია მუშაობის მაღალი საიმედოობა, ხანგამძლეობა (განპირობებული მბრუნავი მოხახუნე დეტალების არარსებობით და მუშა სითხის არეში წინსვლით-უკუსვლით მოძრავი ნაწილების ნაკლები ცვეთით), მარტივი მომსახურება, სამუხრუჭე ხუნდების ფრიქციული მასალის ცვეთის კომპენსაცია ჭოკის მუშა სვლის გაზრდის გარეშე, უხმაურო მდოვრე მუშაობა, როგორც სრული დატვირთვისას, ისე დატვირთვის არარსებობის შემთხვევაშიც, დადგენილი ჭოკის უკუსვლის დრო, ელექტრომაგნიტის კოჭის მუშა სითხის არეში მოუთავსებლობა, მუშა სითხის აქაფების გამორიცხვა, უკუქმედი ძალვის ზამზართ მიღების შემთხვევაში საბიძგებელასგან საჭირო მუშაუნარიანობის 15%-ით

შემცირება, მუშა სითხის ტემპერატურის გაზრდის შემთხვევაში ჭოკის მოძრაობის დროის შემცირება როგორც აწვეისას, ისე დაშვებისას.

მკვ „Mahyrd“-ს გააჩნია ნაკლოვანებები, ისეთები, როგორცაა:

ჭოკის აწვეის დაწყების დაყოვნების დროის დამოკიდებულება ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის სიდიდეზე; ჭოკის მოძრაობის დროის სიდიდის დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქველის გახსნის ხარისხზე; ჭოკის სვლის ნებისმიერ წერტილში, გარდა ზედა კიდურა მუშა მდებარეობისა ჭოკის სვლის შეზღუდვისას საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის კოჭის გადახურება და შესაძლო მწყობრიდან გამოსვლა; ჭოკის სვლის სიდიდის რეგულირების შეუძლებლობა; ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დროის სიდიდეზე ნარჩენი მაგნეტიზმის გავლენა; მუშა კამერაში ჭარბი წნევის შემცირების მისაღწევად საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის გაბარიტებისა და, შესაბამისად, წონის გაზრდის აუცილებლობა; ჭოკის დაშვებისას სვლის გარკვეულ მანძილზე მისი სწრაფი დაშვების და შემდგომ მისი მდოვრე მოძრაობის შეუძლებლობა; ავარიულ სიტუაციაში ჭოკის მყისვე სწრაფი დაშვების შეუძლებლობა საბიძგებელას როგორც გამორთვისას, ისე გამოურთავად; საბიძგებელას ჭოკის მიმმართველ მილისაში ჭოკის გაჭედვის შესაძლებლობა; საბიძგებელას ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მუშაობისას საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის გადახურება.

არსებული საბიძგებლების ანალიზს მივყავართ იმ დასკვნამდე, რომ მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელა, რომელიც აერთიანებს ელექტრომაგნიტური ამძრავებისა და ელექტროჰიდრაულიკური საბიძგებლების ღირსებებს და გამოირჩევა სხვა სახის საბიძგებლებისაგან რიგი უპირატესობებით, ყველაზე მეტად მოგვცემს საშუალებას შემუშავდეს მისი ისეთი ორიგინალური კონსტრუქციები, რომლებშიც აღმოფხვრილი იქნება არსებული საბიძგებლების ზემოთ ჩამოთვლილი ნაკლოვანებები. სწორედ ამ ამოცანის გადაწყვეტას ეძღვნება შემდეგი თავები.

თავი მეორე

სწრაფსვლიანი მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლების შემუშავება და კვლევა

§2.1. საბიძგებელას ჭოკის მოძრაობის დროის მახასიათებლების შესახებ

ნებისმიერი სახის საბიძგებელასთვის მნიშვნელოვან მახასიათებლებს წარმოადგენს მისი ჭოკის მოძრაობის დროის მახასიათებლები, ესენია ჭოკის აწევის დრო – $t_{აწ}$ და ჭოკის დაშვების დრო – $t_{დაშ}$.

$t_{აწ}$ არის დროის მონაკვეთი საბიძგებელასთვის მკვებავი დენის მიწოდებიდან ჭოკის ზედა კიდურა მდებარეობაში მისვლამდე.

$t_{დაშ}$ არის დროის მონაკვეთი საბიძგებელასთვის მკვებავი დენის შეწყვეტის მომენტიდან გარე დატვირთვის ზემოქმედების შედეგად ჭოკის საწყის ქვედა კიდურა მდებარეობაში მისვლის მომენტამდე.

ჭოკის აწევის დრო შედგება ორი მდგენელისაგან

$$t_{აწ} = t_{დააწ} + t_{დააშ},$$

სადაც $t_{დააწ}$ – ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დრო – წარმოადგენს დროის მონაკვეთს მუდმივი დენის მიწოდების მომენტიდან ჭოკის აწევის მოძრაობის დაწყების მომენტამდე, ხოლო

$t_{დააშ}$ – ჭოკის მოძრაობის დრო აწევისას – წარმოადგენს დროის მონაკვეთს ჭოკის აწევისას მოძრაობის დაწყებიდან ზედა კიდურა მუშა მდებარეობაში მისვლამდე.

ასევე ორი მდგენელისაგან შედგება ჭოკის დაშვების დრო:

$$t_{დაშ} = t_{დ.დაშ} + t_{ა.დაშ},$$

სადაც $t_{დ.დაშ}$ – ჭოკის მოძრაობის დაყოვნების დრო დაშვებისას – არის დროის მონაკვეთი მკვებავი დენის შეწყვეტის მომენტიდან, ჭოკის დაშვების მოძრაობის დაწყების მომენტამდე, ხოლო

$t_{ა.დაშ}$ – ჭოკის მოძრაობის დრო დაშვებისას – არის დროის მონაკვეთი ჭოკის დაშვებისას მოძრაობის დაწყებიდან მის საწყის ქვედა კიდურა მდებარეობაში მისვლამდე.

მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლების მუშა ციკლის სრული დრო

$$t_{სრ.} = t_{დ.აწ.} + t_{ა.აწ.} + t_{ა.შ.} + t_{დ.დაშ.} + t_{ა.დაშ.}$$

სადაც $t_{ა.შ.}$ – შემსრულებელი მექანიზმის მუშაობის დრო – ესაა დროის მონაკვეთი ჭოკის ზედა კიდურა მდებარეობაში მისვლის მომენტიდან საბიძგებელასთვის მკვებავი დენის შეწყვეტის მომენტამდე.

მანქანა-მექანიზმების საიმედო მუშაობის და მათი მწარმოებლობის და ხანგამძლეობის გაზრდის ერთ-ერთ ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს მათში გამოყენებული საბიძგებლების ჭოკის აწევის დროის სიმცირე. [2, 8, 14, 24, 25, 27] შრომებში გაშუქებულია სხვადასხვა სახის საბიძგებლების ჭოკის აწევის დროის კვლევისა და მისი შემცირების ხერხები.

მაგალითად, MHG ტიპის მჰს „Mahyd“-ის ჭოკის აწევის დროის შემცირებისათვის ფირმა „Elin“ მიმართავს საბიძგებელას მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭის ფორსირებას [70]. ამ სქემის პრინციპი ჩვენთვის ცნობილი

არაა. მაგრამ, თუ გავანალიზებთ ტექნიკურ ლიტერატურაში მოცემული მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტური კოჭის ფორსირების სხვადასხვა სქემებს [23, 39, 60], შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ელექტრომაგნიტების მოქმედების დაჩქარების ხელოვნური ხერხების საერთო ნაკლს წარმოადგენს იმ დამატებითი ელემენტებისა და მოწყობილობის არსებობა, რომლებიც ართულებენ კონსტრუქციას, ექსპლუატაციის დროს უარყოფითად მოქმედებენ ელექტრომაგნიტური მექანიზმების საიმედოობაზე და ამცირებენ მათ ხანგამძლეობას. გარდა ამისა, კონტაქტების რეგულირება უნდა წარმოებდეს ხშირად, რათა მათი გათიშვა მოხდეს ზუსტად ელექტრომაგნიტის ღუზის მიზიდვის დამთავრებისას.

ელექტრომაგნიტის ღუზის მიზიდვის დროის სიდიდე და ამ დროის ცვლილების ხასიათი დამოკიდებულია, როგორც საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის ელექტრომაგნიტურ მახასიათებლებზე, ისე იმ მექანიკურ თუ ჰიდრავლიკურ წინაღობებზე, რომლებიც განპირობებულია მჰს-ს კონსტრუქციული თავისებურებებით. ღუზის მიზიდვის დრო ასევე დამოკიდებულია საბიძგებელას ჭოკზე მოქმედ გარე ძალის სიდიდეზე. აღსანიშნავია, რომ ამ ძალის საწყისი სიდიდე ძირითადად განაპირობებს ჭოკის აწევის დაყოვნების დროისა და მთლიანად აწევის დროის სიდიდეს.

რადგან მჰს-ში ელექტროენერგია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტების მეშვეობით გარდაიქმნება საბიძგებელას ჭოკის წინსვლით მოძრაობით მექანიკურ ენერგიად, ამიტომ მჰს-ს მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ჩართვისას

ლუზის მიზიდვის დაწყების დაყოვნების დრო საბიძგებელას ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დროის ტოლია, ხოლო ლუზის მიზიდვისას მისი მოძრაობის დრო აწევისას ჭოკის მოძრაობის დროის ტოლია.

\$2.2. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დროის განსაზღვრა და მისი შემცირების ხერხები

შემსრულებელი მანქანა-მექანიზმის ჩართვიდან მუშაობის პროცესის დაწყება დამოკიდებულია მათში გამოყენებული საბიძგებლების ჭოკის აწევის დაყოვნების დროზე. ამ დროის სიმცირე აუმჯობესებს მანქანა-მექანიზმების მუშა პირობებს.

მაგალითად, ამწე მანქანების გადამაადგილებელი მექანიზმის მუხრუჭებში მკს-ს გამოყენებისას ამწის გადამაადგილებელი მექანიზმის ამძრავი ელექტროძრავას ჩართვისთანავე საჭიროა ამწის გადამაადგილებელი მექანიზმის მუხრუჭის განმუხრუჭების დაწყება შემდგომ მისი სწრაფი განმუხრუჭებით. განმუხრუჭების დაწყება დამოკიდებულია მუხრუჭში გამოყენებული საბიძგებელას ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დროზეც. რაც უფრო მცირეა საბიძგებელას ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დრო, მით უფრო სწრაფად იწყება მუხრუჭის განმუხრუჭება და მექანიზმის ამძრავ ძრავსაც მით უფრო სწრაფად ეძლევა ბრუნვის დაწყების საშუალება.

ამით მცირდება დინამიკური დატვირთვები ამწის გადამაადგილებელ მექანიზმში და თვით ამწის

ლითონკონსტრუქციაში. ამწის გადაადგილება დაიწყება მდოვრედ, ბიძგების გარეშე. საბიძგებელას ჭოკის აწევის დაყოვნების დროის სიმცირე ასევე სასურველია, როცა საბიძგებელა გამოყენებულია კონტაქტურწერტილოვანი ელექტროდის ამძრავად, მექანიკური მაკრატლის ამძრავად, წნეხების სამართავად, მძლავრი ელექტროჩამრახების სამართავად და ა.შ.

როგორც ადრე აღვნიშნეთ, ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დრო შეგვიძლია ვიანგარიშოთ მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზის გულართან მიზიდვის დაყოვნების დროის გამოსათვლელი ფორმულის მიხედვით [60].

გვექნება, რომ

$$t_{\text{დაწ.}} = t_{\text{დაყოვნ.}} = \frac{\mu_0 S \omega^2}{\delta_o R} \ln \frac{1}{1 - \frac{R \delta_o}{U \omega} \sqrt{\frac{2 P_{\text{ს.უკ.}}}{\mu_0 S}}}, \quad (2.2.1)$$

სადაც μ_0 – ჰაერის შეღწევადობა;

S – ღუზის კვეთის ფართი;

ω – ელ. მაგნიტის კოჭის ხვიათა რიცხვი;

δ_o – ღუზასა და გულარს შორის საწყისი საჰაერო ღრეჩოს სიდიდე;

R – კოჭის აქტიური წინაღობა;

U – კოჭაზე მოდებული ძაბვა;

$P_{\text{ს.უკ.}}$ – ღუზაზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალა.

როგორც ფორმულა (2.2.1)-დან ჩანს, ძაბვის ზრდისას ღუზის მიზიდვის დაყოვნების დრო შესაბამისად მცირდება, ხოლო ძაბვის ის მინიმალური სიდიდე, როცა ელექტრო-მაგნიტი აღარ ამუშავდება, განისაზღვრება ტოლობით

$$U_{min} = \frac{R\delta_o}{\omega} \sqrt{\frac{P_{b.უკ.}}{\mu_o S}}. \quad (2.2.2.)$$

მკს-ს ღუზის აწევის დაწყების დაყოვნების დროის მინიმალური სიდიდისთვის კი კოჭის ხვიათა ოპტიმალური რიცხვი განისაზღვრება ფორმულით

$$\omega_{opt} = \frac{1,98R\delta_o}{U} \sqrt{\frac{P_{b.უკ.}}{\mu_o S}}. \quad (2.2.3)$$

რაც შეეხება ელექტრომაგნიტის კოჭის წინაღობას, მისი გაზრდით ყოველთვის იზრდება ღუზის მიზიდვის დაყოვნების დრო, ხოლო კოჭის წინაღობის ის მაქსიმალური მნიშვნელობა R_{max} , როცა ღუზის დაძვრის დრო უსასრულოდ იზრდება ანუ ელექტრომაგნიტი აღარ ამუშავდება, შეიძლება განვსაზღვროთ ფორმულიდან (2.2.1). ადვილი შესამჩნევია, რომ $t_{დაწ.} = \infty$ თუ ln -ის მნიშვნელი უდრის ნულს. ამიტომ

$$R_{max} = \frac{U}{\delta_o \sqrt{\frac{2P_{b.უკ.}}{\mu_o S \omega^2}}}. \quad (2.2.4)$$

(2.2.1) ფორმულიდან გამომდინარე საკაერო ღრეჩოს გაზრდით ელექტრომაგნიტის ღუზის მიზიდვის დაყოვნების დრო იზრდება და აღებული ელექტრომაგნიტისათვის, როცა

$$\delta_o max = \frac{U\omega}{R \sqrt{\frac{2P_{b.უკ.}}{\mu_o S}}}, \quad (2.2.5)$$

ღუზა აღარ მიეზიდება გულარს, ე.ი. ელექტრომაგნიტი აღარ ამუშავდება.

ფორმულა (2.2.1)-ის ანალიზით ვასკვნიტ, რომ ღუზაზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალის $P_{b.უკ.}$ შემცირებით მცირდება ღუზის მიზიდვის დაყოვნების დრო და როცა

$P_{ს.უკ.}=0$, $t_{დ.აწ.} = 0$. ღუზაზე მოქმედი უკუქმედის ძალის ის სიდიდე, როცა ღუზა ვეღარ მიეზიდება ელექტრომაგნიტის გულარს, ანუ ღუზაზე მოქმედი უკუქმედი ძალა გაუტოლდება ღუზაზე მოქმედ ელექტრომაგნიტის მიზიდვის ძალას, განისაზღვრება ტოლობით

$$P_{ს.უკ.} = \frac{1}{2} \frac{U^2}{R^2 \mu_0 S \omega^2}. \quad (2.2.6)$$

ამრიგად, როგორც მკვს-ს მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზის მიზიდვის დაწყების დაყოვნების დროის (2.2.1) ფორმულის ანალიზმა გვიჩვენა $t_{დ.დაყ.}$ შემცირდება თუ გავზრდით ძაბვას, ან შევამცირებთ ელექტრომაგნიტის კოჭის აქტიურ წინაღობას. ასევე შესაძლებელია ღუზის მიზიდვის დაწყების დაყოვნების დროის შემცირება ღუზასა და გულარს შორის საწყისი საჰაერო ღრეჩოს შემცირებით ან ღუზაზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალის შემცირებით.

ჩვენთვის ცნობილი კონსტრუქციის მკვს-ში ღუზის აწევის დაწყების დაყოვნების დროის შემცირება შესაძლებელია ძაბვის გაზრდით, ელექტრომაგნიტის კოჭის აქტიური წინაღობის შემცირებით, საწყისი საჰაერო ღრეჩოს სიდიდის შემცირებითა და ღუზაზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალის შემცირებით. აქედან ჰოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დროის შემცირების ხერხებს – ძაბვის გაზრდას და კოჭის წინაღობის შემცირებას – აქვთ თავიანთი ზღვარი, განპირობებული ელექტრომაგნიტის ელექტრომაგნიტური პარამეტრებით. კერძოდ, ძაბვის გაზრდა შეზღუდულია ელ. მაგნიტის კოჭის გადახურების დასაშვები ზღვრით. კოჭის გადახურების დასაშვები ზღვრით ასევე შეზღუდულია

კოჭის აქტიური წინაღობის შემცირება. რაც შეეხება საწყისი საჰაერო ღრეჩოს შემცირებას, იგი დაუშვებელია, რადგან მისი შემცირებით მცირდება მჰს-ს ჭოკის სვლის მაქსიმალური სიდიდე, ხოლო ლუზაზე საწყისი უკუქმედი ძალის შემცირება შესაძლებელია მჰს-ს ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის შემცირებით.

აღსანიშნავია, რომ MHG ტიპის მჰს-ს „Mahyd“-ის ლუზაზე მოქმედი უკუქმედი ძალა იმდენჯერ მეტია ჭოკზე მოქმედ გარე ძალაზე, რამდენიცაა მჰს-ს ჰიდრაულიკურ გადაცემათა რიცხვი. აქედან გამომდინარე ცხადია, ჭოკზე მოქმედი გარე ძალის მცირე გაზრდაც კი გამოიწვევს ლუზაზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალის არსებით გაზრდას და შესაბამისად, მჰს-ს ჭოკის აწევის დაყოვნების დროის გაზრდას.

როგორც მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტების კვლევებიდანაა ცნობილი [23, 60], მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტების ლუზის მიზიდვის დაწყების დაყოვნების დრო შეადგენს ლუზის მიზიდვის სრული დროის 60-70% და ლუზაზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალის გაზრდა ლუზის მიზიდვის დაყოვნების დროზე უფრო მეტ გავლენას ახდენს, ვიდრე ლუზის მიზიდვისას – მისი მოძრაობის დროზე.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მჰს-ს ჭოკის აწევის დაყოვნების დროის შემცირება სასურველია მოხდეს საბიძგებელას მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ლუზაზე საწყისი უკუქმედი ძალის შემცირებით.

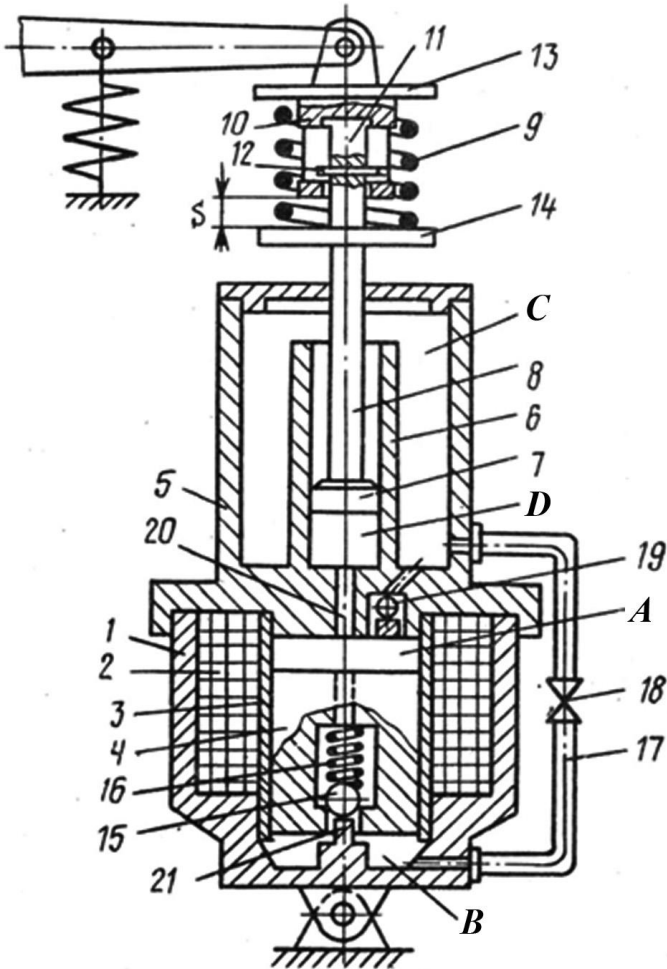
§2.3. მაგნიტურჰიდრაულიკური სანიბგებელა ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების მცირე დროთი

ჩვენ შევიმუშავეთ მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიბგებელას ახალი კონსტრუქცია ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების მცირე დროთი, რომელსაც შემდეგში მოვიხსენიებთ როგორც მჰს-1-ს [83]. ამ კონსტრუქციის სქემატური ნახაზი მოცემულია ნახ. 2.1-ზე.

მჰს-1-ის კორპუსის 1 ქვედა ნაწილში მოთავსებულია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2. კოჭაში 2 დამონტაჟებულია არამაგნიტური მასალის მიმმართველი მილი 3, რომელიც ასრულებს ჰიდრაულიკური ცილინდრის როლს. მილში 3 მოთავსებულია მოძრავი ღუზა-დგუმი 4, რომელიც ამავე დროს წარმოადგენს ელექტრომაგნიტის ღუზას. კორპუსის 1 ზედა ნაწილში არის მუშა სითხის საცავი 5 ცენტრალური მილით 6, რომელიც ასრულებს მეორე ჰიდრაულიკური ცილინდრის როლს. მილში 6 გადაადგილდება დგუმი 7, რომელიც ჭოკით 8, ნორმირებული ზამბარით 9 და ხუფით 10 უკავშირდება შემსრულებელ მექანიზმს. ხუფს 10 გააჩნია ცილინდრული ხვრელი 11, რომელშიდაც თავისუფლად გადაადგილდება ჭოკი 8 წკირით 12. ამასთან ხუფს 10 და ჭოკს 8 ზამბარისათვის 9 გააჩნიათ საბჯენები 13 და 14. ღუზა-დგუმს 4 აქვს ცილინდრული ხვრელი, რომელიც ნორმირებული ზამბარის 16 მქონე სარქველის 15 მეშვეობით აკავშირებს A არეს B არესთან. ღუზა-დგუმის ქვედა B არე მილისა 17 და მარეგულირებელი ვენტისის 18 მეშვეობით შეერთებულია მუშა სითხის საცავის 5 C არესთან. ღუზა-დგუმის 4 ზედა A არე ცალმხრივმოქმედი სარქვლით 19 დაკავშირებულია მუშა

სითხის საცავის 5 C არესთან, ხოლო გამჭოლი ხვრელით 20 – დგუმის 7 ქვედა D არესთან.

კორპუსს 1 ღუზა-დგუმის 4 ქვევით აქვს შვერილი 21, რომელსაც ებჯინება ღუზა-დგუმი 4 სარქველით 15.



ნახ. 2.1. მკს-1

მ3ს-1-ის ელექტრომაგნიტისათვის დენის მიწოდებისას ელექტრომაგნიტის ღუზა-დგუში 4 მიეზიდება გულარს და A არეში შექმნის წნევას. წნევის გამო მუშა სითხე ხვრელით 20 დაიჭირხნება, შეედინება დგუშის 7 ქვედა D არეში და იქ შექმნის ჭარბ წნევას, რის შემდეგაც დგუში 7 მასთან ხისტად დაკავშირებულ ჭოკთან 8 ერთად აიწევა თავისუფლად, ვინაიდან ჭოკის სვლის დასაწყისში არ მოქმედებს ზამბარის 9 ძალაზე მნიშვნელოვნად მეტი გარე დატვირთვა. ჭოკი აიწევს ზევით, თავისუფლად გადაადგილდება ხუფის 10 ცილინდრულ ხვრელში 11. შეკუმშავს ზამბარას 9 და თანდათან დაიტვირთება. ჭოკი რამდენიმე მილიმეტრზე აწევის შემდეგ საბჯენით 14 მიებჯინება ხუფს 10, აწევს მას და შემსრულებელი მექანიზმის ბერკეტს ზედა კიდურა მუშა მდებარეობამდე. ხუფის 10 და შემსრულებელი მექანიზმის ბერკეტის აწევისას, ასევე ზედა კიდურა მდებარეობაში მათი ფიქსირებისას, ჭოკზე უკვე მოქმედებს სრული გარე დატვირთვა. შემსრულებელი მექანიზმის ტექნოლოგიური პროცესების დამთავრებისთანავე მ3ს-1-ის ელექტრომაგნიტს შეუწყდება მკვებავი დენის მიწოდება.

დგუში 7 საკუთარი წონითა და ჭოკზე 8 გარე დატვირთვის მოქმედებით აწვება მუშა სითხეს, დაჭირხნის გამჭოლი ხვრელით 20 ღუზა-დგუშზედა 4 A არეში და მოქმედებს ღუზა-დგუშზე 4 ძალით

$$Q = P_1 S_0,$$

სადაც P_1 – დგუშის 7 -ის დაშვების დაწყებისას D არეში მუშა სითხის წნევაა,

S_0 – გულარში გამჭოლი ხვრელის 20 განივკვეთის ფართი.

როდესაც აღნიშნული ძალა გადააჭარბებს ელექტრო-მაგნიტის ნარჩენი მაგნეტიზმით გამოწვეულ ღუზა-დგუმის დამჭერ მიზიდულობის ძალას, ღუზა-დგუში 4 მოსწყდება ელექტრომაგნიტის გულარს და დაეშვება ქვევით. ამ დროს დგუმის 7 მოქმედებით მუშა სითხე D არიდან გადაედინება A არეში, ხოლო მუშა სითხე, რომლითაც შევსებულია B არე, ღუზა-დგუმის 4 მოქმედებით მილის 17 და მარეგულირებელი სარქვლის 18 გავლით გადაიტუმბება C არეში.

მარეგულირებელი სარქვლის 18 რეგულირებით შესაძლებელია ღუზა-დგუმის 4 და დგუმის 7 ჭოკთან 8 ერთად დაშვების სიმდოვრის რეგულირება ნებისმიერი ხარისხით. შემსრულებელი მექანიზმის ბერკეტი ხუფთან 10 ერთად მიაღწევს რა საწყის ქვედა კიდურა მდებარეობას, გაჩერდება. იგი აღარ დააწვება ჭოკს 8, მაგრამ ჭოკი 8 კვლავ გააგრძელებს ქვევით დაშვებას h მანძილზე, რადგან მის საბჯენზე 14 მოქმედებს ზამბარა 9. ამის შემდეგ ჭოკი 8 დგუმთან 7 ერთად დაიკავებს საწყის ქვედა მდებარეობას. მათთან ერთად ღუზა-დგუშიც 4 მიაღწევს ქვედა საწყის მდებარეობას და დაეზღინება სარვქლით 15 შვერილს 21. ამის შემდეგ მ3ს-1 მზადაა მუშაობის შემდეგი ციკლისათვის.

იმ შემთხვევაში, თუ დაირღვევა კუმშვის კამერის ჰერმეტიულობა და მოხდება მუშა სითხის გაჟონვა, დგუმის 7 მიერ ქვედა საწყისი მდებარეობის დაკავებისას ღუზა-დგუში 4 ჯერ კიდევ არ იქნება ქვედა საწყის მდებარეობაში. ღუზა-დგუში 4 საკუთარი წონის მოქმედებით ეცდება დაეშვას ქვევით და A არეში შეიწოვოს მუშა სითხე საცავიდან 5 ცალმხრივ მოქმედი სარქვლის 19 მეშვეობით. ღუზა-დგუში

4, შეიწოვს რა მუშა სითხის საცავიდან 5 მუშა სითხეს იმ მოცულობით, რა მოცულობითაც გაიჟონა იგი მუშა კამერიდან, მიაღწევს ქვედა საწყის კიდურა მდებარეობას და დაებჯინება საბჯენს 21. ამრიგად, მუშა კამერის ჰერმეტიზაციის დარღვევისას შესაძლებელია მისი კომპენსაცია.

თუ მჰს-1 გამოყენებული იქნება ამწე-სატრანსპორტო მანქანების მუხრუჭების ამძრავად, მაშინ მუხრუჭის ხუნდების ფრიქციული სადგმელის ცვეთისას მუხრუჭის ბერკეტი ხუფთან 10 ერთად მიაღწევს რა საწყის ქვედა კიდურა მდებარეობას, კვლავ ეცდება დაეშვას ქვევით სადგმელების ცვეთის კომპენსაციისათვის და ჭოკზე 8 დაწოლით დაჭირხნის მუშა სითხეს D არიდან A არეში. ღუზა-დგუში 4 უკვე დაბჯენილია სარქველით 15 საბჯენზე 21 და აღარ შეუძლია ქვევით დაშვება. ამ დროს A და D არეებში გაიზრდება წნევა და როცა ღუზა-დგუშზე 4 მოქმედი წნევის ძალა გადააჭარბებს სარქვლის 15 ზამზარის 16 შეკუმშვისათვის საჭირო ძალას, ზამზარა 16 შეიკუმშება და სარქველი 15 გახსნის A და B არეების დამაკავშირებელ არხს. მუშა სითხე A არიდან დაიჭირხნება B არეში და B არიდან მილის 17 მეშვეობით – მუშა სითხის საცავის 5 C არეში. მუხრუჭის ბერკეტი ხუფთან 10 და ჭოკთან 8 ერთად დაეშვება ქვევით სიდიდით, რომელიც საკმარისია მუხრუჭების ხუნდების ფრიქციული სადგმელების ცვეთის კომპენსაციისათვის. ამის შემდეგ მუხრუჭის ბერკეტი და ხუფი 10 აღარ იმოქმედებენ ჭოკზე 8, მაგრამ ჭოკი 8 კვლავ გააგრძელებს დაშვებას, რადგან მასზე იმოქმედებს უკვე მხოლოდ ზამზარა 9, რომლის ძალაა გადაეცემა ღუზა-დგუშს

4 და ლუზა-დგუშზე 4 მოქმედი ეს ძალა საკმარისი იქნება სარქელის 15 ნორმირებული ზამბარის 16 შესაკუმშად. სარქელი 15 არ დაიხურება და ჭოკი 8 გააგრძელებს ქვევით დაშვებას. ჭოკი 8 დაეშვება რა h მანძილით, ზამბარა 9 აღარ დააწვება ჭოკს 8 ისეთი ძალით, რომ ზამბარა 16 შეაკავოს შეკუმშულ მდგომარეობაში და სარქელი 15 გადაკეტავს A და B არეების დამაკვშირებელ არხს, რის შემდეგაც მჰს-1 მზად იქნება მუშაობის შემდეგი ციკლისათვის.

მჰს-1-ის მუშაობის პრინციპის აღწერიდან ჩანს, რომ ჭოკის მიერ გავლილი h მანძილი წარმოადგენს მისი მაქსიმალური სვლის უქმ ნაწილს ანუ უქმ სვლას. ე.ი. h მანძილის გავლისას ჭოკი შემსრულებელი მექანიზმიდან ზემოქმედებას არ განიცდის. ამრიგად, აღწერილი მჰს-1-ის ჭოკის მაქსიმალური სვლის სიდიდე შედგება უქმის სვლისა და მუშა სვლის ჯამისაგან.

ჩვენ მიერ შემუშავებული მჰს-1-ის ჭოკის აწევის დრო უფრო მცირეა, იმ საბიძგებელას ჭოკის აწევის დროსთან შედარებით, რომელიც მჰს-1-გან განსხვავდება მხოლოდ იმით, რომ ჭოკი შემსრულებელ მექანიზმთან დაკავშირებულია უკუქვევითი ზამბარის გარეშე. როგორც (2.2.1) და (2.1.2) ფორმულებიდან ჩანს, ხსენებული დროის სიმცირე აიხსნება იმით, რომ ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დროის შემცირების რიგი აღემატება ჭოკის აწევისას მოძრაობის დროის ზრდის რიგს, რაც დადასტურდა მჰს-1-ის ლაბორატორიული გამოცდისას.

როგორც ჩვენს მიერ შემუშავებული მჰს-1-ის მუშაობის პრინციპის აღწერიდან ჩანს, მჰს-1-ის კონსტრუქციაში

მიღწეულია ის, რომ საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის ღუზაზე მოქმედი უკუქმედი ძალის საწყისი სიდიდე არ არის დამოკიდებული ჭოკზე მოქმედ გარე დატვირთვის საწყის სიდიდეზე და ქვედა კიდურა მდებარეობაში მყოფ ღუზა-დგუშზე მუდმივად მოქმედებს საწყისი უკუქმედი ძალის მინიმალური სიდიდე. ამიტომ მჰს-1-ს ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დრო ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის სიდიდის ცვალებადობის მიუხედავად მინიმალურია და მუდმივი.

ჩვენ მიერ ასევე შემუშავებულია მაგნიტურჰიდრა-ვლიკური საბიძგებელას ორიგინალური კონსტრუქცია, რომელსაც ვუწოდებთ მჰს-2-ს (იხ. ნახ. 2.2). მჰს-2 ხასიათდება ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დროის მცირე სიდიდით [90]. მჰს-1-გან განსხვავებით მჰს-2-ში ჭოკის აწევისას შემსრულებელ მექანიზმზე დარტყმას და ჭოკის უქმ სვლას არ აქვს ადგილი. ამასთან შემცირებულია დასაჭირხნი მუშა სითხის მოცულობა და ჭოკის სვლის სიდიდე.

მჰს-2 შედგება კორპუსისგან 1, რომლის ქვედა ნაწილში მოთავსებულია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2. კოჭაში 2 მოთავსებულია არამაგნიტური მასალის ცილინდრი 3, რომელიც ასრულებს ჰიდროცილინდრის როლს, მასში მოთავსებულია დიდი დიამეტრის ღუზა-დგუში 4, რომელიც წარმოადგენს მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზას. მჰს-2-ის კორპუსის 1 ზედა ნაწილი წარმოადგენს მუშა სითხის ავზს 5, რომლის შიგნით მოთავსებულია მეორე ჰიდრაავლიკური ცილინდრი 6, რომელშიც გადაადგილდება მცირე დიამეტრის დგუში 7

ჰოკთან 8 ერთად. ჰოკი 8 კი ასევე დაკავშირებულია მეორე ბოლოთი შემსრულებელ მექანიზმთან. ღუზა-დგუშზედა 4 არე დაკავშირებულია ელექტრომაგნიტის გულარაში არსებული ხვრელით 9 დგუშის 7 ქვედა არესთან, ხოლო ცალმხრივ მოქმედი სარქვლით 10 მუშა სითხის ავზთან 5. ღუზა-დგუშის 4 ქვედა არე დაკავშირებულია მილის 11 და მარეგულირებელი ვენტის 12 მეშვეობით მუშა სითხის ავზთან 5. დგუშში 7 არსებულ ცილინდრულ ხვრელში 13 მოთავსებულია პატარა დგუში 14, პატარა დგუში 14 შეხებაშია მის ზემოთ ცილინდრულ ხვრელში 13 მოთავსებულ ზამზარასთან 15. პატარა დგუშის 14 ზედა არე დგუშში 7 არსებული ხვრელით 16 დაკავშირებულია დგუშის 7 ზედა არესთან.

მკს მუშაობს შემდეგნაირად: საბიძგებელას ჩართვისას დენი მიეწოდება საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის კოჭას 2. ღუზა-დგუში 4 მიეზიდება ელექტრომაგნიტის გულარს და იწყებს ზევით სვლას, ქმნის ჭარბ წნევას და მუშა სითხე იჭირხნება ხვრელით 9 დგუშის 7 ქვედა არეში.

ღუზა-დგუშზე 4 ქვედა საწყის კიდურა მდებარეობისას მოქმედებს მუშა სითხე მცირე უკუქმედი ძალით, რომელიც გამოწვეულია ზამზარით 5.

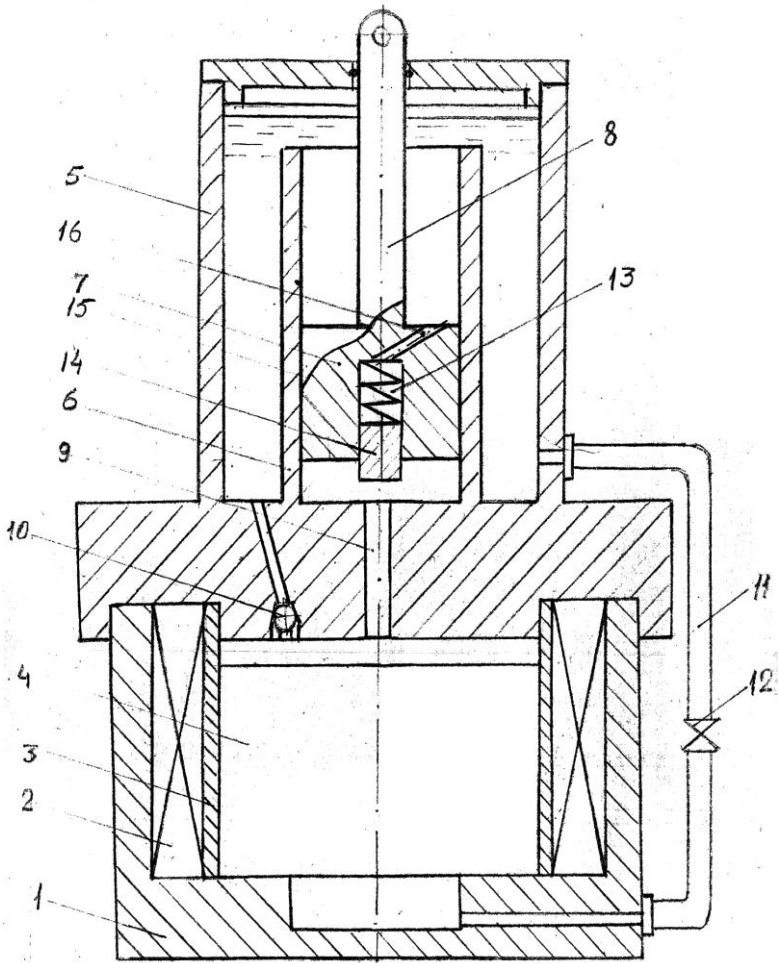
შეიქმნება რა ჭარბი წნევა დგუშის 7 ქვედა არეში, პატარა დგუში 14 აიწევა და შეკუმშავს ზამზარას 15. ამ დროს დგუშის 14 ზედა არიდან მუშა სითხე თავისუფლად გადაედინება ხვრელით 16 დგუშის 7 ზედა არეში, რის შემდეგაც დგუში 7 მასთან ხისტად დაკავშირებულ ჰოკთან 8 ერთად აიწევა თავისი მუშა სვლის სიდიდის ტოლ

მანძილზე. ამ დროს სარქველი 10 დახშულია და არ უშვებს მუშა სითხეს ავზში 5, ხოლო მილის 11 და მარეგულირებელი ვენტის 12 მეშვეობით მუშა სითხე ავზიდან 5 შეიწოვება ღუზა-დგუმის 4 მიერ მის ქვედა არეში. მიეზიდება რა ღუზა-დგუმი 4 ელექტრომაგნიტის გულარს, დგუმი 7 ჭოკთან 8 ერთად მიაღწევს მუშა ზედა კიდურა მდებარეობას. ე.ი. დგუმის 7 და ჭოკის 8 მაქსიმალური სვლის სიდიდე ტოლია მუშა სვლის სიდიდისა, ხოლო ჭოკის 8 ამსრულებელ მექანიზმთან მუდმივი კავშირის გამო ადგილი არ აქვს დარტყმით პროცესებს.

როდესაც საჭირო იქნება ჭოკის 8 ქვევით დაშვება, ელექტროკვება შეუწყდება მკს-ს ელექტრომაგნიტის კოჭას 2 და დგუმი 7 ჭოკზე 8 მოქმედი გარე დატვირთვისა და საკუთარი წონის მოქმედებით ცდილობს დაემვას ქვევით, დაჭირხნის მუშა სითხეს ხვრელით 9 ღუზა-დგუმის 4 ზედა არეში, იმოქმედებს ღუზა-დგუმზე 4 გარკვეული ძალით. ღუზა-დგუმი 4 დაეშვება ქვევით და გადატუმბავს მის ქვედა არეში არსებულ სითხეს მილით 11 მარეგულირებელი ვენტის 12 გავლით დგუმის 7 ზედა არეში. ვენტის 12 რეგულირებით შეგვიძლია მივალწიოთ ორივე დგუმის 4, 7 და ჭოკის 8 დაშვების სიმდოვრის ნებისმიერ ხარისხს და, შესაბამისად, მუხრუჭის მდოვრე დამუხრუჭებას, თუ მკს გამოყენებულია მუხრუჭების ამძრავად. როცა ჭოკი 8 დგუმთან 7 ერთად მიაღწევს ქვედა კიდურა მდებარეობას, ღუზა-დგუმი 4 ჯერ კიდევ არ იქნება თავის კიდურა ქვედა მდებარეობაში. ამ დროს პატარა დგუმი 14 შეკუმშული

ზამბარის 15 ზემოქმედებით ცდილობს დაეშვას ქვედა კიდურა მდებარეობამდე. მუშა სითხეს დაჭირხნის ხვრელით 9 ლუზა-დგუშის 4 ზედა არეში და მოქმედებს ლუზა-დგუშზე გარკვეული ძალით. ამ დროს მუშა სითხე ხვრელით 16 შეიწოვება პატარა დგუშის 14 ზედა არეში, ლუზა-დგუში 4 მუშა სითხის ზემოქმედებით და საკუთარი წონის გავლენით დაეშვება ქვედა კიდურა მდებარეობამდე. ლუზა-დგუშის 4 ქვედა კიდურა მდებარეობაში ფიქსირებისას პატარა დგუშიც 14 ფიქსირდება ქვედა კიდურა მდებარეობაში. ზამბარა 15 დგუშზე 14 ან აღარ მოქმედებს, თუ ის არ არის შეკუმშული, ან მოქმედებს ძალიან მცირე ძალით. ამიტომ ლუზა-დგუშზე 4 ქვედა კიდურა მდებარეობაში ფიქსირებისას მუშა სითხის უკუქმედების ძალის სიდიდე ძალიან მცირეა. ამის შემდეგ მშს მზადაა კვლავ ჩასართავად.

იმ შემთხვევაში თუ ჰიდრავლიკურ ცილინდრებში დაირღვევა ჰერმეტიულობა და მუშა სითხე გაედინება, როცა პატარა დგუში 14 მიაღწევს თავის ქვედა კიდურა მდებარეობს, ლუზა-დგუში 4 ჯერ კიდევ არ იქნება თავის ქვედა კიდურა მდებარეობაში და ლუზა-დგუში 4 შეეცდება მხოლოდ საკუთარი წონით კვლავ დაეშვას ქვედა კიდურა მდებარეობამდე. ამ დროს წნევა მცირდება ლუზა-დგუშის 4 ზედა არეში და სითხე შეიწოვება სარქვლით 10 დგუშის 7 ზედა არიდან, რის შემდეგ ლუზა-დგუში 4 დაეშვება ქვედა კიდურა საწყის მდებარეობამდე და მშს-2 მზადაა კვლავ ჩასართავად.



ნახ. 2.2. მკს-2

ამრიგად, მკს-2-ის გამოყენებისას საბიძგებელას ჭოკის შემსრულებელ მექანიზმზე მუდმივი კავშირის გამო ჭოკის შემსრულებელ მექანიზმთან დარტყმები გამოირიცხა. ამ

დროს ჭოკის მაქსიმალური სვლა მუშა სვლის ტოლია და გამოირიცხა ჭოკის უქმი სვლა, რის გამოც შემცირდა ჭოკის სვლის საჭირო მაქსიმალური სიდიდე. ამან კი, თავის მხრივ, შეამცირა დასაჭირხნი მუშა სითხის მოცულობა.

მიუხედავად ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის სიდიდის ცვალებადობისა, ღუზა-დგუშზე, მის ქვედა საწყის მდებარეობაში მუდმივად მოქმედებს საწყისი უკუქმედი ძალის მინიმალური სიდიდე.

§2.4. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელას ჭოკის აწევისას ჭოკის მოძრაობის დროის განსაზღვრა და მისი შემცირების ხერხები

საბიძგებლების მნიშვნელოვან ტექნიკურ მახასიათებელს წარმოადგენს მისი ჭოკის მოძრაობის დრო აწევისას. ძირითადად შემსრულებელი მექანიზმების მუშაობის პრინციპებიდან გამომდინარე საბიძგებლებს მოეთხოვებათ ჭოკის სწრაფი მოძრაობა აწევისას [11, 12, 30, 47]. ამან განაპირობა ის, რომ ნებისმიერი სახის საბიძგებელას კონსტრუქციაში, გარდა ზოგიერთი გამონაკლისისა, არაა გათვალისწინებული ჭოკის აწევისას მოძრაობის სიმდოვრის რეგულირება. კერძოდ, აშშ-ს ფირმის „General Electric“ და გერმანიის ფირმის „Electro-motorenwerk Oschersleben/Bode“ Elhy-ს ტიპის ელექტროჰიდრაულიკური საბიძგებლების კონსტრუქციებში შესაძლებელია ჭოკის აწევის დროის რეგულირება მარეგულირებელი სარქველების გამოყენებით [11]. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ სარქველების გამოყენება

იწვევს საბიძგებელას ჭოკის სასარგებლო ამწევი ძალის რამდენადმე შემცირებას და მქკ-ის შემცირებას.

როგორც უკვე აღნიშნეთ, მჰს-ს ჭოკის აწევისას მოძრაობის დრო შეიძლება განვსაზღვროთ საბიძგებელას მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზის მიზიდვისას მისი მოძრაობის დროის გამოსათვლელი ფორმულით [60].

გვექნება

$$t_{\text{მოძ}} = \sqrt[3]{\frac{3\delta_o m}{U \sqrt{\frac{P_{uk}}{\omega^2 \mu_o S} - 2R \frac{P_{uk} \delta_o}{\omega^2 \mu_o S}}} } \quad (2.4.1)$$

სადაც δ_o – ღუზასა და გულარს შორის საწყისი საჰაერო ღრეჩოს სიდიდეა;

m – მოძრავი ნაწილების მასა;

U – კოჭაზე მოდებული ძაბვა;

$P_{\text{უკ}}$ – ღუზაზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალა;

ω – ელექტრომაგნიტის კოჭის ხვიათა რიცხვი;

μ_o – ჰაერის მაგნიტური შეღწევადობა;

S – ღუზის კვეთის ფართი;

R – კოჭის აქტიური წინააღობა.

(2.4.1) ფორმულიდან გამომდინარე დავასკვნით, რომ ძაბვის გაზრდასთან ერთად ღუზის მოძრაობის დრო მცირდება. როგორც (2.2.2) და (2.4.1) ფორმულებიდან ჩანს ძაბვის ის მინიმალური მნიშვნელობა, რომლის დროსაც ელექტრომაგნიტი იმყოფება ამოქმედების ზღვარზე, ემთხვევა ღუზის მიზიდვის დაწყების დაყოვნების იმ მინიმალურ ძაბვას, როცა ელექტრომაგნიტი აღარ ამუშავდება. აღსანიშნავია, რომ ღუზის მოძრაობის დროის ძაბვაზე დამოკი-

დებულების ხასიათი ზუსტად ისეთივეა, როგორც ლუზის მიზიდვის დაყოვნების დროის დამოკიდებულებისა ძაბვაზე.

ლუზის მოძრაობის დრო იზრდება კოჭის აქტიური წინაღობის გაზრდასთან ერთად და მცირდება მის შემცირებასთან ერთად. იმ წინააღობის სიდიდე, რომლის დროსაც მკს-ს ელექტრომაგნიტი იმყოფება ამუშავების ზღვარზე ემთხვევა მკს-ს ლუზის მიზიდვის დაყოვნების დროის აქტიური წინააღობის შესაბამის სიდიდეს (2.2.4) და განისაზღვრება ტოლობით

$$R = \frac{U}{\delta_o \sqrt{\frac{P_{uk}}{\mu_o S \omega^2}}} . \quad (2.4.2)$$

ფორმულა (2.4.1)-ის მიხედვით, ლუზასა და გულარს შორის საჰაერო ღრეჩოს გაზრდასა იზრდება მოძრაობის დრო და როცა ღრეჩოს სიდიდე მიაღწევს მნიშვნელობას

$$\delta_o \max = \frac{U \omega}{\sqrt{\frac{2P_{uk}}{\mu_o S}}} \quad (2.4.3)$$

მოძრაობის დრო ხდება უსასრულოდ დიდი, ე.ი. მკს-ს ელექტრომაგნიტის ლუზა აღარ მიიზიდება და მკს-ც აღარ ამუშავდება.

ფორმულა (2.4.1)-დან ნათლად ჩანს, რომ მკს-ს მოძრავი მასების გაზრდით ლუზის მოძრაობის დრო შესაბამისად იზრდება, შემცირებით კი – მცირდება.

მკს-ს ჯოკის აწევის მოძრაობის დროის ერთ-ერთ ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს ჯოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის სიდიდე და მისგან გამოწვეული ელექტრომაგნიტის ლუზაზე მოქმედი უკუქმედი ძალის

სიდიდე. თუ დავუშვებთ, რომ ღუზაზე მოქმედი უკუქმედი ძალის სიდიდე უდრის ნულს, ე.ი. $P_{უკ} = 0$, მაშინ ფორმულა (2.4.1)-ის მიხედვით ღუზის მოძრაობის დრო მიზიდვისას იქნება უსასრულოდ დიდი. მეორე მხრივ, უკუქმედი ძალის მაქსიმალური სიდიდე, როცა ელექტრომაგნიტი ამუშავების ზღვარზეა, ემთხვევა უკუქმედი ძალის მაქსიმალურ სიდიდეს. ღუზის მიზიდვის დაწყების დაყოვნებისას იგი განისაზღვრება ტოლობით

$$P_{უკ,max} = \frac{1}{2} \frac{U^2}{R^2 \mu_0 S \omega^2} \cdot \quad (2.4.4)$$

უკუქმედი ძალის ოპტიმალური მნიშვნელობა, რომლის დროსაც ღუზის მოძრაობის დრო მიზიდვისას იქნება მინიმალური, მოიცემა ტოლობით

$$P_{უკ,ოპტ} = \frac{L_0 I^2}{8 \delta_0}, \quad (2.4.5)$$

სადაც L_0 – ელექტრომაგნიტის ინდუქციურობაა ღუზის საწყისი მდებარეობის დროს;

I – კოჭაში გამავალი დენის სიდიდე.

ცნობილია, რომ ოპტიმალური უკუქმედი ძალა 4-ჯერ ნაკლებია ელექტრომაგნიტის $P_{ელ.ა}$ წვევის ძალაზე [60], ე.ი.

$$P_{ელ.ა} = 4P_{უკ,ოპტ} \quad (2.4.6)$$

ოპტიმალური უკუქმედი ძალის არსებობა შეიძლება ავხსნათ იმით, რომ უკუქმედი ძალის შემცირება მის ოპტიმალურ მნიშვნელობასთან შედარებით იწვევს დაძვრის დენის შემცირებას იმდენად, რომ ღუზის მოძრაობის საწყის პერიოდში საჭიროა დიდი დრო დენის იმ მნიშვნელობამდე გასაზრდელად და, მაშასადამე, ელექტრომაგნიტური ძალის გასაზრდელადაც, რომელიც აუცილებელია არა მარტო

უკუქმედი ძალის დასაძლევად, არამედ მოძრავი ნაწილებისადმი კინეტიკური ენერჯის მისანიჭებლად. აღსანიშნავია, რომ ღუზის მიზიდვისას მოძრაობის დროის გაზრდის მიუხედავად, როცა უკუქმედი ძალის სიდიდე მის ოპტიმალურ სიდიდეზე ნაკლებია, ღუზის სრული მიზიდვის დრო ყოველთვის მცირდება, რადგან ამ დროს ღუზის მიზიდვის დაწყების დაყოვნების დროის შემცირება ყოველთვის აღემატება ღუზის მიზიდვისას მოძრაობის დროის ზრდას.

მჰს-ს ჭოკის აწევისას ღუზაზე მოქმედი უკუქმედი ძალა დამოკიდებულია ჭოკზე მოქმედი გარე ძალის სიდიდეზე. მოძრავ მასებზე, სითხის სიბლანტეზე და იმ ჰიდრავლიკურ წინაღობებზე, რომელიც განპირობებულია მჰს-ს კონსტრუქციით.

როგორც მჰს-1-ის მუშაობის პრინციპის განხილვისას აღვნიშნეთ, მჰს-ს ჭოკის დაშვებისას მოძრაობის დროის რეგულირებისათვის გათვალისწინებულია მარეგულირებელი სარქველი. მარეგულირებელი სარქვლის რეგულირებით იცვლება სარქვლის ჰიდრავლიკური წინაღობა და, შესაბამისად, იცვლება მუშა სითხის ხარჯი სითხის ავზსა და ღუზა-დგუშის ქვედა არის შემაერთებელ მილში, რაც, თავის მხრივ, შესაბამისად ცვლის ჭოკის აწევის და დაშვების მოძრაობის დროს. მარეგულირებელი სარქვლის წინაღობა დამოკიდებულია არა მარტო სარქვლის რეგულირების ხარისხზე, არამედ მუშა სითხის სიბლანტეზეც.

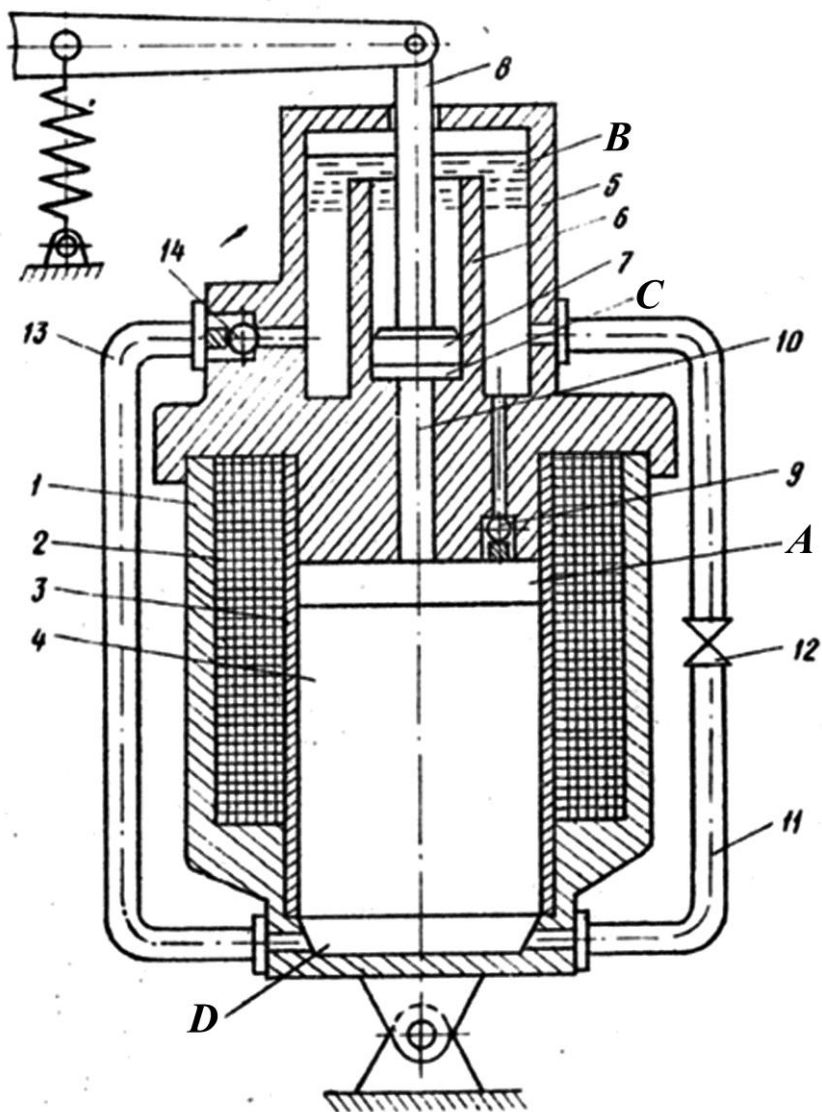
აღსანიშნავია, რომ უარყოფითი ტემპერატურის დროს მუშა სითხის სიბლანტეს მკვეთრი ზრდა არსებითად ზრდის საბიძგებელას ჭოკის აწევის მოძრაობის დროს.

იმისათვის, რომ მჰს-ში მივაღწიოთ ჭოკის აწევისას მისი მოძრაობის დროის სასურველ მცირე სიდიდეს, საჭიროა გაიზარდოს საბიძგებელას მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის სიმძლავრე. ეს, თავის მხრივ, გამოიწვევს ელექტრომაგნიტისა და თვით მჰს-ს წონისა და გაბარიტული ზომების გაზრდას, ძვირადღირებული საგრაგნილე მასალისა და ელექტროენერგიის ზედმეტ ხარჯსა და მჰს-ის თვითღირებულების გაზრდას.

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, სასურველია შევიმუშავოთ მჰს-ს ისეთი ახალი კონსტრუქცია ჭოკის აწევისას მოძრაობის მცირე დროთი, რომელშიც ჭოკის აწევისას მოძრაობის დროის შემცირება მიღწეული იქნება ჭოკის აწევისას ლუზა-დგუმის მიერ მუშა სითხის საცავიდან მუშა სითხის დაუბრკოლებელი შეწოვით მის ქვედა არეში.

\$2.5. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა ჭოკის აწევისას ჭოკის მოძრაობის მცირე დროთი

ჩვენ მიერ შემუშავებულია მჰს-ის ახალი კონსტრუქცია ჭოკის აწევისას მოძრაობის მცირე დროთი, რომელშიც ჭოკის დაშვების მოძრაობის დროს მარეგულირებელი სარქვლის ჰიდრავლიკური წინაღობა არ ახდენს გავლენას ჭოკის აწევისას მოძრაობის დროზე [79]. მას ვუწოდებთ მჰს-3-ს. მჰს-3 ნაჩვენებია ნახ. 2.3-ზე.



Биб. 2.3. 036-3

საბიძგებელას კორპუსის 1 ქვედა ნაწილში მოთავსებულია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2. კოჭაში 2 დამონტაჟებულია არამაგნიტური მასალის მიმმართველი მილი 3, რომელიც ასრულებს ჰიდრავლიკური ცილინდრის როლს. მილში 3 გადაადგილდება ღუზა-დგუში 4, რომელიც ამავდროულად წარმოადგენს ელექტრომაგნიტის ღუზას. კორპუსის 1 ზედა ნაწილში არის მუშა სითხის საცავი 5 ცენტრალური მილით 6, რომელიც ასრულებს მეორე ჰიდრავლიკური ცილინდრის როლს. მილში გადაადგილდება დგუში 7, რომელიც ჭოკით 8 უკავშირდება შემსრულებელ მექანიზმს. ღუზა-დგუშის 4 ზედა მუშა A არე ცალმხრივმოქმედი სარქვლით 9 დაკავშირებულია მუშა სითხის საცავის B არესთან, ხოლო ხვრელით 10 დგუშის 7 ქვედა C არესთან. დგუშის 7 ზედა B არე დაკავშირებულია ღუზა-დგუშის 4 ქვედა D არესთან მილისა 11 და მარეგულირებელი სარქვლის 12 მეშვეობით. ღუზა-დგუშის 4 აწევსას მის მიერ D არეში მუშა სითხის თავისუფლად შეწოვისათვის D არე B არესთან შეერთებულია დამატებითი მილით 13 და ცალმხრივმოქმედი ჩამკეტი ბურთულა სარქვლით 14.

მ3ს-3-ის ელექტრომაგნიტის კოჭისათვის დენის მიწოდებისას ღუზა-დგუში 4 მიეზიდება ელექტრომაგნიტის გულარს და იწყებს ზევით სვლას, ჭირხნის მუშა სითხეს მუშა A არიდან დგუშის 7 ქვედა C არეში ხვრელის 10 მეშვეობით. ღუზა-დგუში 4, შექმნის რა ჭარბ წნევას დგუშის 7 ქვედა არეში, დგუში 7 მასთან ხისტად დაკავშირებულ ჭოკთან 8 ერთად აიწევა თავისი მუშა სვლის სიდიდის ტოლ

მანძილზე. ამ დროს სარქველი 9 დაკეტილია და არ უშვებს სითხეს საცავის 5 B არეში, ხოლო B არიდან მუშა სითხე მიღებით 11, 13 დაუბრკოლებლად შეიწოვება ღუზა-დგუმის 4 მიერ D არეში. ამ დროს ცალმხრივ ჩამკეტი სარქველი 14 გახსნილია სრულად, ხოლო სარქველი 12 რეგულირებულია სასურველი ხარისხით. ე.ი. ღუზა-დგუმის 4 აწევისას მის მიერ B არიდან D არეში მუშა სითხის შეწოვაზე მარეგულირებელი სარქვლის 12 ჰიდრავლიკური წინა-აღმდეგობა გამორიცხულია. ამიტომ, მუშა ღუზა-დგუმზე 4 მოქმედი ელექტრომაგნიტის მიზიდულობის ძალის ძალიან მცირე ნაწილი იხარჯება ღუზა-დგუმის 4 B არიდან D არეში მუშა სითხის შეწოვაზე. ეს კი უზრუნველყოფს ჭოკის აწევის მოძრაობის დროის შემცირებას.

მ3ს-3-ის ელექტრომაგნიტის გამორთვისას დგუმში 7 ჭოკზე 8 მოქმედი გარე დატვირთვისა და საკუთარი წონის მოქმედებით დაეშვება ქვევით, დაჭირხნის მუშა სითხეს C არიდან A არეში და იმოქმედებს ღუზა-დგუმზე 4 გარკვეული ძალით. ეს ძალა დამოკიდებულია 10 ხვრელის დიამეტრზე და მუშა არეში შექმნილ წნევის სიდიდეზე. როცა აღნიშნული ძალა გადაამეტებს ელექტრომაგნიტის ნარჩენი მაგნეტიზმის მიზიდულობის ძალას, ღუზა-დგუმში 4 მოსწყდება გულარს და დაეშვება ქვევით. მუშა სითხე, რომელიც მოთავსებულია D არეში, მილით 11 და მარეგულირებელი სარქვლით 12 გადაიტუმბება მუშა სითხის საცავის B არეში. ამ დროს სარქველი 14 დაკეტილია და არ უშვებს მუშა სითხეს 13 მილში. მარეგულირებელი სარქვლის 12 მდებარეობის რეგულირებით შეგვიძლია

მივიღოთ ორივე დეგუმის 4, 7 და ჭოკის 8 შენელებული დაშვება. ლუზა-დეგუმი 4 დაეშვება რა ქვედა საწყის მდებარეობამდე, მჰს-2 მზად იქნება შემდგომი მუშა ციკლის შესასრულებლად.

მჰს-3-ის მუშაობის პრინციპიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მჰს-3-ის უპირატესობა მჰს-1-თან და მჰს-2-თან შედარებით მდგომარეობს შემდეგში:

1. მჰს-3-ში ჭოკის აწევისას მოძრაობის დროისა და ჭოკის ამწევი ძალის სასურველი სიდიდეები მიიღება საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის უფრო ნაკლები სიმძლავრით, რაც შესაძლებელს ხდის შემცირდეს ელექტრომაგნიტისა და თვით საბიძგებელას წონა, გაზარიტული ზომები, თვითღირებულება და გაიზარდოს საბიძგებელას მქკ.

2. იმ შემთხვევაში, თუ მჰს-1, მჰს-2 და მჰს-3 ხასიათდებიან ერთნაირი ელექტრომაგნიტური მახასიათებლებით, მაშინ მჰს-3-ის ჭოკის აწევის მოძრაობის დრო ნაკლები იქნება მჰს-1-ის და მჰს-2-ის ჭოკის აწევის მოძრაობის დროზე და ეს განსხვავება მით მეტი იქნება, რაც უფრო მეტად დახურული იქნება მჰს-1-ის და მჰს-2-ის ჭოკის დაშვების დროის მარეგულირებელი სარქველი.

აღსანიშნავია, რომ განსხვავებით მჰს-1-სა და მჰს-2-სგან მჰს-3-ის ჭოკს აქვს აწევის საშუალება მისი მოძრაობის დროის შეუცვლელად ჭოკის დაშვების დროის მარეგულირებელი სარქვლის სრული ჩაკეტვის დროსაც კი.

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ მჰს-3-ში ჭოკის აწევის მოძრაობის დროის შემცირება უზრუნველყოფილია

ლუზა-დგუშის მიერ მის ქვედა არეში მუშა სითხის საცავიდან მუშა სითხის დაუბრკოლებელი შეწოვით.

\$2.6. სწრაფსვლიანი მაგნიტურჰიდრაგლიკური საბიძგებელა დამცველი სარქვლით

საბიძგებლების ექსპლუატაციის დროს შესაძლებელია წინასწარ გაუთვალისწინებელი მიზეზების გამო საბიძგებელას ჩართვისას საბიძგებელას ჭოკი ან ვერ აიწიოს, ან აიწიოს და შეჩერდეს სვლის რომელიმე წერტილში (მაგ., შემსრულებელი მექანიზმის მწყობრიდან გამოსვლისას, ჭოკის გადამეტტვირთვისას, ბერკეტული სისტემების სახსრული შეერთებების მწყობრიდან გამოსვლისას და სხვ.).

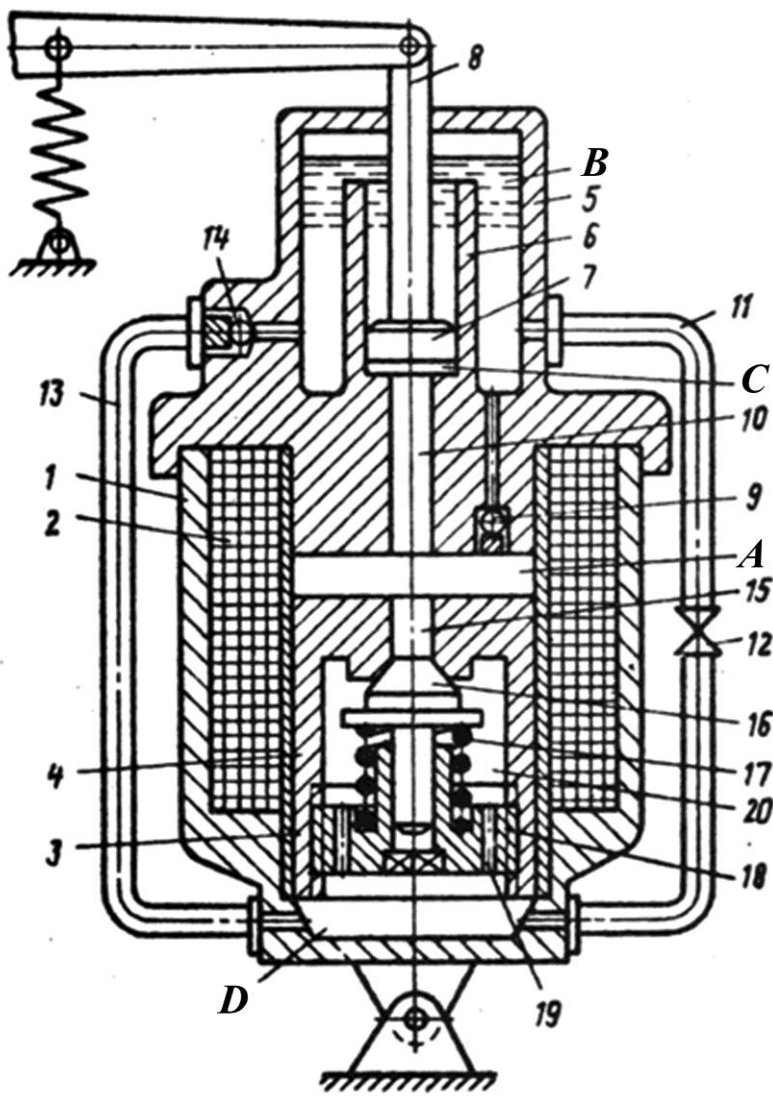
ელექტროჰიდრაგლიკურ საბიძგებლებში ჭოკის აწევის შეჩერებისას სვლის რომელიმე წერტილში ელექტროძრავა და ცენტრიდანული ტუმბო ისევე მუშაობენ, როგორც ჭოკის ზედა კიდურა მდებარეობაში ყოფნისას [30], ხოლო ცენტრიდანული ელექტრომექანიკურ საბიძგებლებში ჭოკის შეჩერებისას მისი სვლის რომელიმე წერტილში საბიძგებელას ელექტროძრავა კვლავ აგრძელებს მუშობას ჩვეულებრივი რეჟიმით და ცენტრიდანული ტვირთებიც შეუფერხებლად ბრუნავენ. ამიტომ მათი მწყობრიდან გამოსვლა ჭოკის რომელიმე წერტილში გაჩერებისას გამორიცხებულია [47].

რაც შეეხება მჰს-ებს, მათში ჭოკის შეჩერება მისი სვლის ნებისმიერ წერტილში, გარდა ზედა კიდურა წერტილისა,

იწვევს საბიძგებლების ელექტრომაგნიტის კოჭის გადახურებას და გარკვეული დროის შემდეგ მისი მწყობრიდან გამოსვლას. ეს იმითაა გამოწვეული, რომ ამ შემთხვევაში ელექტრომაგნიტის ღუზა სრულად ვერ მიეზიდება გულარს და მათ შორის დარჩება ჰაერის ღრეჩო. რაც უფრო მეტი იქნება ღუზასა და გულარს შორის ჰაერის ღრეჩოს სიდიდე, მით უფრო სწრაფად მოიმატებს ელექტრომაგნიტის კოჭის ტემპერატურა და მით უფრო მალე მიაღწევს იგი დაუშვებელ ზღვარს [41, 54]. აღნიშნული შემთხვევისას, რომ არ მოხდეს ელექტრომაგნიტის გადახურება და მწყობრიდან გამოსვლა, აუცილებელია ელექტრომაგნიტის გულარს სრულად მიეზიდოს ღუზა და მათ შორის არ დარჩეს ჰაერის ღრეჩო. ამით გამოირიცხება მჰს-ს ელექტრომაგნიტის კოჭის გადახურება და მწყობრიდან გამოსვლა.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე სასურველია მჰს-ს ისეთი კონსტრუქციის შემუშავება, რომელშიც მჰს-ს ჩართვისას ჭოკის სვლის შეზღუდვისას გამორიცხული იქნება საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის კოჭის გადახურება.

ჩვენ მიერ შემუშავებული იქნა მჰს-ის ისეთი ახალი კონსტრუქცია, რომელშიც, ჭოკის სვლის შეზღუდვისას მისი სვლის ნებისმიერ წერტილში, უზრუნველყოფილია საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის ღუზის სრული მიზიდვა გულართან [82]. ხსენებულ მჰს-ს ვუწოდოთ მჰს-4. მისი სქემატური ნახაზი მოცემულია ნახ. 2.4-ზე.



Биб. 2.4. 036-4

მკს-4-ის კორპუსის 1 ქვედა ნაწილში მოთავსებულია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2. კოჭაში 2 დამონტაჟებულია არამაგნიტური მასალის მიმმართველი მილი 3, რომელიც ასრულებს ჰიდრავლიკური ცილინდრის როლს. მილში გადაადგილდება ღუზა-დგუმი 4, რომელიც ამავდროულად წარმოადგენს ელექტრომაგნიტის ღუზას. კორპუსის 1 ზედა ნაწილში არის მუშა სითხის საცავი 5 ცენტრალური მილით 6, რომელიც ასრულებს მეორე ჰიდრავლიკური ცილინდრის როლს. მილში 6 გადაადგილდება დგუმი 7, რომელიც ჭოკით 8 უკავშირდება შემსრულებელ მექანიზმს. ღუზა-დგუმს ზედა 4 მუშა A არე ცალმხრივმოქმედი სარქველით 9 დაკავშირებულია მუშა სითხის საცავის 5 B არესთან, ხოლო ხვრელით 10 – დგუმის 7 ქვედა C არესთან. დგუმის 7 ზედა B არე დაკავშირებულია ღუზა-დგუმის 4 ქვედა D არესთან მილის 11 და მარეგულირებელი სარქველის 12 მეშვეობით. ღუზა-დგუმის 4 აწევსას მის მიერ C არეში მუშა სითხის თავისუფლად შეწოვისათვის C არე B არესთან შეერთებულია დამატებითი მილითა 13 და ჩამკეტი ბურთულა სარქველით 14. როცა A არეში წნევა გადააჭარბებს ჭარბ წნევას, მაშინ A არე უერთდება C არეს ღუზა-დგუმში 4 არსებული ხვრელისა 15 და არამაგნიტური მასალის კონუსური სარქველის 6 მეშვეობით. კონუსური სარქველი 16 შეხებაშია ნორმირებულ ზამზარასთან 17, რომელიც ებჯინება მარეგულირებელ ხრახნს. ხრახნს 18 გააჩნია ხვრელები 19 და იგი მოთავსებულია ღუზა-დგუმის 4 ცილინდრულ ხვრელში 20.

მკს-4-ის ელექტრომაგნიტის კოჭისათვის მკვებავი დენის მიწოდებისას ღუზა-დგუში 4 მიეზიდება ელექტრომაგნიტის გულარს. ის დაიწყებს ზევით სვლას და A არიდან ხვრელით 10 დაჭირხნის მუშა სითხეს დგუშის 7 ქვედა C არეში. ღუზა-დგუში 4 შექმნის რა ჭარბ წნევას დგუშის 7 ქვედა არეში, დგუში 7 მასთან ხისტად დაკავშირებულ ჭოკთან ერთად აიწევს თავისი მაქსიმალური სვლის სიდიდის ტოლ მანძილზე. ამ დროს სარქველი 9 დაკეტილია და არ უშვებს სითხეს მუშა სითხის საცავის 5 B არეში, ხოლო მუშა სითხე B არიდან მილებით 11, 13 დაუბრკოლებლად შეიწოვება ღუზა-დგუშის 4 მიერ D არეში. ამ დროს ჩამკეტი სარქველი 14 გახსნილია სრულად, სარქველი 12 კი რეგულირებულია სასურველი ხარისხით, ხოლო კონუსური სარქველი 16 ნორმირებული ზამბარის 17 ზემოქმედებით ხურავს ხვრელს 15 და არ უშვებს მუშა სითხეს A არიდან D არეში.

იმ შემთხვევაში, როცა ჭოკის 8 აწევა შეუძლებელია რაიმე მიზეზით, დგუშიც 7 არ აიწევს, ხოლო ღუზა-დგუში 4 მიეზიდება რა გულარს, ცდილობს აიწიოს და დაჭირხნოს მუშა სითხე A არიდან C არეში, რის შედეგადაც წნევა A და C არეებში იზრდება და როცა გადააჭარბებს ჭარბი წნევის სიდიდეს, მაშინ კონუსურ სარქველზე მოქმედი აღნიშნული წნევის ძალვა გადააჭარბებს ნორმირებული ზამბარის 17 სარქველზე მოქმედ ძალვას, შეკუმშავს ზამბარას 17 და კონუსური სარქველი 16 გახსნის ხვრელს 15. მუშა სითხე ხვრელის 15 და სარქველის 16 გავლით მოხვდება ცილინდრულ ხვრელში 20. ხვრელიდან 20 მუშა სითხე საყრდენი

ხრახნის 18 ხვრელებით 19 გაედინება ღუზა-დგუშის 4 ქვედა D არეში და ღუზა-დგუშს 4 მიეცემა საშუალება აიწიოს ზევით რაღაც მანძილზე. ამ დროს წნევა A და B არეებში შემცირდება და როცა სარქველზე 16 მოქმედი მუშა სითხის წნევის ძალვა გახდება ნორმირებული ზამზარის 17 სარქველზე 16 მოქმედ ძალვაზე ნაკლები, სარქველი 16 ჩაკეტავს ხვრელს 15 და ღუზა-დგუშის 4 აწევა კვლავ გახდება შეუძლებელი. ამის შემდეგ ისევ განმეორდება წინა ციკლი და ეს გაგრძელდება მანამ, სანამ დგუში არ გაივლის თავის მუშა სვლას და არ მიებჯინება ელექტრომაგნიტის გულარს. ღუზა-დგუშის 4 ასეთი ეტაპობრივი მოძრაობა გამორიცხავს ელექტრომაგნიტის კოჭის 2 გადახურებას კოჭის 8 აწევის შეუძლებლობის შემთხვევაში. უნდა აღვნიშნოთ, რომ რაც უფრო უახლოვდება ღუზა-დგუში 4 ელექტრომაგნიტის გულარს, მით უფრო იზრდება მიზიდულობის ძალა და მით უფრო სწრაფად ხდება A და C არეებში მუშა სითხის წნევის გაზრდა და, შესაბამისად, ღუზა-დგუშის 4 მოძრაობის სიჩქარეც იზრდება. ეს გამოწვეულია ღუზა-დგუშზე 4 მოქმედი ელექტრომაგნიტის მიზიდვის ძალის არსებითი ზრდით ღუზა-დგუშსა და გულარს შორის მანძილის შემცირებასთან ერთად.

მ3ს-4-ის ნორმალურ პირობებში მუშაობისას, როდესაც საბიძგებელას ელექტრომაგნიტს შეუწყდება კვება, დგუში 7 კოჭზე 8 მოქმედი გარე დატვირთვისა და საკუთარი წონის მოქმედებით დაეშვება ქვევით, დაჭირხნის მუშა სითხეს C არიდან A არეში და იმოქმედებს ღუზა-დგუშზე 4

გარკვეული ძალით. ეს ძალა დამოკიდებულია ხვრელის 10 დიამეტრზე და მუშა არეში შექმნილი წნევის სიდიდეზე. როცა აღნიშნული ძალა გადაამეტებს ელექტრომაგნიტის ნარჩენი მაგნეტიზმის მიზიდულობის ძალას, ღუზა-დგუში 4 მოსწყდება გულარს და დაეშვება ქვევით. მუშა სითხე, რომელიც მოთავსებულია D არეში, მილით 11 და მარეგულირებელი სარქვლის 12 გავლით გადაიტუმბება მუშა სითხის საცავის B არეში. ამ დროს სარქველები 9, 14 და 16 დაკეტილია. მარეგულირებელი სარქვლის 12 მდებარეობის რეგულირებით შეგვიძლია მივიღოთ ორივე დგუშის 4, 7 და ჭოკის 8 შენელებული დაშვება. ღუზა-დგუში 4 დაეშვება რა ქვედა საწყის მდებარეობაში, მჰს-4 მზად იქნება შემდგომი მუშა ციკლის შესასრულებლად.

იმ შემთხვევაში, როცა საბიძგებელა ჩართულია და დგუში 7 ჭოკთან 8 ერთად რაიმე მიზეზით ვერ აიწევს ზევით, ღუზა-დგუში 4 უკვე მიბჯენილი იქნება ელექტრომაგნიტის გულარზე. ავარიის მიზეზის გამოვლენისა და საბიძგებელას გამორთვისას ღუზა-დგუში 4 საკუთარი წონის მეშვეობით დაეშვება ქვევით. დაშვებისას იგი, ერთი მხრივ, D არიდან გადატუმბავს მუშა სითხეს მილისა 11 და მარეგულირებელი სარქვლის 12 გავლით მუშა სითხის საცავის 5 B არეში, ამავე დროს, მეორე მხრივ, სარქვლის 9 მეშვეობით მუშა სითხეს საცავის B არიდან შეიწოვს A არეში იმ მოცულობით, რა მოცულობითაც ღუზა-დგუშის 4 აწევისას გაიდევნა მუშა სითხე A არიდან D არეში. ღუზა-დგუშის 4 დაშვებისას სარქველები 14 და 16 ჩაკეტილია. ღუზა-დგუში 4 დაეშვება

რა ქვედა საწყის მდებარეობამდე, სარქველი 9 ჩაკეტავს A და B არეების დამაკავშირებელ ხვრელს და მჰს-4 მზად იქნება შემდგომი მუშა ციკლის შესასრულებლად ჭოკის 8 აწევის შემზღუდავი მიზეზის აღმოფხვრის შემდეგ.

მჰს-4-ის გამოყენება სასურველია იმ მანქანა-მექანიზმებში, რომლებშიც მოსალოდნელია ჭოკის გადამეტვირთვა.

ამრიგად, მჰს-4-ში ჭოკის აწევისას ჭოკის სვლის შეზღუდვით ნებისმიერ წერტილში, გარდა ზედა კიდურა მუშა მდებარეობისა, ჭოკის გაჭედვის, ჭოკის გადამეტვირთვის ან შემსრულებელი მანქანა-დანადგარის მწყობრიდან გამოსვლის დროს საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის კოჭა არ გადახურდება, რადგან საბიძგებელას ღუზა-დგუშს მაინც აქვს შესაძლებლობა სრულად მიეზიდოს ელექტრომაგნიტის გულარს და მიებჯინოს მას.

§2.7. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელა ჭოკის სვლის სიდიდის რეგულირებით

მანქანა-მექანიზმებში საბიძგებლების გამოყენებისას საჭიროა საბიძგებლები ჭოკის მაქსიმალური სვლის სხვადასხვა სიდიდეებით და სხვადასხვა ამწევი ძალვით. ვინაიდან არსებულ საბიძგებლებში შეუძლებელია ჭოკის მუშა სვლის სიდიდის რეგულირება, ამიტომ ერთი და იმავე საბიძგებელას გამოყენება იმ მანქანა-მექანიზმებში, რომლე-

ბიც საბიძგებელასაგან მოითხოვენ ჭოკის მაქსიმალური სვლის სხვადასხვა სიდიდეებს შეუძლებელი ხდება. საზოგადოდ მანქანა-მექანიზმების მიერ ერთი და იმავე სამუშაოს შესრულებისას მუშა ორგანოს გადაადგილების მანძილის შემცირება ძირითადად ხდება გადაამადგილებელი ძალვის გაზრდის ხარჯზე.

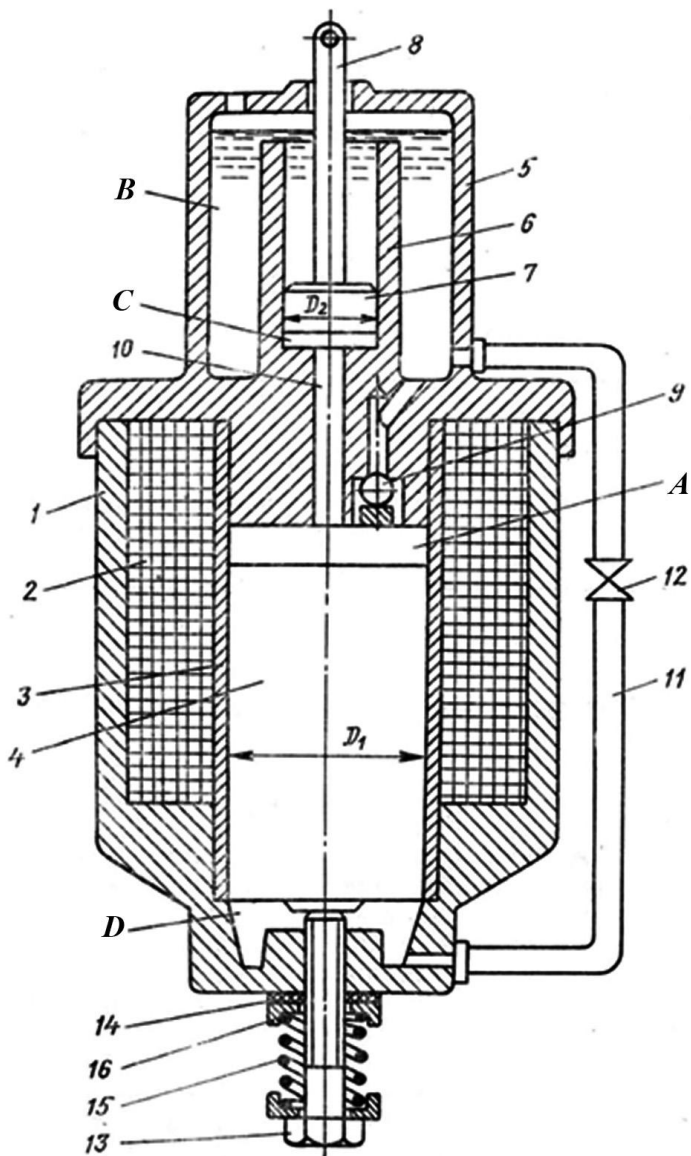
ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე ცხადია, კონკრეტული საბიძგებელას მრეწველობაში გამოყენების სფერო გაცილებით გაფართოვდება, თუ შესაძლებელი იქნება ჭოკის მაქსიმალური სვლის რეგულირება სვლის მაქსიმალური სიდიდიდან მინიმალურ სიდიდემდე, ისე რომ შესაბამისად მინიმალური სიდიდიდან მაქსიმალურ სიდიდემდე გაიზარდოს ამწევი ძალვა. ამიტომ სასურველია მკვლევართა და ახალი კონსტრუქციის შემუშავება, რომელშიც შესაძლებელი იქნება ჭოკის სვლის სიდიდის რეგულირება ნულიდან მაქსიმალურ სიდიდემდე ჭოკის მიერ განვითარებული ძალვის ცვლილებით, შესაბამისად, მაქსიმუმიდან მინიმუმამდე.

ჩვენ მიერ შემუშავებულია ასეთი ახალი კონსტრუქციის მკვლევართა [77]. მკვლევართა კონსტრუქციის სქემატური ნახაზი მოცემულია ნახ. 2.5-ზე.

მკვლევართა-ის კორპუსის 1 ქვედა ნაწილში მოთავსებულია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2. კოჭაში 2 დამონტაჟებულია არამაგნიტური მასალის მიმმართველი მილი 3, რომელიც ასრულებს ჰიდრაულიკური ცილინდრის როლს. მილში 3 გადაადგილდება ღუზა-დგუში 4, რომელიც

ამავდროულად წარმოადგენს ელექტრომაგნიტის ღუზას. კორპუსის 1 ზედა ნაწილში მოთავსებულია მუშა სითხის საცავი 5 ცენტრალური მილით 6, რომელიც ასრულებს მეორე ჰიდრაულიკური ცილინდრის როლს. მილში 6 გადაადგილდება დგუმი 7, რომელიც ჭოკით 8 უკავშირდება შემსრულებელ მექანიზმს. ღუზა-დგუმის 4 ზედა მუშა A არე ცალმხრივმოქმედი სარქვლით 9 დაკავშირებულია მუშა სითხის საცავის 5 B არესთან, ხოლო ხვრელით 10 – დგუმის 7 ქვედა C არესთან. დგუმის 7 ზედა B არე დაკავშირებულია ღუზა-დგუმის 4 ქვედა D არესთან მილის 11 და მარეგულირებელი სარქვლის 12 მეშვეობით. ღუზა-დგუმის 4 მაქსიმალური სვლის ცვლილების მიზნით ღუზა-დგუმის 4 ქვედა D არეში მოთავსებულია მარეგულირებელი ხრახნი 13, რომელიც წარმოადგენს ღუზა-დგუმის 4 საბჯენსაც. მარეგულირებელ ხრახნზე 13 ჩამოცმულია ზამბარა 15, შუასადები 14 და საყელურები 16.

მ3ს-5-ის შემსრულებელ მექანიზმში დაყენებამდე, ჭოკის 8 იმ მაქსიმალური სვლის მისაღებად, რომელიც საჭიროა მ3ს-5-ის შესაბამის შემსრულებელ მექანიზმში გამოყენებისათვის, ხრახნის 13 მეშვეობით აფიქსირებენ ღუზა-დგუმის 4 აუცილებელ მაქსიმალური სვლის სიდიდეს. D არიდან ხრახნში 13 მუშა სითხის გაჟონვას ეწინააღმდეგება შუასადები 14, რომელსაც აწვება ზამბარა 15 საყელურით 16. ზამბარა 15 ეწინააღმდეგება ხრახნის 13 თვითამოხრახენასაც.



Б.б. 2.5. 036-5

მკს-5-ის ჩართვისას ღუზა-დგუში 4 მიეზიდება ელექტრომაგნიტის გულარს და იწყებს ზევით სვლას. იგი ჭირხნის მუშა სითხეს A არიდან ხვრელით 10 დგუშის 7 ქვედა C არეში. ღუზა-დგუში 4 შექმნის რა ჭარბ წნევას დგუშის 7 ქვედა არეში, დგუში 7 მასთან ხისტად დაკავშირებულ ჭოკთან 8 ერთად აიწევს თავისი მაქსიმალური სვლის სიდიდის ტოლ მანძილზე. ამ დროს სარქველი 9 დაკეტილია და არ უშვებს სითხეს საცავში 5. მუშა სითხის საცავის 5 B არიდან მილით 11 და სარქვლით 12 მუშა სითხე შეიწოვება ღუზა-დგუშის 4 მიერ მის ქვედა D არეში. საბიძგებელას ჭოკის 8 ზედა კიდურა მდებარეობაში მისვლისას ღუზა-დგუშიც 4 მიეზღინება ელექტრომაგნიტის გულარს და სანამ არ გამოირთვება საბიძგებელას ელექტრომაგნიტი, ჭოკი 8 დარჩება ზედა კიდურა მდებარეობაში.

მკს-5-ის ელექტრომაგნიტის ელექტროქსელიდან გამორთვისას დგუში 7 ჭოკზე 8 მოქმედი გარე დატვირთვისა და საკუთარი წონის მოქმედებით დაეშვება ქვევით, დაჭირხნის მუშა სითხეს C არიდან A არეში და იმოქმედებს ღუზა-დგუშზე 4 გარკვეული ძალით. ეს ძალა დამოკიდებულია ხვრელის 10 დიამეტრზე და მუშა არეში შექმნილ წნევის სიდიდეზე. როცა აღნიშნული ძალა გადააჭარბებს ელექტრომაგნიტის ნარჩენი მაგნეტიზმის მიზიდულობის ძალას, ღუზა-დგუში 4 მოშორდება გულარს და დაეშვება ქვევით. მუშა სითხე, რომელიც მოთავსებულია D არეში მილით 11 და მარეგულირებელი სარქვლით 12 გადაიტუმბება მუშა სითხის საცავის 5 B არეში. მარეგულირებელი სარქვლის 12 მდებარეობის რეგულირებით შეგვიძლია

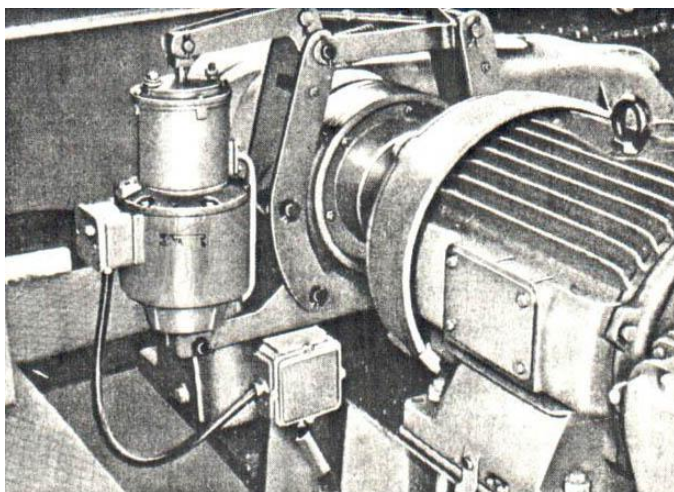
მივაღწიოთ ორივე დგუშის 4, 7 და ჭოკის 8 შენელებულ დაშვებას. ღუზა-დგუში 4 დაეშვება რა ქვედა საწყის მდებარეობაში, დაებჯინება ხრახნს 13 და მჰს-5 მზად იქნება შემდგომი მუშა ციკლის შესასრულებლად.

როგორც მჰს-5-ის მუშაობის პრინციპიდან ჩანს, ჭოკის 8 მაქსიმალური სვლის რეგულირება წარმოებს საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის ღუზა-დგუშის 4 მაქსიმალური სვლის რეგულირებით. ღუზა-დგუშის 4 სვლის მაქსიმალურ სიდიდეს შეესაბამება ჭოკის სვლის მაქსიმალური სიდიდე, ხოლო ღუზა-დგუშის 4 სვლის მინიმალურ სიდიდეს ჭოკის სვლის მინიმალური სიდიდე. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის, რომ მჰს-5-ში განსხვავებით ეჰს-საგან და ემს-საგან ჭოკის სვლის რეგულირებისას იცვლება ჭოკის ამწევი ძალვაც. ჭოკის სვლის მაქსიმალურ სიდიდეს შეესაბამება ამწევი ძალვის მინიმალური სიდიდე, რომელიც ტოლია მჰს-5-ის ნომინალური ძალვის სიდიდისა, ხოლო ჭოკის სვლის მინიმალურ სიდიდეს შეესაბამება ჭოკის ძალვის მაქსიმალური სიდიდე.

როგორც ადრე აღვნიშნეთ, მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის მიზიდულობის ძალის ღუზა-დგუშის სვლის სიდიდესთან დამოკიდებულებას აქვს კვადრატული ჰიპერბოლის სახე. აქედან გამომდინარე, ჭოკის სვლის სიდიდის შემცირებისას მის მინიმალურ სიდიდემდე მკვეთრად იზრდება ელექტრომაგნიტის მიზიდულობის ძალა და შესაბამისად იზრდება ჭოკის ამწევი ძალვის სიდიდეც.

ჩვენ მიერ დაპროექტებული მჰს-5 დამზადდა და დაინერგა თბილისის ე.ო. პატონის სახელობის ელექტრო-

შედულების მოწყობილობათა ქარხანაში „ელექტროშედუ-
ლება“ დამამზადებელი საამქროს ხუთტონიან ხიდურა ამწის
ტვირთამწე მექანიზმის მუხრუჭის ამრავად (ინვ. №639),
სადაც გამოყენებული იყო 1977 წლიდან ამწის დემონტა-
ჟამდე (1982 წლამდე) (ნახ. 2.5ა). დანერგვა აისახა საკავშირო
ცენტრალური სამმართველოს 1978 წლის ნუსხაში (ფორმა
№4HT).



ნახ. 2.5ა.

§2.8. მჰს-1, მჰს-3 და მჰს-5 საბიძგებლების ჭოკის აწევისას მოძრაობის დროის განსაზღვრა

როგორც აღვნიშნეთ, მჰს-ს ჭოკის აწევის დროის
მდგენელებიდან ჭოკის აწევის დაყოვნების დრო ტოლია
საბიძგებლას ლუზის მიზიდვის დაყოვნების დროის და
განისაზღვრება (2.2.1) ფორმულით, ხოლო ჭოკის მოძრაობის

დრო აწვევისას ტოლია ღუზის მიზიდვის მოძრაობის დროის და განსაზღვრება (2.4.1) ფორმულით.

მჰს-1 და მჰს-5 საბიძგებლების ჭოკის აწვევის დაწყების დაყოვნებისას საბიძგებლების ყველა მოძრავი ნაწილი ჯერ კიდევ უძრავ მდგომარეობაში იმყოფება. აქედან გამომდინარე, მჰს-1 და მჰს-5-ის მუშაობისას მიმდინარე დინამიკური პროცესები გავლენას არ ახდენენ ჭოკის აწვევის დაყოვნების დროზე. ამიტომ (2.2.1) ფორმულა ზუსტად ასახავს ჭოკის აწვევის დაყოვნების ფიზიკურ შინაარსს და ამ ფორმულით განსაზღვრული ჭოკის აწვევის დაყოვნების დროის სიდიდის ცდომილება ხსენებულ საბიძგებელათა დინამიკური პროცესების გათვალისწინების გარეშე ნულის ტოლია.

საბიძგებელას ჭოკის აწვევისას მოძრაობის დროის გამოსათვლელ (2.4.1) ფორმულაში შემავალი ღუზაზე მოქმედი უკუქმედი ძალა არის ის ძალა, რომელიც მოქმედებს ღუზაზე მისი მიზიდვის დაწყებამდე და არ ითვალისწინებს ღუზაზე მოქმედი იმ ჰიდრავლიკური და მექანიკური წინააღმდეგობების ძალების ღუზაზე მოქმედებას, რომელსაც ადგილი აქვს მჰს-1 და მჰს-5 საბიძგებლების მუშაობის პროცესში, კერძოდ, ჭოკის მოძრაობის დროს მისი აწვევისას. ამიტომ მჰს-1 და მჰს-5 საბიძგებლების ჭოკის აწვევის მოძრაობის დროის განსაზღვრა დინამიკური პროცესების გათვალისწინებით მოგვცემს ჭოკის აწვევის მოძრაობის დროის უფრო ზუსტ მნიშვნელობას, ვიდრე

(2.4.1) ფორმულით ჭოკის აწევის მოძრაობის დროის განსაზღვრისას მიღებული მნიშვნელობაა.

ჩვენ მიერ შემუშავებული მჰს-1 და მჰს-5 საბიძგებლების ჭოკის აწევისას მოძრაობის დროის ზუსტი მნიშვნელობა შეიძლება განვსაზღვროთ აღნიშნული საბიძგებლების დინამიკური პროცესების აღმწერი ძალთა ბალანსის განტოლებიდან.

ჩვენ შემთხვევაში ხსენებულ ძალთა ბალანსის განტოლება ჩაიწერება შემდეგი სახით

$$F = m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + m_2 \frac{d^2 x}{dt^2} + P_1 S + P_2 S + R_1 + R_2, \quad (2.8.1)$$

სადაც m_1 – ლუზა-დგუმის და მუშა კამერაში ლუზა-დგუმსზედა არეში მოთავსებული სითხის მასათა ჯამია;

m_2 – დგუმის, დგუმის ცილინდრში მოთავსებული სითხის მასათა და ჭოკზე დაყვანილ მასათა ჯამი;

x_1 – ლუზის სვლა;

x – ჭოკის სვლა და $x = ix_1$;

i – ჰიდრავლიკურ გადაცემათა რიცხვი;

t – დრო;

P_1 – სითხის წნევა ლუზა-დგუმსზედა არეში;

P_2 – სითხის წნევა ლუზა-დგუმსქვედა არეში;

S – ლუზა-დგუმის კვეთის ფართი;

R_1 – ხახუნის ძალა დგუმების უძრაობისას;

R_2 – ხახუნის ძალა დგუმების მოძრაობისას;

F – მჰს-ს მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის მიზიდვის ძალა [60].

$$F = 0,5I^2\mu_oSN^2x_1^{-2}, \quad (2.8.2)$$

სადაც I – დენის ძალაა;

μ_o – ჰაერის მაგნიტური შეღწევადობა;

N – კოჭის ხვიათა რიცხვი.

ღუზა-დგუშსქვედა არეში სითხის P_2 წნევა შეიძლება განისაზღვროს ხარჯის ფორმულიდან [19]

$$S \frac{dx_1}{dt} = \lambda S \sqrt{\frac{2(P_3 - P_2)}{\mu}}, \quad (2.8.3)$$

სადაც λ – ხარჯის კოეფიციენტი;

s – მილგაყვანილობის კვეთის ფართი;

μ – სითხის კინემატიკური სიბლანტის კოეფიციენტი;

P_3 – სითხის წნევა მუშა სითხის ავზში.

(2.8.3) განტოლებიდან ვღებულობთ, რომ

$$P_2 = P_3 - \frac{\mu S^2}{2\lambda^2 s^2} \left(\frac{dx_1}{dt}\right)^2. \quad (2.8.4)$$

თუ (2.8.4) ჩავსვამთ (2.8.1) განტოლებაში და შემოვიტანთ აღნიშვნებს

$$a = 0,5I^2\mu_oSN^2i^2,$$

$$b = m_1i^{-1} + m_2,$$

$$k = -0,5S^3\mu\lambda^{-2}s^{-2}i^{-2},$$

$$c = P_1S + P_2S + R_1 + R_2,$$

მაშინ (2.8.1) განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$b \frac{d^2x}{dt^2} + k \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 - \frac{a}{x^2} + C = 0. \quad (2.8.5)$$

(2.8.5) განტოლება წარმოადგენს მეორე რიგის არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებას, რომლის ზუსტი ამოხსნაც შეუძლებელია [36].

ჩვენს შემთხვევაში ჭოკის აწევისას მოძრაობის დროის განსაზღვრის მიზნით განვიხილოთ კოშის საწყისი ამოცანა (2.8.5) დიფერენციალური განტოლებისათვის. იგი ჩვენს პირობებში მიიღებს შემდეგ სახეს

$$\begin{cases} bx'' + kx'^2 - ax^{-2} + C = 0 \\ x(0) = x_0, \quad x'(0) = x_1 \end{cases} \quad (2.8.6)$$

აქ $a, c, -k$ მოცემული არაუარყოფითი რიცხვებია, $b > 0$ და x_0 და x_1 წინასწარ მოცემული სიდიდეებია.

შემოვიღოთ აღნიშვნები

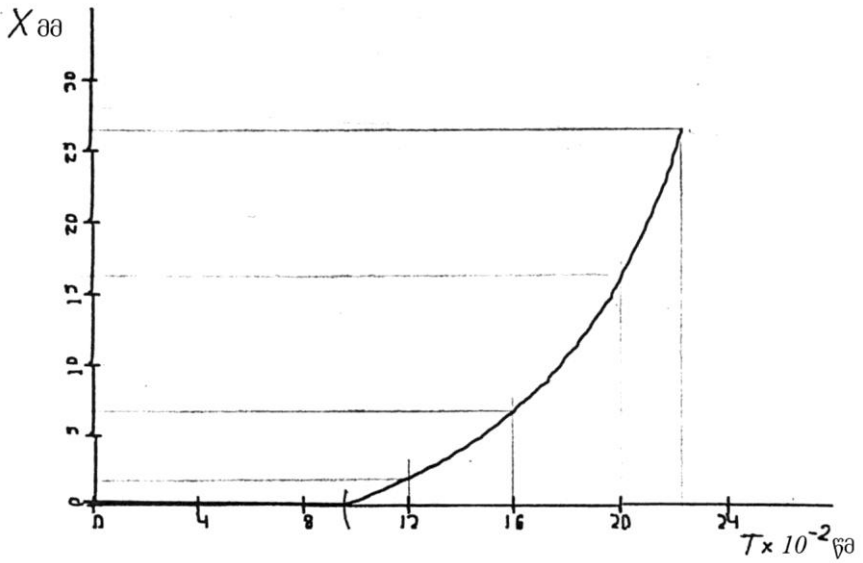
$$y_1 = x, \quad y_2 = x'$$

და (2.8.6) ამოცანა ჩავწეროთ ახალ ცვლადებში, გვექნება

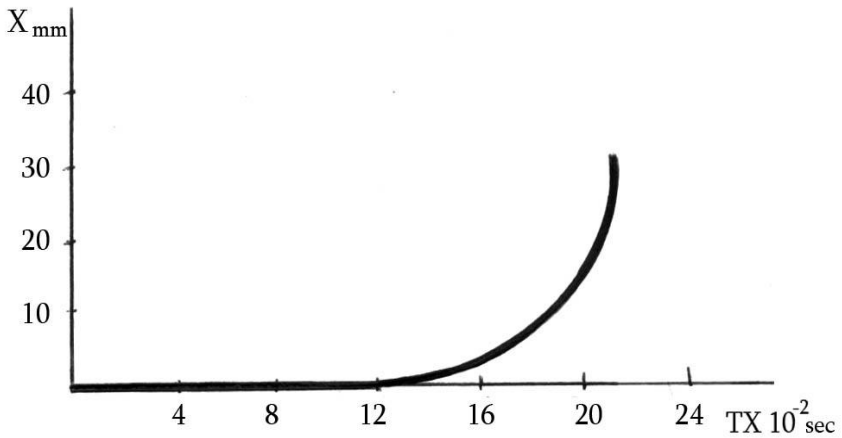
$$\begin{cases} y'_1 = y_2 \\ y'_2 = \frac{k}{b}y_2^2 + \frac{a}{b}y_1^{-2} - \frac{c}{b} \\ y_1(0) = x_0, \quad y_2(0) = x_1 \end{cases} \quad (2.8.7)$$

დიფერენციალურ განტოლებათა მიღებული სისტემისათვის (2.8.7) კოშის ამოცანის მიახლოებითი ამოხსნის მიზნით გამოვიყენებთ რუნგე-კუტას რიცხვით მეთოდს [20]. ამოხსნას განვახორციელებთ მოცემული სიზუსტით ბიჯის ავტომატური შერჩევით.

ნახ. 2.6,ა-ზე ნაჩვენებია ჭოკის სვლის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი, რომელიც აიგო გრაფომეტრზე განხილული ამოცანის ამოხსნისას მიღებული რიცხვითი მნიშვნელობების მიხედვით. ცხადია, გრაფიკის მეშვეობით შესაძლებელია დადგინდეს საბიძგებელას ჭოკის აწევის დრო.



ნახ. 2.6,ა



ნახ. 2.6,ბ

განხილული მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლების დინამიკური პროცესის აღმწერი მალთა ბალანსის (2.8.1)

განტოლების P2S წვერი წარმოადგენს იმ ძალას, რომელიც უნდა განავითაროს მჰს-ს ელმაგნიტის ლუზა-დგუშმა მიზიდვისას, რათა მუშა სითხის ავზიდან, მილისა და მარეგულირებელი ვენტის გავლით, დგუშსქვედა არეში შეწოვილი იქნეს სითხე. მარეგულირებელი ვენტის ჰიდრავლიკური წინაღობის გაზრდით იზრდება P2S სიდიდე და პირიქით. P2S სიდიდე ასევე გაიზრდება სითხის სიბლანტის გაზრდითაც.

აღსანიშნავია, რომ მჰს-ში მუშა სითხედ გამოიყენება ტრანსფორმატორის ზეთი, რომლის სიბლანტე მკვეთრად იზრდება უარყოფითი ტემპერატურის დროს.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, რადგან შეწოვის სიჩქარე დამოკიდებულია მჰს-ს ჭოკის აწევის სიჩქარეზე, ხოლო სითხის სიბლანტე იმ გარემოს ტემპერატურაზე, სადაც გამოიყენებულია მჰს, სითხის შეწოვაზე დახარჯული ძალის შემცირება შესაძლებელია მხოლოდ მარეგულირებელი ვენტის ქმედების უგულვებლყოფით სითხის შეწოვის პროცესში. ამის გამო სითხის შეწოვაზე ლუზა-დგუშსქვედა არეში დაიხარჯება მჰს-ს ელექტრომაგნიტის ლუზის მიზიდვის ძალის შედარებით მცირე ნაწილი, რაც თავის მხრივ გამოიწვევს მჰს-ს ელექტრომაგნიტის საჭირო სიმძლავრის შემცირებას. ეს კი შესაძლებელია მჰს-3-ში, რომელშიც ცალმხრივმოქმედ სარქვლიანი მილის არსებობის გამო, რომელიც აერთებს ლუზა-დგუშსქვედა არეს სითხის ავზთან, არ ფუნქციონირებს მარეგულირებელი ვენტილი, რადგან აღნიშნული მილის მეშვეობით სითხე შეიწოვება თავისუფლად.

ამრიგად, ახალი კონსტრუქციის მქს-3-ის დინამიკური პროცესის აღმწერ ძალთა ბალანსის განტოლებაში (2.8.1) შესაძლებელია P_2S შესაკრებლის უგულვებელყოფა. აქედან გამომდინარე, ხსენებული განტოლება მიიღებს სახეს

$$b \frac{d_2 x}{dt^2} - \frac{a}{x^2} + c = 0, \quad (2.8.8)$$

სადაც

$$b = m_1 i^{-1} + m_2 \neq 0 \quad (2.8.9)$$

$$a = 0,5 I^2 \mu_o S N^2 i^2,$$

$$c = P_1 S + R_1 + R_2.$$

მქს-3-ის ჭოკის სვლასა და დროს შორის დამოკიდებულებების დადგენის მიზნით განვიხილოთ კოშის საწყისი ამოცანა (2.8.8) დიფერენციალური განტოლები-სათვის.

ვთქვათ საწყის პირობებს აქვს სახე:

$$\begin{cases} x(\alpha) = x_2 \\ x'(\alpha) = x_3 \end{cases} \quad (2.8.10)$$

სადაც α რაგინდ მცირე სიდიდეა და x_2, x_3 ნულისაგან განსხვავებული მოცემული სიდიდეებია.

შევნიშნოთ, რომ a, c მოცემული არაუარყოფითი რიცხვებია, $b > 0$ და x_0 და x_1 წინასწარ მოცემული სიდიდეებია.

(2.8.8), (2.8.9), (2.8.10) კოშის საწყისი ამოცანის ამოხსნის მიზნით შემოვიტანოთ აღნიშვნები

$$y_1 = x, \quad y_2 = x'$$

და კოშის ამოცანა ჩავწეროთ ახალ ცვლადებში. გვექნება

$$\begin{cases} y_1^1 = y_2 \\ y_2^1 = \frac{a}{b} y_1^{-2} - \frac{c}{b} \\ y_1(\alpha) = x_2, \quad y_2(\alpha) = x_3 \end{cases} \quad (2.8.11)$$

(2.8.11)-ის მიახლოებითი ამოხსნის რიცხვითი მეთოდისა და MAPLE-ის გამოყენებით აგებული გრაფიკის საშუალებით შესაძლებელია დადგინდეს მჰს-3-ის ჭოკის აწევის დრო (ნახ. 2.6.ბ).

§2.9. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლებისთვის მუშა სითხის შერჩევა

მაგნიტურჰიდრაულიკურ საბიძგებლებში ენერგომატარებელს წარმოადგენს მუშა სითხე. მუშა სითხეების შერჩევის განმსაზღვრელი ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორია იმ გარემოს ტემპერატურა თავისი ცვლილებების ინტერვალით, რომელშიც უხდებათ მუშაობა საბიძგებლებს.

მუშა სითხეების ძირითად მახასიათებელს წარმოადგენს კინემატიკური სიბლანტე. სითხის ტემპერატურის ცვლილებასთან ერთად იცვლება მისი კინემატიკური სიბლანტეც. ელექტროჰიდრაულიკურ საბიძგებლებში გამოყენებული მუშა სითხეების კინემატიკური სიბლანტის ცვლილების გათვალისწინების გარდა გასათვალისწინებელია მათი დიელექტრიკული თვისებებიც, რადგან ელექტროჰიდრაულიკურ საბიძგებლებში ელექტროძრავები უმეტესად მოთავსებული არიან მუშა სითხის არეში და მუშა სითხეები ასრულებენ დიელექტრიკის როლსაც.

ცხადია, მუშა სითხეები უნდა ხასიათდებოდნენ მაღალი ელექტროიზოლაციური თვისებებით. მუშა სითხეების ელექტროიზოლაციური თვისებების დაქვეითება ხშირად იწვევს ეკს-ში ელექტროძრავის მწყობრიდან გამოსვლას, რაც, თავის მხრივ, ამცირებს ეკს-ს საიმედოობასა და ხანგამძლეობას [5]. აღსანიშნავია, რომ ელექტროჰიდრავლიკურ საბიძგებლებში გამოყენებული სითხეებისაგან განსხვავებით მაგნიტურჰიდრავლიკურ საბიძგებლებში გამოყენებულ მუშა სითხეებს არ მოეთხოვება გააჩნდეთ ელექტროიზოლაციური თვისებები, ვინაიდან მკს-ს მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭა იზოლირებულია მუშა სითხისაგან. ეს, თავის მხრივ, საგრძნობლად ზრდის მკს-ების საიმედოობას და ხანგამძლეობას.

ჰიდრავლიკური საბიძგებლების ექსპლუატაციისას ადგილი აქვს მუშა სითხის ე.წ. დაძველებას. მუშა სითხის დაძველებისას იცვლება მისი როგორც ქიმიური, ისე ელექტროფიზიკური თვისებები. მუშა სითხის დაძველებას ხელს უწყობს სითხის ტემპერატურის გაზრდისას მასზე ჰაერის ჟანგბადის, ტენის და ელექტროველის ზემოქმედება, ასევე იმ სხვადასხვა ლითონის თუ რეზინის ნაწილაკების არსებობა, რომლებითაც დამზადებულია საბიძგებელას ნაწილები. რაც შეეხება მკს-ში გამოყენებული მუშა სითხის დაძველების პროცესს, იგი უფრო ხანგრძლივია ეკს-ში გამოყენებული მუშა სითხის დაძველების პროცესთან შედარებით. ეს იმიტიაა განპირობებული, რომ მკს-ში მბრუნავი მოხახუნე ნაწილების არარსებობის გამო ძლიერ შემცირებულია ლითონის და რეზინის ნაწილაკების

წარმოქმნა და შერევა მუშა სითხეში, ამასთან გამორიცხულია ჰიდრავლიკური ცილინდრის მუშა არეში არსებული მუშა სითხის შეხება ჰაერთან, რის გამოც ასევე გამორიცხულია მასზე ჟანგბადისა და ტენის ზემოქმედება.

საბიძგებლების ექსპლუატაციისას მუშა სითხეების დაძველების პროცესთან ერთად ადგილი აქვს მუშა სითხის ჟანგვის პროცესსაც. მუშა სითხის აქტიურ ჟანგვით პროცესზე გავლენას ახდენს თერმული ზემოქმედება. დამტკიცებულია, რომ ზეთის ჟანგვის სიჩქარის ზრდის კოეფიციენტი ტემპერატურის 10°C -ით გაზრდისას იცვლება 1,3-2,3 საზღვრებში [42]. მუშა სითხის ჟანგვის პროცესზე გავლენას ახდენს ელექტრული ველი და განსაკუთრებით ისეთი აქტიური კატალიზატორი როგორც სპილენძია. ჟანგვის პროცესის მიხედვით მუშა სითხე საბიძგებლებში გამოსაყენებლად ვარგისია, მანამ, სანამ არ დაიწყება ზეთის აქტიური ჟანგვის პროცესი. მჰს-ში მუშა სითხის ჟანგვის პროცესის სიჩქარეც შემცირებულია, რადგან მუშა სითხე არ ეხება მჰს-ს ელექტრომაგნიტის კოჭის ხვიას და ელექტროჰიდრავლიკური საბიძგებლისგან განსხვავებით გამორიცხულია მუშა სითხის სპილენძთან შეხების შესაძლებლობა.

მუშა სითხის ერთ-ერთი დამახასიათებელი თვისებაა ჰაერის სითხეში შერევის შესაძლებლობა, ანუ ე.წ. აქაფება. სითხის აქაფება დამოკიდებულია მისი აბსორბციის კოეფიციენტზე. მაგალითად, ტრანსფორმატორის ზეთში ჰაერის ხსნადობა იზრდება ტემპერატურის გაზრდით $+20^{\circ}$ -დან $+80^{\circ}\text{C}$ -მდე [42]. უნდა აღინიშნოს, რომ მუშა სითხის

აქაფებისას იზრდება სითხის კუმშვადობა და მცირდება სიმკვრივე, რაც არღვევს ჰიდროსაბიძგებლების მუშაობის მდგრადობას. მუშა სითხის აქაფებას ადგილი აქვს ელექტროჰიდრავლიკური საბიძგებლების ხანგრძლივი მუშაობის დროს სითხის ინტენსიური არევის გამო [5, 8]. მჰს-ში კი გამორიცხულია მუშა სითხის აქაფება, რადგან მასში არ არსებობს მბრუნავი ნაწილები და ადგილი არა აქვს მუშა სითხის ინტენსიურ არევას. შევნიშნოთ, რომ განსხვავებით ეჰს-საგან, მჰს-ს ხანგრძლივი ჩართვისას მასში არსებული მუშა სითხე უძრავადაა, გარდა იმ მცირე პერიოდისა, როცა ჭოკი მოძრაობს. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს მჰს-ს ერთ-ერთ უპირატესობას ეჰს-თან შედარებით.

მუშა სითხის ტემპერატურის ცვლილებასთან ერთად იცვლება სითხის მოცულობა. მინერალური ზეთების მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი მერყეობს 0,0007-0,0012 1/გრად შუალედში. მჰს-ში მუშა სითხის მოცულობის გაფართოების კომპენსაციისათვის მუშა სითხის საცავში გასათვალისწინებელია საჭაერო ბალიში, რაც ზრდის საბიძგებელას სიმაღლეს. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ ტემპერატურის შემცირებისას მჰს-ს მუშა სითხის საცავში სითხის დონე მცირდება. დაუშვებელია სითხის დონის დაწევა მეორად ცილინდრამდე, რათა მეორადი დგუშის აწევისას დგუშის ზემოთ მოთავსებული სითხე ცილინდრიდან სითხის საცავში გადმოღვრისას არ შეეხოს ჰაერს.

ჰიდრავლიკურ საბიმგებლებში გათვალისწინებულია მათში გამოყენებული მუშა სითხეების კოროზიული თვისებები. დადგენილია, რომ სპილენძი ინტენსიურად განიცდის კოროზიას ტრანსფორმატორის ზეთის ზემოქმედებისას, რაც საკმაოდ უარყოფითად მოქმედებს ელექტროჰიდრავლიკურ საბიმგებლებში ზეთის არეში მოთავსებული ელექტროძრავას სამიმედოობასა და ხანგამძლეობაზე. რადგან მქს-ში ელექტრომაგნიტის კოჭა იზოლირებულია მუშა სითხისაგან, მისი ხვიების კოროზია და იზოლაციის დარღვევა მუშა სითხის ზემოქმედებით გამორიცხულია.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მქს-ში გამოყენებული მუშა სითხეები უნდა ხასიათდებოდეს დაბალი კინემატიკური სიბლანტისა და მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტებით. მქს-ს კონსტრუქციული თავისებურებებიდან გამომდინარე საკმაოდ შემცირებულია მუშა სითხის დამკვლავების, აქაფებისა და ჟანგვის პროცესი, ხოლო მუშა სითხის ელექტროიზოლაციური და კოროზიული თვისებები შეიძლება არ გათვალისწინდეს.

მქს-ში ელექტრომაგნიტის მიზიდულობის ძალის გარკვეული ნაწილი იხარჯება მუშა სითხის მოძრაობისას ჰიდრავლიკური წინაღობების გადალახვაზე. რაც მეტია (ნაკლებია) მუშა სითხის კინემატიკური სიბლანტე, მით მეტია (ნაკლებია) ჰიდრავლიკური წინაღობების გადალახვაზე დახარჯული ენერგია.

სითხის სიბლანტე ზოგადად დამოკიდებულია მის ტემპერატურაზე. მქს-ს მუშა სითხის ტემპერატურა კი

ძირითადად დამოკიდებულია როგორც იმ გარემოს ტემპერატურაზე, სადაც გამოიყენება საბიძგებელა, ისე საბიძგებელას ჩართვის ხანგრძლივობაზე. მკს-ებს უხდებათ მუშაობა გარემოს სხვადასხვა ტემპერატურისას, რომლის ცვლილების ინტერვალი საკმაოდ დიდია -60°C -დან $+50^{\circ}\text{C}$ -მდე, რაც, თავის მხრივ, იწვევს მკს-ს მუშა სითხეების სიბლანტის ცვლილებას დიდ დიაპაზონში [42].

საქართველოს პირობებში გარემოს ტემპერატურის ცვლილება დაახლოებით -20°C -დან $+45^{\circ}\text{C}$ -მდეა. ამიტომ, ჩვენ მიერ შემუშავებულ და დამზადებულ მკს-ებში გამოიყენება ტემპერატურის ამ დიაპაზონისას ჰიდრაგ-ლიკურ საბიძგებლებში გამოყენებული ტრანსფორმატორის ზეთი.

ჰიდრაგლიკური საბიძგებლების დროის პარამეტრები დამოკიდებულია მუშა სითხეების სიბლანტეზე. აღსანიშნავია, რომ ელექტროჰიდრაგლიკური საბიძგებლების მუშა სითხის ტემპერატურის ზრდა იწვევს საბიძგებელას დროის პარამეტრების ყველა შემადგენელი ნაწილის ზრდას [8].

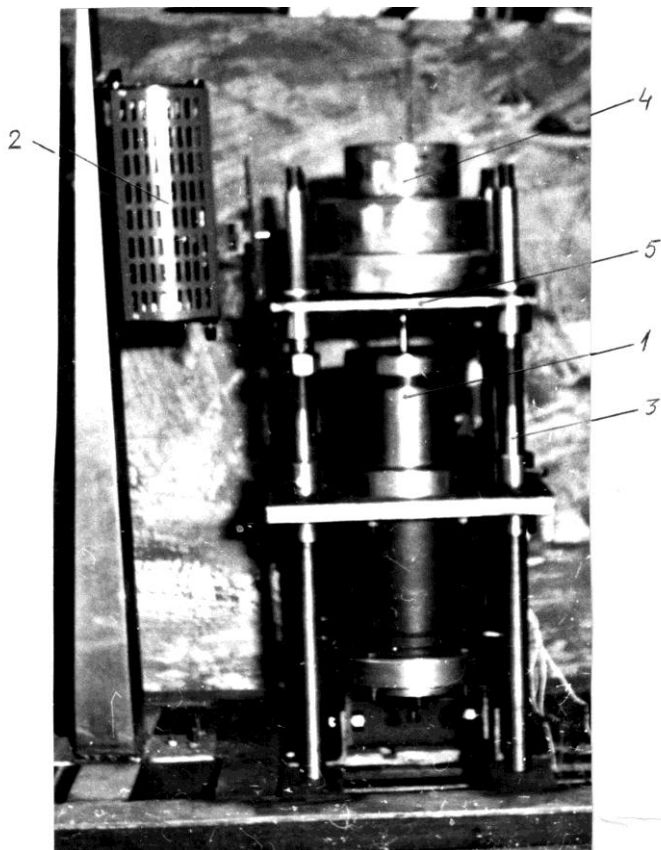
ელექტროჰიდრაგლიკური საბიძგებელასაგან განსხვავებით მაგნიტურჰიდრაგლიკური საბიძგებლების დროის ზოგიერთი პარამეტრი, კერძოდ ჭოკის მოძრაობის დაწყების დაყოვნების დრო აწევისას და დაშვებისას, არაა დამოკიდებული მუშა სითხის სიბლანტეზე. რაც შეეხება ჭოკის მოძრაობის დროს აწევისას და დაშვებისას, მუშა სითხის ტემპერატურის გაზრდით, ანუ კინემატიკური სიბლანტის შემცირებით, მისი სიდიდეები მცირდება.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ მკს-ს დროის პარამეტრების გაუმჯობესებისათვის (ჭოკის მოძრაობის დროის შემცირებისათვის აწევსას და დაშვებისას) სასურველია საბიძგებელას კონსტრუქციაში შეძლებისდაგვარად შემცირებდეს ჰიდრავლიკური წინაღობები, შეირჩეს დაბალკოეფიციენტიანი მუშა სითხეები და გარემოს უარყოფითი ტემპერატურის დროს საბიძგებელას მუშაობის დაწყებამდე შეიძლებოდეს მისი მუშა სითხის ტემპერატურის გაზრდა საბიძგებელას რამდენიმე უქმი ჩართვა-გამორთვის მეშვეობით.

§2.10. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებლების გამოსაცდელი სტენდი და გამოცდის მეთოდика

ჩვენ მიერ შემუშავებული ახალი კონსტრუქციების მკს-ების ლაბორატორიული კვლევისათვის ჩვენ დავამზადეთ სპეციალური გამოსაცდელი სტენდი და შევიმუშავეთ მასზე გამოსაცდელი საბიძგებლების კვლევის მეთოდика (ნახ. 2.7). გამოსაცდელი მკს-ს ნიმუში 1 ყენდება საცდელ სტენდზე სახსრული შეერთებით (ნახ. 2.8), რომელსაც აქვს სადგარი 2 და ოთხი მიმმართველი შტანგა 3. შტანგებზე 3 თავისუფლად გადაადგილდება ტრავერსა 4 მიმმართველი მილისებით 5. ტრავერსაზე 4 ხრახნული შეერთებით 7 მაგრდება საცვლელი ტვირთები 6. შტანგებზე 3, მიმმართველი მილისების 5 ქვემოთ, გათვალისწინებულია საბჯენი ქანჩები 8, რომლებზეც ებჯინება ტრავერსა 4 მიმმართველი მილისებით 5. საბიძგებელას 1 ჭოკი ტრავერსასთან 4 დაკავშირებულია

სახსრული 9 შეერთებით. საბიძგებელას ჭოკის აწევისა და დაშვების მოძრაობის დროის გასაზომად დგარზე 10 დამაგრებულია რეოსტატი 11. რეოსტატის მცოცის ბერკეტი 12 ხისტადაა დაკავშირებული ტრავერსასთან 4.



ნახ. 2.7. გამოსაცდელი სტენდი (1. საბიძგებელა, 2. რეოსტატი, 3. შტანგები, 4. საცვლელი ტვირთი, 5. ტრავერსა)

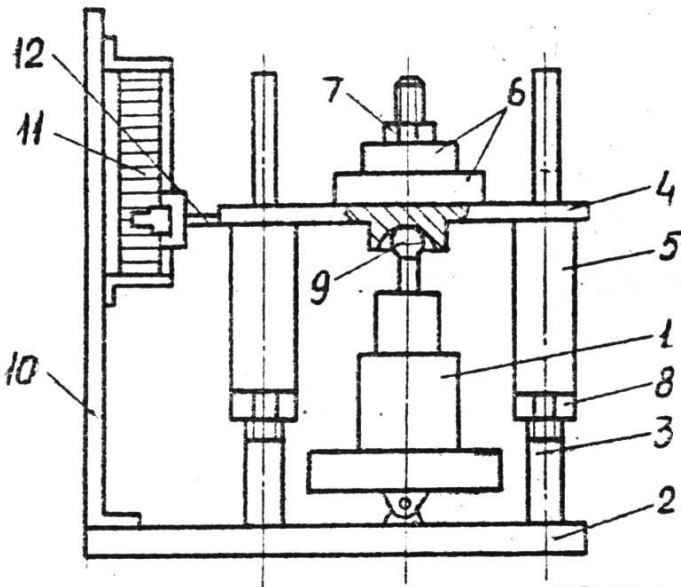
გამოსაცდელი მჰს-ს ჩართვისას საბიძგებელას ჭოკი აიწევა ზევით, აწევს ტრავერსას 4 საცდელ ტვირთთან 6

ერთად ზედა კიდურა მდებარეობამდე და აფიქსირებს მას ზედა კიდურა მდებარეობაში, ვიდრე არ გამოირთვება საბიძგებელა 1. საბიძგებელას 1 გამორთვის შემდეგ ჭოკი გარე დატვირთვის გავლენით, რომელიც ტოლია საცვლელი ტვირთების 6 და ტრავერსის 4 წონათა ჯამის, დაეშვება ქვევით. ტრავერსა 4 ტვირთებთან ერთად მიაღწევს რა ქვედა საწყის მდგომარეობას, მიმმართველი მილისებით 5 დაეზღინება ქანჩებს 8 და ჭოკი განთავისუფლდება გარე დატვირთვისაგან. ამის გამო მინიმუმამდე შემცირდება მუშა სითხის წნევა მჰს-ს მუშა არეში. ამ დროს საბიძგებელა 1 იმყოფება საწყის მდგომარეობაში და მზადაა კვლავ ჩასართავად.

ამრიგად, აღწერილ სტენდზე მჰს-ს გამოცდისას მჰს-ს სრული მუშა ციკლის დროს შესაძლებელია საბიძგებელას მუშაობის განმავლობაში ჭოკზე მოქმედებდეს მუდმივი სიდიდის გარე დატვირთვა, ე.ი. შესაძლებელია მოვახდინოთ მჰს-ს მუშაობის იმ პროცესების იმიტირება, რომელთაც ადგილი აქვს, როცა მჰს გამოყენებულია მუხრუჭების ამძრავებად, რკინიგზის ისრების გადასაყვანად, ვაგონეტის გადასაბრუნებლად, ორთქლის, წყლის და ჰაერის საფარების ამძრავებად, სადაც დამამუხრუჭებელი ძალა მიიღება ტვირთის წონის მეშვეობით და ა.შ.

იმისათვის, რომ შესაძლებელი იყოს გამოსაცდელ სტენდზე მჰს-ს მუშაობის იმიტირება, მისი იმ მექანიზმებში გამოყენებისას, რომლებშიც საბიძგებელას ჭოკზე მოქმედი გარე ძალა მისი მოქმედების დროს ცვლადია და აწევისას იცვლება მინიმუმიდან მაქსიმუმამდე, ხოლო დაშვებისას პირიქით – მაქსიმუმიდან მინიმუმამდე (მაგალითად, ტვირ-

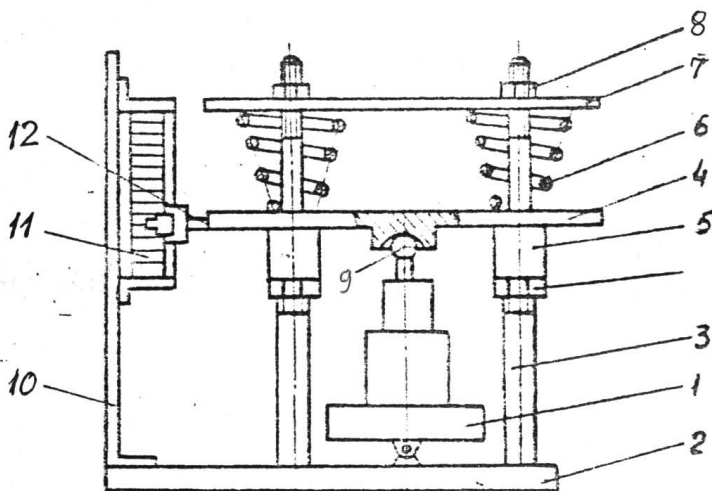
თამწე მანქანების, საბაგრო გზების, ლიფტების, ესკალატორების, ლითონდამამუშავებელი ჩარხების მუხრუჭების ამძრავებად გამოყენების დროს), შეიძლება გამოვიყენოთ ნახ. 2.8-ზე მოცემული და ზემოთ აღწერილი სტენდი ზოგიერთი კონსტრუქციული ცვლილებით. ამ უკანასკნელის ნახაზი მოცემულია ნახ. 2.9-ზე.



ნახ. 2.8.

გამოსაცდელი მქს 1 ყენდება სტენდზე (ნახ. 2.9), რომელსაც აქვს სადგარი 2 და ორი მიმმართველი შტანგა 3, რომლებზეც თავისუფლად გადაადგილდება ტრავერსა 4 მილისებით 5. ტრავერსაზე 4 დასმულია ზამბარები 6, რომლებსაც აწვება განივა 7 მარეგულირებელი ქანჩების 8 მეშვეობით. მარეგულირებელი ქანჩების 8 საშუალებით

რეგულირდება მანძილი ტრავერსას 4 და განივას 7 შორის, რაც საშუალებას იძლევა მიღწეულ იქნეს სასურველი დატვირთვა მკს-ს ჭოკზე. ჭოკი, თავის მხრივ, დაკავშირებულია ტრავერსასთან 4 სახსრული შეერთებით 9. ქვედა მდებარეობაში ყოფნისას საბიძგებელას ჭოკის გარე დატვირთვისაგან სრული განთავისუფლებისათვის შტანგებზე გათვალისწინებულია საყრდენი ქანჩები 8, რომლებიც წარმოადგენენ ტრავერსას 4 საყრდენებს.



ნახ. 2.9.

მკს-ს ჭოკის აწევისას და დაშვებისას მოძრაობის დროთა გასაზომად სტენდზე დაყენებულია დგარი 10, რომელსაც ემაგრება რეოსტატი 11. რეოსტატი მცოცი ბერკეტით 12 ხისტადაა დაკავშირებული ტრავერსასთან 4.

გამოსაცდელი მკს-ს 1 ჩართვისას ჭოკი აიწევს ზევით და სახსრული შეერთების 9 მეშვეობით აწევს ტრავერსას 4.

ტრავერსა 4 მილისების 5 მეშვეობით გადაადგილდება შტანგებზე 3 ზევით და შეკუმშავს რა ზამბარებს 6, მიაღწევს ზედა კიდურა მდებარეობას. ტრავერსა 4 ზედა კიდურა მდებარეობაში ფიქსირდება მკს-ს ჭოკის მეშვეობით საბიძგებელას გამორთვამდე. ამრიგად, ჭოკის აწევისას მასზე მოქმედი გარე ძალა იზრდება ნულიდან მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე.

საბიძგებელას გამორთვისას, საბიძგებელას ჭოკი გარე დატვირთვის ზემოქმედებით (გარე დატვირთვა ტოლია შეკუმშული ზამბარების დაწოლის ძალისა და ტრავერსის წონის ჯამის) დაეშვება ქვევით მანამ, სანამ არ მივა ქვედა კიდურა მდებარეობამდე და ტრავერსა არ მიებჯინება ქანჩებს.

ამრიგად, ჭოკზე მოქმედი დატვირთვა თანდათანობით შემცირდება მისი მაქსიმალური მნიშვნელობიდან ნულამდე.

სარეგულირებელი ხრახნების მეშვეობით შეგვიძლია მივაღწიოთ საბიძგებელას ჭოკზე გარე დატვირთვის ჩვენთვის სასურველ მაქსიმალურ სიდიდეს.

ჩვენ მიერ შექმნილი მკს-ების გამოცდის მიზანს წარმოადგენს:

შეკუმშვის კამერაში მუშა სითხის წნევის განსაზღვრა ჭოკზე სხვადასხვა გარე დატვირთვის შემთხვევაში;

პირველადი დგუშის ან მემბრანის ქვედა არეში მუშა სითხის წნევის განსაზღვრა სითხის სხვადასხვა ტემპერატურის დროს;

მუშა სითხის ტემპერატურის და სიბლანტის განსაზღვრა ცდის დაწყებისას და დამთავრებისას;

ჰოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დროის, ჰოკის აწევისას მოძრაობის დროის, ჰოკის დაწყების დაშვების დაყოვნების დროის და ჰოკის დაშვებისას მოძრაობის დროის განსაზღვრა გარე დატვირთვის ზემოთ აღნიშნული მნიშვნელობებისათვის, მუშა სითხის სხვადასხვა ტემპერატურის, სხვადასხვა ძაბვისა და აქტიური წინაღობების დროს;

მჰს-ს ელექტრომაგნიტის მკვებავი დენის ძალის და ძაბვის განსაზღვრა ცდის დაწყებისას.

მჰს-ს ზემოთ აღწერილ სტენდზე გამოცდისას, მიღებული პარამეტრების რეგისტრაცია წარმოებს უშუალოდ შლეიფიანი ოსცილოგრაფის H-105 ლენტზე ჩაწერით. ოსცილოგრაფით რეგისტრირებულ სიდიდეთა ზუსტი მნიშვნელობების მიღების მიზნით ხდება გადამწოდების წინასწარ ტარირება [97].

ოსცილოგრაფის ლენტზე ერთდროულად ფიქსირდება ჰოკის გადაადგილება, ელექტრომაგნიტის კოჭაში გამავალი დენის ძალა, მუშა სითხის წნევა პირველადი დგუმის ქვედა არეში, მუშა სითხის წნევა შეკუმშვის კამერაში, ჰოკის გადაადგილების დრო.

დროის ციკლისათვის გამოიყენება ოსცილოგრაფის ლენტზე 5 ჰერციანი სიხშირის ცვლადი დენის ჩაწერა, რომელიც უზრუნველყოფს დროის ათვლას 0,01 წმ-ის (დენის რხევის ნახევარი პერიოდის) სიზუსტით.

გაზომვები ტარდება მჰს-ს ჩართვის მომენტიდან რეჟიმის დამყარებამდე, დამყარებულ რეჟიმში და მჰს-ს გამორთვის მომენტიდან ჰოკის სრულ დაშვებამდე.

ცდა უნდა მიმდინარეობდეს ნორმალურ კლიმატურ პირობებში მკვლევარის ცივი და ცხელი მდგომარეობისათვის.

მკვლევარის გამოსაცდელი სპეციალიზირებული სტენდი საშუალებას იძლევა შეიქმნას საბიძგებელას ჭოკზე გარე დატვირთვის სასურველი სიდიდე.

მკვლევარის მუშა კამერაში და ლუზა-დგუშის (მემბრანის) ქვედა არეში მუშა სითხის წნევა განისაზღვრება ვიბრომზომში BИ6-5MA აპარატურის კომპლექსში შემავალი წნევის გადამწოდის DD-6-ის მეშვეობით და ოსცილოგრაფის ლენტზე ჩაწერით. აპარატურა BИ6-5MA გადამწოდებთან ერთად გამოიყენება ვიბრაციების, გადაადგილებების აჩქარებისა და წნევის გაზომვებისათვის.

მკვლევარის ელექტრომაგნიტის კოჭის წრედში შუნტის ჩართვის მეშვეობით ოსცილოგრაფის ლენტზე ჩაიწერება დენის ძალის სიდიდე, რაც აუცილებელია მკვლევარ-1-ის სიმძლავრის განსაზღვრისათვის.

მკვლევარის ჭოკის აწევისას და დაშვებისას დაყოვნებისა და მოძრაობის დროთა განსაზღვრის მიზნით რეოსტატი ჩართვება იმ ელექტროხიდის სქემაში, რომელიც იკვებება Y-300 დანადგარით. სიგნალი ელექტროხიდიდან მიეწოდება ოსცილოგრაფს H-105-ს, რომლის ლენტზე მოხდება აღნიშნული პარამეტრების ჩაწერა.

მუშა სითხის ტემპერატურა და გარემოს ტემპერატურა გაიზომება 0,5 დანაყოფიანი სკალის მქონე ვერცხლისწყლის თერმომეტრის საშუალებით, ცდის დაწყების წინ და ცდის დამთავრების შემდეგ, ხოლო მკვლევარის ელექტრომაგნიტის ტემპერატურა განისაზღვრება მისი წინაღობების ფარდობის

მნიშვნელობის მიხედვით, გამოიყენება რა სპეციალური ცხრილები.

მკს-ს მუშა სითხედ გამოიყენება ტრანსფორმატორის ზეთი. მისი სიბლანტე იზომება როგორც ცდის დაწყებისას, ისე დამთავრებისას დაკიდებული დონისმზომიანი კაპილარული სიბლანტის მზომით BIIЖ-1. ცდის დროს ხდება მუშა სითხის სიბლანტის შედარება სპეციალურ ცხრილებში მითითებული ტრანსფორმატორის ზეთის სიბლანტის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების მონაცემებთან.

მკს-ს გადამეტვირთვის უნარი განისაზღვრება საბიძგებელას ცივ და ცხელ მდგომარეობაში. ჭოკზე გარე დატვირთვა თანდათან უნდა გაიზარდოს ნომინალური მნიშვნელობიდან იმ მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე, რომლის დროსაც საბიძგებელას შეუძლია გადალახოს ჭოკის ნომინალური სვლის სიდიდე გაჩერებების გარეშე. მკს-ს გადამეტვირთვის უნარი განისაზღვრება როგორც მკს-ს მიერ აწეული მაქსიმალური ტვირთის წონის სიდიდის ფარდობა ჭოკის ნომინალურ ძალვასთან.

მკს-ს ჭოკზე გარე დატვირთვის სიდიდე იცვლება 5 კგმ-დან 25 კგმ-მდე. ჭოკის თითოეული ტვირთისთვის უნდა შესრულდეს ჭოკის აწევისა და დაშვების დროის რამდენიმე გაზომვა. გაზომვის საბოლოო შედეგად აიღება მიღებული შედეგების საშუალო არითმეტიკული.

§2.11. მჰს-1, მჰს-3 და მჰს-5 გამოცდის შედეგები და მათი ანალიზი

მჰს-1, მჰს-3 და მჰს-5 საბიძგებლების ლაბორატორიული გამოცდა წარმოებდა §2.10-ში აღწერილ სპეციალიზირებულ სტენდზე (ნახ. 2.8, ნახ. 2.9) იქვე შემოთავაზებული მეთოდიკის მიხედვით. ჩატარებული გამოცდის შედეგები რეგისტრირდებოდა ოსცილოგრაფის H-105-ის შლეიფზე ჩაწერით და ოსცილოგრამების გაშიფვრის შედეგები მოცემულია გრაფიკების სახით (ნახ. 2.10–2.30).

მჰს-1, მჰს-3 და მჰს-5 ლაბორატორიული გამოცდებისათვის ლითონში დამზადდა აღნიშნული კონსტრუქციების საბიძგებლების გამოსაცდელი ნიმუშები შემდეგი ტექნიკური პარამეტრებით: მჰს-1-ის ჭოკის სვლის მაქსიმალური სიდიდე 34 მმ, ჭოკის ნომინალური ძალვა აწევისას 25 კგ, ხოლო მჰს-3-სა და მჰს-5-ის ჭოკის მაქსიმალური სვლის სიდიდე 32 მმ, ჭოკის ნომინალური ძალვა აწევისას 25 კგ. საბიძგებლები იკვებებოდა 220 და 380 ვოლტიანი ცვლადი დენის წყაროდან გამმართველის მეშვეობით. მუშა სითხედ გამოყენებული იყო ტრანსფორმატორის ზეთი. აღსანიშნავია, რომ მჰს-1-ის ჭოკის სვლის 2 მმ განკუთვნილია უკუქცევითი ზამზარის შეკუმშვისთვის.

მჰს-1, მჰს-3 და მჰს-5 საბიძგებლების სტენდზე ლაბორატორიული გამოცდების დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვებზე მიღებული დამოკიდებულება მოცემულია გრაფიკული სახით (ნახ. 2.10–2.30).

ცდების შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მჰს-1-ის ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დრო (ნახ. 2.10-2.13), მიუხედავად ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის სიდიდის ცვლილებისა, არის მუდმივი და გაცილებით მცირე, ვიდრე მჰს-3-ისა და მჰს-5-ის ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დრო (ნახ. 2.18-2.20, 2.23) მათი ჭოკის იგივე სიდიდის გარე დატვირთვის დროს, რაც იმით აიხსნება, რომ მჰს-3-ისა და მჰს-5-ის ჭოკზე ქვედა საწყის მდებარეობაში მოქმედებს გარე დატვირთვა მაქსიმალური სიდიდით, ხოლო მჰს-1-ის ჭოკზე ქვედა საწყის მდებარეობაში მოქმედებს მხოლოდ უკუქცევითი ზამბარა საკმაოდ მცირე ძალით. აღნიშნული დროთა სხვაობა უფრო მეტია, როცა ჭოკზე გარე დატვირთვა მიღებულია ტვირთის წონით, ვიდრე ზამბარის მოქმედებით. მჰს-3 და მჰს-5 ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დრო იზრდება ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის სიდიდის გაზრდისას და პირიქით. ამავე გრაფიკებიდან ჩანს, რომ გამოსაცდელი საბიძგებლების ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დრო არაა დამოკიდებული ჭოკის დაშვებისას მოძრაობის დროის მარეგულირებელი სარქვლის მდებარეობაზე და მუშა სითხის ტემპერატურაზე (განსხვავებით ექს-საგან, რომელშიც ჭოკის მოძრაობის დაწყების დაყოვნების დრო იზრდება მარეგულირებელი სარქვლის ჩაკეტვის ხარისხის გაზრდისას და ასევე ტემპერატურის გაზრდისას).

მჰს-5-ის ჭოკის მაქსიმალური სვლის სიდიდის შემცირებისას ჭოკის აწევის დაყოვნების დრო მცირდება (ნახ. 2.23).

მჰს-1, მჰს-3 და მჰს-5-ის ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დრო მცირდება საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის მკვებავი დენის ძაბვის გაზრდისას (ნახ. 2.25–2.27). ასევე მცირდება აღნიშნული საბიძგებლების ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დრო საბიძგებელას მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭის აქტიური წინაღობის შემცირებით (ნახ. 2.28). უნდა შევნიშნოთ, რომ მჰს-3-სა და მჰს-5-ის ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დროის სიდიდეები ტოლია და მათი დამოკიდებულება ძაბვაზე, ელექტრომაგნიტის ღუზის სვლის სიდიდეზე, ელექტრომაგნიტის კოჭის აქტიურ წინაღობაზე და ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის სიდიდეზე იდენტურია. ამიტომ მჰს-3-ის ჭოკის აწევის დაყოვნების დროის დამოკიდებულება ძაბვაზე და ჭოკის აქტიურ წინაღობაზე გრაფიკების სახით არაა მოცემული.

იმ შემთხვევაში, როდესაც გამოსაცდელი საბიძგებლების ჭოკზე გარე დატვირთვა განხორციელებულია არა ტვირთის წონით, არამედ ზამზარის მეშვეობით მჰს-3-სა და მჰს-5-ის ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დრო მცირდება (ნახ. 2.18, 2.19, 2.23), ხოლო მჰს-1-ის ჭოკისა კი უცვლელი რჩება (ნახ. 2.10–2.13).

როგორც ცდების შედეგებიდან ჩანს, გამოსაცდელი საბიძგებლების ჭოკის მოძრაობის დრო აწევისას ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის გაზრდასთან ერთად იზრდება (ნახ. 2.10–2.13; 2.18–2.20, 2.23). ცდებით დადასტურდა, რომ მჰს-3-ის ჭოკის მოძრაობის დრო აწევისას ყოველთვის უფრო მცირეა, ვიდრე იმავე პირობებში მომუშავე მჰს-1-სა და მჰს-5-

ის ჭოკის მოძრაობის დრო აწევისას (ნახ. 2.10–2.13; 2.18–2.20; 2.23; 2.25).

განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ მჰს-3-ის ჭოკი მარეგულირებელი სარქველის სრული ჩაკეტვისას მჰს-1-სა და მჰს-5-ის ჭოკისაგან განსხვავებით, მაინც აიწია და აწევის მოძრაობის დრო ტოლია ჭოკის აწევის მოძრაობის დროის მარეგულირებელი სარქველის სრული გახსნის შემთხვევაში (ნახ. 2.18, 2.20).

მჰს-1-სა და მჰს-5-ის ჭოკის მოძრაობის დრო აწევისას იზრდება, რაც უფრო მეტადაა ჩაკეტილი მარეგულირებელი სარქველი (ნახ. 2.10–2.13).

გამოსაცდელი საბიძგებლების ჭოკის მოძრაობის დრო ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის გაზრდისას იზრდება (ნახ. 2.10–2.13; 2.18–2.20, 2.23; 2.25). ამავე გრაფიკებიდან ჩანს, რომ აღნიშნული დრო, როცა ჭოკზე გარე ძალა განხორციელებულია ზამბარის მეშვეობით, უფრო მცირეა, ვიდრე ტვირთის წონით განხორციელებული გარე დატვირთვის დროს.

ცდებით დადასტურდა, რომ გამოსაცდელი საბიძგებლების ჭოკის აწევისას მოძრაობის დრო მცირდება მუშა სითხის ტემპერატურის ზრდისას (ნახ. 2.10–2.11; 2.18–2.20; 2.23).

ცდებით ასევე დადასტურდა, რომ ყველა გამოსაცდელი საბიძგებელას ჭოკის მოძრაობის დრო აწევისას მცირდება საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის მკვებავი დენის ძაბვის

გაზრდით (ნახ. 2.25, 2.27), ხოლო ელექტრომაგნიტის კოჭის აქტიური წინაღობის შემცირებისას მცირდება (ნახ. 2.29).

ცდების შედეგებმა გვიჩვენა, რომ მჰს-1-ის ჭოკის აწევის დრო (ნახ. 2.10) უფრო ნაკლებია, ვიდრე მჰს-3-სა და მჰს-5-ის, როდესაც ჭოკზე გარე ძალა მიღებულია ტვირთის წონით (2.18–2.20; 2.23), რაც იმით აიხსნება, რომ მჰს-1-ის ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დრო გაცილებით მცირეა მჰს-3-სა და მჰს-5-ის ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დროზე, ვიდრე მჰს-3-სა და მჰს-5-ის ჭოკის მოძრაობის დრო აწევისას მეტია მჰს-1-ის ჭოკის აწევის მოძრაობის დროზე.

უნდა აღვნიშნოთ, რომ მჰს-1-ის ჭოკის აწევის დროის და მჰს-3-სა და მჰს-5-ის ჭოკის მოძრაობის დროთა სხვაობა მით მეტია, რაც მეტია მათ ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის სიდიდე.

იმ შემთხვევაში, როცა საბიძგებლების ჭოკზე გარე დატვირთვა განხორციელებულია ზამზარის მეშვეობით მჰს-1-ის, მჰს-3-სა და მჰს-5-ის ჭოკის აწევის დროთა განსხვავება ერთმანეთისაგან მცირეა (ნახ. 2.10; 2.11; 2.18; 2.19).

გამოსაცდელი საბიძგებლების ჭოკის აწევის დროის დამოკიდებულება ძაბვაზე, აქტიურ წინაღობაზე და ტემპერატურაზე ისეთივეა, როგორც ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დროის (ნახ. 2.10–2.13; 2.18–2.20; 2.23; 2.25–2.29).

მჰს-1-ის, მჰს-3-სა და მჰს-5-ის ჭოკის დაშვების დაყოვნების დრო ერთმანეთის ტოლია (ნახ. 2.14–2.17; 2.21; 2.22, 2.24, 2.26) ჭოკის ერთი და იმავე გარე დატვირთვის დროს და მათი სიდიდეები ჭოკზე მოქმედი გარე

დატვირთვის ზრდასთან ერთად მცირდება. ამ სიდიდეების ტოლობას განაპირობებს ის, რომ საბიძგებლების ელექტრომაგნიტის გულარში არსებული ხვრელის განივკვეთის ფართი ერთმანეთის ტოლია.

აღნიშნული საბიძგებლების ჭოკის დაშვების დაყოვნების დრო არ არის დამოკიდებული მარეგულირებელი სარქვლის მდებარეობაზე და მუშა სითხის ტემპერატურაზე (ნახ. 2.14; 2.17; 2.21; 2.22; 2.24).

განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ ყოველი საბიძგებელას დაშვების დაყოვნების დრო დიდადაა დამოკიდებული საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის მკვებავი დენის ძაბვის სიდიდეზე (ნახ. 2.26; 2.27; 2.28). როგორც ცდების შედეგებიდან ჩანს, ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დრო ძაბვის გაზრდით არსებითად იზრდება, რაც გამოწვეულია საბიძგებლების მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ნარჩენი მაგნეტიზმის გაზრდით ძაბვის გაზრდისას. აღნიშნული საბიძგებლების ჭოკის დაშვების დაყოვნების დროის სიდიდე ძაბვის ზრდისას აღწევს საბიძგებლებისათვის დაუშვებელ ზღვარს. ამიტომ, მიუხედავად იმისა, რომ გამოსაცდელი საბიძგებლების ჭოკის აწევის დროის ყველა მდგენელი მცირდება ძაბვის ზრდასთან ერთად, საბიძგებლების ჭოკის აწევის დროის შემცირება ძაბვის გაზრდით მაინც დაუშვებელია.

მჰს-1-ის, მჰს-3-სა და მჰს-5-ის გამოცდამ გვიჩვენა, რომ საბიძგებლების ჭოკის მოძრაობის დრო დაშვებისას მცირდება ჭოკის გარე დატვირთვის ზრდასთან ერთად (ნახ.

2.14–2.17; 2.21; 2.22; 2.24). როგორც გრაფიკებიდან ჩანს, საბიძგებლების ჭოკის დაშვების დრო, როცა ჭოკზე გარე დატვირთვა განხორციელებულია ტვირთის წონით, უფრო ნაკლებია, ვიდრე ჭოკის მოძრაობის დრო დაშვებისას, როცა ჭოკზე გარე დატვირთვა განხორციელებულია ზამბარით. ეს იმით აიხსნება, რომ პირველ შემთხვევაში ჭოკზე მუდმივად მოქმედებს გარე დატვირთვის მაქსიმალური სიდიდე, ხოლო მეორე შემთხვევაში იგი მცირდება მაქსიმუმიდან მინიმუმამდე.

საბიძგებლების გამოცდისას მარეგულირებელი სარქველის მდებარეობის ცვლილებით მივიღეთ ჭოკის დაშვებისას მოძრაობის დროის სხვადასხვა სიდიდეები და პრაქტიკულად შესაძლებელია აღნიშნული დრო ვარეგულიროთ დიდ დიაპაზონში (ნახ. 2.16; 2.17; 2.21; 2.22). თუმცა, აღსანიშნავია, რომ მარეგულირებელი სარქველის მდებარეობის ცვლა (უფრო მეტად ჩაკეტვა) ასევე იწვევს მჰს-1-სა და მჰს-5-ში ჭოკის მოძრაობის დროის გაზრდას აწევისას. ამიტომ მათი გამოყენება შეზღუდულია იმ მანქანა მექანიზმებში, სადაც საჭიროა საბიძგებელას ჭოკის სწრაფი აწევა, და დაშვების დროის რეგულირება დიდ დიაპაზონში, რაც წარმოადგენს მჰს-1-სა და მჰს-5-ის უარყოფით მხარეებს.

გამოსაცდელი საბიძგებლების ჭოკის მოძრაობის დრო დაშვებისას ისევე, როგორც აწევისას, მცირდება მუშა სითხის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად (ნახ. 2.14–2.17; 2.21; 2.22; 2.24). რაც შეეხება ძაბვასა და ელექტრომაგნიტის კოჭის აქტიურ წინაღობას, მათი სიდიდეების ცვლილება გავლენას

ვერ ახდენს საბიძგებლების ჭოკის დაშვებისას მოძრაობის დროზე.

საბიძგებლების გამოცდამ გვიჩვენა, რომ ჭოკის დაშვების დრო ჭოკის გარე დატვირთვის ზრდისას მცირდება (ნახ. 2.14–2.17; 2.21; 2.22; 2.24). როგორც აღნიშნული გრაფიკებიდან ჩანს, ჭოკის დაშვების დრო ჭოკზე მოქმედი ტვირთის წონისას უფრო ნაკლებია, ვიდრე ზამზარის მოქმედებისას. ამავე გრაფიკებზე ჩანს, რომ ჭოკის დაშვების დრო მუშა სითხის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად მცირდება, რაც შეეხება აღნიშნული დროის ძაბვაზე დამოკიდებულებას, იგი იზრდება ძაბვის სიდიდის გაზრდასთან ერთად. ეს გამოწვეულია მისი ერთ-ერთი მდგენელის, კერძოდ ჭოკის დაშვების დაყოვნების დროის გაზრდით.

ჭოკის დაშვების დროის რეგულირების დიაპაზონი მარეგულირებელი სარქვლის მდებარეობის ცვლილებით პრაქტიკულად შეუზღუდავია, თუმცა როგორც ადრე აღვნიშნეთ, იგი, თავის მხრივ, იწვევს ჭოკის აწევის დროის არასასურველ გაზრდას.

საბიძგებლების ჭოკის დაშვების დრო საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის ჭოკის აქტიური წინაღობის გაზრდისას მცირდება, რადგან მისი მდგენელი – დაშვების დაწყების დაყოვნების დრო მცირდება.

მ3ს-1-ის, მ3ს-3-სა და მ3ს-5-ის საბიძგებლებიდან მ3ს-3-სა და მ3ს-5-ს აქვთ ტოლი გადამეტტვირთვის უნარი K და

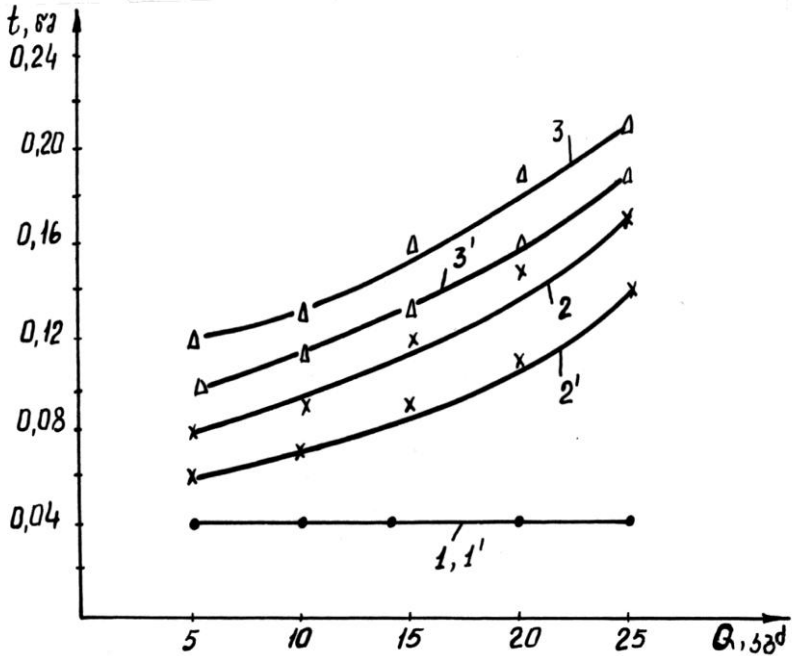
$$K = Q_{მაქს.} / Q_{ნომ.}$$

სადაც $Q_{მაქს}$ – საბიძგებელას აწევის მაქსიმალური ძალვაა, კგძ;

$Q_{ნომ}$ – საბიძგებელას აწევის ნომინალური ძალვა, კგძ.

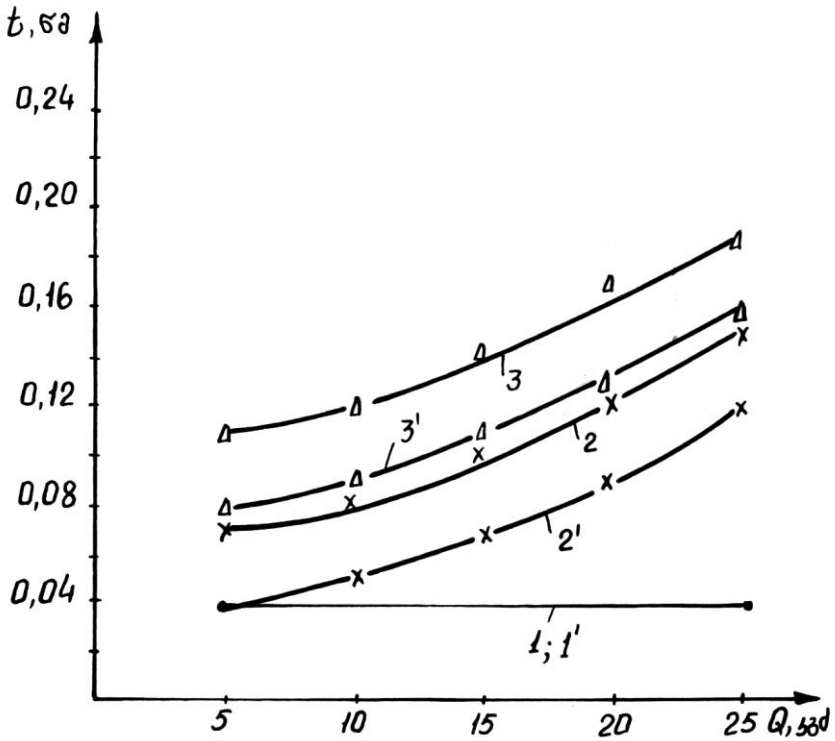
მჰს-3-სა და მჰს-5-ის $K = 1,84$. რაც შეეხება მჰს-1-ს, მისი გადამეტტვირთვის უნარი $K = 2,12$.

მჰს-1-ის გადამეტტვირთვის უნარის მეტობა მჰს-3-სა და მჰს-5-ის გადამეტტვირთვის უნართან შედარებით განპირობებულია იმით, რომ მჰს-1-ის ჭოკზე საწყისი გარე დატვირთვა ყოველთვის ტოლია უკუქცევითი ზამბარის მცირე ძალვისა და თუ საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის ღუზა დაიდრა, მისი მიზიდვის ძალა მკვეთრად იზრდება და საბიძგებელას ჭოკიც აწევს უფრო მეტი წონის ტვირთს, ვიდრე მჰს-3-სა და მჰს-5-ის ჭოკი, რადგან მჰს-3-სა და მჰს-5-ის ჭოკის საწყის ქვედა მდებარეობაში სრულად მოქმედებს მაქსიმალური დატვირთვის წონა. რადგან საბიძგებელას ჭოკის აწევის დაყოვნების დროზე გავლენას ვერ ახდენს მუშა სითხის ტემპერატურა, ამიტომ საბიძგებელას გადამეტტვირთვის უნარი არაა დამოკიდებული მუშა სითხის ტემპერატურაზე, ხოლო ძაბვის გაზრდით იზრდება და 380ვ ძაბვისას მჰს-3-სა და მჰს-5-ის $K = 1,96$, ხოლო მჰს-1-ისთვის $K = 2,18$.



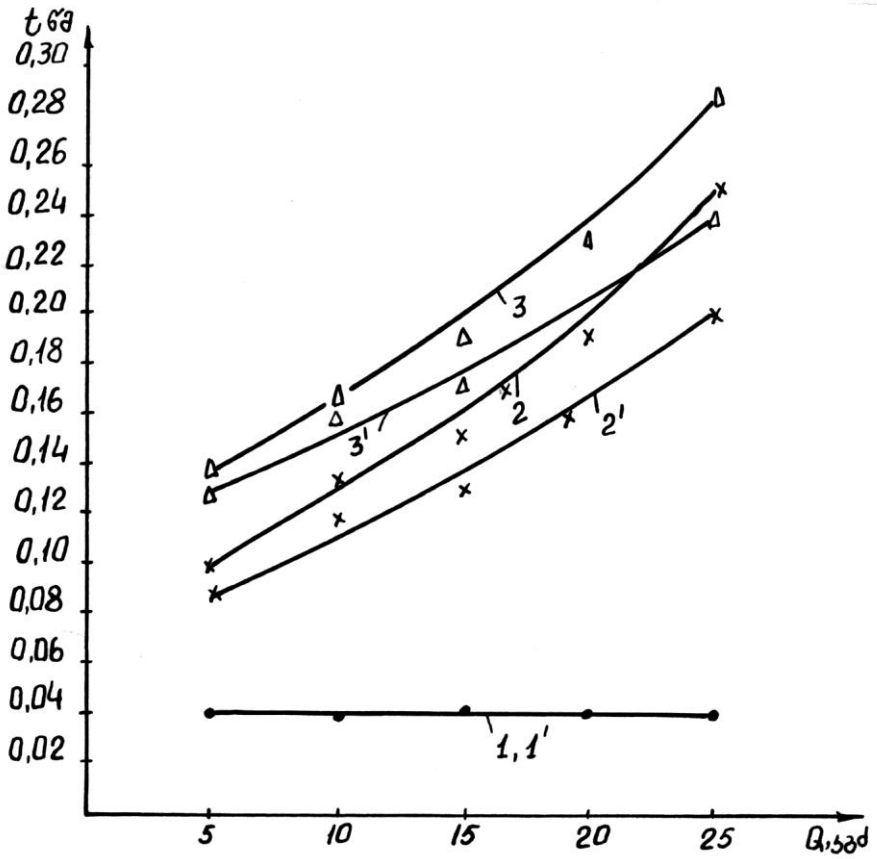
ნახ. 2.10. მ3ს-1-ის ჭოკის აწევისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქელის სრული გახსნისას (მუშა სიიხის ტემპერატურა $t = 25^{\circ}\text{C}$).

- 1 – ჭოკის აწევის დაყოვნების დრო ჭოკზე ტვირთის წონის მოქმედებისას;
- 2 – ჭოკის მოძრაობის დრო აწევისას ჭოკზე ტვირთის წონის მოქმედებისას;
- 3 – ჭოკის აწევის დრო ჭოკზე ტვირთის წონის მოქმედებისას;
- 1' – ჭოკის აწევის დაყოვნების დრო ჭოკზე ზამზარის მოქმედებისას;
- 2' – ჭოკის მოძრაობის დრო აწევისას ჭოკზე ზამზარის მოქმედებისას;
- 3' – ჭოკის აწევის დრო ჭოკზე ზამზარის მოქმედებისას.

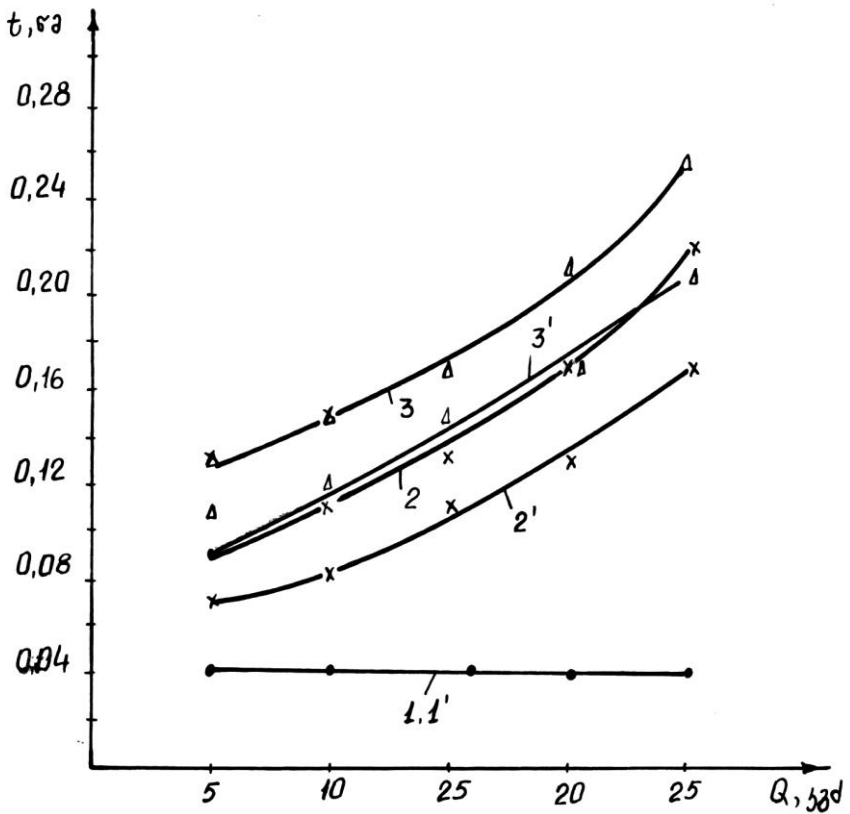


ნახ. 2.11. მჰს-1-ის ჭოკის აწევისას დროის მახასიათებლების
 გარე დატვირთვაზე დამოკიდებულება მარეგულირებელი
 სარქვლის სრული გახსნისას.

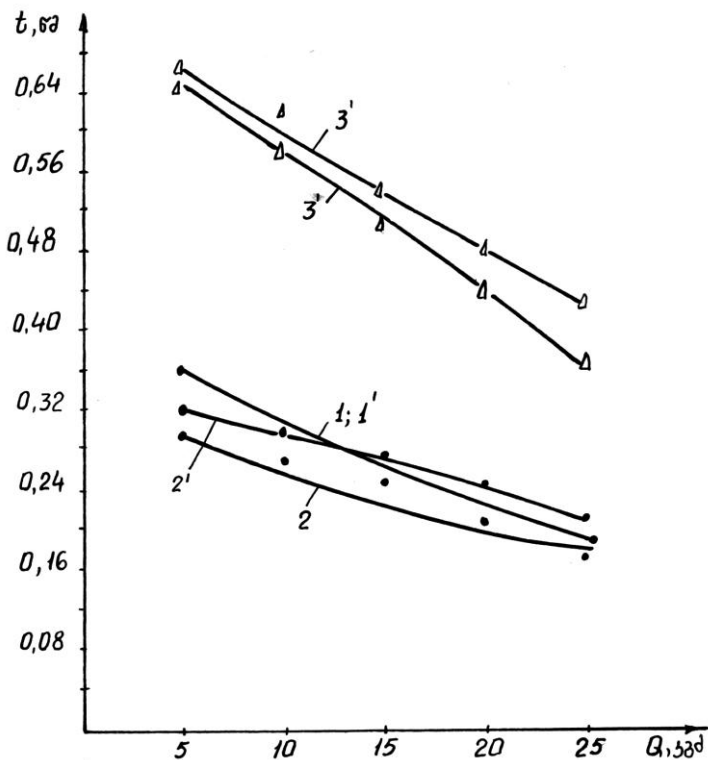
მუშა სითხის ტემპერატურა $t = 60^{\circ}\text{C}$
 (აღნიშვნები იხ. ნახ. 2.10-ზე).



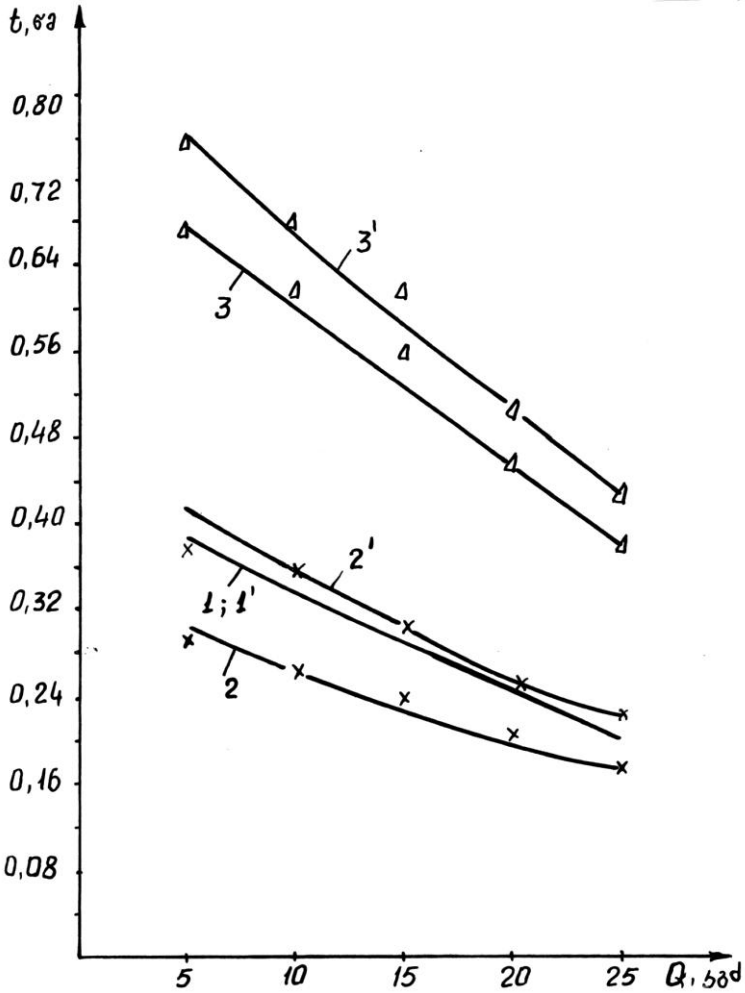
ნახ. 2.12. მჰს-1-ის ჭოკის აწევისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქვლის ნაწილობრივი ჩაკეტვისას.
 მუშა სიბრტყის ტემპერატურა $t = 25^{\circ}\text{C}$
 (აღნიშვნები იხ. ნახ. 2.10-ზე).



ნახ. 2.13. მჰს-1-ის ჭოკის აწევისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქვლის ნაწილობრივი ჩაკეტვისას. მუშა სითხის ტემპერატურა $t = 60^{\circ}\text{C}$ (აღნიშვნები იხ. ნახ. 2.10-ზე).



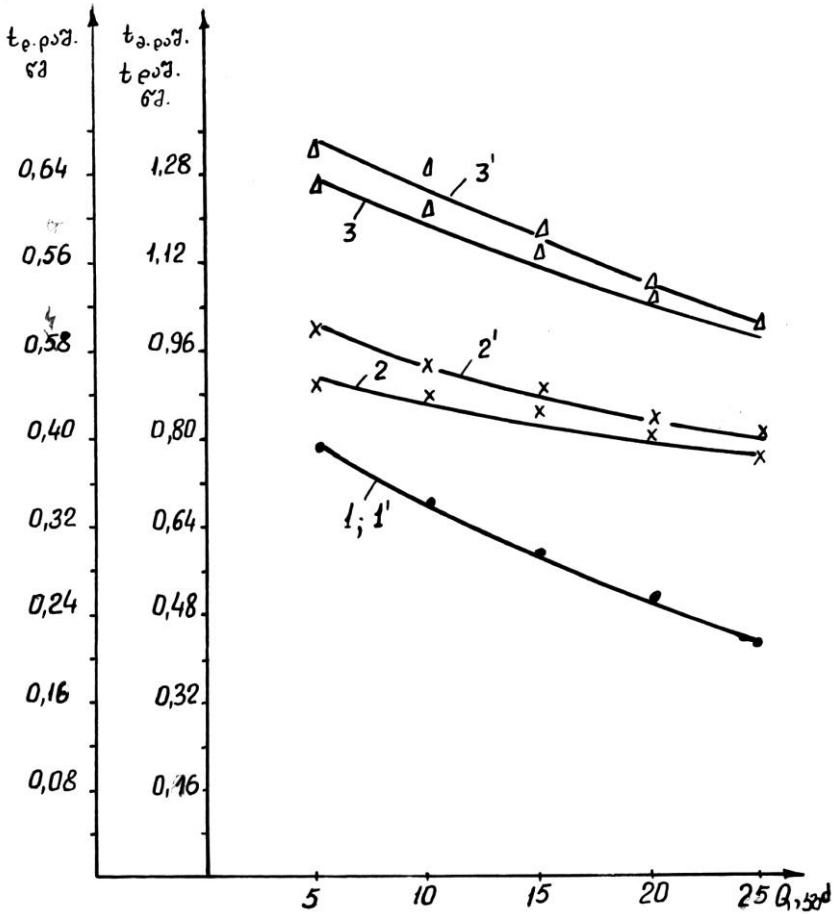
ნახ. 2.14. მჰს-1-ის ჭოკის დაშვებისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქველის სრული გახსნისას (მუშა სიიხის ტემპერატურა $t=25^{\circ}\text{C}$).
 1 – ჭოკის დაშვების დაყოვნების დრო ჭოკზე ტვირთის წონის მოქმედებისას;
 2 – ჭოკის მოძრაობის დრო დაშვებისას ჭოკზე ტვირთის წონის მოქმედებისას;
 3 – ჭოკის დაშვების დრო ჭოკზე ტვირთის წონის მოქმედებისას;
 1' – ჭოკის დაშვების დაყოვნების დრო ჭოკზე ზამბარის მოქმედებისას;
 2' – ჭოკის მოძრაობის დრო დაშვებისას ჭოკზე ზამბარის მოქმედებისას;
 3' – ჭოკის დაშვების დრო ჭოკზე ზამბარის მოქმედებისას.



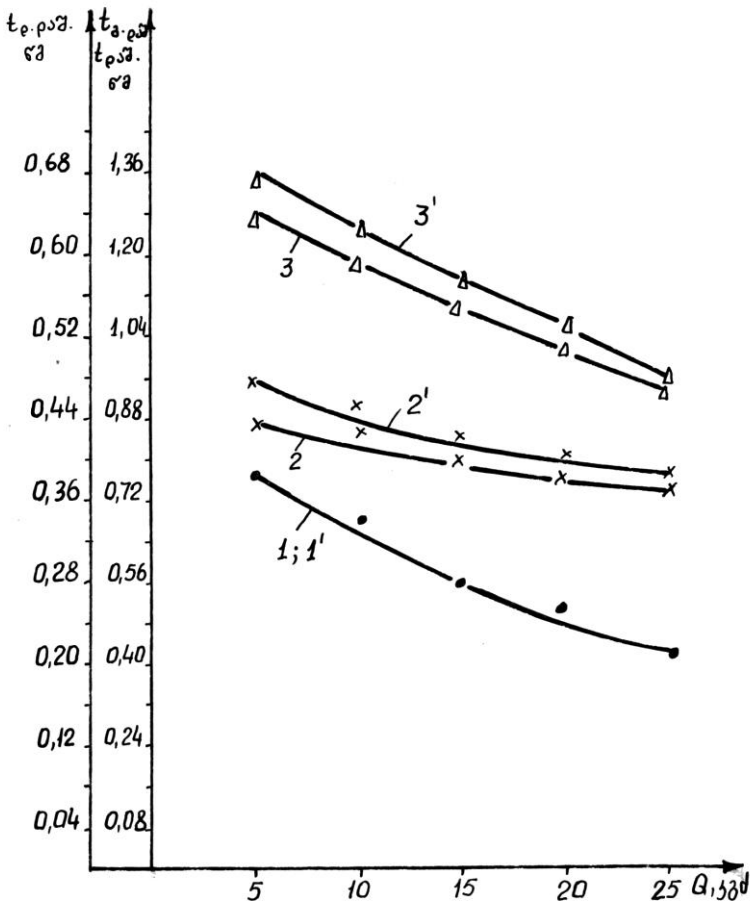
ნახ. 2.15. მჰს-1-ის ჭოკის დაშვებისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქველის სრული გახსნისას.

მუშა სითხის ტემპერატურა $t = 60^{\circ}\text{C}$

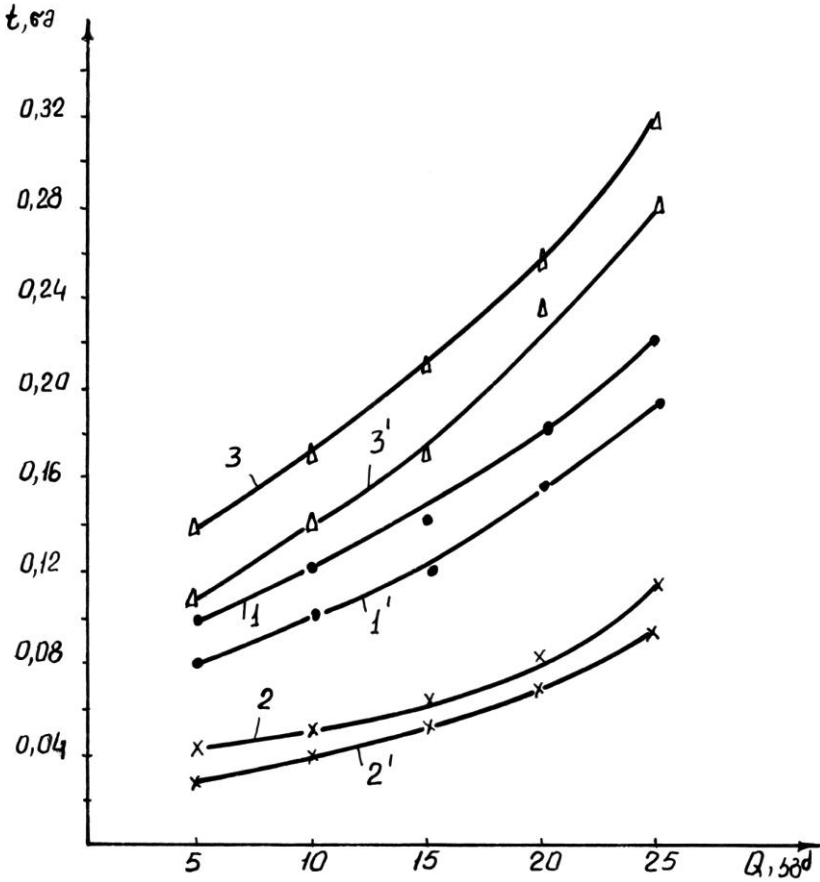
(აღნიშვნები იხ. ნახ. 2.14-ზე).



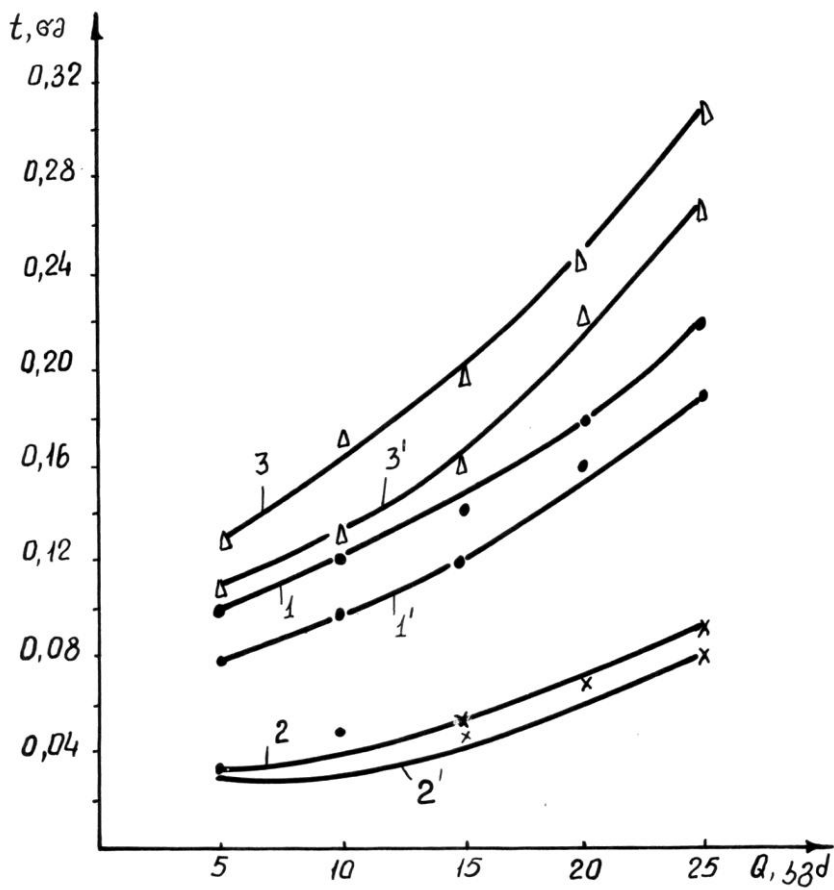
ნახ. 2.16. მჰს-1-ის ჭოკის დამგებისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქვლის ნაწილობრივი ჩაკეტვისას მუშა სითხის ტემპერატურა $t = 25^{\circ}\text{C}$ (აღნიშვნები იხ. ნახ. 2.14-ზე).



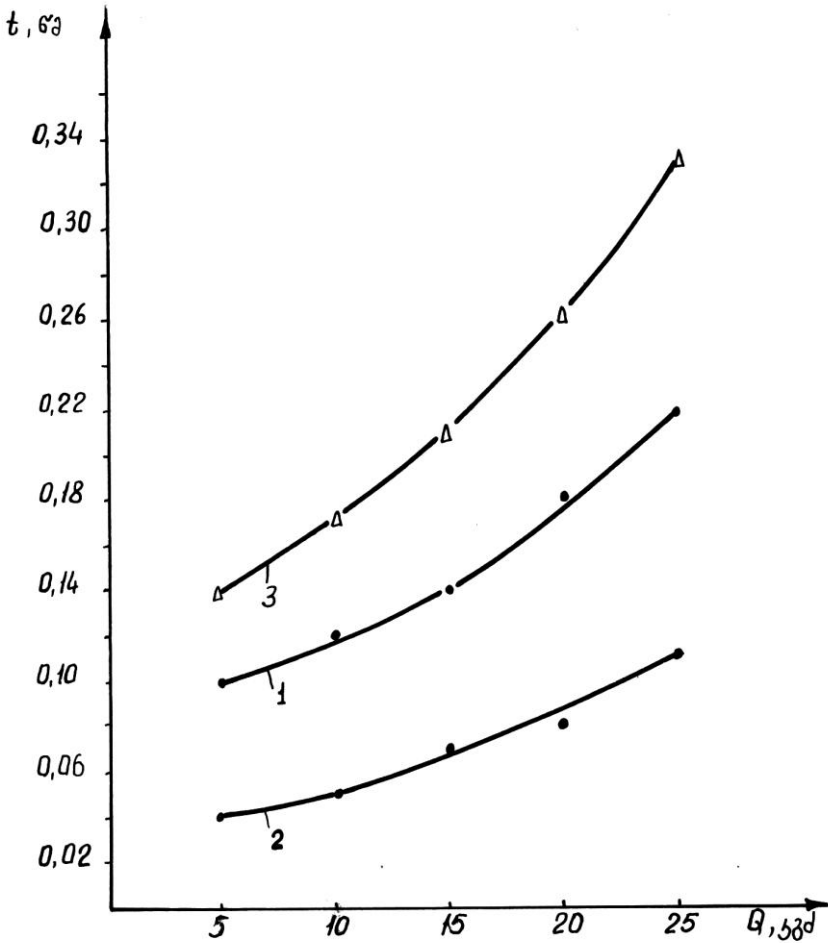
ნახ. 2.17. მქს-1-ის ჭოკის დაშვებისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქველის ნაწილობრივი ჩაკეტივისას მუშა სითხის ტემპერატურა $t = 60^{\circ}\text{C}$ (აღნიშვნები იხ. ნახ. 2.14-ზე).



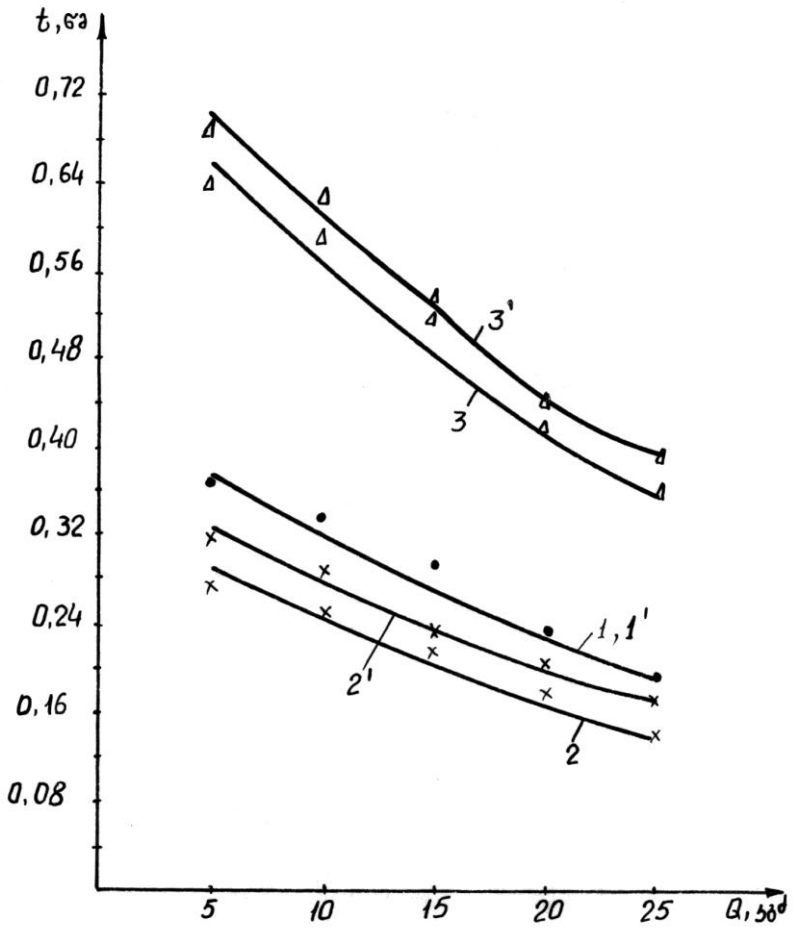
ნახ. 2.18. მჰს-3-ის ჭოკის აწევისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქვლის სრული გახსნისას.
 მუშა სითხის ტემპერატურა $t = 25^{\circ}\text{C}$
 (აღნიშვნები იხ. ნახ. 2.10-ზე).



ნახ. 2.19. მჰს-3-ის ჭოკის აწევისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქველის სრული გახსნისას.
 მუშა სითხის ტემპერატურა $t = 60^{\circ}\text{C}$
 (აღნიშვნები იხ. ნახ. 2.10-ზე).

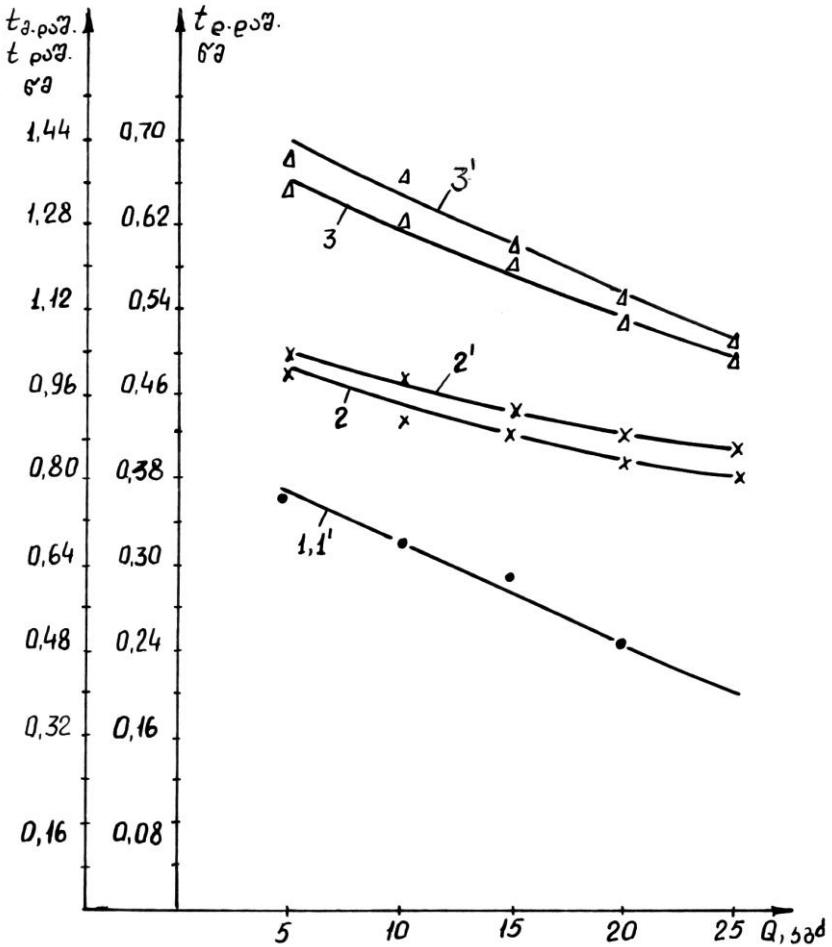


ნახ. 2.20. მჰს-3-ის ჭოკის აწევისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქვლის ნაწილობრივი ჩაკეტვისას მუშა სითხის ტემპერატურა $t = 25^{\circ}\text{C}$ (აღნიშვნები იხ. ნახ. 2.10-ზე).

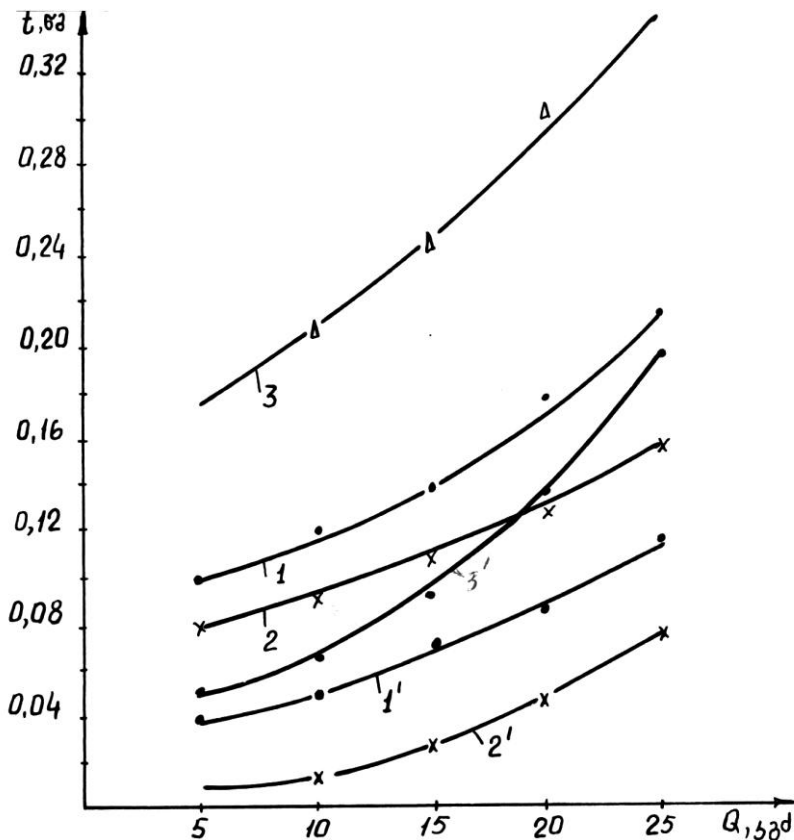


ნახ. 2.21. მჰს-3-ის ჭოკის დაშვებისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქველის სრული გახსნისას.

მუშა სითხის ტემპერატურა $t = 25^{\circ}\text{C}$
(აღნიშვნები იხ. ნახ. 2.14-ზე).



ნახ. 2.22. მჰს-3-ის ჭოკის დაშვებისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქველის ნაწილობრივი ჩაკეტვისას მუშა სითხის ტემპერატურა $t = 25^{\circ}\text{C}$ (აღნიშვნები იხ. ნახ. 2.14-ზე).



ნახ. 2.23. მჰს-5-ის ჭოკის აწევისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე (ტვირთის წონით) დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქვლის სრული გახსნისას.

მუშა სითხის ტემპერატურა $t = 25^{\circ}\text{C}$

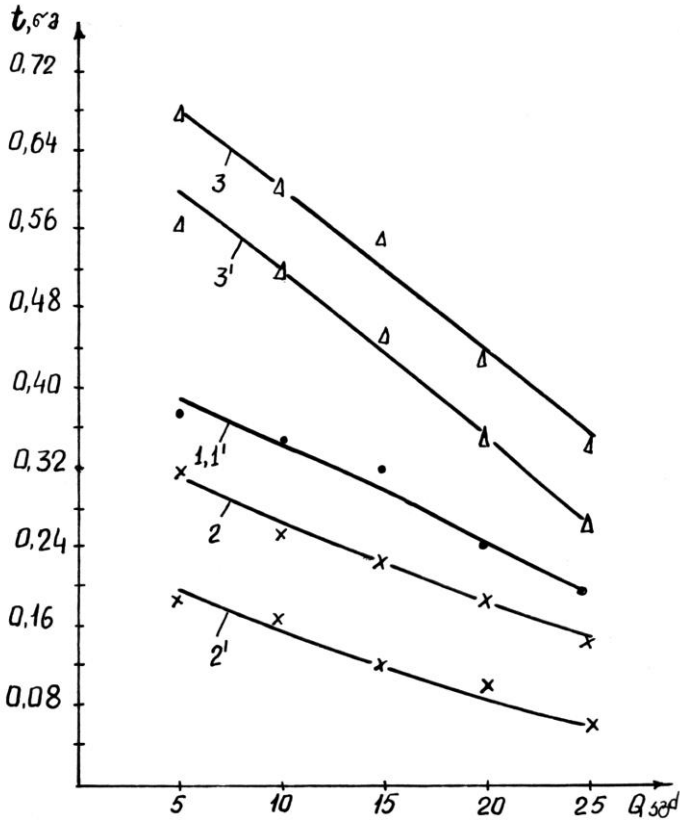
1,1' – ჭოკის აწევის დაყოვნების დრო;

2,2' – ჭოკის მოძრაობის დრო აწევისას;

3,3' – ჭოკის აწევის დრო.

1, 2, 3 – თვის ჭოკის სვლა $H = 32\text{მ}$, გარე დატვირთვა ტვირთის წონით;

1', 2', 3' – თვის ჭოკის სვლა $H = 25\text{მ}$, გარე დატვირთვა ტვირთის წონით



ნახ. 2.24. მჰს-5-ის ჭოკის დაშვებისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე (ტვირთის წონით) დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქელის სრული გახსნისას.

მუშა სითხის ტემპერატურა $t = 25^{\circ}\text{C}$;

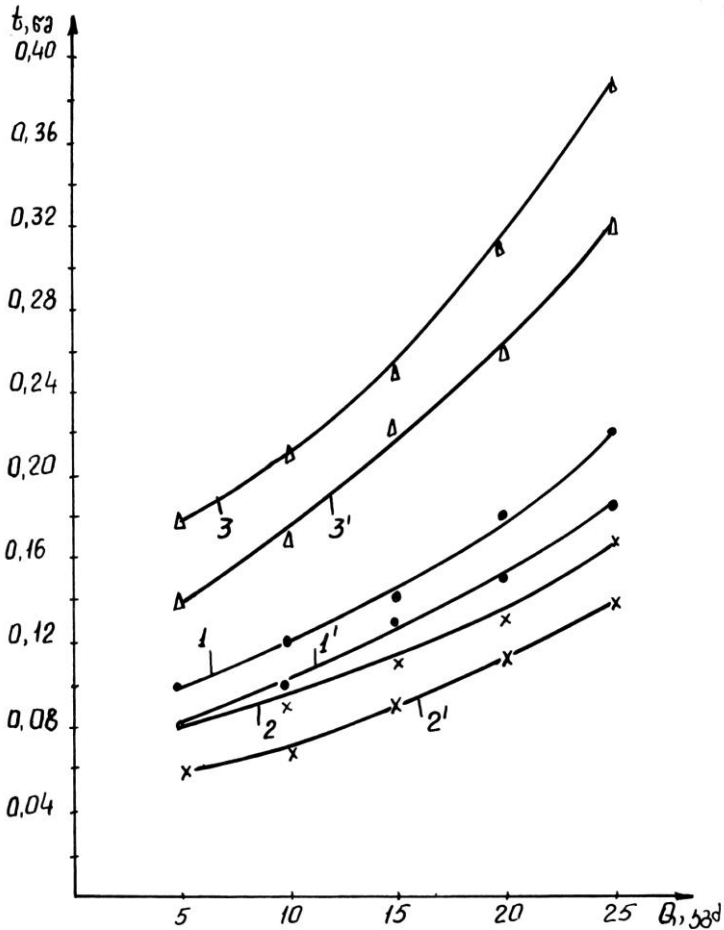
1,1' – ჭოკის დაშვების დაყოვნების დრო;

2,2' – ჭოკის მოძრაობის დრო დაშვებისას;

3,3' – ჭოკის დაშვების დრო.

1, 2, 3 – თვის ჭოკის სვლა $H = 32\text{მმ}$;

1', 2', 3' – თვის ჭოკის სვლა $H = 25\text{მმ}$.



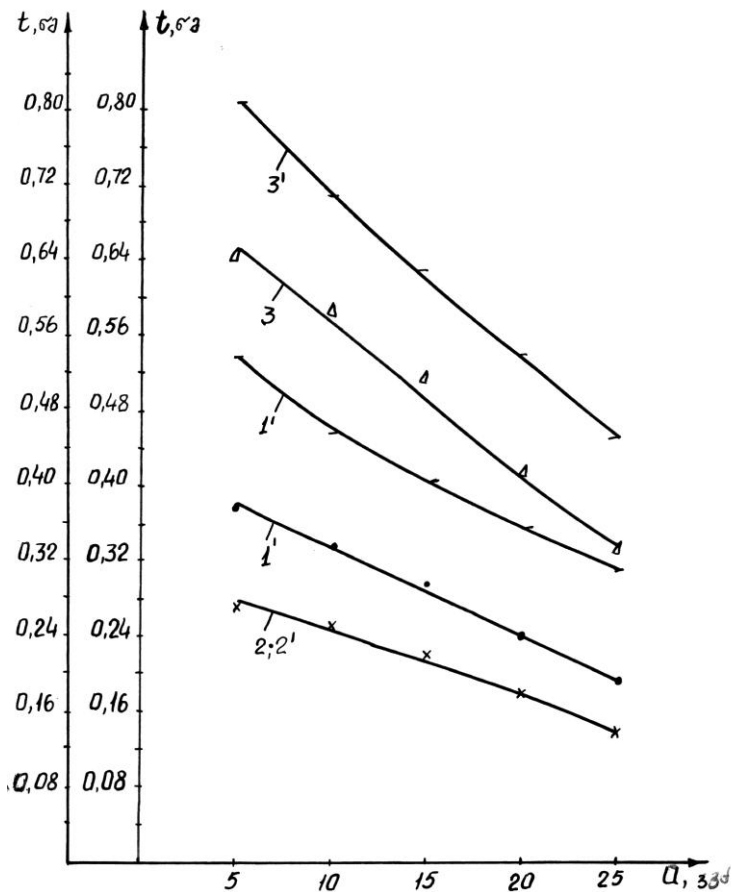
ნახ. 2.25. მჰს-5-ის ჭოკის აწევისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე (ტვირთის წონით) დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქველის სრული გახსნისას.

მუშა სითხის ტემპერატურა $t = 25^{\circ}\text{C}$;

1, 2, 3 – თვის ძაბვა $U = 220\text{ვ}$,

1', 2', 3' – თვის ძაბვა $U = 380\text{ვ}$

(აღნიშვნები იხ. ნახ. 2.23-ზე).



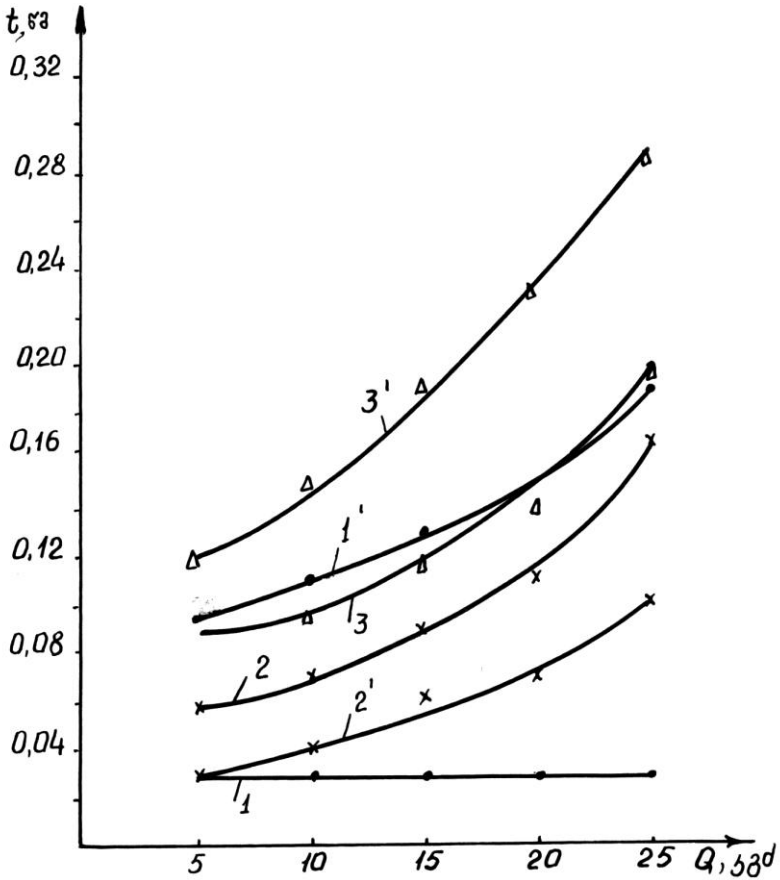
ნახ. 2.26. მქს-5-ის ჭოკის დაშვებისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე (ტვირთის წონით) დამოკიდებულება მარეგულირებელი სარქვლის სრული გახსნისას.

მუშა სითხის ტემპერატურა $t = 25^{\circ}\text{C}$;

1, 2, 3 – თვის ძაბვა $U = 220\text{ვ}$,

1', 2', 3' – თვის ძაბვა $U = 380\text{ვ}$.

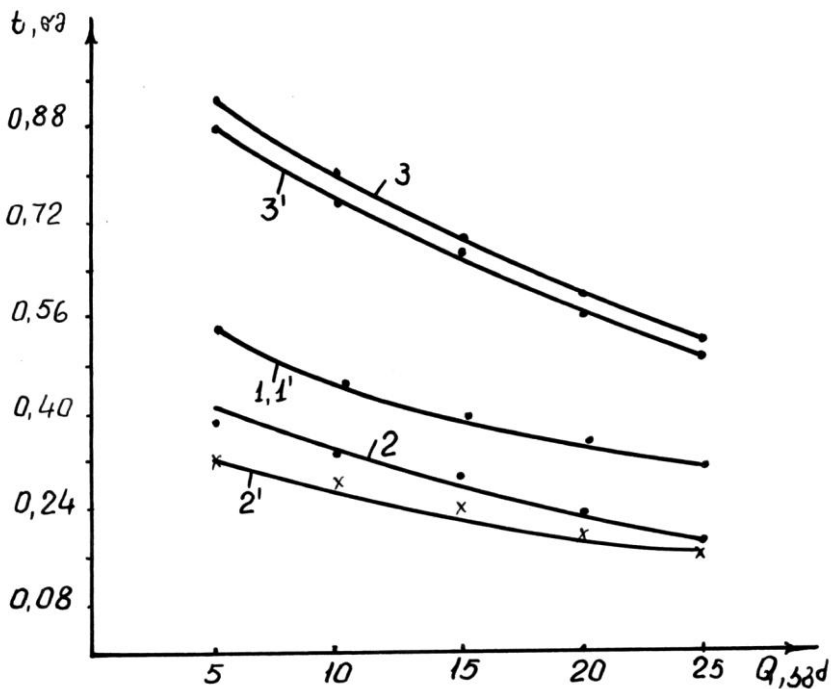
(აღნიშვნები იხ. ნახ. 2.24-ზე)



ნახ. 2.27. მჰს-1-ის და მჰს-3-ის ჭოკის აწევისას დროის მახასიათებლების გარე დატვირთვაზე $U = 380$ ვ ძაბვის დროს.

1, 2, 3 – მჰს-1-ის დროის დამოკიდებულება დატვირთვაზე აწევისას;

1', 2', 3' – მჰს-3-ის დროის დამოკიდებულება დატვირთვაზე აწევისას.

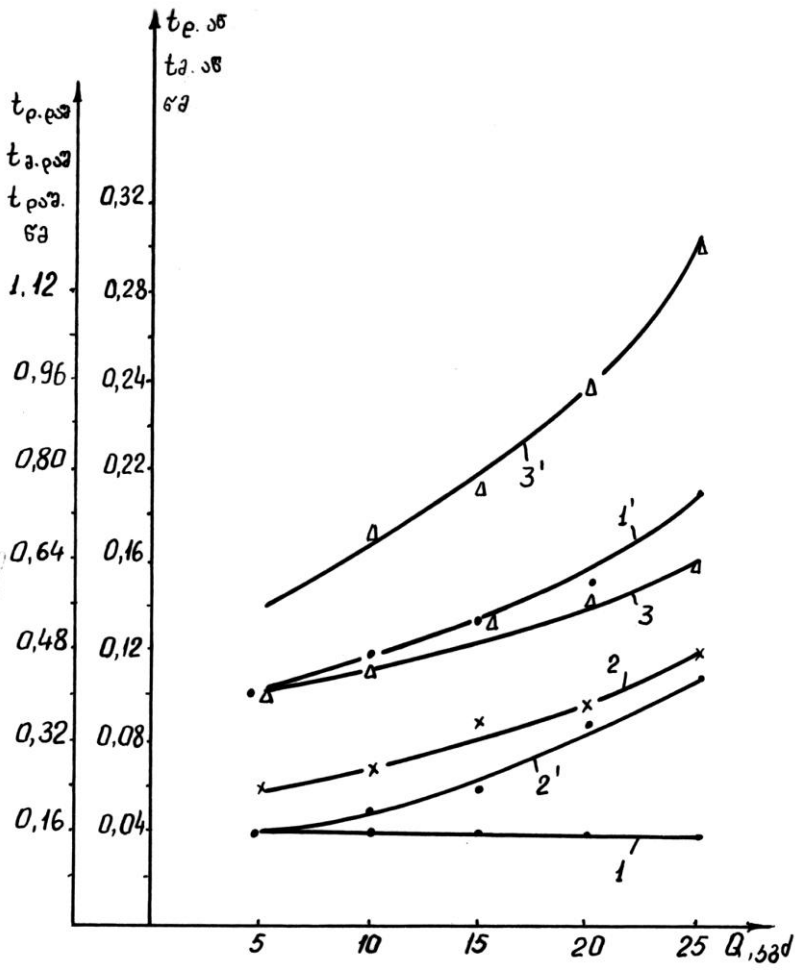


ნახ. 2.28. მჰს-1-ს და მჰს-3-ის ჭოკის დაშვებისას დროის მახასიათებლების დამოკიდებულება გარე დატვირთვაზე

$U = 380$ ვ ძაბვის დროს

1, 2, 3 – მჰს-1-ის დროის დამოკიდებულება დატვირთვაზე დაშვებისას;

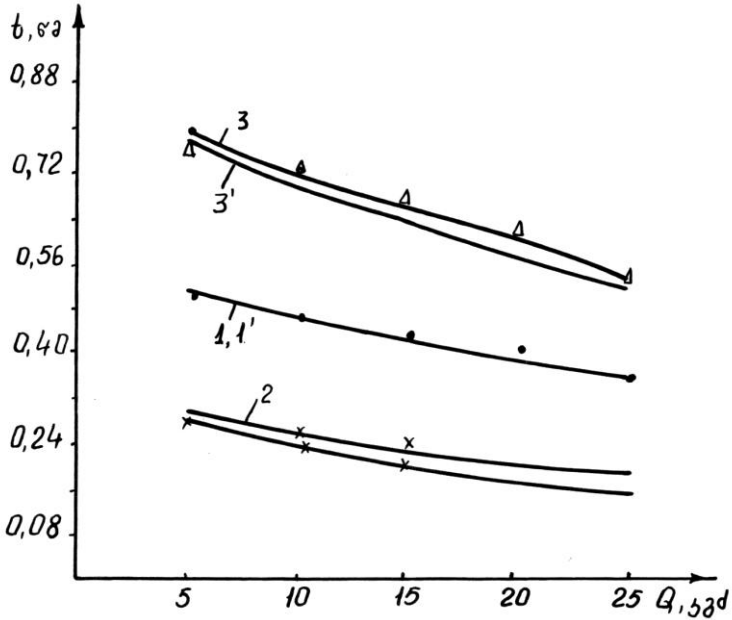
1', 2', 3' – მჰს-3-ის დროის დამოკიდებულება დატვირთვაზე დაშვებისას.



ნახ. 2.29. მ3ს-1-ს და მ3ს-3-ის ჭოკის აწევისას დროის მახასიათებლების დამოკიდებულება გარე დატვირთვაზე ელექტრომაგნიტის კოჭის $R = 95,5$ ომის აქტიური წინაღობის დროს.

1, 2, 3 – მ3ს-1-ის მახასიათებლები;

1', 2', 3' – მ3ს-3-ის მახასიათებლები.



ნახ. 2.30. მჰს-1-ს და მჰს-3-ის ჭოკის დაშვებისას დროის მახასიათებლების დამოკიდებულება გარე დატვირთვაზე ელექტრომაგნიტის კოჭას $R = 95,5$ ომის აქტიური წინაღობის დროს.

1, 2, 3 – მჰს-1-ის მახასიათებლები;

1', 2', 3' – მჰს-3-ის მახასიათებლები

(აღნიშვნები ნახ. 2.28).

ცხრ. 2.1-ში მოცემულია ჩვენ მიერ შემუშავებული მჰს-1-ის, მჰს-3-ისა და მჰს-5-ის ძირითადი ტექნიკური მახასიათებლები მიღებული აღნიშნული საბიძგებლების გამოცდის შედეგად და არსებული ელექტროჰიდრავლიკური საბიძგებელას TЭГ-25-ის ძირითადი ტექნიკური მახასიათებლები.

ცხრილი 2.1

პარამეტრები	საბიძგებელას ტიპი			
	მჰს-1	მჰს-3	მჰს-5	TЭГ-25
აწევის ნომინალური ძალვა, კგმ	25	25	25	25
ჟოკის სვლა, მმ	32	32	32	32
ჟოკის აწევის დრო მაქსიმალური სვლისა და ნომინალური დატვირთვისას, წმ	0,21	0,32	0,36	0,35
ჟოკის დაშვების დრო მაქსიმალური სვლისა და ნომინალური დატვირთვისას, წმ	0,32	0,32	0,32	0,56
ძაბვა, ვ	220	220	220	220

ჩვენ მიერ შემუშავებული მჰს-1-ის, მჰს-3-ისა და მჰს-5-ის საბიძგებლების ტექნიკური მახასიათებლების შედარება ჟოკის იგივე სვლისა და აწევის ნომინალური ძალვის მქონე არსებულ ელექტროჰიდრავლიკურ TЭГ-25 საბიძგებელასთან გვიჩვენებს, რომ საბიძგებლების დროის მახასიათებლებიდან ჟოკის აწევის დრო მჰს-1-სა და მჰს-3-ის ნაკლებია TЭГ-25-ის ჟოკის აწევის დროზე, ხოლო მჰს-5-ის – ოდნავ მეტი. ჟოკის დაშვების დრო მჰს-1-ის, მჰს-3-სა და მჰს-5-ის მეტია TЭГ-25-ის ჟოკის დაშვების დროზე.

თავი მესამე
სწრაფუკუსვლიანი მაგნიტურჰიდრაგლიკური
საბიძგებლები

§3.1. მაგნიტურჰიდრაგლიკური საბიძგებლების ჭოკის
დაშვების დაწყების დაყოვნების დროის შემცირების
ხერხები

ადრე განხილული მჰს-1 და მჰს-2 ჭოკის დაშვების დაწყება ხდება დაყოვნებით. ეს გამოწვეულია საბიძგებელას მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჰის მკვებავი წყაროდან გამორთვის მომენტიდან ელექტრომაგნიტში წარმოქმნილი ნარჩენი მაგნეტიზმის მიზიდულობის ძალით, რომლის მოქმედებითაც მჰს-ს ელექტრომაგნიტის ლუზადგუში კვლავ რჩება მიზიდული გულართან და ჭოკიც ვერ იწყებს მყისიერად დაშვებას ზედა კიდურა მუშა მდებარეობიდან. ნარჩენი მაგნეტიზმით გამოწვეული ლუზადგუშის გულართან მიზიდულობის ძალა თანდათან მცირდება და როცა ნაკლები გახდება ლუზადგუშზე მოქმედი უკუქმედი ძალის საწყის მნიშვნელობაზე, ლუზადგუში მოშორდება გულარს და მცირე დიამეტრიან დგუშთან და ჭოკთან ერთად დაეშვება ქვევით.

ლუზადგუშზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალა ტოლია ჭოკზე მოქმედი საწყისი გარე ძალის, მცირედიამეტრიანი დგუშისა და ჭოკის წონით შექმნილი ლუზადგუშზე

მოქმედი წნევის ძალისა და ღუზა-დგუმის წონის ჯამის. ამ ძალებიდან საბიძგებელას ღუზაზე მოქმედი უკუქმედი ძალისათვის არსებითად განმსაზღვრელ ძალას წარმოადგენს ჭოკის გარე დატვირთვის საწყისი სიდიდით შექმნილი უკუქმედი ძალა. გარე დატვირთვის გაზრდასთან ერთად იზრდება ღუზა-დგუმზე მოქმედი უკუქმედი ძალა და შესაბამისად მცირდება ღუზა-დგუმის გულარიდან მოშორების დრო, ე.ი. ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დრო – $t_{დ.დ.შ.}$.

მჰს-1 და მჰს-3-ში ელექტრომაგნიტის ღუზა-დგუმის გულარზე მიზიდვის შემდეგ, სანამ ღუზა არ მოშორდება გულარს, ღუზა-დგუმზე მოქმედებს საკმაოდ მცირე უკუქმედი ძალა

$$P_{b.უკ.} = PS, \quad (3.1.1)$$

სადაც P – მუშა არეში ჭოკის დაშვებისას მუშა სითხის საწყისი წნევის სიდიდეა;

S – გულარში არსებული ცილინდრული ხვრელის განივკვეთის ფართი.

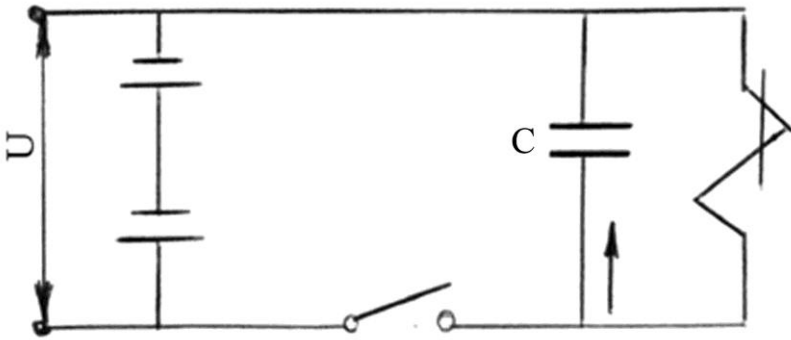
მჰს-1-ისა და მჰს-3-ის ღუზა-დგუმის ზედა კიდურა მდებარეობისას ჭოკზე მოქმედი გარე ძალის აღებული სიდიდისათვის ღუზა-დგუმზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალის მაქსიმალური სიდიდე მიიღება, როცა ღუზა-დგუმსა და გულარში ხვრელის დიამეტრები იქნებიან ერთმანეთის ტოლი. ეს კი შეუძლებელია ელექტრომაგნიტის კონსტრუქციიდან გამომდინარე, რადგან ამ შემთხვევაში მივიღებთ მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტს გულარის გარეშე. ასეთი

ელექტრომაგნიტის კონსტრუქცია კი მკს-სთვის მიუღებელია, როგორც მისი ელექტრომაგნიტური პარამეტრების, ისე კონსტრუქციული გადაწყვეტის გამო. როგორც ცნობილია, მკს-ში გამოყენებული მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზა-დგუშისა და გულარის დიამეტრები ტოლია და გულარში არსებული ხვრელის დიამეტრის გაზრდა შეზღუდულია გულარში გამავალი მაგნიტური ძალხაზებისათვის საჭირო გულარის განიკვეთის აუცილებელი ფართით. აქედან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ჩვენ მიერ შექმნილი მკს-1-ის და მკს-3-ის ჭოკის დაშვების დაყოვნების დროის შემცირება შეზღუდულია ღუზა-დგუშზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალის მაქსიმალურ სიდიდემდე გაზრდის შეუძლებლობით. აღსანიშნავია, რომ ღუზა-დგუშზე უკუქმედი ძალის საწყისი მნიშვნელობის გაზრდა მკს-ს აღნიშნულ კონსტრუქციებში შესაძლებელია მხოლოდ ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის საწყისი მნიშვნელობის გაზრდით, რაც ასევე შეუძლებელია ამ შემთხვევაში მკს-ს სხვა მახასიათებლების გაუარესების გამო.

მკს-ს ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დროის შემცირება შეიძლება არა მარტო ღუზა-დგუშზე მოქმედი უკუქმედი ძალის გაზრდით, არამედ მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ნარჩენი მაგნეტიზმის შემცირებით, ან ნარჩენი მაგნეტიზმის მიერ გამოწვეული ღუზა-დგუშზე მოქმედი მიზიდულობის ძალის სიდიდის შემცირებითაც.

მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტში ნარჩენი მაგნეტიზმის შემცირების ერთ-ერთი ხერხია ელექტრომაგნიტის კოჭის კონდენსატორით დაშუნტვა [41]. ნახ. 3.1-ზე მოყვანილი სქემის მეშვეობით ელექტრომაგნიტის გათიშვის მომენტში დენი გადანაწილდება კონდენსატორზე, რითაც რკინაში მცირდება ნარჩენი მაგნეტიზმი.

ასევე არსებობენ სხვა სქემებიც. გასათვალისწინებელია, რომ მათი გამოყენება ამცირებს მკს-ს ხანგამძლეობასა და საიმედოობას ექსპლუატაციის დროს [22].



ნახ. 3.1.

ნარჩენი მაგნეტიზმის მიერ გამოწვეული ღუზაზე მოქმედი მიზიდულობის ძალის სიდიდის შემცირების ერთ-ერთი გავრცელებული ხერხი მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტებში არის ღუზასა და გულარს შორის არამაგნიტური მასალის სადების მოთავსება. სწორედ ამ სადების სისქეზე არის დამოკიდებული აღნიშნული მიზიდულობის ძალის სიდიდის მნიშვნელობა [60]. ღუზასა და გულარს შორის

არამაგნიტური მასალის სადების მოთავსება იწვევს საჰაერო ღრეხოს სიდიდის ხსენებული სადების სისქის სიდიდით გაზრდას და საწყისი საჰაერო ღრეხოს სიდიდე

$$\delta_0 = \delta_{\text{ღ}} + \delta_{\text{სად}}, \quad (3.1.2)$$

სადაც $\delta_{\text{ღ}}$ – ღუზის მუშა სვლაა;

$\delta_{\text{სად}}$ – არამაგნიტური მასალის სადების სისქე.

აღნიშნული ხერხის ნაკლი იმაში მდგომარეობს, რომ საწყისი საჰაერო ღრეხოს მცირე გაზრდაც კი მოკლესვლიანი მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტებში საკმაოდ ამცირებს ელექტრომაგნიტის მიზიდულობის საწყის $P_{\text{გ.ა}}$ ძალას. უკანასკნელი ძალა გამოითვლება ფორმულით [60]

$$P_{\text{ემ}} = \frac{1}{2} I^2 \frac{\mu_0 S \omega^2}{\delta_0^2}, \quad (3.1.3)$$

სადაც I – ღუზის დამპრისას კოჭაში გამავალი დენია;

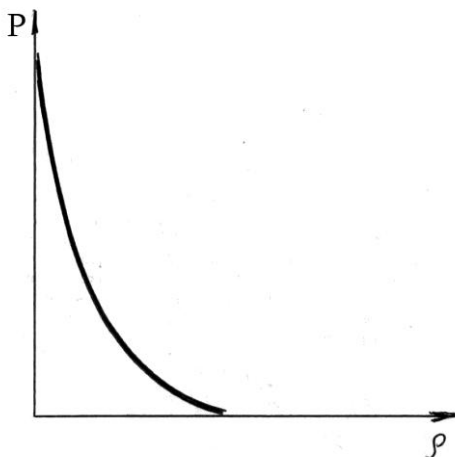
μ_0 – ჰაერის მაგნიტური შეღწევადობა,

S – ღუზის კვეთის ფართი,

ω – ელექტრომაგნიტის კოჭას ხვიათა რიცხვი.

ფორმულა (3.1.3)-ის მარჯვენა მხარეს δ -ს მიმართ აქვს კვადრატული ჰიპერბოლის სახე, ამიტომ ღუზასა და გულარს შორის საწყისი საჰაერო ღრეხოს მცირე გაზრდაც კი არსებითად ამცირებს მოკლესვლიანი ელექტრომაგნიტის მიზიდულობის საწყის ძალას, რაც ნათლაც ჩანს ნახ. 3.2-ზე, რომელზეც ნაჩვენებია მუდმივი დენის მოკლესვლიანი ელექტრომაგნიტის მიზიდულობის ძალის დამოკიდებულების სახე ღუზის სვლის სიდიდეზე. გასათვალისწი-

ნებელია ისიც, რომ ღუზასა და გულარს შორის საწყისი საჰაერო ღრეჩოს გაზრდა ასევე ზრდის ღუზის მიზიდვის დაყოვნებისა (2.2.1) და მიზიდვისას მოძრაობის დროის (2.4.1) სიდიდეებს, რადგან მათ გამოსათვლელ ფორმულებში $\delta_0 = \delta_{\text{ღ}}$ -ს ნაცვლად უნდა შევიტანოთ $\delta_0 = \delta_{\text{ღ}} + \delta_{\text{საღ}}$. მნიშვნელობა.



ნახ. 3.2.

ზემოთ აღნიშნულიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ არამაგნიტური მასალის სადების მოთავსება მჰს-ს მოკლესვლიანი ელექტრომაგნიტის ღუზა-დგუშსა და გულარს შორის ზრდის საწყის საჰაერო ღრეჩოს და ამცირებს მჰს-1-ის და მჰს-3-ის ჭოკის დაშვების დაყოვნების დროს. მაგრამ ამასთანავე საგრძნობლად ამცირებს ჭოკის აწევის ძალას და ზრდის ჭოკის აწევის დაყოვნების და აწევისას მოძრაობის დროს. ამიტომ აღნიშნული ხერხი მჰს-ს ჭოკის უკუსვლის

დაყოვნების დროის შესამცირებლად ჩვენ შემთხვევაში არაა მიზანშეწონილი.

მუშა კამერის ჰერმეტიზაციის და მჰს-ს საიმედო მუშაობის უზრუნველყოფისთვის სასურველია მუშა არეში შეიქმნას მინიმალური $P_{\text{ჰ}}$ ჭარბი წნევა. ეს კი, არსებული მჰს-ს ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის აღებული მნიშვნელობისათვის შესაძლებელია მხოლოდ მცირედიამეტრიანი დგუმის d_2 დიამეტრის გაზრდით, ვინაიდან მცირედიამეტრიანი დგუმის ქვეშ მუშა სითხის წნევის სიდიდე ტოლია ჭარბი წნევის და

$$P_w = \frac{4Q}{\pi d_2^2},$$

სადაც Q – ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვაა.

მცირედიამეტრიანი დგუმის დიამეტრი

$$d_2 = \frac{d_R \sqrt{\delta_o}}{\sqrt{H}},$$

სადაც H – ჭოკის სვლაა,

d_L – ელექტრომაგნიტის ღუზის დიამეტრია.

ამიტომ d_2 -ის გაზრდა, თავის მხრივ, მოითხოვს ელექტრომაგნიტის ანგარიშით მიღებული ღუზა-დგუმის დიამეტრისა და მისი სვლის სიდიდეებიდან გაიზარდოს ერთი მაინც. ეს კი მოითხოვს ელექტრომაგნიტის გაბარიტული ზომებისა და წონის გაზრდას, რაც, თავის მხრივ, უარყოფითად მოქმედებს ელექტრომაგნიტის ელექტრომაგნიტურ და ტექნიკურ მახასიათებლებზე [60].

არსებული მჰს-ების კონსტრუქციების ანალიზი აჩვენებს, რომ აღნიშნული კონსტრუქციების ერთ-ერთი უარყო-

ფით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დროის შემცირება არ ხერხდება ღუზა-დგუშზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალის შესაძლებელ მაქსიმალურ სიდიდემდე გაზრდის შეუძლებლობის გამო. ასევე ჭარბი წნევის სასურველი მინიმალური სიდიდის მიღწევა შეუძლებელია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ანგარიშით მიღებული ელექტრომაგნიტის გაბარიტული ზომებისა და წონის გაზრდის გარეშე.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე სასურველია შემუშავდეს მკს-ს ისეთი ახალი კონსტრუქცია ჭოკის დაშვების დაყოვნების მცირე დროით, რომელშიც ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დროის შემცირება მიღწეული იქნება ჭოკის დაშვების დაწყებამდე ელექტრომაგნიტის ღუზაზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალის მაქსიმალური სიდიდის უზრუნველყოფით. ამასთან, შესაძლებელი იქნება მუშა კამერაში მუშა სითხის ჭარბი წნევის სასურველი მინიმალური სიდიდის უზრუნველყოფა საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის ანგარიშით მიღებული ღუზის დიამეტრისა და ღუზის სვლის სიდიდის გაზრდის გარეშე.

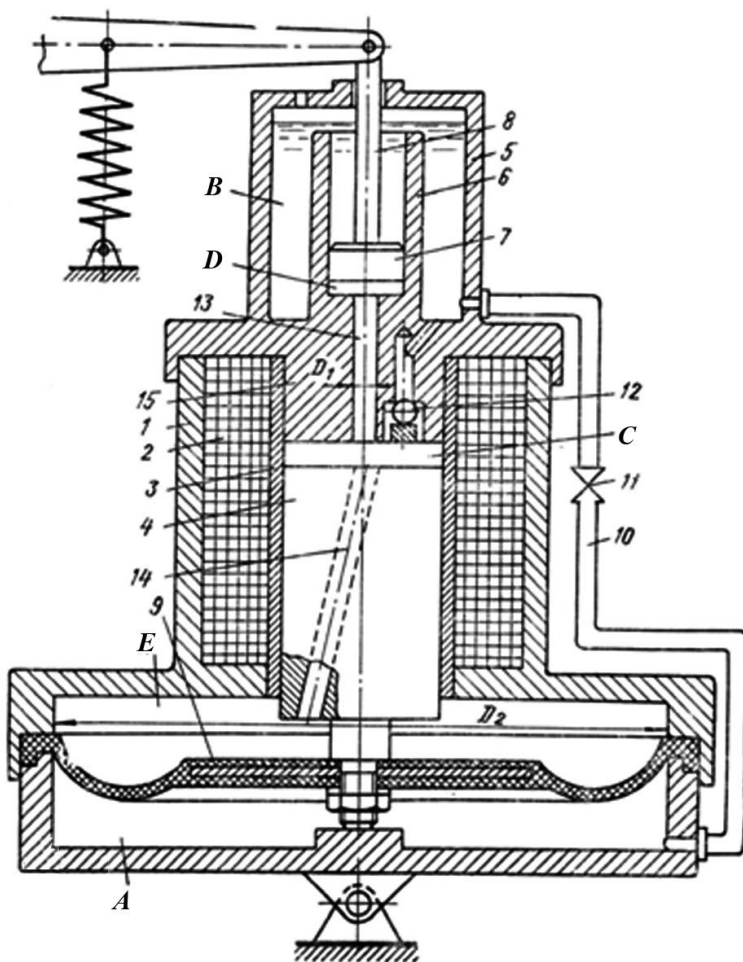
§3.2. მემბრანიანი მაგნიტურჰიდრაულიკური

საბიძგებლები

ჩვენ შევიმუშავეთ მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლების ახალი მემბრანიანი კონსტრუქცია მკს-6, რომელშიც ჭოკის დაშვების დაყოვნების დროის შემცირება უზრუნველყოფილია ღუზაზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალის მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე გაზრდით, ხოლო მუშა

არეში ჭარბი წნევის სასურველი სიდიდის მიღება შესაძლებელია მკს-ს ელექტრომაგნიტის გაბარიტული ზომებისა და წონის გაზრდის გარეშე [78].

ნახ. 3.3-ზე მოცემულია მემბრანიან მკს-6-ის კონსტრუქციის სქემატური ნახაზი.



ნახ. 3.3. მკს-6

მკს-6-ის კორპუსის 1 ქვედა ნაწილში მოთავსებულია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2. კოჭას 2 ღრუში მოთავსებულია არამაგნიტური მასალის მიმმართველი მილი 3. მილი 3 ასრულებს ჰიდრაულიკური ცილინდრის როლსაც. მასში მოძრაობს ლუზა 4, კორპუსის 1 ზედა ნაწილი წარმოადგენს მუშა სითხის ავზს 5 ცენტრალური მილით 6. მილი 6 ასრულებს მეორე ჰიდრაულიკური ცილინდრის როლს. მასში გადაადგილდება დგუში 7. ეს უკანასკნელი ჭოკით 8 დაკავშირებულია შემსრულებელ მექანიზმთან. კორპუსის 1 ქვედა ნაწილის ღრუ გაყოფილია ორ ნაწილად მემბრანით 9, რომელიც დამაგრებულია კორპუსში 1 და ხისტადაა დაკავშირებული ლუზასთან 4.

მემბრანის 9 ქვემოთ მდებარე A არე მილისა 10 და მარეგულირებელი სარქველის 11 მეშვეობით დაკავშირებულია მუშა სითხის საცავის 5 B არესთან. ლუის 4 ზემოთ მდებარე C არე ცალმხრივმოქმედი ჩამკეტი ბურთუ-ლიანი სარქველის 12 და არხის მეშვეობით დაკავშირებულია საცავის 5 B არესთან, ხოლო მეორე მხრივ გამჭოლი ხვრე-ლით 13 – დგუშის 7 ქვემოთ მდებარე D არესთან. C არე ლუზის 4 გამჭოლი ხვრელით 14 დაკავშირებულია მემბრანის 9 ზემოთ მდებარე E არესთან. ლუზის გულართან 15 სრული მიზიდვისას ხვრელი 14 ემთხვევა გულარში 15 მოთავსებულ გამჭოლ ხვრელს 13 და დგუშის 7 ქვემოთ მდებარე D არე მაინც იქნება დაკავშირებული მემბრანის 9 ზემოთ მდებარე E არესთან ხვრელებით 13, 14.

მკს-6-ის მუშაობის პრინციპი ასეთია:

საბიძგებელას მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭის 2 მკვებავ წყაროში ჩართვისას ღუზა 4 მიეზიდება გულარს 13 და აიწევა ზევით. ღუზასთან 4 ერთად აიწევა მასთან ხისტად დამაგრებული მემბრანაც 9 და E არეში გაიზრდება წნევა. ღუზის 4 გამჭოლი ხვრელის 14 გავლით სითხე წნევით დაიჭირხნება C არეში და გულარის 15 გამჭოლი ხვრელის 13 გავლით – D არეში. შეიქმნება რა ჭარბი წნევა D არეში, დგუში აიწევა მასზე ხისტად დამაგრებულ ჭოკთან 8 ერთად ქვედა კიდურა მდებარეობიდან ზედა კიდურა მუშა მდებარეობამდე. ამ დროს სარქველი 12 დაკეტილია და არ უშვებს სითხეს საცავის 5 B არეში. ამასთანავე სითხე B არიდან მემბრანით 9 მილისას 10 და მარეგულირებელი სარქველის 11 მეშვეობით შეიწოვება A არეში. ღუზა 4 მიეზიდება რა სრულად გულარს 15, ჭოკი 8 მიაღწევს ზედა კიდურა მუშა მდებარეობას და საბიძგებელა მოყვანილი იქნება სრულ მუშა მდგომარეობაში დენის გამორთვამდე.

საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის კოჭის მკვებავი წყაროდან გამორთვისას ჭოკზე 8 მოქმედი გარე დატვირთვისა და საკუთარი წონის მოქმედებით დგუში 7 ეცდება დაეშვას ქვევით. იგი დააწვება მუშა სითხეს, რომელიც გულარის 15 გამჭოლი ხვრელისა 13 და მასთან თანხვედრილი ღუზა-დგუშის 4 გამჭოლი ხვრელის 14 მეშვეობით დაიჭირხნება E არეში. იქ შექმნის წნევას და დააწვება მემბრანას 9 Q_1 ძალით [120]

$$Q_1 = \frac{1}{2} \pi P (D_m^2 + D_m d + d^2), \quad (3.2.1)$$

სადაც D_a – მემბრანის მაქსიმალური დიამეტრია;

d – მემბრანის ხისტი ცენტრის დიამეტრი;

P – მუშა კამერაში სითხის წნევის საწყისი სიდიდე ჭოკის დაშვებისას.

Q_1 ძალა მიმართულია ღუზის მიზიდვისას მოძრაობის საწინააღმდეგოდ და წარმოადგენს ღუზაზე 4 მოქმედ საწყის

უკუქმედ ძალას. რადგან მჰს-6-ში Q_1 ძალა $\left(\frac{D_m}{d_R}\right)^2$ -ჯერ მეტია

მჰს-1 და მჰს-3-ში მუშა სითხის ერთი და იმავე P წნევის დროს ღუზაზე მოქმედი უკუქმედი ძალის საწყის სიდიდეზე (3.1.1), გულარზე 14 მიკროული ღუზა-დგუში 4 სწრაფად მოსწყდება გულარს 15 და მემბრანასთან 9 ერთად დაეშვება ქვევით. ამასთანავე სწრაფად იწყებს დაშვებას საბიძგებელას ჭოკიც 8, ე.ი. მიღწეულია მჰს-6-ის ჭოკის დაშვების დაყოვნების მცირე დრო.

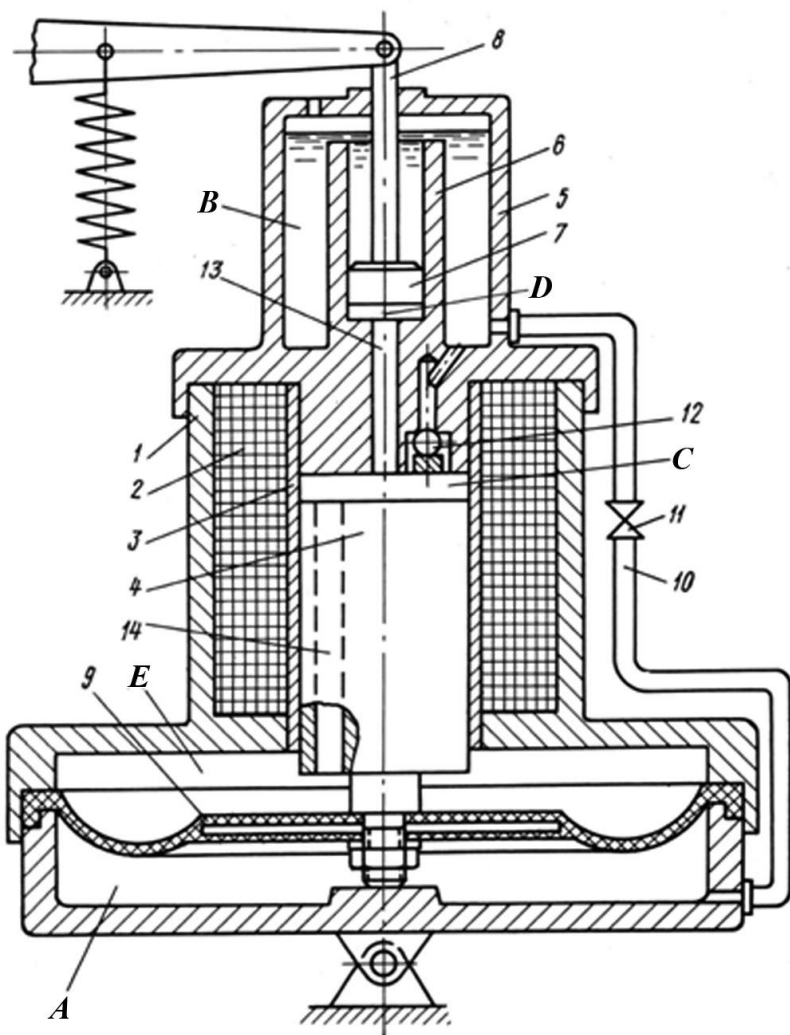
ღუზა 4 მემბრანასთან ერთად დაეშვება რა ქვედა საწყის კიდურა მდებარეობამდე, ჭოკიც 8 დგუშთან 7 ერთად დაეშვება ქვედა საწყის კიდურა მდებარეობამდე. ამ დროს მუშა სითხე, რომლითაც შევსებულია A არე, მილით 10 და მარეგულირებელი სარქვლის 11 გავლით გადაედინება მუშა სითხის საცავის 5 B არეში, რის შემდეგაც მჰს-5 მზად იქნება მუშაობის შემდეგი ციკლის შესასრულებლად. აღსანიშნავია, რომ მარეგულირებელი სარქვლის 11 მდებარეობის რეგულირებით შეგვიძლია მივიღოთ დგუშისა 7 და ჭოკის 8 მდოვრე სვლა დაშვებისას. როგორც მემბრანიანი მჰს-6-ის მუშაობის პრინციპის აღწერიდან ჩანს, მჰს-6-ის მემბრანა ასრულებს

იმავე როლს, რასაც მჰს-1-სა და მჰს-3-ის ღუზა-დგუში. ამიტომ, მჰს-6-ის ჭარბი წნევის სიდიდის სასურველ მნიშვნელობამდე შემცირების მიზნით შესაძლებელია დგუშის დიამეტრის ნებისმიერ სიდიდემდე გაზრდა მემბრანის დიამეტრის ცვლილებით, ისე რომ არ გაიზარდოს ელექტრომაგნიტის ღუზის დიამეტრი და სვლის სიდიდე.

მემბრანის დიამეტრის სიდიდის შეუზღუდავი გაზრდის შესაძლებლობა ასევე საშუალებას იძლევა მჰს-6-ის ელექტრომაგნიტის ღუზა-დგუშსა და გულარს შორის საჭირო ღრეჩო (ღუზის სვლის სიდიდე მიზიდვისას) პრაქტიკულად შეირჩეს ნებისმიერად მცირე სიდიდის, ისე რომ არ გაიზარდოს საჭირო ჭარბი წნევის სიდიდე.

აღსანიშნავია, რომ ელექტრომაგნიტის ღუზის სვლის პრაქტიკულად შეუზღუდავი შემცირების შესაძლებლობა საშუალებას გვაძლევს ელექტრომაგნიტი გამოვიყენოთ მისი მიზიდულობის ძალის მახასიათებლის ოპტიმალურ ნაწილზე, ე.ი. მიზიდვის ძალის ძლიერ დიდი მნიშვნელობებისა და გამშვები დენის შედარებით მცირე მნიშვნელობებისათვის.

იმ მანქანა-მექანიზმებში, რომლებშიც საბიძგებელას არ მოეთხოვება ჭოკის სწრაფი დაშვება, მჰს-6-ის გამოყენება არაა ხელსაყრელი, რადგან მისი მემბრანა ჭოკის ზედა კიდურა მდებარეობაში ყოფნის დროს მუდმივად იმყოფება მაქსიმალური წნევის ქვეშ და ამიტომ იგი განიცდის მუდმივ არასასურველ დეფორმაციას. ამ უკანასკნელის თავიდან აცილების მიზნით აღნიშნული შემთხვევებისათვის ჩვენ შევიმუშავეთ ახალი კონსტრუქციის მემბრანიანი მაგნიტურ-ჰიდრავლიკური საბიძგებელა მჰს-7 (ნახ. 3.4) [76].



Биб. 3.4. 036-7

მკს-7-ში ღუზის 4 ხვრელი 14 არ ემთხვევა C და D არეების დამაკავშირებელ ხვრელს 13, როცა ღუზა სრულად მიეზიდება გულარს და ამ დროს დგუმის 7 ქვედა D არე ვეღარ უკავშირდება მემბრანის 9 ზედა E არეს მანამ, სანამ ელექტრომაგნიტი ჩართულია და ჭოკი 8 იმყოფება ზედა კიდურა მდებარეობაში.

მკს-7-ის მუშაობის პრინციპი ზუსტად ისეთივეა, როგორც – მკს-6-ის, ამიტომ მას აღარ აღვწერთ.

ამრიგად, მკს-7-ში მემბრანა ჭოკის ზედა კიდურა მდებარეობაში ყოფნისას მუდმივად აღარ განიცდის მაქსიმალური წნევის გავლენას და მისი ძლიერ დეფორმირებულ მდგომარეობაში ყოფნის პერიოდიც შემცირებულია. ეს კი ხელს შეუწყობს მკს-ს ხანგამძლეობის გაზრდას.

§3.3. მემბრანიანი მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლებისათვის მემბრანის შერჩევა

მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელას ტოროიდული მემბრანის ზომები უნდა შეირჩეს საბიძგებელას ჭოკის სვლის სიდიდის, მუშა სითხის ჭარბი წნევისა და მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზის სვლის სიდიდის გათვალისწინებით. ტოროიდული მემბრანის პროექტირებისას აუცილებელია ვიცოდეთ მემბრანის რა პარამეტრები მოქმედებს მემბრანის ეფექტური ფართის სიდიდეზე და როგორ იცვლება ეფექტური ფართი დატვირთვის ცვლილებასთან ერთად.

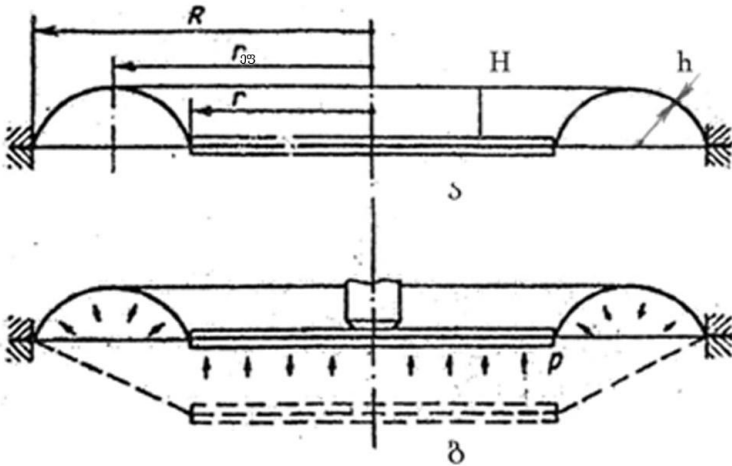
მაგნიტურჰიდრაელიკური საბიძგებელას მემბრანა მოთავსებულია ზეთის არეში. საბიძგებელას მუშა სითხის – ზეთის ტემპერატურა დამოკიდებულია გარემოს ტემპერატურასა და ელ. მაგნიტის ჩართვის ხანგრძლივობაზე, ამიტომ საქართველოს პირობებში ზეთის ტემპერატურა შეიძლება იცვლებოდეს -40°C -დან $+80^{\circ}\text{C}$ -მდე.

მჰს-ს მემბრანის დასამზადებლად ვარგისია არა ყველა პლასტიური მასალა, არამედ მხოლოდ ისეთი, რომლებიც შემდგომი მექანიკური თუ თერმული დამუშავებისას უფრო მეტად დრეკადი და პლასტიური ხდება. მემბრანის შემადგენელი მასალა უნდა ხასიათდებოდეს მაღალი დრეკადობითა და პლასტიურობით. მემბრანის ზეთის არეში ხანგრძლივი მუშაობისას რომ არ მოხდეს მემბრანის გაჯირჯევა, იგი უნდა დამზადდეს ზეთგამძლე სინთეტიკური რეზინისაგან. მჰს-ს მემბრანა უნდა იყოს საკმაოდ მცირე სიხისტის და უნდა უზრუნველყოფდეს ხისტი ცენტრის დიდ გადაადგილებას.

მჰს-ს არალითონური მემბრანის ხისტი ცენტრის დიამეტრი ძირითადად შეადგენს მუშა დიამეტრის 0,75-0,85 ნაწილს (ნახ. 3.5,ა). ბრტყელი მემბრანის დრეკადი რგოლური ნაწილი მზადდება ბრტყელი ან ტოროიდული ფორმის. ბრტყელი მემბრანის კონსტრუქცია მარტივია, თუმცა ხისტი ცენტრის გადაადგილებისას მემბრანის ეფექტური ფართი საგრძნობლად იცვლება და ეფექტური ფართი იანგარიშება როგორც აბსოლუტურად დრეკადი მემბრანის ეფექტური ფართი (ნახ. 3.5,ბ).

$$F_{ef} = \pi r_{ef}^2,$$

სადაც r_{ef} – მემბრანის დრეკადი რგოლის ყველაზე ზედა წერტილის რადიუსია (ნახ. 3.5,ა).



ნახ. 3.5. არალითონური მემბრანები:

ა – დამზადებისას ფორმირებული ტოროიდული გოფრით;
 ბ – ბრტყელი მემბრანა დატვირთვამდე და დატვირთვის შემდეგ

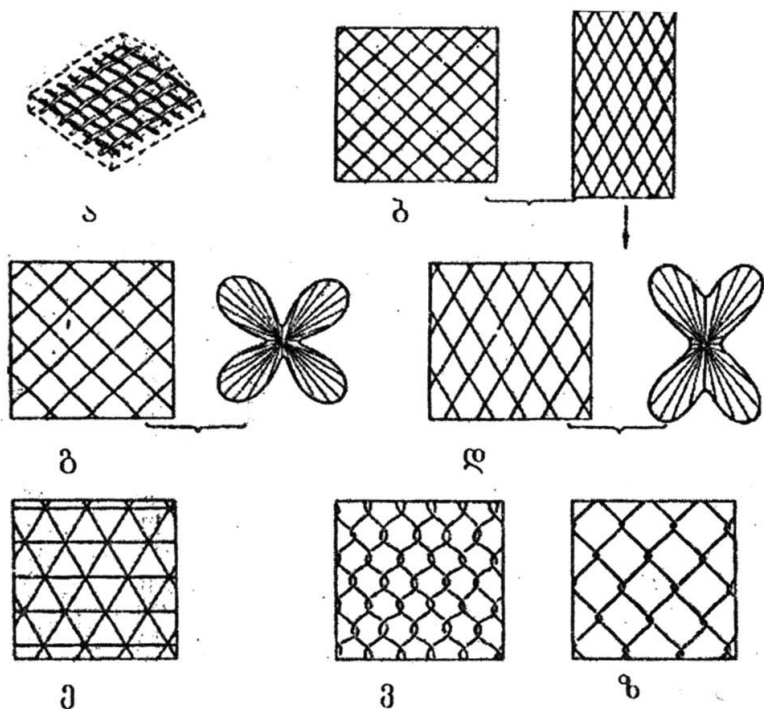
$$\text{რადგან } r_{ef} = r + \frac{R-r}{2},$$

$$\text{ეფექტური ფართი } F_{ef} = \frac{\pi}{4} (R+r)^2.$$

ტოროიდული მემბრანა, რომელსაც ფორმას დამზადებისას ვანიჭებთ, ბრტყელ მემბრანასთან შედარებით ხასიათდება უფრო სტაბილური ეფექტური ფართით, თუმცა მისი დამზადება რთულია. ზოგჯერ ბრტყელ მემბრანას

მჭიდროდ ამაგრებენ კორპუსში. მუშაობისას წნევის ზემოქმედებით ბრტყელი მემბრანა იჭიმება და ღებულობს ტოროიდულ ფორმას (ნახ. 3.5,ბ), მაგრამ ამ შემთხვევაში ეფექტური ფართის სტაბილურობა უფრო დაბალია, ვიდრე ტოროიდული მემბრანისა. მემბრანის მასალის დამყოლობა, რომელიც უზრუნველყოფს მემბრანის მცირე სიხისტეს, ამავე დროს წარმოადგენს სერიოზულ წინაღობას მაღალი წნევის არეში მუშაობისას, რადგან ამ დროს მემბრანის გოფრი ძლიერ იჭიმება, რაც იწვევს ეფექტური ფართის ცვლილებას. მაღალი წნევისას მემბრანის მასალის სიმტკიცე ხშირად არასაკმარისია. მემბრანის სიმტკიცის გაზრდა ისე, რომ შენარჩუნებული იქნეს მცირე სიხისტე, შესაძლებელია მიღწეულ იქნეს მემბრანის ბადისებრი კონსტრუქციით [14].

მემბრანის ბადისებრი კონსტრუქცია წარმოადგენს გარსს, შედგენილს ძაფებისაგან, რომელთა შორის სივრცე შევსებულია ელასტიური მასალით (რეზინი, პლასტმასა). შემავსებელი მასალა უზრუნველყოფს ჰერმეტიულობას და ძაფებს გადასცემს მუშა დატვირთვას (ნახ. 3.6,ა). ძაფების სიხისტე გაცილებით მეტია, ვიდრე შემავსებელი მასალის სიხისტე, ამიტომ ისინი წარმოადგენენ მზიდ ელემენტებს მემბრანის კონსტრუქციაში. რადგან მემბრანის დატვირთვისას ძაფების სიგრძე პრაქტიკულად უცვლელი რჩება, დატვირთვისას მემბრანის ფორმის შეცვლა დაკავშირებულია შემავსებელი მასალის ძვრის დეფორმაციასთან.



ნახ. 3.6. მემბრანების ბადისებრი კონსტრუქციები

ბადისებრი გარსი ხასიათდება ბადის სტრუქტურით განპირობებული ანიზოტროპული თვისებებით. მაგალითად, მართკუთხა ბადეში მასალის სიხისტე ძაფების მიმართულეებით, იქნება მაქსიმალური, ხოლო ძაფების მიმართ 45° -ით მიმართული კი – მინიმალური (ნახ. 3.6,ბ,გ). როცა მემბრანის ბადის ძაფები არ არიან ურთიერთმართობული, მაშინ სიხისტე მიმართულეების მიხედვით იცვლება იმ კანონით, რომელიც ნაჩვენებია ნახ. 3.6,დ-ზე. თუ ბადის ძაფების სამი ფენა ერთმანეთთან გადაიკვეთება წყვილ-

წყვილად 60°-ით (ნახ. 3.6.ე), მაშინ ასეთი გარსის თვისებები იქნება იზოტროპულთან მიახლოებული.

ანიზოტროპული ბადისებრი გარსისაგან შეგვიძლია მივიღოთ საკმაოდ მტკიცე მემბრანა, მითუმეტეს თუ მემბრანის პროფილს ისეთ სახეს მივცემთ, რომელიც ნაკლებად შეიცვლება წნევის ცვალებადობისას ხისტი ცენტრის მდებარეობის შეუცვლელად. ასეთ შემთხვევაში უზრუნველყოფილი იქნება მემბრანის ეფექტური ფართის სტაბილურობა.

პრაქტიკაში ყველაზე უფრო გავრცელებულია ისეთი მემბრანები, რომელთა გარსი შექმნილია იმ ქსოვილისაგან, რომლის ძაფები ურთიერთმართობულია, რადგან ასეთი მემბრანების დამზადება შედარებით უფრო ადვილია. თუმცა ეს მემბრანები რიგი ნაკლოვანებებით ხასიათდება. კერძოდ, მემბრანის დამზადებისას გოფრის ფორმირების პროცესში ხდება ძაფების არათანაბარი დაჭიმვა. ძაფები, რომლებიც წრეწირის მხებად არიან მიმართული, ძლიერ იჭიმებიან და ზოგჯერ წყდებიან კიდეც. ძაფები, რომლებიც მიმართულია რადიუსის მიმართ 45°-იანი დახრით, შედარებით უკეთეს პირობებში არიან. ამიტომ, წნევის ცვალებადობისას მემბრანის გოფრის ფორმა იცვლება, რაც, თავის მხრივ, იწვევს მემბრანის ეფექტური ფართის ცვლილებას.

მემბრანის დამზადებისას თუ გამოყენებულია სარქის ან ტილოს ისეთი ქსოვილი, სადაც ძაფები ერთმანეთთან გადახლართულია, მაშინ ასეთი მემბრანა არ ხასიათდება მაღალი მუშა პარამეტრებით. ეს აიხსნება იმით, რომ ძაფების გადახლართვის ადგილებში მემბრანის მუშაობისას ძაფებს

შორის წარმოიქმნება ხახუნი, რაც იწვევს ძაფების ცვეთას და გაწყვეტას (ნახ. 3.6,ვ,ზ).

ამ მხრივ, განსაკუთრებული უპირატესობა ენიჭება ისეთ მემბრანებს, რომლებიც დამზადებულია კორდის ქსოვილისაგან, სადაც სხვადასხვა მიმართულების ძაფები სხვადასხვა სიბრტყეშია განთავსებული და ერთმანეთს არ ეხება. თუ მემბრანა მუშაობს მაღალი წნევის არეში, მაშინ შეიძლება მემბრანის გარსის დამზადებისას გამოვიყენოთ კორდის ქსოვილის რამდენიმე ფენა.

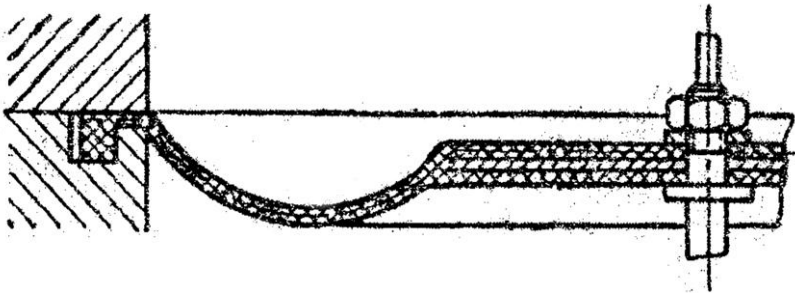
მემბრანის ხისტი ცენტრი შეიძლება მივიღოთ ორი ლითონის დისკოს მეშვეობით, რომელთა შორის მოთავსებულია მემბრანის ნაწილი. დისკოს ურთიერთდაჭერით მემბრანის ის ნაწილი, რომელიც მოთავსებულია დისკოებს შორის, აღარ იჭიმება. ზოგჯერ კი, დიდი ძალების მოქმედებისას, მემბრანის დისკოებს აწებებენ.

ხისტი ცენტრის დამაგრების ყველაზე უფრო საიმედო მეთოდია, როცა მემბრანის ვულკანიზაციისას მემბრანის რეზინის ფენა შემოწვდომილია დისკოს ორივე მხარეს (ნახ. 3.7). ამით უზრუნველყოფილია დისკოს კოროზიისაგან დაცვა და ჭოკის მემბრანასთან დამაგრების ჰერმეტიულობა.

მემბრანის კორპუსში დამაგრების სხვადასხვა მეთოდი არსებობს. შესაძლებელია მემბრანა გარე კონტურით მოთავსდეს კორპუსში. ამ შემთხვევაში დაჭერის ძალა უზრუნველყოფს მის დამაგრებას. ჭანჭიკებით დამაგრებისას მემბრანის გარე კონტურზე ჭანჭიკებისთვის კეთდება ხვრელები, რაც არასასურველია, რადგან მემბრანის დაჭიმვისას შესაძლებე-

ლია ხვრელის ადგილებში მემბრანის დაზიანება და ჰერმეტიულობის დარღვევა.

უფრო სრულყოფილია მემბრანის კორპუსში დამაგრება მემბრანის წრიული კინტით, რომელიც მემბრანის ფორმირებისას არის დამზადებული. დამაგრების ასეთი მეთოდი უზრუნველყოფს მემბრანის კორპუსში საიმედო ცენტრირებასა და ჰერმეტიულობას, ასევე გამორიცხულია მემბრანის კორპუსის მიმართ გადაადგილების შესაძლებლობა (ნახ. 3.7).



ნახ. 3.7. არალითონური მემბრანების დამაგრება

ამრიგად, მემბრანიანი მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლებისათვის ოპტიმალური იქნება ისეთი ტოროიდული მემბრანის შერჩევა, რომლის ხისტი ცენტრი მემბრანის დამზადებისას იქნება შემოწვდომილი მემბრანის რეზინის ფენით ორივე მხრივ, ამასთან მემბრანის გარსისთვის გამოყენებული უნდა იყოს კორდის ქსოვილი, ხოლო მემბრანის გარსის შემავსებელი უნდა იყოს ზეთგამძლე პლასტიური მასალა.

როგორც ცნობილია, თუ მემბრანას აქვს წრფივი მახასიათებლები, მისი ეფექტური ფართი ნებისმიერი

ჩალუნვისას პრაქტიკულად არ იცვლება. ასეთ მემბრანას წარმოადგენს ტოროიდული მემბრანაც. ასეთი სახის მემბრანის ეფექტური ფართი კი შეიძლება გამოვითვალოთ ფორმულით [14]:

$$F_{\text{ef}} = \frac{K_Q}{K_P}, \quad (3.3.1)$$

სადაც K_Q – სიხისტის სიდიდეა Q ძალისას;

K_P – სიხისტის სიდიდე წნევის P სიდიდისას;

K_P და K_Q სიხისტის სიდიდეები განისაზღვრება ფორმულებით

$$K_Q = \frac{Q}{\omega_o} = \eta_Q a_Q \frac{\pi E h^3}{r^2}, \quad (3.3.2)$$

$$K_P = \frac{P}{\omega_o} = \eta_P a_P \frac{E h^3}{r^4}, \quad (3.3.3)$$

სადაც Q – მემბრანის მიერ განხორციელებული ძალვაა;

P – მემბრანაზე მოქმედი წნევის სიდიდე;

ω_o – მემბრანის ცენტრის ჩალუნვა;

η_Q და η_P – შემასწორებელი კოეფიციენტები;

a_Q და a_P – ემპირიულად განსაზღვრული კოეფიციენტები;

E – მემბრანის მასალის დრეკადობის მოდული;

h – მემბრანის სისქე;

r – მემბრანის ხისტი ცენტრის რადიუსი.

თუ K_P და K_Q -ს გამოსახულებებს (3.3.2), (3.3.3) შევიტანთ (3.3.1) ფორმულაში და გავითვალისწინებთ ფარდობითი ეფექტური ფართის გამოსათვლელ ფორმულას,

$$f_{ef} = \frac{F_{ef}}{\pi r^2},$$

მივიღებთ, რომ

$$f_{ef} = \frac{\eta_o a_o}{\eta_p a_p}. \quad (3.3.4)$$

წრფივმახასიათებლიანი ტოროიდული მემბრანისათვის მიღებული ფარდობითი ეფექტური ფართი (3.3.4) გვიჩვენებს, თუ მემბრანის მთლიანი ფართის რა ნაწილი არის ეფექტური.

ცხადია, რომ ტოროიდული მემბრანის ხისტი ცენტრის r რადიუსის გაზრდით იზრდება ეფექტური ფართი. გოფრის H სიღრმის გაზრდა ასევე გამოიწვევს ეფექტური ფართის გაზრდას, ხოლო მემბრანის h სისქის გაზრდით შემცირდება ეფექტური ფართის სიდიდე (ნახ. 3,5,ა).

შევნიშნოთ, რომ ხისტი ცენტრის რადიუსის გაზრდით მცირდება გოფრის სიგანე და გოფრის სიღრმის გავლენა ეფექტური ფართის სიდიდეზე ნაკლებად შესამჩნევია.

მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ტექნიკური მახასიათებლებისა და გაბარიტული ზომების გათვალისწინებით შეგვიძლია ვიანგარიშოთ ტოროიდული მემბრანის გაბარიტული ზომები, რის შემდეგაც განვსაზღვრავთ მემბრანის ეფექტურ ფართს. მემბრანის ეფექტური ფართიდან გამომდინარე კი შეგვიძლია დავადგინოთ ჭოკის სვლის რეალური სიდიდე.

იმ შემთხვევაში, თუ ჭოკის სიდიდე არ დაემთხვევა მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას სასურველი სვლის სიდიდეს, მაშინ შევიტანთ შესაბამის შესწორებებს მემბრანის

გაბარიტულ ზომებში, რათა მივაღწიოთ საბიძგებელას სვლის მოცემულ სიდიდეს.

§3.4. ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების და ჭოკის დაშვებისას ჭოკის მოძრაობის დროთა ანალიზი

წარმოების სწრაფი პროგრესი მოითხოვს მოძრავი, ასაწევი და დასაშვები ტვირთების მასებისა და სიჩქარის გაზრდას, რაც, თავის მხრივ, ართულებს აღნიშნული ტვირთების დამუხრუჭების პროცესს. ამწე-სატრანსპორტო მანქანების ამწე მექანიზმები მეტწილად აღჭურვილნი არიან სხვადასხვა კონსტრუქციების ხუნდებიანი მუხრუჭებით, ძირითადად ავტომატური ნორმალურად ჩაკეტილი მუხრუჭებით. ამ უკანასკნელთა განმუხრუჭება წარმოებს მუხრუჭის ამძრავით, ხოლო დამუხრუჭება – მუდმივმოქმედი შეკუმშული ზამბარის ძალვით ან მუდმივმოქმედი ტვირთის წონით. სწრაფი ან მდოვრე დამუხრუჭება კი ხორციელდება მუხრუჭის ამძრავის მეშვეობით.

დამუხრუჭების სრული დრო $t_{სრ}$ შედგება რამდენიმე მდგენელისგან [11]:

$$t_{სრ} = t_{დაშ.დაყ.} + t_{დაშ.} + t_{დაძ.}$$

ერთ-ერთი მდგენელი $t_{დაშ.დაყ.}$ წარმოადგენს მაგნიტურ-ჰიდრავლიკური საბიძგებელას ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დროს, ანუ დროს დენის მიწოდების შეწყვეტიდან მკს-ს ჭოკის დაშვების დაწყებამდე. ეს დრო მკს-ში განპირობებულია საბიძგებელას მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ნარჩენი მაგნეტიზმით გამოწვეული

მიზიდვის ძალით, რომელიც საკმაოდ არსებით სიდიდეს წარმოადგენს, განსაკუთრებით საბიძგებელას დიდი სიმძლავრის ელექტრომაგნიტების დროს. ნარჩენი მაგნეტიზმით გამოწვეული მიზიდვის ძალაში იგულისხმება ძალა, რომლის ზემოქმედებითაც მძს-ს მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზა მიზიდულია გულართან მანამ, სანამ ის არ შემცირდება იმ სიდიდემდე, როცა მისი მიზიდვის ძალა ვეღარ შეაკავებს ღუზას, იგი შორდება გულარს და ღუზა იწყებს დაშვებას. მასთან ერთად დაშვებას იწყებს მძს-ს ჭოკიც.

მეორე მდგენელი $t_{დაშ}$ არის ის დრო, რომელიც ტოლია დროის ჭოკის დაშვების დაწყებიდან მექანიზმის დამუხრუჭების დაწყებამდე, ანუ მუხრუჭის ხუნდების სამუხრუჭე დოლთან შეხებამდე. ეს დრო მძს-ში დამოკიდებულია ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის სიდიდეზე სითხის სიბლანტეზე, მძს-ს ჰიდრავლიკურ წინაღობებზე და, რაც მთავარია, მარეგულირებელი ვენტის გასნის ხარისხზე.

მესამე მდგენელი $t_{დაშ}$ კი ის დროა, რომელიც საჭიროა მუხრუჭის ხუნდების სამუხრუჭე დოლთან შეხებიდან სამუხრუჭე დოლის, ანუ მექანიზმის სრულ გაჩერებამდე, ანუ დრო, როდესაც მიმდინარეობს უშუალოდ დამუხრუჭების პროცესი.

დიდი მნიშვნელობა აქვს მუხრუჭის ამძრავისადმი დენის მიწოდების შეწყვეტიდან უშუალოდ დამუხრუჭების დაწყებამდე დროის სიდიდეს. ამ დროს ასაწევია ან დასაშვები ტვირთი იმყოფება თავისუფალ მდგომარეობაში და განიც-

დის თავისუფალ ვარდნას. აღსანიშნავია, რომ დასაშვები ტვირთის წონისა და დაშვების სიჩქარის განსაკუთრებული თანაფარდობისას ტვირთის სიჩქარე უშუალოდ დამუხრუჭების დაწყებამდე შეიძლება გაიზარდოს ორჯერ და მეტჯერაც, რაც ართულებს გასაჩერებელი ტვირთის მდოვრე დამუხრუჭებას და მის ფიქსირებას სასურველ მდებარეობაში [11]. ამ დროს ხდება დინამიკური დატვირთვების ზრდა მექანიზმის და ამწე-მანქანების ლითონკონსტრუქციებში, ხშირად დაუშვებელ ზღვრამდეც, რაც, თავის მხრივ, დროთა განმავლობაში იწვევს ლითონკონსტრუქციების და თვით მანქანა-დანადგარების მწყობრიდან გამოსვლას.

დამუხრუჭების დაწყებამდე ამწე-სატრანსპორტო მანქანების გადამაადგილებელ და საბრუნ მექანიზმებში ბორბლის ბრუნვის სიჩქარე მცირდება, ტვირთამწე მექანიზმებში კი სამუხრუჭე ბორბლის სიჩქარე კლებულობს ტვირთის აწევის დამუხრუჭებისას და იზრდება ტვირთის დაშვების დამუხრუჭებისას.

თუ ტვირთის აწევისას დამუხრუჭების დაყოვნების დროის სიდიდე ისეთია, რომ დამუხრუჭების დაწყებამდე სამუხრუჭე ბორბლის ბრუნვის სიჩქარე მცირდება და ხდება ნულის ტოლი, მაშინ დამუხრუჭების დაყოვნების პერიოდში ადგილი აქვს სამუხრუჭე ბორბლის ბრუნვის მიმართულების ცვლილებას. ანუ, ჯერ მიმდინარეობს სამუხრუჭე ბორბლის ბრუნვის სიხშირის ინტენსიური შემცირება ნულამდე, იმ მომენტის მოქმედებით, რომელიც გამოწვეულია ასაწევი ტვირთის წონით. ამის შემდეგ კი ტვირთი ეშვება ქვევით და

სამუხრუჭე ბორბალი იწყებს ბრუნვას საწინააღმდეგო მიმართულებით.

დამუხრუჭების $t_{\text{დაბ}}$ დროის განმავლობაში მიმდინარეობს სამუხრუჭე ბორბლის ბრუნვის სიხშირის ინტენსიური შემცირება მუხრუჭის დამუხრუჭების მომენტის მოქმედებით მის სრულ გაჩერებამდე.

ტვირთაძვე მექანიზმის დამუხრუჭების დრო შეიძლება ვიანგარიშოთ ფორმულით [11]

$$t_{\text{dam}} = \frac{\Sigma GD^2 (n_o \pm \Delta n_o)}{375(M_1 \pm M_2)}, \quad (3.4.1)$$

სადაც ΣGD^2 – სამუხრუჭე ლილვზე დაყვანილი მექანიზმის მბრუნავი მასებისა და მოძრავი ტვირთის ჯამური სამქნევარო მომენტი;

n_o – ამძრავი ძრავის ლილვის ნომინალური ბრუნვის სიხშირე ქსელიდან გათიშვის მომენტისათვის;

Δn_o – სამუხრუჭე ლილვის ბრუნვის სიხშირის ნაზრდი დამუხრუჭების დაწყებამდე (ნიშანი „+“ შეესაბამება ტვირთის დაშვებას, ნიშანი „-“ კი აწევას);

M_1 – სამუხრუჭე მომენტი;

M_2 – სამუხრუჭე ლილვზე მოქმედი მომენტი გამოწვეული ტვირთის წონით.

ამწე-მექანიზმებში მძს-ს ამძრავად გამოყენებისას საბიძგებლების ჭოკის დაშვების დრო მარეგულირებელი ვენტის მეშვეობით უნდა ვარეგულიროთ მანამ, სანამ იგი არ დაემთხვევა დამუხრუჭების დროის (3.4.1) ფორმულით განსაზღვრულ სიდიდეს.

როგორც აღვნიშნეთ მუხრუჭის დამუხრუჭების დაწყების დაყოვნების პერიოდში ტვირთის დაშვებისას შესაძლებელია ტვირთის დაშვების სიჩქარის არსებითი მატება, რის გამოც იზრდება დამუხრუჭების დრო და მანძილი, ასევე იზრდება დინამიკური დატვირთვები ბაგირზე, ამწე მექანიზმისა და ამწის ლითონკონსტრუქციებში. დამუხრუჭებისას რთულდება სამონტაჟო სამუშაოებისას ტვირთის ფიქსირება სასურველ მდებარეობაში (მაგალითად, TKTF-300 – მუხრუჭის შემთხვევაში ტვირთის დაშვების მაქსიმალური სიჩქარის დროს დამუხრუჭების მანძილი აჭარბებს 1,5 მ-ს [6], რის გამოც დამუხრუჭების დაყოვნების დროს შემცირება რიგ შემთხვევაში საკმაოდ აქტუალურია. ამ პრობლემების გარშემო გამოქვეყნებულია ავტორთა მრავალი ნაშრომი [15, 23, 26, 29, 30, 32, 46, 47].

ხუნდებიან მუხრუჭებში დამუხრუჭების დაწყების დაყოვნების დრო და დამუხრუჭების დრო უფრო მცირეა ელექტრომაგნიტიანი ამძრავების გამოყენებისას, ვიდრე ელექტროჰიდრავლიკური, მაგნიტურჰიდრავლიკური და ელექტრომექანიკური საბიძგებლების გამოყენებისას. ამიტომ, ელექტრომაგნიტური ამძრავების გამოყენებისას ტვირთის დაშვების სიჩქარის მატება ტვირთის დაშვებისას შედარებით მცირეა, რაც, თავის მხრივ, ამცირებს დამუხრუჭებისას იმ უარყოფით მოვლენებს, რომლებიც გამოწვეულია დამუხრუჭების დაწყებამდე ტვირთის სიჩქარის მატებით. მაგრამ, ამ დროს დამუხრუჭების პროცესში სამუხრუჭე მომენტის გაზრდა ხდება სწრაფად, რადგან ელექტრო-მაგნიტებში შეუძლებელია ღუზის

უკუსვლის სიჩქარის რეგულირება. ამის გამო დამუხრუჭება მიმდინარეობს შედარებით სწრაფად და ბიძგებით. ეს კი, თავის მხრივ, უარყოფითად მოქმედებს მექანიზმების საიმედოობასა და ხანგამძლეობაზე და ართულებს მუშაობის პროცესს.

რაც შეეხება მუხრუჭებში ელექტროჰიდრავლიკური, მაგნიტურჰიდრავლიკური და ელექტრომექანიკური საბიძგებლების გამოყენებას, ამ შემთხვევებში საბიძგებელას ჭოკის დაშვების დროის სასურველი რეგულირების შესაძლებლობის გამო დამუხრუჭების პროცესი მიმდინარეობს მდოვრედ, ბიძგების გარეშე. მაგრამ დაშვების დროის რეგულირება, ე.ი. მისი გაზრდა, თავის მხრივ, გაზრდის არა მარტო დამუხრუჭების დროსა და მანძილს, არამედ დამუხრუჭების დაწყების დაყოვნების დროსაც. დამუხრუჭების დაწყების დაყოვნების დროის გაზრდას ასევე გამოიწვევს საბიძგებლების ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნებაც. ეს კი, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ფრიად არასასურველია დასამუხრუჭებელი ტვირთის მოძრაობის სიჩქარის მიზანშეუწონელი მატებისა და მისგან გამოწვეული უარყოფითი მოვლენების გამო.

აქედან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ შემდეგი:

მუხრუჭებში ელექტრომაგნიტური ამძრავების გამოყენებისას დამუხრუჭება იწყება სწრაფად, მაგრამ დამუხრუჭების პროცესი მიმდინარეობს ბიძგებით;

ელექტროჰიდრავლიკური, მაგნიტურჰიდრავლიკური და ელექტრომექანიკური საბიძგებლების ხუნდებიან მუხრუჭებში გამოყენებისას ამწევი მექანიზმის დამუხრუჭების

პროცესი მიმდინარეობს უფრო მდოვრედ, ბიძგების გარეშე, მაგრამ დამუხრუჭების დრო და სამუხრუჭე მანძილი უფრო მეტია, ვიდრე ელექტრომაგნიტური ამძრავების გამოყენებისას.

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე სასურველია შემუშავდეს ამწე-სატრანსპორტო მანქანების ამწე მექანიზმის მუხრუჭის მძს-ს კონსტრუქციები ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების გარეშე და ჭოკის დაშვების რეგულირებით.

§3.5. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების გარეშე

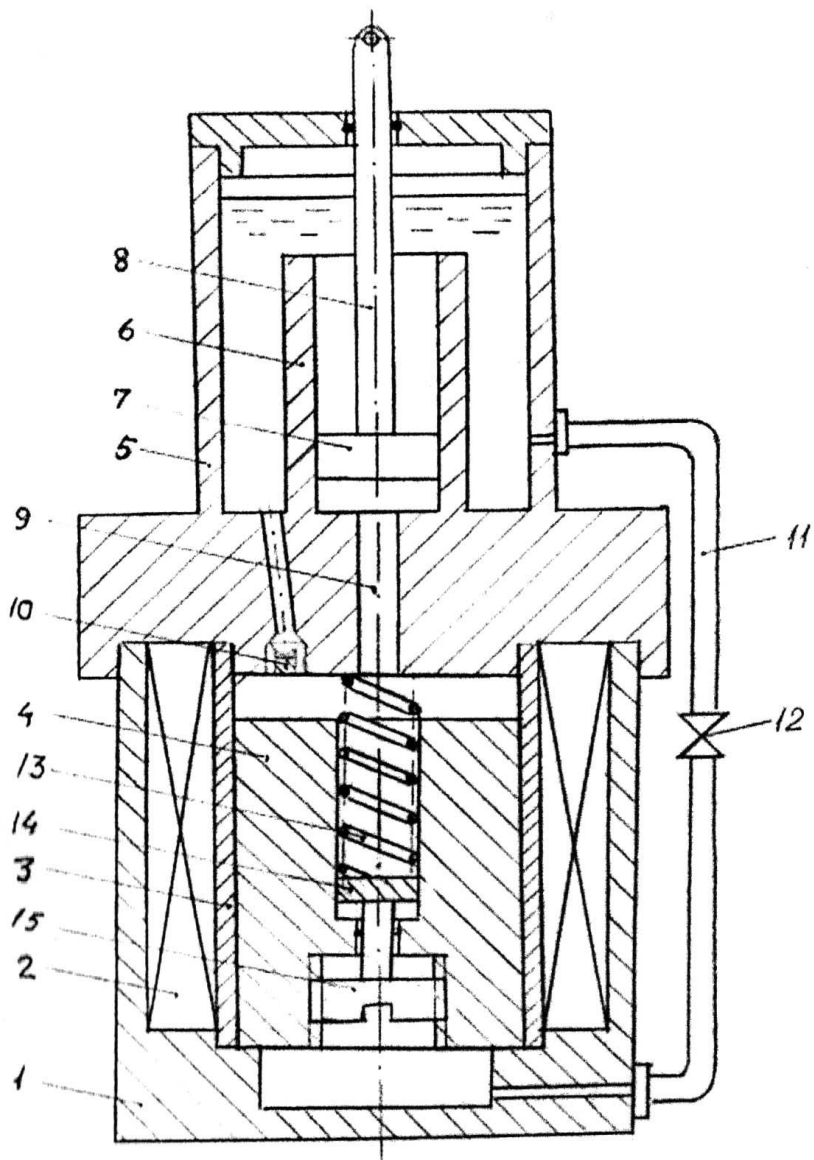
ჩვენ მიერ შექმნილია ორიგინალური კონსტრუქციის მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა მძს-8 [89], რომელშიც ნარჩენი მაგნეტიზმით გამოწვეულ ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნებას არ აქვს ადგილი. ეს უკანასკნელი მიღწეულია იმით, რომ საბიძგებელას მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზა-დგუშზე მოქმედებს შეკუმშული ზამზარა საწყისი მაქსიმალური სიდიდით. ღუზა-დგუშზე დაწოლის ძალის საწყისი სიდიდის რეგულირება შეიძლება სასურველ სიდიდემდე მარეგულირებელი ხრახნის მეშვეობით ისე, რომ ღუზა-დგუშზე ზამზარის მოქმედებით გამოწვეული უკუქმედი ძალა, მუშა სითხის ქმედების ძალა და ღუზა-დგუშის საკუთარი წონა ერთად მეტი იყოს ელექტრომაგნიტის ნარჩენი მაგნეტიზმით გამოწვეული

ღუზა-დგუშის მიზიდულობის საწყის ძალაზე. ამიტომ მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელას ელექტრომაგნიტისათვის დენის მიწოდების შეწყვეტისთანავე ნარჩენი მაგნეტიზმით გამოწვეული მიზიდულობის საწყისი ძალა ვეღარ შეიკავებს ღუზა-დგუშს მიზიდულ მდგომარეობაში. იგი მყისვე მოშორდება ელექტრომაგნიტის გულარს და დაიწყებს დაშვებას ჭოკთან ერთად. აქედან გამომდინარე, ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დრო იქნება ნულის ტოლი.

მჰს-8-ის სქემატური გამოსახულება მოცემულია ნახ. 3.8-ზე. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელა (მჰს-8) შედგება კორპუსისაგან 1, რომლის ქვედა ნაწილში მოთავსებულია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2. კოჭაში 2 მოთავსებულია არამაგნიტური მასალის ცილინდრი 3, რომელიც ასრულებს ჰიდროცილინდრის როლს, მასში მოთავსებულია დიდი დიამეტრის დგუში 4, რომელიც წარმოადგენს მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზას. მჰს-ს კორპუსის 1 ზედა ნაწილი წარმოადგენს მუშა სითხის ავზს 5, რომლის შიგნით მოთავსებულია მეორე ჰიდრაულიკური ცილინდრი 6, რომელშიც გადაადგილდება მცირე დიამეტრის დგუში 7 ჭოკთან 8 ერთად. ჭოკი 8 კი ასევე დაკავშირებულია მეორე ბოლოთი შემსრულებელ მექანიზმთან. დიდი დიამეტრის ღუზა-დგუშსზედა 4 არე დაკავშირებულია გულარში არსებული ხვრელით 9 მცირე დიამეტრის დგუშსქვედა 7 არესთან, ხოლო ცალმხრივ მოქმედი სარქვლით 10 ზეთის ავზთან 5. ღუზა-დგუშსქვედა 4 არე დაკავშირებულია მილის 11 და მარეგულირებელი ვენტი-

ლის 12 მეშვეობით ზეთის ავზთან 5. დგუმის 4 ხვრელში მოთავსებული ზამბარა 13 ერთი ბოლოთი შეხებაშია ელექტრომაგნიტის გულართან, ხოლო მეორე ბოლოთი ებჯინება თეფშს 14, რომლის მდებარეობა რეგულირდება ხრახნით 15.

მკს მუშაობს შემდეგნაირად: საბიძგებელას ჩართვისას დენი მიეწოდება საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის კოჭას 2 დიდი დიამეტრის ლუზა-დგუმში 4 მიეზიდება ელექტრომაგნიტის გულარს და იწყებს ზევით სვლას. ლუზა-დგუმში 4 ქმნის ჭარბ წნევას და მუშა სითხე იჭირხნება ხვრელით 9 დგუმის 7 ქვედა არეში. შეიქმნება რა ჭარბი წნევა დგუმის 7 ქვედა არეში, დგუმში 7 მასთან ხისტად დაკავშირებულ ჭოკთან 8 ერთად აიწევა თავისი მუშა სვლის სიდიდის ტოლ მანძილზე. ამ დროს სარქველი 10 დახშულია და არ უშვებს მუშა სითხეს ავზში 5, ხოლო მილისა 11 და მარეგულირებელი ვენტის 12 მეშვეობით მუშა სითხე ავზიდან 5 შეიწოვება ლუზა-დგუმის 4 მიერ მის ქვედა არეში. მიეზიდება რა ლუზა-დგუმში 4 ელექტრომაგნიტის გულარს, დგუმში 7 ჭოკთან 8 ერთად მიაღწევს ზედა მუშა კიდურა მდებარეობას, ამ დროს ლუზა-დგუმში 4 შეკუმშავს ზამბარას 13 და ზამბარა თავისი მაქსიმალური ძალით მოქმედებს ელექტრომაგნიტის გულარზე და ლუზა-დგუმზე 4. აღნიშნული ძალის სიდიდის რეგულირება შესაძლებელია სასურველ სიდიდემდე თეფშის 14 მდებარეობის რეგულირებით ლუზა-დგუმში მოთავსებული მარეგულირებელი ხრახნის 15 მეშვეობით.



Биб. 3.8. 036-8

როდესაც საჭირო იქნება ჭოკის 8 ქვევით დაშვება, ელექტროკვება შეუწყდება მკს-ს ელექტრომაგნიტის კოჭას 2 და დგუში 7 ჭოკზე 8 მოქმედი გარე დატვირთვისა და საკუთარი წონის მოქმედებით ცდილობს დაემუშავს ქვევით, დაჭირხნის მუშა სითხეს ხვრელით 9 ღუზა-დგუშის 4 ზედა არეში. აღსანიშნავია, რომ მანამ, სანამ ღუზა-დგუში 4 არ მოშორდება გულარს მუშა სითხის ქმედების ძალის, სიდიდე დამოკიდებულია ხვრელის 9 დიამეტრზე და ჭარბი წნევის სიდიდეზე. აღნიშნული ძალის სიდიდე მცირეა ელექტრო-მაგნიტის ნარჩენი მაგნეტიზმით გამოწვეულ საწყისი მიზიდულობის ძალაზე (მკს-ს მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კონსტრუქციიდან გამომდინარე ხვრელის 9 დიამეტრის გაზრდა არ არის მიზანშეწონილი, რადგან ის გამოიწვევს ელექტრომაგნიტის ელექტრომაგნიტური მახასიათებლების გაუარესებას). მაგრამ, ამავე დროს, ღუზა-დგუშზე 4 მოქმედებს შეკუმშული ზამბარა 13, საწყისი მაქსიმალური სიდიდით, რომლის ღუზა-დგუშზე 4 დაწოლის ძალის სიდიდის რეგულირება შესაძლებელია სასურველ სიდიდემდე მარეგულირებელი ხრახნის 15 მეშვეობით. რადგან შეკუმშული ზამბარის 13 ღუზა-დგუშზე 4 ქმედების საწყისი ძალის სიდიდე, მუშა სითხის ქმედების ძალის სიდიდესთან და ღუზა-დგუშის 4 საკუთარ წონასთან ერთად მეტია ელექტრომაგნიტის ნარჩენი მაგნეტიზმით გამოწვეულ მიზიდულობის საწყის ძალაზე, ამიტომ ელექტრომაგნიტისადმი დენის მიწოდების შეწყვეტისთანავე ნარჩენი მაგნეტიზმით გამოწვეული მიზიდულობის საწყისი ძალა ვეღარ შეაკავებს ღუზა-დგუშს 4 მიზიდულ მდგომარეობაში და იგი სწრაფად, დაყოვნების გარეშე მოშორდება

ელექტრომაგნიტის გულარს და დაიწყებს დაშვებას ჭოკთან ერთად. აქედან გამომდინარე, ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დრო $\tau_{დაყ.}$ შეიძლება ჩავთვალოთ ნულის ტოლად. ღუზა-დგუმის 4 ქვევით დაშვებისას მის ქვედა არეში არსებული მუშა სითხე მილით 11 მარეგულირებელი ვენტილის 12 გავლით გადაიტუმბება მუშა სითხის საცავში 5. ჭოკის 8 დაშვების სიჩქარე დამოკიდებულია ვენტილის 12 გახსნის ხარისხზე. ვენტილის 12 რეგულირებით შეგვიძლია მივაღწიოთ ორივე დგუმის 4, 7 და ჭოკის 8 დაშვების სიმდოვრის ნებისმიერ ხარისხს და, შესაბამისად, მუხრუჭის მდოვრე დამუხრუჭებას, თუ მძს გამოყენებულია მუხრუჭის ამძრავად. ღუზა-დგუმი 4 მიაღწევს რა ქვედა კიდურა 5 მდებარეობას, ჭოკი 8 დგუმთან 7 ერთად იქნება ქვედა კიდურა მდებარეობაში. ღუზა-დგუმზე 4 ან აღარ მოქმედებს ზამზარა 13, თუ ის აღარ არის შეკუმშული, ან მოქმედებს ძალიან მცირე ძალით. ამის შემდეგ მძს მზადაა კვლავ ჩასართავად.

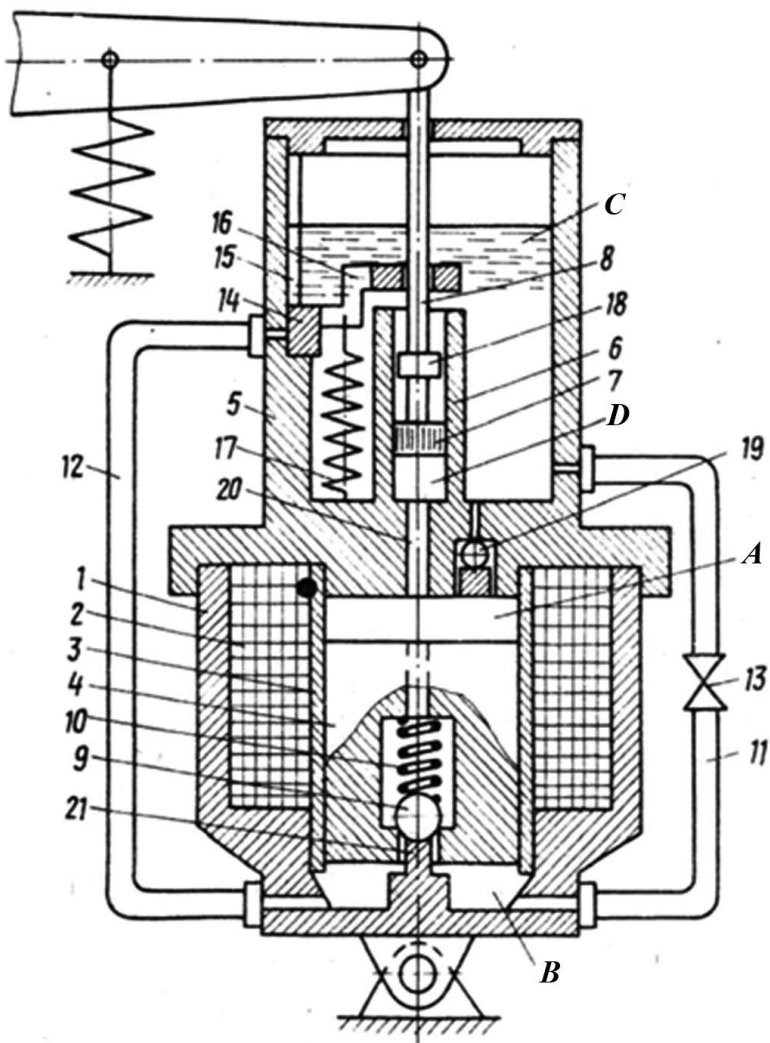
იმ შემთხვევაში, თუ ჰიდრავლიკურ ცილინდრებში დაირღვევა ჰერმეტიკობა და მუშა სითხე გაედინება, როცა დგუმი 7 მიაღწევს თავის ქვედა კიდურა მდებარეობას, ღუზა-დგუმი 4 ჯერ კიდევ არ იქნება თავის ქვედა კიდურა მდებარეობაში და ღუზა-დგუმი 4 შეეცდება საკუთარი წონით და მასზე შეკუმშული 13 ზამზარის მოქმედებით კვლავ დაეშვას ქვევით ქვედა კიდურა მდებარეობამდე. ამ დროს წნევა მცირდება ღუზა-დგუმსზედა 4 არეში და მუშა სითხე შეიწოვება სარქვლით 10, რის შემდეგაც ღუზა-დგუმი 4 დაეშვება ქვედა კიდურა მდებარეობაში და მასზე ან აღარ იმოქმედებს ზამზარა 13, თუ ის აღარ არის შეკუმშული, ან

იმოქმედებს ძალიან მცირე ძალით. ამის შემდეგ მკვს მზადაა კვლავ ჩასართავად.

ტვირთამწე მექანიზმების მუხრუჭებში ჩვენ მიერ შექმნილი ორიგინალური კონსტრუქციის მაგნიტურჰიდრაავლიკური საბიძგებელას გამოყენებისას მიიღწევა მუხრუჭებისა და ტვირთამწე მექანიზმის მზიდ ლითონკონსტრუქციებში დინამიკური დატვირთვების საგრძნობი შემცირება. ასევე მიიღწევა მექანიზმის რხევების ამპლიტუდის შემცირება. ყოველივე ამას უზრუნველყოფს გამოყენებული მაგნიტურჰიდრაავლიკური საბიძგებელას ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დროის არარსებობა. ჭოკის დაშვების სიჩქარის მარეგულირებელი სარქველი კი განაპირობებს დამუხრუჭების პროცესის სიომლოვრეს ნებისმიერი ხარისხით.

§3.6. ტვირთამწე მექანიზმების მუხრუჭების მაგნიტურჰიდრაავლიკური ამძრავი

ჩვენ შევიმუშავეთ მაგნიტურჰიდრაავლიკური საბიძგებელას ისეთი ახალი კონსტრუქცია მკვს-9, რომელშიც ჭოკის მოძრაობის დრო დაშვებისას დამუხრუჭების დაწყების მომენტამდე არის მცირე სიდიდის, ხოლო დამუხრუჭების დაწყების მომენტიდან შესაძლებელია ჭოკის დაშვების სიჩქარის რეგულირება სასურველი ხარისხით, რაც უზრუნველყოფს დამუხრუჭების სწრაფ დაწყებას და შემდგომ მისი პროცესის მდოვრედ წარმართვას (ნახ. 3.9) [84].



Биб. 3.9. 036-9

მკს-9-ის კორპუსში 1 მოთავსებულ მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭაში 2 დამონტაჟებულია არამაგნიტური მასალის ცილინდრი 3, რომელშიც მოძრაობს ღუზა-დგუში 4. ღუზა-დგუში 4 ასრულებს ელექტრომაგნიტის ღუზის როლსაც, კორპუსზე 1 დამაგრებულია მუშა სითხის საცავი 5 ცენტრალური მილით 6. მილში 6 მოძრაობს მცირედიამეტრიანი დგუში 7, რომელიც მასზე ხისტად დამაგრებული ჭოკის 8 მეშვეობით შეერთებულია შემსრულებელ მექანიზმთან. ღუზა-დგუმს 4 გააჩნია ცილინდრული ხვრელი, რომელშიც მოთავსებულია სარქველი 9 ნორმირებული ზამბარით 10. ღუზა-დგუმის 4 ცილინდრული ხვრელი A არეს აკავშირებს B არესთან. ღუზა-დგუმის 4 ქვედა B არე მილებით 11 და 12 და სარქველებით 13, 14 დაკავშირებულია მუშა სითხის საცავის 5 C არესთან. სარქველი 14 მოთავსებულია ნალოში 15 და ზამბარის 17 და ბერკეტის 16 მეშვეობით ურთიერთქმედებაშია ჭოკზე 8 დამაგრებულ კინტთან 18. შესაძლებელია კინტის 18 ჭოკზე 8 მდებარეობის რეგულირება. ღუზა-დგუმსზედა 4 A არე სარქვლით 19 დაკავშირებულია საცავის 5 C არესთან, ხოლო გამჭოლი ხვრელით 20 დგუმის 7 ქვედა D არესთან. კორპუსს 1 ღუზა-დგუმსქვედა 4 B არეში აქვს შვერილი, რომელსაც ებჯინება ღუზა-დგუში 4 სარქვლით 9.

საბიმბეგებლა მკს-9 მუშაობს შემდეგნაირად: მკს-9-ის ელექტრომაგნიტის ჩართვისას ღუზა-დგუში 4 მიეზიდება გულარს. შექმნის რა ჭარბ წნევას A არეში, მუშა სითხე ხვრელით 20 დაიჭირხნება დგუმსქვედა 7 D არეში და დგუში 7 ჭოკთან 8 ერთად აიწევა. ამასთანავე ღუზა-დგუში 4 მილისა 11 და მარეგულირებელი სარქვლის 13 მეშვეობით

შეიწოვს მუშა სითხეს საცავის 6 C არიდან B არეში. ჭოკის განსაზღვრული მანძილით აწევსას კინტი 18 მიებჯინება ბერკეტს 16 და აწევს მას. მასთან ერთად აწევს სარქველს 14, რომელიც გადაადგილდება ნალოში 15. ამის გამო გაიხსნება მილის 12 შესასვლელი და მუშა სითხე ღუზა-დგუმის 4 მეშვეობით შეიწოვება წინააღმდეგობის გარეშე ზეთის საცავიდან 5, როგორც მილის 12 მეშვეობით ასევე მილისა 11 და მარეგულირებელი სარქველის 13 მეშვეობით.

მ3ს-9-ის ელექტრომაგნიტის კოჭის 2 გამორთვისას დგუში 7 გარე ძალის მოქმედებით, აგრეთვე ზამზარისა 17 და საკუთარი წონის მოქმედებით აწვება მუშა სითხეს და მილით 20 ჭირხნის მას A არეში. როცა ღუზა-დგუმზე 4 წნევით განვითარებული ძალა მეტი იქნება ნარჩენი მაგნეტიზმის მიზიდულობის ძალაზე, ღუზა-დგუში 4 მოსწყდება გულარს და დაეშვება ქვევით. ამასთანავე დგუში 7 ჭოკთან 6 ერთად დაიწყებს ქვევით დაშვებას. ღუზა-დგუში 4 ქვევით დაშვებისას წინააღმდეგობის გარეშე ჭირხნის მუშა სითხეს B არიდან მილისა 12 და მილის 12 მარეგულირებელი სარქველის 13 მეშვეობით. ამ დროს ჭოკის მდოვრე დაშვების რეგულირება არ ხდება, ვინაიდან მარეგულირებელი სარქველი 13 ჯერ კიდევ ვერ ასრულებს თავის ფუნქციას, რადგან სარქველი 14 აწეულია და არ კეტავს მილს 12. ვინაიდან მუშა სითხე მილით 12 თავისუფლად გადაიტუმბება საცავის 5 C არეში, ამიტომ ჭოკის 8 დაშვების დრო არსებითად მცირდება. ჭოკის დაშვებისას ზამზარის 17 მოქმედებით ქვევით დაეშვება ბერკეტიც 16 სარქველთან 14 ერთად. სარქველი 14 გადაკეტავს მილს 12 მაშინ, როცა აუცილებელია ჭოკის 8 მდოვრედ დაშვების რეგულირების

დაწყება. ამ მომენტიდან მილი 12 იქნება გადაკეტილი და მარეგულირებელი სარქველი 13 შეასრულებს თავის ფუნქციას. მუშა სითხე B არიდან C არეში გადაიჭირხნება მხოლოდ მილის 11 მარეგულირებელი სარქვლის 13 მეშვეობით და ჭოკი 8 დაეშვება მდოვრედ. სარქვლის 13 რეგულირებით შეგვიძლია მივიღოთ პრაქტიკულად ჭოკის დაშვება სიმდოვრის ნებისმიერი ხარისხით და შესაბამისად მდოვრე დამუხრუჭებაც, თუ საბიძგებელა გამოყენებულია სამუხრუჭე სისტემების ამძრავად, რადგან სარქველი 14 გადაკეტავს მილის 12 შესასვლელს მხოლოდ მაშინ, როცა ხუნდების სადგმელი შეეხება სამუხრუჭე ბორბალს, ანუ როცა დაიწყება დამუხრუჭების პროცესი და მარეგულირებელი სარქველი 13 უკვე შეასრულებს თავის ფუნქციას.

კინტის 18 მდებარეობის ცვლილებით ჭოკზე 8 შესაძლებელია ვარეგულიროთ მილის 12 სარქვლით 14 გადაკეტვის დრო. კერძოდ, შესაძლებელია ჭოკის 8 ჯერ დასაწყისში სწრაფად დაშვება და შემდეგ შენელება მის ქვედა საწყის მდებარეობაში მისვლამდე, ან ჭოკის 8 მთელი მოძრაობის მანძილზე მისი მდოვრედ დაშვება, ან პირიქით ჭოკის 8 მოძრაობის მთელ მანძილზე მისი სწრაფი დაშვება. ამ დროს სარქველი 9 ჩაკეტილია ნორმირებული ზამზარის 10 მეშვეობით და არ უშვებს მუშა სითხეს A არიდან B არეში. ასევე სარქვლით 19 გადაკეტილია A და C არეების დამაკავშირებელი ხვრელი, რადგან A არეში წნევა მეტია, ვიდრე C არეში.

შეკუმშვის კამერის ჰერმეტიულობის დარღვევისას და მუშა სითხის გაჟონვისას, მას შემდეგ რაც დგუში 7 მიაღწევს ქვედა საწყის მდებარეობას, ღუზა-დგუში 4 ჯერ კიდევ არ

იქნება ქვედა საწყის მდებარეობაში და საკუთარი წონის მოქმედებით ეცდება დაეშვას ქვევით. A არეში წნევა შემცირდება და მუშა სითხე C არიდან შეიწოვება A არეში სარქვლის 19 გავლით იმ მოცულობით, რა მოცულობითაც მოხდა გაჟონვა. ღუზა-დგუში 4 მიაღწევს ქვედა საწყის მდებარეობას და სარქვლით 9 მიეზღინება შვერილს 21.

თუ მჰს-9-ს გამოვიყენებთ როგორც სამუხრუჭე სისტემების ამძრავს, მაშინ მუხრუჭის ხუნდების ფრიქციული სადგმელის ცვეთისას, ჭოკი 8 და დგუში 7 ერთად მიაღწევენ რა ქვედა საწყის მდებარეობას, ცდილობენ კვლავ დაეშვან ქვევით მუხრუჭის ხუნდების სადგმელის ცვეთის სიდიდის კომპენსაციისათვის და განაგრძობენ მუშა სითხის დაჭირხვნას D არიდან A არეში. ამ დროს ღუზა-დგუში 4 უკვე იმყოფება ქვედა საწყის მდებარეობაში და დაბჯენილია სარქვლით 9 შვერილზე 21, რითაც შეზღუდულია მისი ქვევით დაშვება. ამ დროს A და D არეებში წნევა იზრდება და როცა მიაღწევს ისეთ სიდიდეს, როდესაც მისი მოქმედების ძალა ღუზა-დგუშზე 4 მეტი იქნება ნორმირებული ზამბარის 10 შეკუმშვისათვის საჭირო ძალაზე, შეკუმშავს ზამბარას. სარქველი 9 გახსნის დგუშის 4 ცილინდრულ ხვრელს და მუშა სითხე A არიდან გაედინება B არეში. ამის შემდეგ ჭოკი 8 დგუშთან 7 ერთად ქვედა საწყისი მდებარეობიდან დაეშვება იმ მანძილზე, რომელიც საკმარისია მუხრუჭის ფრიქციული სადგმელების ცვეთის კომპენსაციისთვის.

მჰს-9-ის კონსტრუქციისა და მუშაობის პრინციპის განხილვიდან ჩანს, რომ ყველა არსებული ელექტროჰიდრავლიკური, ცენტრიდანული ელექტრომექანიკური და მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებლებისაგან განსხვავებით

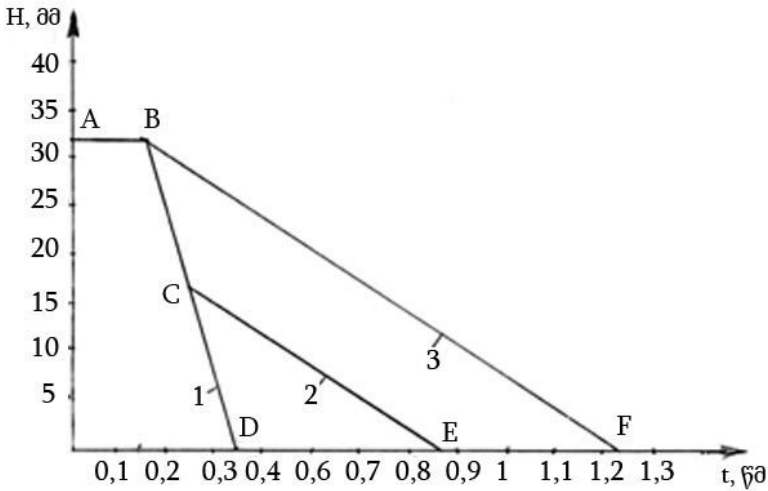
მკს-9-ში შესაძლებელია ჭოკის სწრაფი დაშვება და შემდგომ ნებისმიერ საჭირო მომენტში მისი სვლის სიმდოვრის რეგულირება ნებისმიერი ხარისხით.

მკს-9-ის ეს თვისება უზრუნველყოფს მის სამუხრუჭე სისტემებში გამოყენებისას შემსრულებელი მექანიზმის ამბრავი ელექტროძრავას გამორთვის მომენტიდან დამუხრუჭების შედარებით სწრაფ დაწყებას და შემდგომ კი დამუხრუჭების პროცესის წარმართვას სიმდოვრის სასურველი ხარისხით.

მკს-9-ის ზემოთ აღნიშნული თვისება საგრძნობ ეფექტს იძლევა მისი ჭოკის სვლის დიდი სიდიდისას, როცა შემსრულებელ მექანიზმში სასურველია რაიმე პროცესის ჯერ სწრაფად წარმართვა, ხოლო შემდგომ კი მისი სიჩქარის სიმდოვრის რეგულირება.

მკს-9-ის ჭოკზე კინტის ადგილმდებარეობის ცვლილებით შეიძლება ვარეგულიროთ ჭოკის დაშვებისას დამატებითი მილის სარქვლით გადაკეტვის დრო, რითაც მიიღწევა მკს-9-ის ჭოკის დაშვების სამი სხვადასხვა შემთხვევა (ნახ. 3.10).

1. როცა კინტი მოთავსებულია მის ქვედა კიდურა მდებარეობაში, დამატებითი მილი მუდმივად გადაკეტილია სარქვლით და ჭოკის დაშვების სიჩქარე რეგულირდება მარეგულირებელი ვენტლით ჭოკის დაშვების მთელ გზაზე. ეს საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ ჭოკის მდოვრე დაშვება მისი სიჩქარის ნებისმიერი ხარისხით რეგულირებით (BF მონაკვეთი).



ნახ. 3.10

2. როცა კინტი მოთავსებულია ზედა კიდურა მდებარეობაში, დამატებითი მილის შესასვლელი მუდმივად ღიაა, მარეგულირებელი ვენტილი ვერ ახდენს გავლენას ჭოკის დაშვების სიჩქარეზე და ჭოკი სწრაფად დაეშვება (BD მონაკვეთი).

3. როცა კინტი ჭოკზე მოთავსებულია მის ქვედა და ზედა კიდურა მდებარეობათა შორის, მაშინ ჭოკის დაშვების დასაწყისში დამატებითი მილი სარქველით არაა გადაკეტილი და ჭოკიც ეშვება სწრაფად, ხოლო როცა სარქველი გადაკეტავს დამატებით მილს, მარეგულირებელი ვენტილი იმოქმედებს ჭოკის დაშვების სიჩქარეზე. ვენტის რეგულირება საშუალებას იძლევა მივიღოთ ჭოკის დაშვების სიმდოვრის ნებისმიერი ხარისხი (BCE ტეხილი).

§3.7. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელა მყისი უკუსვლის შესაძლებლობით

მანქანა-დანადგარების ექსპლუატაციის დროს შესაძლებელია წარმოიშვას ისეთი ავარიული სიტუაცია, რომლის დროსაც აუცილებელია მომუშავე მანქანა-დანადგარების მყისიერად გაჩერება ან რაიმე ტექნოლოგიური პროცესის მყისიერად შეწყვეტა, მიუხედავად იმისა, რომ ამ გაჩერებამ შეიძლება გამოიწვიოს მათი მწყობრიდან გამოსვლა (მაგ., დიდი მასის ტვირთის აწევისას ან დაშვებისას რაიმე მიზეზით ამძრავი ელექტროძრავას ბრუნვის მიუხედავად, ტვირთის თავისუფალი ვარდნის დროს ამწევი მექანიზმის სწრაფი დამუხრუჭება, ამწის რელსიდან შესაძლებელი გადავარდნის თავიდან ასაცილებლად გადამაადგილებელი მექანიზმის სწრაფი დამუხრუჭება, ორთქლისა და ცხელი წყლის მიღების მწყობრიდან გამოსვლისას მათი სარქველის სწრაფი გადაკეტვა, ძლიერი ელექტროჩამრთველებით საჭირო სწრაფი ჩართვა-გამორთვა მომუშავე პერსონალის ჯანმრთელობისათვის ან სიცოცხლისათვის საფრთხის შექმნის დროს და ა.შ.).

ავარიული სიტუაციის დროს იმ მანქანა-დანადგარების სწრაფი გაჩერება ან ტექნოლოგიური პროცესის სწრაფი შეწყვეტა, რომლებშიც გამოყენებულია საბიძგებლები, დამოკიდებულია როგორც მანქანა-დანადგარების მომსახურე პერსონალის ავარიული სიტუაციის აღქმასა და შესაბამისი რეაქციის (მაგ., მანქანა-დანადგარისა და საბიძგებელას ელექტროქსელიდან გამორთვის) სისწრაფეზე, ისე მანქანა-დანადგარისა და საბიძგებელას ელექტროქსელიდან გამორ-

თვის მომენტიდან საბიძგებელას ჭოკის დაშვების დროის სიდიდეზე.

როგორც ვიცით, სამუხრუჭე სისტემებში საბიძგებელას გამოყენებისას შემსრულებელი მანქანა-მექანიზმების ხან-გამძლეობის გაზრდისა და მუშაობის ტექნოლოგიური პროცესიდან გამომდინარე უმეტეს შემთხვევაში მანქანა-მექანიზმებში გამოყენებისას საბიძგებლებს მოეთხოვებათ ჭოკის მდოვრედ დაშვება. თითქმის ყველა სახისა და ტიპის საბიძგებლებში, რომლებიც საზღვარგარეთ მზადდება, გათვალისწინებულია ჭოკის დაშვების სიჩქარის მარეგულირებელი ორგანო. მაგალითად, ავსტრიის ფირმა „Elin“-ის მქს-ს დროის რეგულირება შესაძლებელია 1-დან 6 წმ-მდე [70]. ასევე სხვა საბიძგებლების დაშვების დროის რეგულირება შესაძლებელია საკმაოდ დიდი დიაპაზონით; ე.ი. მანქანა-დანადგარების სწრაფი გაჩერება ან ტექნოლოგიური პროცესის სწრაფი შეწყვეტა შეუძლებელია არსებული საბიძგებლების მათში გამოყენების შემთხვევაში.

ცნობილია, რომ მქს-ს ჭოკის დაშვების სრული დროის შემცირებას ეწინააღმდეგება ნარჩენი მაგნეტიზმით გამოწვეული მიზიდულობის ძალა, სითხის სიბლანტე, ჰიდრავლიკური წინაღობები, მოძრავი მასების ინერციული ძალები და, რაც მთავარია, მარეგულირებელი სარქველის რეგულირების ხარისხი.

საბიძგებელას ჭოკის დაშვების დროის შესამცირებლად შექმნილია რიგი კონსტრუქციული გადაწყვეტები ელექტრო-ჰიდრავლიკური საბიძგებლებისა [11], ოღონდ ამ კონსტრუქციებში მცირდება როგორც ჭოკის დაშვების, ისე დამუხრუჭების დრო. აქედან გამომდინარე, გამორიცხებულია მდოვრედ დამუხრუჭების პროცესის უზრუნველყოფა და მათი

გამოყენება სამუხრუჭე სისტემებში არარეკომენდებულია. ამიტომ ფართო გამოყენება პოვა მარეგულირებელი სარქველებით აღჭურვილმა მაგნიტურჰიდრავლიკურმა და ელექტროჰიდრავლიკურმა საბიძგებლებმა.

ჩვენ შევიმუშავეთ მჰს-ს ახალი კონსტრუქცია მჰს-10, რომლის მანქანა-დანადგარებში ამძრავად გამოყენებისას მათი მუშაობის უსაფრთხოება იზრდება ავარიული სიტუაციისას საბიძგებელას ჭოკის მყისი დაშვების უზრუნველყოფით, როგორც საბიძგებელას გამორთვისას, ისე მისი გამორთვის გარეშეც [86].

შემოთავაზებული გამოგონების სქემატური ნახაზი მოცემულია ნახ. 3.10-ზე.

მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა შედგება კორპუსისაგან 1, რომლის ქვედა ნაწილში მოთავსებულია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2. კოჭაში 2 მოთავსებულია არამაგნიტური მასალის ცილინდრი 3, რომელიც ასრულებს ჰიდროცილინდრის როლს, მასში მოთავსებულია დიდი დიამეტრის ღუზა-დგუში 4, რომელიც წარმოადგენს მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზას. მჰს-ს კორპუსის 1 ზედა ნაწილი წარმოადგენს მუშა სითხის ავზს 5, რომლის შიგნით მოთავსებულია მეორე ჰიდრავლიკური ცილინდრი 6, რომელშიც გადაადგილდება მცირე დიამეტრის დგუში 7 ჭოკთან 8 ერთად. ჭოკი 8 კი ასევე დაკავშირებულია შემსრულებელ მექანიზმთან მეორე ბოლოთი. ჰიდროცილინდრის 6 მცირე დიამეტრის დგუშს ქვედა 7 არე დაკავშირებული მუშა სითხის ავზთან 5 ხვრელით 9, რომელიც დახშულია ელექტრომაგნიტური სარქვლის სარქვლით 10. სარქველი 10 დეროთი 11 დაკავშირებულია სარქვლის 12 მუდმივი დენის ელექტრო-

მაგნიტის ღუზასთან 13, ხოლო დეროზე 11 მოთავსებულია ზამზარა 14. ღუზა-დგუმის 4 ზედა სივრცე ხვრელით 15 დაკავშირებულია დგუმსქვედა არესთან 7, ხოლო ცალმხრივ მოქმედი სარქვლისა 16 და ხვრელის 17 მეშვეობით მუშა სითხის ავზთან 5. ავზი 5 ასევე მილის 18 და მარეგულირებელი ვენტილის 19 მეშვეობით დაკავშირებულია დგუმსქვედა არესთან.

მკს მუშაობს შემდეგნაირად: საბიძგებელას ჩართვისას დენი მიეწოდება მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭას 2, ღუზა-დგუმი 4 მიეზიდება ელექტრომაგნიტის გულარს, იწყებს ზევით სვლას, კმნის ჭარბ წნევას და მუშა სითხე იჭირხნება დგუმსქვედა არეში ხვრელის 15 მეშვეობით. შეიქმნება რა ჭარბი წნევა დგუმსქვედა არეში, დგუმი 7 მასთან ხისტად დაკავშირებულ ჭოკთან 8 ერთად აიწევა თავისი მუშა სვლის სიდიდის ტოლ მანძილზე. ამ დროს ხვრელი 17 დახშულია სარქვლით 16 და არ უშვებს სითხეს მუშა სითხის საცავში 5, ხოლო 18 მილისა და მარეგულირებელი სარქვლის 19 მეშვეობით მუშა სითხე ზეთის საცავიდან 5 შეიწოვება ღუზა-დგუმის 4 მიერ, მის ქვედა არეში. მიეზიდება რა ღუზა-დგუმი 4 ელმაგნიტის გულარს, დგუმი 7 ჭოკთან 8 ერთად დაფიქსირდება ზედა მუშა მდგომარეობაში მანამ, სანამ მკს ჩართულია.

მკს-ს გამორთვისას კვება შეუწყდება მკს-ს ელმაგნიტის კოჭას 2 და დგუმი 7 ჭოკზე 8 მოქმედი გარე დატვირთვისა და საკუთარი წონის მოქმედებით დაემშვება ქვევით, დაჭირხნის მუშა სითხეს ხვრელით 15 ღუზა-დგუმსზედა არეში და გარკვეული ძალით იმოქმედებს ღუზა-დგუმზე 4. აღსანიშნავია, რომ ღუზა-დგუმზე 4 მოქმედი საწყისი ძალა, სანამ იგი არ მოშორდება გულარს, საკმაოდ მცირეა და

დამოკიდებულია ხვრელის 15 დიამეტრზე. როცა აღნიშნული ძალა გადაამეტებს ელექტრომაგნიტის ნარჩენი მაგნეტიზმის მიზიდულობის ძალას, ღუზა-დგუში 4 მოწყდება გულარს და დაეშვება ქვევით. ამ დროს ღუზა-დგუშზე მოქმედებს ძალა, რომელიც დამოკიდებულია ღუზა-დგუშის დიამეტრზე. მუშა სითხე, რომელიც მოთავსებულია ღუზა-დგუშის 4 ქვედა არეში, მილით 18 მარეგულირებელი ვენტის 19 გავლით გადაიტუმბება ზეთის საცავში. ჭოკის 8 და დგუშის 7 დაშვების სიჩქარე დამოკიდებულია ვენტის 19 გახსნის ხარისხზე. ვენტის 19 რეგულირებით შეგვიძლია მივაღწიოთ ორივე დგუშის 4, 7 და ჭოკის 18 დაშვების სიმდოვრის ნებისმიერ ხარისხს და, შესაბამისად, მუხრუჭის მდოვრე დამუხრუჭებას, თუ მძს გამოყენებულია მუხრუჭის ამძრავად.

იმ შემთხვევაში, თუ ჰიდრაავლიკურ ცილინდრებში დაირღვევა ჰერმეტიულობა და მუშა სითხე გაედინება, როცა დგუში 7 მიაღწევს თავის კიდურა ქვედა მდებარეობას, ღუზა-დგუში 4 ჯერ კიდევ არ იქნება თავის ქვედა კიდურა მდებარეობაში და ღუზა-დგუში 4 შეეცდება მხოლოდ საკუთარი წონით კვლავ დაეშვას ქვევით ქვედა კიდურა მდებარეობამდე. ამ დროს წნევა მცირდება დგუშის 4 ზედა არეში და მუშა სითხე შეიწოვება ხვრელით 17 და სარქვლით 16, რის შემდეგაც ღუზა-დგუში 4 დაეშვება ქვედა კიდურა მდებარეობამდე. ამ დროს ხვრელი 9 დახშულია სარქვლით 10. ამის შემდეგ მძს მზადაა კვლავ ჩასართავად.

იმ შემთხვევაში, როცა მძს ჩართულია და ჭოკი იმყოფება ზედა კიდურა მუშა მდებარეობაში, და თუ იმ მანქანა-დანადგარების მუშაობისას, რომლებშიც გამოყენებულია მძს შეიქმნება ავარიული სიტუაცია, ავარიულ დილაკზე ხელის

დაჭერით გამოირთვება შემსრულებელი მექანიზმის ელექტროძრავა და ჩაირთვება მკს-ს ელექტრომაგნიტური სარქველის მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტი 12. ღუზა 13 მიეზიდება გულარს, რის შემდეგაც ღუზა 13 შეკუმშავს რა ზამზარას 14 დეროს 11 მეშვეობით გადაადგილებს სარქველს 10 და გახსნის ხვრელს 9. ამ დროს, რადგან დგუში 7 ჭოკზე 8 მოქმედი გარე ძალისა და საკუთარი წონის გავლენით აწვება სითხეს და ქმნის ჭარბ წნევას, რომელიც გაცილებით მეტია, ვიდრე ავზში 5 არსებული წნევა, მუშა სითხე დგუშს ქვედა არიდან სწრაფად გაედინება მუშა სითხის ავზში 5. ამ დროს დგუში 7 ჭოკთან 8 ერთად მყისვე დაეშვება ზედა კიდურა მდებარეობიდან ქვედა საწყის კიდურა მდებარეობამდე, მიუხედავად იმისა, რომ მკს კვლავ ჩართულ მდგომარეობაშია. ე.ი. თუ მკს გამოყენებულია სამუხრუჭე სისტემების ამძრავად, შემსრულებელი მექანიზმი სწრაფად დამუხრუჭდება, ან ის ტექნოლოგიური პროცესი შეწყდება სწრაფად, რომელსაც ასრულებს ის შემსრულებელი მექანიზმი, რომლის ამძრავად გამოყენებულია აღნიშნული საბიძგებელა. ამით შესაძლებელი იქნება ავარიული სიტუაციის შექმნისას თავიდან იქნეს აცილებული მოსალოდნელი ავარია და გადარჩეს ადამიანის სიცოცხლეც კი.

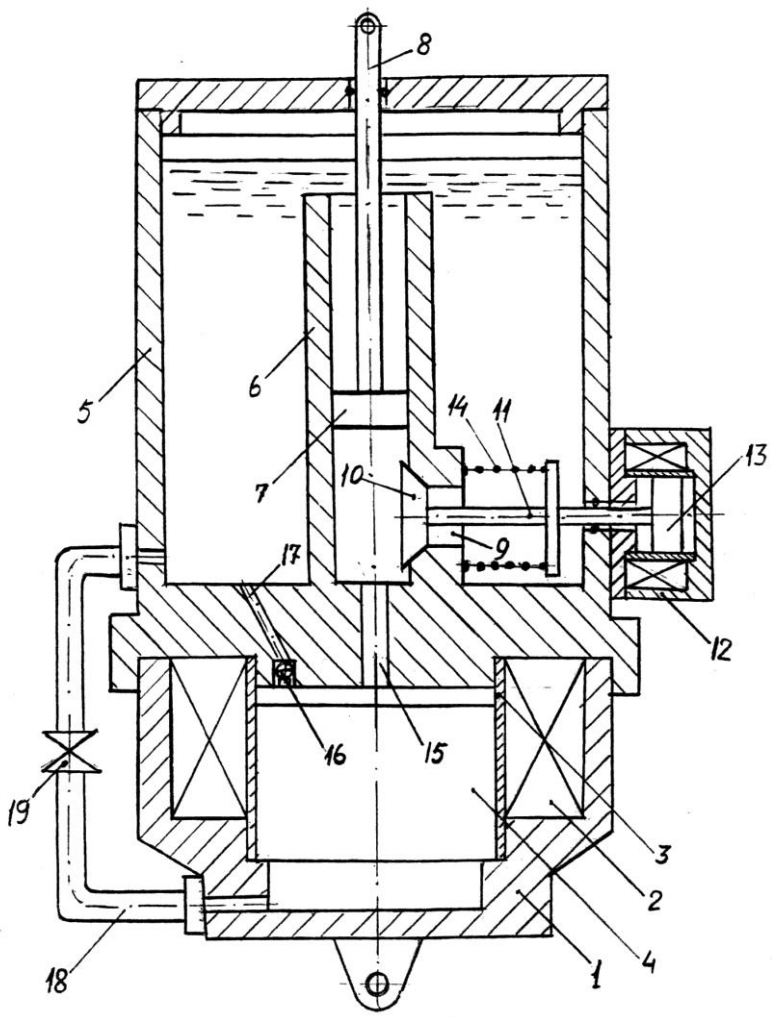
მკს-ს ჭოკის 8 და დგუშის ქვედა საწყის კიდურა მდებარეობაში მისვლის შემდეგ საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის გამორთვისას ღუზა-დგუში 4 მოშორდება გულარს და საკუთარი წონის გავლენით დაეშვება ქვევით. თუ ჯერ კიდევ არ იქნება გამორთული მკს-ს ელექტრომაგნიტური სარქველის ელექტრომაგნიტი 12 და სარქველი არ დაკეტავს ხვრელს 9, ღუზა-დგუში 4 შეიწოვს მუშა სითხეს ზეთის ავზიდან 5 ხვრელებით 9 და 15 და დაეშვება ქვედა კიდურა

მდებარეობამდე, ხოლო, თუ ელექტრომაგნიტური სარქველის ელექტრომაგნიტს 12 გამოვრთავთ, მაშინ ღუზაზე 13 ღეროს 11 მეშვეობით იმოქმედებს შეკუმშული ზამბარა 14. ზამბარის 14 ძალვით ღუზა 13 მოშორდება გულარს და გადაადგილდება მეორე მხარეს მანამ, სანამ ღეროს 11 მეშვეობით სარქველი 10 არ ჩაკეტავს ხვრელს 9. ამის შემდეგ გადინება ხვრელში 9 გამორიცხუ-ლია, ვიდრე ხელმეორედ არ ჩაირთვება ავარიული ელექტრომაგნიტური სარქველის 12 ელექტრომაგნიტი. ამ დროს დგუში 4 დაშვებისას შეიწოვს სითხეს ზეთის ავზიდან 5 უკვე ცალმხრივ მოქმედი სარქველისა 16 და ხვრელის 17 მეშვეობით და დაეშვება ქვედა საწყის მდებარეობამდე.

ღუზა-დგუში 4 დაშვებისას შეიწოვს სითხეს იმ მოცულობით, რა მოცულობითაც გაიდევნა დგუშის 7 დაშვებისას ხვრელის 9 მეშვეობით მუშა სითხის ავზში 5. მას შემდეგ, როცა ღუზა-დგუში 4 და სარქველი 10 დაუბრუნდება საწყის მდებარეობას, მკს მზად იქნება კვლავ ჩასართავად ავარიული სიტუაციის აღმოფხვრისთანავე.

მკს-ს ჭოკის 8 ავარიულ სიტუაციაში დაშვების სიჩქარე არაა დამოკიდებული მარეგულირებელ სარქველზე 19. იგი დამოკიდებულია ჭოკზე მოქმედ გარე დატვირთვის სიდიდეზე, გასადევნი სითხის მოცულობასა და მის სიბლანტეზე, ძირითადად კი სარქველის 10 ხვრელის 9 დიამეტრზე. ასე რომ, პრაქტიკულად შესაძლებელია ჭოკის 8 დაშვების სიჩქარის მაქსიმალური გაზრდა სარქველის 10 ხვრელის 9 დიამეტრის შერჩევით.

ამგვარად, მკს-10-ის მანქანა-მექანიზმებში გამოყენება უზრუნველყოფს მათ უსაფრთხო მუშაობას და საჭიროებისამებრ ტექნოლოგიური პროცესების სწრაფ შეწყვეტას.



Биб. 3.10. ӘЗБ-10

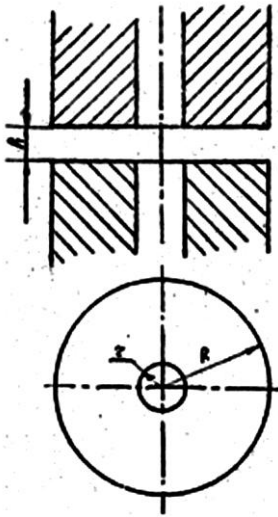
§3.8. მჰს-6-ის ელექტრომაგნიტის ღუზის მიზიდვისას გამოსაწვევი სითხის წინაღობის განსაზღვრა და მისი ოპტიმალური სიდიდის დადგენა

მჰს-6-ის მუშაობის პრინციპიდან ჩანს, რომ საბიძგე-ბელას მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზის მიზიდ-ვისას ღუზასა და ელექტრომაგნიტის გულარს შორის მოთავსებული სითხე გაიძვევა გულარის ცენტრში არსებულ ხვრელში და ღუზასა და ცილინდრს შორის არსებულ ღრეჩოში. ამასთან, გასაძვევებელი სითხის შრის სისქეზე დიდად იქნება დამოკიდებული მის გაძვევაზე დახარჯული ძალა, სახელდობრ, სითხის შრის სისქის შემცირებით შესაბამისი გაძვევის ძალა იზრდება და გასაძვევებელი სითხის შრის საკმაოდ მცირე სისქისას ეს ძალა საგრძნობლად გაიზრდება. ამ მოვლენის შედეგია ორი სიბრტყის ურთიერთსწრაფი მიახლოებისას დარტყმის ძალის შემცირება ანუ დემპფირება.

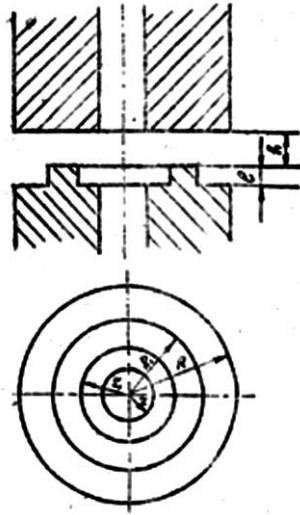
ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება დავა-სკვნათ, რომ მჰს-6-ის ელექტრომაგნიტის ღუზა-დგუშის მიზიდვისას ღუზა-დგუშსა და გულარს შორის მოთავ-სებული სითხის შრის მცირე სისქისას გასაძვევებელი სითხის წინაღობა იქნება საკმაოდ დიდი, რაც თავის მხრივ გაზრდის ღუზის მიზიდვის დროს და, შესაბამისად, ჭოკის აწევის დროს.

ჩვენს მიზანს წარმოადგენს სითხის გამოწნევის წინაღობის ძალის გათვალისწინებით მიზიდვისას ღუზის მოძრაობის დროის განსაზღვრა და იმ ხერხების ძიება,

რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელი იქნება სითხის გამოწნევის წინააღობის ძალის სიდიდის შემცირება ოპტიმალურ მნიშვნელობამდე.



ნახ. 3.11.



ნახ. 3.12.

ვინაიდან ღუზისა და გულარის ტორსები წარმოადგენენ რგოლებს რადიუსებით R და r (ნახ. 3.11), ღუზის მიზიდვისას ღუზასა და გულარს შორის არსებულ სითხეში P წნევა შეიძლება აღვწეროთ რეინოლდსის განტოლებით, რომელიც პოლარულ კოორდინატებში ჩაიწერება შემდეგი სახით [53]:

$$\frac{d^2 P}{d\rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{dP}{d\rho} = \frac{12\mu}{h^3} \cdot \frac{dh}{dt} \quad (3.8.1)$$

ამასთან ადგილი ექნება სასაზღვრო პირობებს:

$$\begin{cases} P|_{\rho=r} = P_o & (3.8.2) \\ P|_{\rho=R} = P_o & (3.8.3) \end{cases}$$

სადაც μ არის ზეთის სიბლანტე, P_0 – ჰიდროსისტემაში წნევის სიდიდე, t – ღუზის მიზიდვისას მოძრაობის დრო, ρ – პოლარული რადიუსი, R და r – რგოლის რადიუსები, h – ღუზის სვლის სიდიდე.

(3.8.1), (3.8.2) და (3.8.3) სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნის მიზნით (3.8.1) განტოლება გადავწეროთ ჩვენთვის ხელსაყრელი ფორმით:

$$\frac{d}{d\rho} \left(\rho \frac{dP}{d\rho} \right) = \frac{12\mu}{h^3} \cdot \frac{dh}{dt} \rho.$$

უკანასკნელი განტოლების ინტეგრებით მივიღებთ, რომ

$$\rho \frac{dP}{d\rho} = \frac{12\mu}{h^3} \cdot \frac{dh}{dt} \cdot \frac{\rho^2}{2} + c_1, \quad c_1 = const.$$

ანუ

$$\frac{dP}{d\rho} = \frac{12\mu}{h^3} \cdot \frac{dh}{dt} \cdot \frac{\rho}{2} + \frac{c_1}{\rho}.$$

განმეორებითი ინტეგრება მოგვცემს, რომ

$$P = \frac{3\mu\rho^2}{h^3} \cdot \frac{dh}{dt} + c_1 \ln \rho + c_2, \quad c_2 = const. \quad (3.8.4)$$

(3.8.2) და (3.8.4)-დან გამომდინარე

$$P_0 = \frac{3\mu r^2}{h^3} \cdot \frac{dh}{dt} + c_1 \ln r + c_2, \quad (3.8.5)$$

ხოლო (3.8.3) და (3.8.5)-დან გამომდინარე

$$P_0 = \frac{3\mu R^2}{h^3} \cdot \frac{dh}{dt} + c_1 \ln R + c_2. \quad (3.8.6)$$

ახლა (3.8.6) ტოლობას გამოვაკლოთ (3.8.4) და მიღებული ტოლობიდან გამოვთვალოთ c_1 . გვექნება, რომ

$$\frac{3}{h^3} \cdot \frac{dh}{dt} (R^2 - r^2) + c_1 (\ln R - \ln r) = 0,$$

საიდანაც

$$c_1 = \frac{3\mu h' (R^2 - r^2)}{h^3 \ln(r/R)}. \quad (3.8.7)$$

(3.8.5)-ისა და (3.8.7)-ის გათვალისწინებით

$$c_2 = -\frac{3\mu R^2}{h^3} \cdot \frac{dh}{dt} - \frac{3\mu h' (R^2 - r^2)}{h^3 \ln(r/R)} \ln r + P_o. \quad (3.8.8)$$

(3.8.7), (3.8.8)-ის (3.8.4)-ში ჩასმით მივიღებთ

$$P = \frac{3\mu}{h^3} \cdot \frac{dh}{dt} \left[\rho^2 - r^2 + \frac{(R^2 - r^2) \ln(\rho/r)}{\ln(r/R)} \right] + P_o. \quad (3.8.9)$$

(3.8.9) იძლევა გამოსადევი სითხის არეში რადიუსის გასწვრივ (r -დან R -მდე) წნევის განაწილებას დროის მიხედვით.

უგანზომილებო სახით (3.8.4) ტოლობა ჩაიწერება შემდეგნაირად

$$\frac{h^3}{\mu r^2 h'} P = 3 \left[\left(\frac{\rho}{r} \right)^2 - 1 + \frac{\left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) \ln(\rho/r)}{\ln(r/R)} \right] + \frac{h^3}{\mu r^2 h'} P_o. \quad (3.8.10)$$

გამოსადევი ზეთის წინაღობა ღუზის გულართან მიახლოებისას გამოითვლება წნევის ინტეგრებით რგოლზე:

$$F = \int_0^{2\pi} \int_r^R P(\rho) \rho d\rho dt \quad (3.8.11)$$

(3.8.11)-ის ძალით

$$F = 2\pi \int_r^R \left\{ \frac{3\mu}{h^3} \cdot \frac{dh}{dt} \left[(\rho^2 - r^2)\rho + \frac{(R^2 - r^2)}{\ln(r/R)} \cdot \ln(\rho/r) \cdot \rho \right] + P_o \rho \right\} d\rho.$$

იმის გათვალისწინებით, რომ

$$\begin{aligned} \int \rho \ln \frac{\rho}{r} d\rho &= \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{r} \rho^2 - \frac{1}{2} \int \rho^2 \cdot \frac{r}{\rho} \cdot \frac{1}{r} d\rho = \\ &= \frac{1}{2} \ln(\rho/r) \rho^2 - \frac{1}{4} \rho^2, \end{aligned}$$

საბოლოოდ მივიღებთ

$$F = \frac{3\pi\mu h' r^4}{2h^3} \left\{ \left(\frac{R}{r} \right)^4 - 1 - \frac{\left[\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right]^2}{\ln(r/R)} \right\} + \pi P_o (R^2 - r^2),$$

ანუ უგანზომილებო სახით

$$\frac{h^3}{\mu r^4 h'} F = -\frac{3\pi}{2} \left\{ \frac{R^4}{r^4} - 1 - \frac{\left[\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right]^2}{\ln(R/r)} \right\} + \frac{h^3 \pi P_o}{\mu r^2 h'} \left[\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right]. \quad (3.8.12)$$

ღუზის მიზიდვის ძალა საკმაოდ მცირე h -თვის საკმარისი სიზუსტით შეიძლება ჩაითვალოს მუდმივად. ახლა თუ (3.8.12)-ს გადავწერთ შემდეგი სახით

$$\frac{dt}{dh} = \frac{3\pi\mu r^2}{2} \cdot \frac{\left\{ \left(\frac{R}{r}\right)^4 - 1 - \left[\left(\frac{R}{r}\right)^2 - 1 \right] / \ln(R/r) \right\}}{-\frac{F}{r^2} + P_o \left[\left(\frac{R}{r}\right)^2 - 1 \right]} \cdot \frac{1}{h^3}$$

და შემდეგ ვაინტეგრებთ, მივიღებთ თანაფარდობას დროსა და ლუზის სვლას შორის:

$$\int_{t_o}^{t_1} dt = \int_{h_o}^{h_1} \frac{3\pi\mu r^2}{2} \cdot \frac{\left\{ \left(\frac{R}{r}\right)^4 - 1 - \left[\left(\frac{R}{r}\right)^2 - 1 \right] / \ln(R/r) \right\}}{-\frac{F}{r^2} + P_o \left[\left(\frac{R}{r}\right)^2 - 1 \right]} \cdot \frac{1}{h^3} dh,$$

დროის t_o -დან t_1 -მდე ცვლილებისას ლუზა გადაადგილდება h_o -დან h_1 -მდე.

ამრიგად,

$$\Delta t = t_1 - t_o = \frac{3\pi\mu \left[\frac{1}{h_1^2} - \frac{1}{h_o^2} \right] \cdot \left[R^4 - r^4 - \left((R^2 - r^2) / \ln(R/r) \right)^2 \right]}{4 \left[F - P_o \pi (R^2 - r^2) \right]} \quad (3.8.13)$$

h_o -ად უნდა მივიღოთ ის სისქე, რომლის დროსაც გადაადგილებისადმი წინააღმდეგობა იმდენად არსებითი ხდება, რომ იწყება ლუზის შენელებული გადაადგილება.

ლუზის მიზიდვის დროის შემცირება უფრო მიზანშეწონილია ზეთის გამოსადევნი რგოლის S ფართის შემცირებით, რაც შეიძლება განხორციელდეს თუ ლუზის ტორსულ ზედაპირს ექნება ვიწრო რგოლური შვერილი l სიმაღლით და r , R რადიუსებით (ნახ. 3.12). ცხადია, რომ როცა $S \rightarrow 0$, მაშინ $\Delta t \rightarrow t_{min}$. თუმცა S -ის შემცირება

გამოიწვევს შვერილის გულარის ტორსთან კონტაქტის ზედაპირზე $\sigma_{\text{თ}}$ – თელვის ძაბვისა და σ_3 – კუმშვის ძაბვის დაუშვებელ ზრდას, განსაკუთრებით მათ შორის მოსალოდნელი დარტყმის დროს.

ამიტომ ამ ზედაპირების მიახლოების ოპტიმალურ დროდ უნდა ჩაითვალოს ის დრო, რომლის შემთხვევაშიც დაცულია პირობები

$$\sigma_3 = [\sigma_3]$$

და

$$\sigma_{\text{თ}} = [\sigma_{\text{თ}}].$$

გაანგარიშება უნდა ჩატარდეს შვერილის მასალისთვის, რომელიც დამზადებული იქნება გულარის მასალაზე არანაკლებ მტკიცე არამაგნიტური მასალისაგან.

დარტყმითი მოვლენებისას ანგარიშისათვის საწყის მონაცემებად უნდა მივიღოთ:

- 1) შვერილის რადიუსები r , R და მისი სიმაღლე l ;
- 2) ურთიერთდარტყმის საწყისი სიჩქარე

$$V_{\text{დ}} = \frac{-2(h_0 - h_1) + V\Delta t}{\Delta t} \quad (3.8.14)$$

გამოთვლილი (3.8.13) ფორმულის გამოყენებით. ანგარიშის გამარტივების მიზნით h_0 -დან h_1 -მდე გზაზე შენელება ჩათვლილია მუდმივად. V შეესაბამება h_0 სისქეს და განისაზღვრება ღუზა-დგუშის მოძრაობის კანონით გამოსადგენი ზეთის წინაღობით გამოწვეული შენელების დაწყებამდე;

3) დრეკადობის მოდული E და კუმშვის დასაშვები ძაბვა – $[\sigma_3]$ შვერილის მასალის მიხედვით.

ამ მონაცემების მიხედვით ვითვლით პუასონის კოეფიციენტს

$$\varepsilon = \frac{[\sigma_k]}{E}$$

და ამ დრეკადი დეფორმაციის შესაბამის შვერილის კუმშვას

$$\Delta l = l\varepsilon$$

დარტყმის პირველი სტადიის τ პერიოდში.

თუ დეფორმაციის დრეკადობის სიჩქარეს ჩავთვლით თანაბრად შენელებულად v_d -დან 0-მდე, მაშინ შესაძლებელი იქნება განვსაზღვროთ ჯერ დრო

$$\tau = \frac{2\Delta l}{V_d},$$

ხოლო შემდეგ – ღუზის შესაბამისი შენელება

$$a = \frac{V_d}{\tau} = \frac{V_d^2}{2\Delta l},$$

რაც მოგვცემს დარტყმის ძალას

$$P_d = ma,$$

სადაც m ღუზის მასაა.

ახლა შეიძლება შევამოწმოთ სიმტკიცის პირობები:

$$\sigma_k = \frac{P_d}{\frac{\pi}{4}(R^2 - r^2)} \leq [\sigma_k]$$

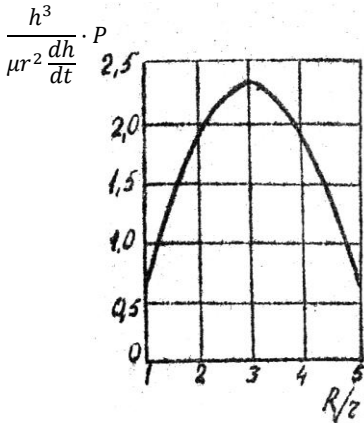
და

$$\sigma_T = \frac{P_d}{\frac{\pi}{4}(R^2 - r^2)} \leq [\sigma_T].$$

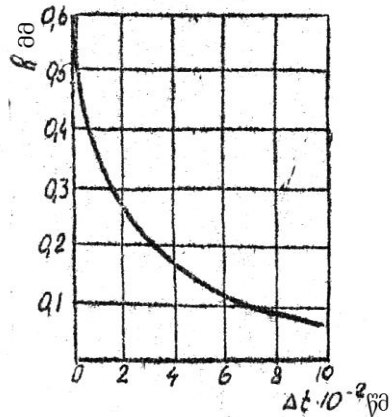
თუ რომელიმე მათგანი არ კმაყოფილდება, მაშინ უნდა შეიცვალოს რგოლური შვერილის აქტიური ფართი.

მიახლოებითი გამოთვლის შედეგები საშუალებას იძლევიან აიგოს გრაფიკები, რომლებიც წარმოადგენენ გამოსადეგნი ზეთის გამოდევნისას, წინაღობის სახის ილუსტრაციას.

ნახ. 3.13-ზე და ნახ. 3.14-ზე, შესაბამისად, ნაჩვენებია უგანზომილებო წნევის განაწილება რადიუსის გასწვრივ და გამოსადეგნი ზეთის შრის სისქის დამოკიდებულება დროზე, როცა $\nu = 3,527 \cdot 10^{-3}$ კვმ²/მ², $F = 350$ კგ, $h = 3,5$ მმ, $r = 10$ მმ.



ნახ. 3.13



ნახ. 3.14.

ეს წირები აგებულია (3.8.10) და (3.8.13) თანაფარდობათა შესაბამისად.

§3.9. მჰს-6-ის და მჰს-7-ის საბიძგებლების გამოცდის შედეგები და მათი ანალიზი

მჰს-6 და მჰს-7-ს მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლების ლაბორატორიული გამოცდა ჩატარდა \$2.10-ში აღწერილ სტენდზე იქვე შემოთავზებული გამოცდის მეთოდის მიხედვით.

მჰს-6-ისა და მჰს-7-ის გამოსაცდელი ნიმუშების ზოგიერთი ტექნიკური პარამეტრი იგივეა, რაც მჰს-3-სა და მჰს-5-ის. კერძოდ, ჭოკის მაქსიმალური სვლის სიდიდეა 32 მმ, ჭოკის ნომინალური ძალვა აწევისას 25 კგმ. საბიძგებელას მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კვება წარმოებდა 220 და 380 ვოლტიანი ცვლადი დენის წყაროდან გამმართველის მეშვეობით. მუშა სითხედ გამოყენებული იყო ტრანსფორმატორის ზეთი. მჰს-6-ისა და მჰს-7-ის მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტად გამოყენებული იყო მჰს-1-ისა და მჰს-3-ში გამოყენებული მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტი მცირე კონსტრუქციული ცვლილებით. კერძოდ, ღუზა-დგუში, რომელიც მჰს-1-ისა და მჰს-3-ში ასრულებდა ელექტრომაგნიტის ღუზის როლსაც, მჰს-6-სა და მჰს-7-ში ასრულებს მხოლოდ ელექტრომაგნიტის ღუზის როლს. მჰს-6-სა და მჰს-7-ში დგუშის როლს ასრულებს ღუზაზე ხისტად დამაგრებული მემბრანა. ელექტრომაგნიტის ღუზის სვლის სიდიდე ისევე, როგორც მჰს-3-სა და მჰს-5-ში, უდრის 0,35 სმ. აქედან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მჰს-6-ისა და მჰს-7-ის ელექტრომაგნიტური მახასიათებლები იგივეა, რაც მჰს-3-ისა და მჰს-5-ის.

მკს-6-ისა და მკს-7-ის გამოცდის შედეგებიდან ჩანს, რომ საბიძგებლების ჭოკის აწევის დრო და მისი ყველა მდგენელი იზრდება ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის ზრდასთან ერთად (ნახ. 3.15–3.17). მკს-6-ისა და მკს-7-ის ჭოკის აწევის დაყოვნების დროის (ნახ. 3.15, 3.17) მნიშვნელობები ტოლია მკს-3-ისა და მკს-5-ის ჭოკის აწევის დაყოვნების დროის მნიშვნელობებისა (ნახ. 2.18, 2.19, 2.23), რაც იმით აიხსნება, რომ შედარებული საბიძგებლების ღუზაზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალის სიდიდეები ერთმანეთის ტოლია ჭოკის ერთი და იგივე გარე დატვირთვების დროს. მკს-6-ისა და მკს-7-ის ჭოკის აწევის მოძრაობის დრო ემთხვევა მკს-5-ის აწევის მოძრაობის დროის მნიშვნელობებს (ნახ. 3.15, 3.17), (ნახ. 2.23), როცა მარეგულირებელი სარქველი სრულადაა გახსნილი.

მკს-6-ისა და მკს-7-ის ჭოკის დაშვების დაყოვნების დრო მცირდება ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის ზრდასთან ერთად (ნახ. 3.16, 3.17).

აღსანიშნავია, რომ მკს-6-ის ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დრო არსებითად მცირეა ჩვენს მიერ გამოცდილი დანარჩენი საბიძგებლების ჭოკის დაყოვნების დროზე (ნახ. 3.16, 3.17) (ნახ. 2.14; 2.15; 2.21), რაც იმით აიხსნება, რომ მკს-6-ში განსხვავებით ყველა სხვა საბიძგებელასაგან ჭოკის დაშვების დაწყებისას ღუზაზე მოქმედებს უკუქმედი ძალის მაქსიმალური სიდიდე. აღნიშნული თვისება მკს-6-ს აძლევს უპირატესობას დანარჩენი საბიძგებლების მიმართ იმ მანქანა-მექანიზმებში გამოყენებისას, რომლებშიც საბიძგებელასაგან მოთხოვნილია ჭოკის დაშვების მცირე დრო.

რაც შეეხება მჰს-6-ისა და მჰს-7-ის ჭოკის მოძრაობის დროს დაშვებისას, მათი სიდიდეები ტოლია მჰს-3-ისა და მჰს-5-ის შესაბამის დროის სიდიდეების (ნახ. 3.16, 3.17), (ნახ. 2.14, 2.15, 2.16, 2.30).

გამოსაცდელი საბიძგებლების ჭოკის დაშვების დროის დამოკიდებულება ჭოკის გარე დატვირთვის მნიშვნელობებზე იგივე ხასიათისაა, როგორც მჰს-1-ის, მჰს-3-ისა და მჰს-5-ის ჭოკის დაშვების დროის (ნახ. 3.16, 3.17), (ნახ. 2.14; 2.15; 2.16; 2.30). როგორც ცდების შედეგებმა გვიჩვენა, ჩვენ მიერ გამოცდილი საბიძგებლებიდან მჰს-6 ხასიათდება ჭოკის დაშვების დროის ყველაზე მცირე სიდიდით.

მჰს-6-ისა და მჰს-7-ის დროის მახასიათებლების დამოკიდებულება მუშა სითხის ტემპერატურაზე, ძაბვასა და ელექტრომაგნიტური კოჭის აქტიურ წინაღობაზე ისეთივე ხასიათისაა, როგორც მჰს-1-ის, მჰს-3-ისა და მჰს-5-ის ჭოკის დაშვების დროთა დამოკიდებულება აღნიშნულ სიდიდეებზე (ნახ. 3.17), (ნახ. 2.26–2.30).

განსხვავებით ყველა სხვა საბიძგებელასგან მჰს-6-ის ჭოკის დაშვების დროზე ვერ ახდენს არსებით გავლენას ძაბვის ზრდა, რაც იძლევა საშუალებას საბიძგებლის მკვებავი დენის ძაბვის გაზრდით შევამციროთ საბიძგებელას ჭოკის აწევის დროის მდგენელები და თვით ჭოკის აწევის დრო, ისე რომ ჭოკის დაშვების დრო არ გაიზარდოს არასასურველ სიდიდემდე.

ცხრ. 3.1-ში მოცემულია ჩვენ მიერ შემუშავებული მჰს-1-ის, მჰს-3-ის, მჰს-5-ის, მჰს-6-ის, მჰს-7-ის და ასევე არსებული ელექტროჰიდრავლიკური საბიძგებლების ТЭГ-25-სა და ТГМ-50-ის ტექნიკური მახასიათებლები. აქვე მოცემულია

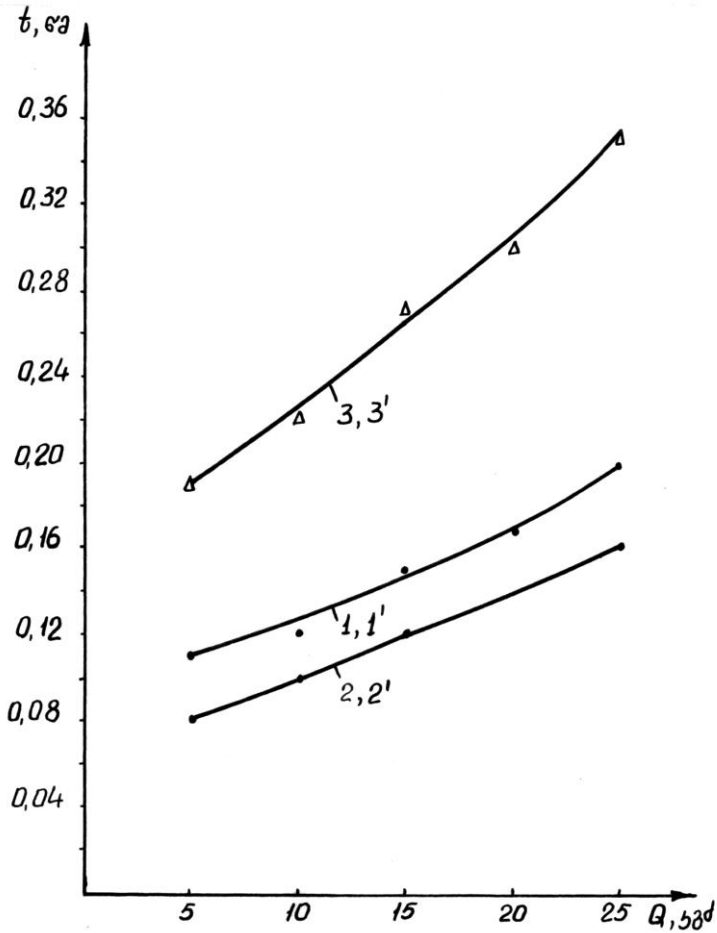
მ3ს-1-ის, მ3ს-3-ისა და მ3ს-6-ის კონსტრუქციების გაერთიანებით მიღებული მაგნიტურჰიდრაგ-ლიკური საბიძგებლას მ3ს-გ-ს ტექნიკური მახასიათებლები.

როგორც ცხრ. 3.1-დან ჩანს, მ3ს-გ-ს ჭოკის აწევის დრო 2,3-2,7-ჯერ მცირეა, ვიდრე არსებული ელექტროჰიდრაგ-ლიკური საბიძგებლების TჲF-25-სა და TFM-50-ის ჭოკის აწევის დრო, ხოლო რაც შეეხება მ3ს-გ-ს ჭოკის დაშვების დროს, იგი 1,7-2,3-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე TჲF-25-სა და TFM-50-ის ჭოკის დაშვების დრო.

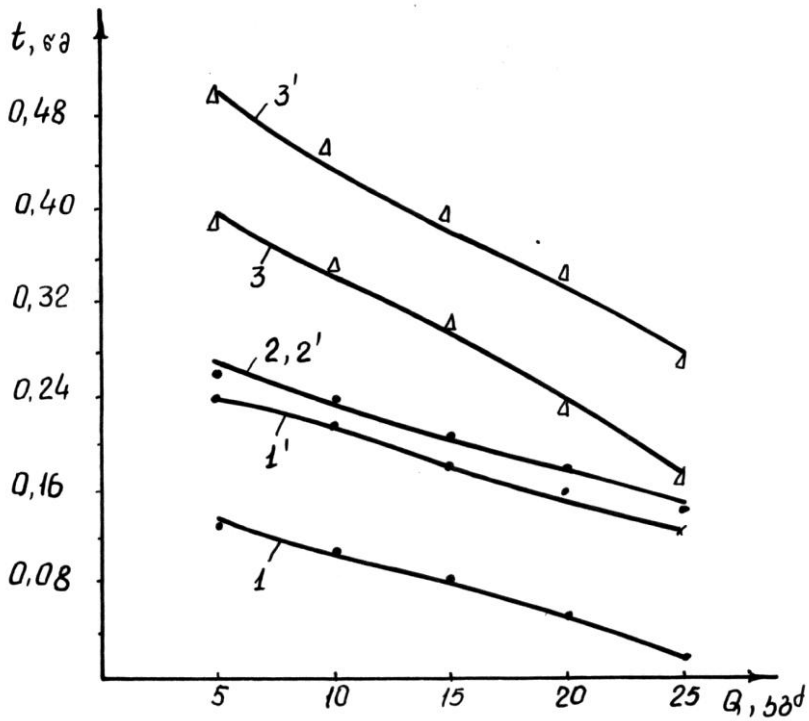
ცხრილი 3.1

საბიძგებლების ტექნიკური მონაცემები

მახასიათებლები	საბიძგებლას ტიპი							
	მ3ს-1	მ3ს-3	მ3ს-5	მ3ს-6	მ3ს-7	მ3ს-გ	TჲF-25	TFM-50
აწევის ნომინალური ძალვა, კგძ	25	25	25	25	25	25	25	25
ჭოკის სვლა, მმ	34	32	32	32	32	32	32	32
ჭოკის აწევის დაწყებისას დაყოვნების დრო, წმ	0,04	0,22	0,22	0,22	0,22	0,04	-	-
ჭოკის მოძრაობის დრო აწევისას, წმ	0,17	0,11	0,16	0,16	0,16	0,11	-	-
ჭოკის აწევის დრო, წმ	0,21	0,33	0,38	0,38	0,38	0,15	0,35	0,40
ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დრო, წმ	0,19	0,19	0,19	0,02	0,13	0,02	-	-
ჭოკის მოძრაობის დრო დაშვებისას, წმ	0,19	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	-	-
ჭოკის დაშვების დრო, წმ	0,38	0,34	0,34	0,17	0,28	0,17	0,30	0,32
ძაბვა, ვ	220	220	220	220	220	220	220	220



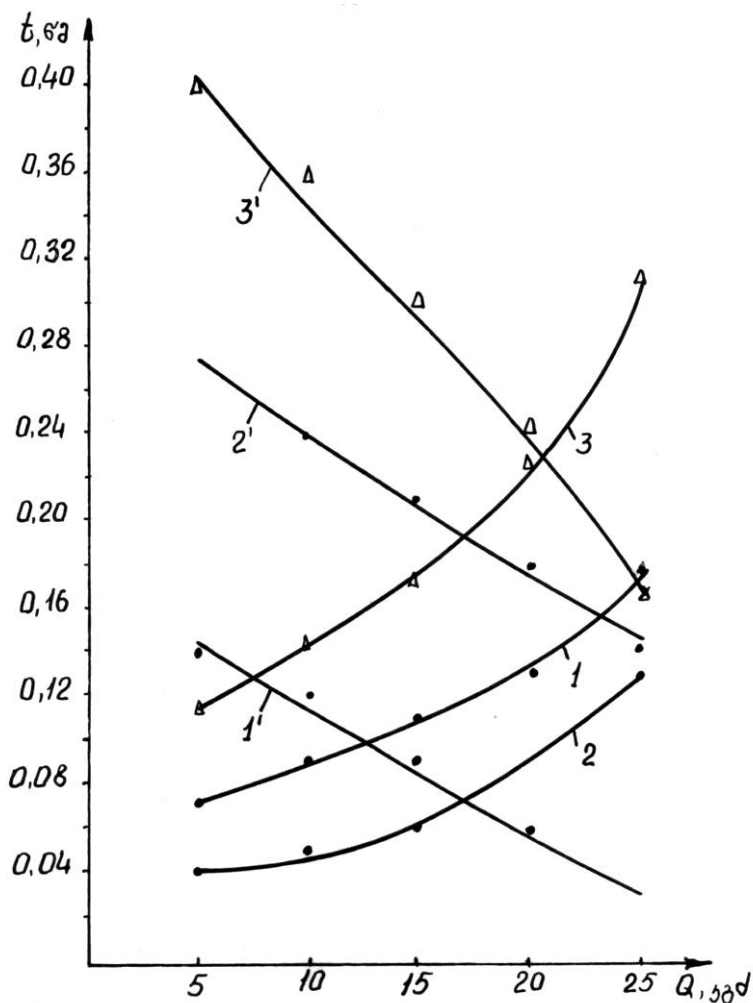
ნახ. 3.15. მჰს-6-ისა და მჰს-7-ის ჭოკის აწევის დროის მახასიათებლების დამოკიდებულება გარე დატვირთვაზე:
 1, 2, 3 – მჰს-6 მახასიათებლების დამოკიდებულება
 1', 2', 3' – მჰს-7 მახასიათებლების დამოკიდებულება.



ნახ. 3.16. მ3ს-6-ისა და მ3ს-7-ის ჭოკის დაშვების დროის მახასიათებლების დამოკიდებულება გარე დატვირთვაზე:

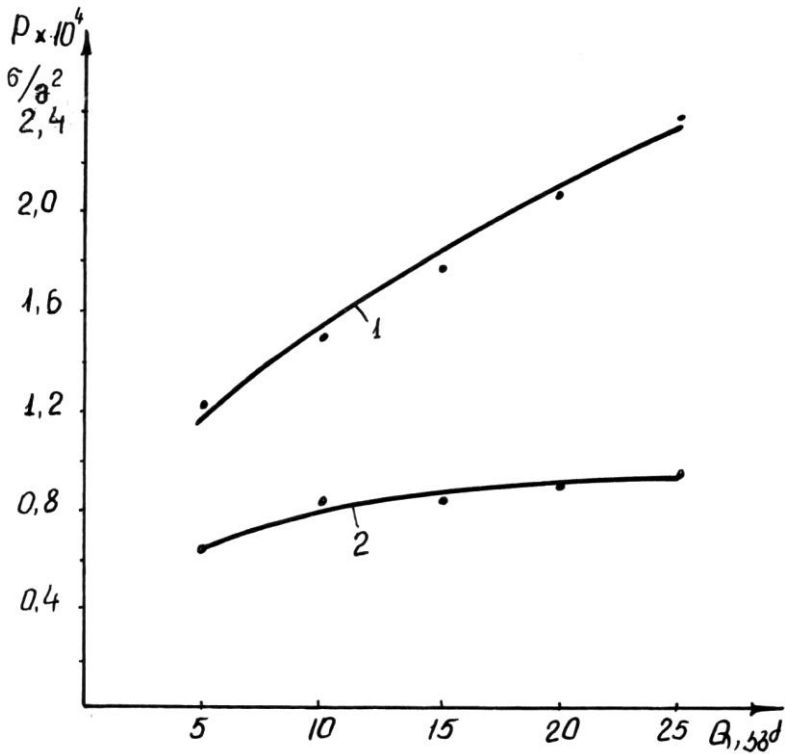
1, 2, 3 – მ3ს-6 მახასიათებლების დამოკიდებულება

1', 2', 3' – მ3ს-7 მახასიათებლების დამოკიდებულება.



ნახ. 3.17. მჰს-5-ის ჭოკის აწევისა და დაშვების დროის მახასიათებლების დამოკიდებულება დატვირთვაზე 380გ მაზვის დროს:

- 1, 2, 3 – მჰს-6 მახასიათებლების დამოკიდებულება
 1', 2', 3' – მჰს-7 მახასიათებლების დამოკიდებულება.



ნახ. 3.18. მჰს-6-ის მუშა კამერაში ჭარბი წნევის დამოკიდებულება გარე დატვირთვაზე – მრუდი 1; მჰს-6-ის მემბრანის ქვედა არეში მუშა სითხის წნევის დამოკიდებულება ჭოკის გარე დატვირთვაზე – მრუდი 2.

თავი მეოთხე
ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე
მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლები

§4.1. ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე
საბიძგებლების მიმოხილვა და ანალიზი

ნებისმიერი საბიძგებელას მუშაობის სრული ციკლი შედგება სამი სტადიისაგან. პირველი სტადიის დროს საბიძგებელას მიეწოდება მკვებავი დენი და ჭოკი დაძლევს რა მასზე მოქმედ გარე დატვირთვას, აიწევა მუშა სვლის ტოლ მანძილზე. მეორე სტადიის განმავლობაში ჭოკი ფიქსირდება ზედა კიდურა მდებარეობაში და ამ დროს შემსრულებელი მანქანა-მექანიზმი შეასრულებს სამუშაოს. მესამე სტადიისას საბიძგებელას და შემსრულებელ მექანიზმს შეუწყდება მკვებავი დენის მიწოდება და გარე დატვირთვის ზემოქმედებით ჭოკი დაეშვება საწყის ქვედა მდებარეობამდე.

პირველი სტადიის დროს ელექტროენერგიის ნაწილი გარდაიქმნება მექანიკურ ენერგიად ჭოკის აწევისას გარე დატვირთვის დასაძლევად, დანარჩენი ნაწილი კი გამოიყოფა სითბოს სახით.

მეორე სტადიის დროს ჭოკის ზედა კიდურა მუშა მდებარეობაში ყოფნისას დახარჯული ელექტროენერგია, მართალია, მცირდება, მაგრამ მაინც მნიშვნელოვანია. დახარჯული ენერგიის დიდი ნაწილი იხარჯება ჭოკის ზედა მუშა მდებარეობის დაკავებისათვის, დანარჩენი ნაწილი კი

გამოიყოფა სითბოს სახით. რაც უფრო ხანგრძლივია მეორე სტადია, მით მეტი ელექტროენერგია იხარჯება არარაციონალურად.

მუშაობის მესამე სტადიის დროს, ანუ მკვებავი ელექტროენერგიის მიწოდების შეწყვეტისას, როცა ჭოკის ზედა მუშა კიდურა მდებარეობაში დამაკავებელი ძალა გახდება ნაკლები ჭოკზე მოქმედ გარე დატვირთვაზე, ჭოკი დაეშვება ქვედა კიდურა საწყის მდებარეობამდე.

ვინაიდან შემსრულებელი მექანიზმების მუშაობის პერიოდში საბიძგებლებიც უნდა იყოს ჩართულ მდგომარეობაში, მათი გამოყენება შეზღუდულია იმ მანქანადანადგარებში, რომელთა მუშაობის პროცესი საკმაოდ ხანგრძლივია (მაგალითად, ესკალატორის ან ტრასპორტიორის მუხრუჭების განსამუხრუჭებლად სარქველების დისტანციური მართვისას, ძლიერი ელექტროჩამრთველების დისტანციური მართვისას და ა.შ.).

არსებული საბიძგებლების კონსტრუქციებიდან უმეტესობა ვერ უზრუნველყოფს საბიძგებლების ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში სრულყოფილ მუშაობას, რადგან ამ დროს ელექტროჰიდრავლიკურ საბიძგებლებში იზრდება მუშა სითხის ტემპერატურა და აჭარბებს დაშვებულ ზღვარს, რის გამოც რეზინის გამამკვრივებლები მალე გამოდიან მწყობრიდან, ეს კი იწვევს საბიძგებელას ჰერმეტიკობის დარღვევას. როგორც ადრე აღვნიშნეთ, ელექტროჰიდრავლიკურ საბიძგებლებში საბიძგებელას ცენტრიდანული ფრთიანი ტუმბოს ხანგრძლივი მუშაობისას ადგილი აქვს ზეთის აქაფებას, რაც, თავის მხრივ, იწვევს მუშა ცილინდრში წნევის შემცირებას, ჭოკის ზედა კიდურა მდებარეობიდან

ქვევით დაშვებას და საბიძგებელას ტექნიკური პარამეტრების გაუარესებას. გარდა ამისა, ექს-ში მუშა სითხის ტემპერატურის გაზრდა აუარესებს საბიძგებელას დროის პარამეტრებს [30].

მქს-ს ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მუშაობისას არსებობს მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭის გადახურებისა და მწყობრიდან გამოსვლის საფრთხე.

ცენტრიდანულ ელექტრომექანიკურ საბიძგებლებში კი ადგილი აქვს სახსრული შეერთების სწრაფ ცვლას, მათ შორის ღრეჩოების გაზრდას და საბიძგებელას ტექნიკური პარამეტრების გაუარესებას. ამ შემთხვევაშიც ადგილი აქვს ელექტროენერჯის არარაციონალურ ხარჯს.

ხანგრძლივ რეჟიმში მუშაობისათვის შექმნილია ელექტროჰიდრავლიკური საბიძგებლების რამდენიმე კონსტრუქცია. მაგალითად, ექს, რომელშიც საბიძგებელას ელექტროძრავას კვების ქსელში ჩართვისთანავე ჩართვება საბიძგებელას კორპუსის ზედა ნაწილში დამაგრებული მუდმივი დენის მაგნიტი [21]. საბიძგებელას დგუში, რომელიც წარმოადგენს მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზასაც, გადაადგილდება რა ზევით და მიაღწევს ზედა კიდურა მდებარეობას, მიეზიდება ელექტრომაგნიტს. დგუშის ელექტრომაგნიტის გულართან მიზიდვისთანავე ელექტრომაგნიტში მოთავსებული გადამცემი გამორთავს საბიძგებელას ელექტროძრავას, მაგრამ ჰოკი დგუშთან ერთად არ დაეშვება ქვევით, რადგან მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტი ჩართულია და დგუში მის მიერ მიზიდული და ფიქსირებულია ზედა მდებარეობაში შემსრულებელი მექანიზმის ხანგრძლივი მუშაობის მთელი პერიოდის განმავლობაში.

როცა საჭირო იქნება ჭოკის დაშვება, მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტს შეუწყდება კვება, დგუში მოსწყდება ელექტრომაგნიტს და დაეშვება ქვევით. ე.ი. შემსრულებელი მექანიზმის ხანგრძლივი მუშაობის დროს აღნიშნული ექს-ის ჭოკი ფიქსირებულია ზედა კიდურა მდებარეობაში და საბიძგებელას ელექტროძრავა გამორთულია, აღარ ბრუნავს ცენტრიდანული ტუმბო, აღარ ხდება ზეთის ტემპერატურის გაზრდა, მისი აქაფება და ელექტროენერჯის ხარჯიც მინიმუმამდეა შემცირებული.

არსებობს ასევე ექს-ს კონსტრუქცია ხანგრძლივ ჩართვის რეჟიმში სამუშაოდ [33], სადაც ელექტროჰიდრავლიკური საბიძგებელას ელექტროძრავაზე ძაბვის მიწოდებისას, ელექტროძრავას მოქმედებაში მოჰყავს ცენტრიდანული ტუმბო, რომელიც დაჭირხნის მუშა სითხეს დგუშის ქვედა არეში და დგუში ჭოკთან ერთად გადაადგილდება ზედა კიდურა მდებარეობამდე. საბიძგებელას ელექტროძრავას ჩართვისთანავე ჩაირთვება საბიძგებელას კორპუსის ზედა ნაწილში მოთავსებული ელექტრომექანიკური საკეტელას ცვლადი დენის ელექტრომაგნიტი, რომელიც გაათავისუფლებს საკეტელას საკვალთს ელექტრომაგნიტის ზამზარის მოქმედებისაგან და მეორე ზამზარის მოქმედებით საკვალთი მიეზღინება ჭოკს. როცა ჭოკი მიაღწევს ზედა კიდურა მდებარეობას, საკვალთი მოთავსდება ჭოკის შემოჩარხულ ღარში და დააფიქსირებს ჭოკს ზედა კიდურა მდებარეობაში მანამ, სანამ ჭოკის დაშვება არ იქნება საჭირო და კვება არ შეუწყდება საკვალთის ცვლადი დენის ელექტრომაგნიტს. ჭოკის ფიქსირებასთან ერთად საკვალთის მეორე მხარეს მოთავსებული შვერილი ამორთავს საბიძგებელას ელექტრო-

ძრავას საბოლოო ამომრთველს და ელექტროძრავაც ამოირთვება. ჭოკის დაშვებისათვის გამოირთვება მკვებავი ელექტროქსელიდან ექს-ს საკვალთი. ცვლადი დენის მაგნიტი, რომელიც გაათავისუფლებს საკვალთის ზამზარაზე უფრო ძლიერ ელექტრომაგნიტის ზამზარას, შეკუმშავს რა მას, საკვალთი გამოვა ჭოკის მოდებიდან. ჭოკი გათავისუფლდება და გარე ძალის მოქმედებით დაეშვება ქვედა კიდურა მდებარეობამდე. ამ დროს საბიძგებელას ელექტროძრავას საბოლოო კონტაქტები ჩართულია და ელექტროძრავა მზადაა კვლავ ჩასართავად.

ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მუშაობისთვის განკუთვნილ ერთ-ერთ ექს-ში ჭოკის ზედა კიდურა მდებარეობაში აწვევისთანავე ჩაირთვება ელექტრომაგნიტური სარქველის ელექტრომაგნიტი [51]. სარქველი გადაკეტავს ხერელს, საიდანაც სითხე დგუშის ქვედა არიდან გაედინება ზედა არეში და ჭოკი დგუშთან ერთად დარჩება ზედა კიდურა მდებარეობაში. ამავე დროს საბიძგებელას ელექტროძრავა გამოირთვება და საბიძგებელას ჭოკი ზედა კიდურა მდებარეობაში დარჩება მანამ, სანამ ამას მოითხოვს შემსრულებელი მექანიზმი. ჭოკის დაშვებისათვის კვება შეუწყდება სარქველის ელექტრომაგნიტს, სარქველი გაიხსნება და ჭოკი დაეშვება ქვედა კიდურა მდებარეობამდე.

ამ კონსტრუქციის ერთ-ერთი ნაკლი ისაა, რომ თუ მუშა სითხე გაიჟონება მუშა არიდან, მაშინ დგუში დაეშვება ქვევით და საბიძგებელას ელექტროძრავა კვლავ ჩაირთვება, ე.ი. მოხდება ელექტროძრავას პერიოდული ჩართვა. ასევე ჩართულია ელექტრომაგნიტი, სანამ ჭოკი ზედა კიდურა მუშა მდებარეობაშია.

ზემოთ აღწერილი ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე საბიძგებლების ერთ-ერთი საერთო ძირითადი ნაკლია ის, რომ საბიძგებელას ჭოკის ზედა კიდურა მუშა მდებარეობაში ფიქსაციის დროს ჩართულია მაფიქსირებელი მოწყობილობების ელექტრომაგნიტები. მათი ასეთი ხანგრძლივი ჩართვა ამცირებს მათ და მთლიანად საბიძგებელას საიმედოობასა და ხანგამძლეობას. ჩართული მაფიქსირებელი ელექტრომაგნიტის მწყობრიდან გამოსვლისას ფიქსაცია მოეხსნება ჭოკს. ჭოკი დაეშვება ქვევით და გაათავისუფლებს შემსრულებელ მექანიზმს ჭოკის მოქმედებისაგან, რასაც შეიძლება მოჰყვეს მექანიზმის და მისი ამძრავის მწყობრიდან გამოსვლა ან გაუთვალისწინებელი შედეგები.

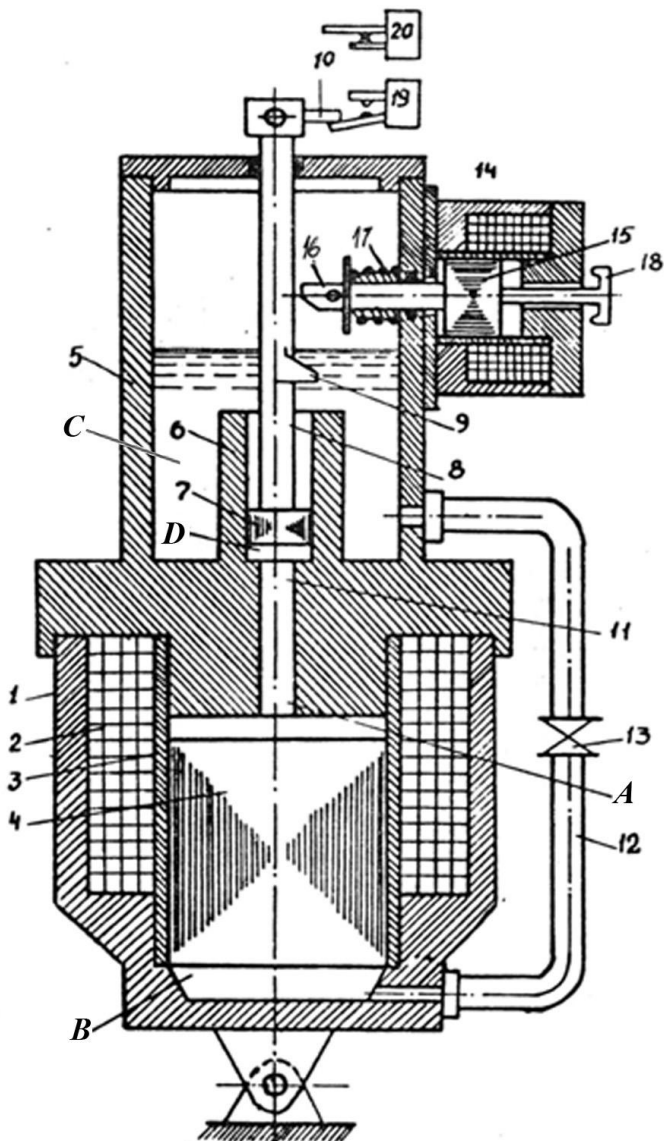
ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე სასურველია შეიქმნას საბიძგებელას ისეთი კონსტრუქცია ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში სამუშაოდ, რომელშიც ჭოკის ზედა კიდურა მდებარეობაში ფიქსირების მთელი დროის განმავლობაში გამორთული იქნება როგორც საბიძგებელას ელექტროძრავა, ისე ჭოკის ფიქსატორის ამძრავი მოწყობილობა.

§4.2. ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებლები

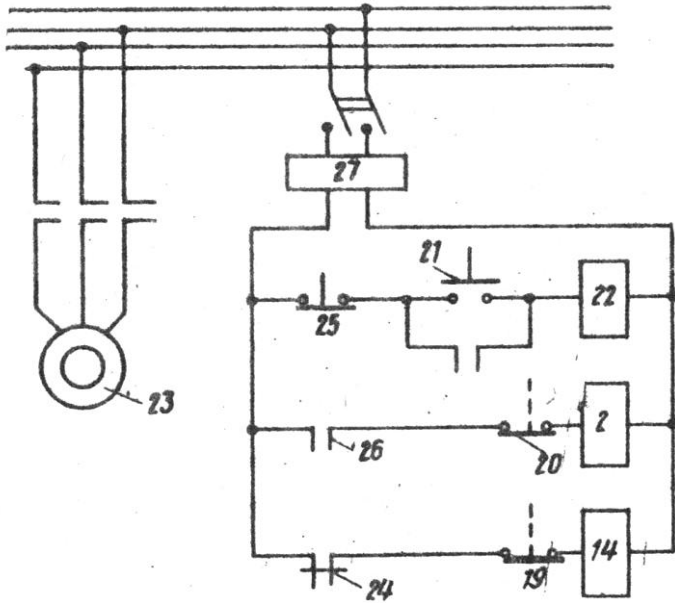
იმ შემთხვევისათვის, როცა საბიძგებელას მუშაობა უხდება ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში, მაგალითად, მძლავრი ელექტროამომრთველების სამართავად, ბუნკერის ჩამკეტის გასაღებად, ჭიმკრების, კამერებისა და ლიუკების გასახსნელად სახსრული სადგულის მეშვეობით, ე.ი. როცა

ჭოკის ქვედა და ზედა კიდურა მდებარეობები არ იცვლებიან – ჩვენ შევიმუშავეთ ახალი კონსტრუქციის მაგნიტურ-ჰიდრავლიკური საბიძგებელა მჰს-11 ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მუშაობისათვის [80]. მჰს-11-ის კონსტრუქციის სქემატური ნახაზი მოცემულია ნახ. 4.1-ზე, ხოლო მართვის ელექტრული სქემა – ნახ. 4.2-ზე.

მჰს-11-ის კორპუსის 1 ქვედა ნაწილში მოთავსებულია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2. კოჭაში 2 დამონტაჟებულია არამაგნიტური მასალის მიმმართველი მილი 3. მილი 3 ასრულებს ჰიდრავლიკური ცილინდრის როლს. მილში 3 გადაადგილდება ღუზა-დგუში 4. კორპუსის 1 ზედა ნაწილში არის მუშა სითხის საცავი 5 ცენტრალური მილით 6. მილი 6 ასრულებს მეორე ჰიდრავლიკური ცილინდრის როლს. ჰიდრავლიკურ ცილინდრში 6 გადაადგილდება დგუში 7, რომელიც ჭოკით 8 უკავშირდება შემსრულებელ მექანიზმს. ღუზა-დგუმს ქვედა 4 B არე მილით 12 და მარეგულირებელი სარქვლით 13 დაკავშირებულია მუშა სითხის საცავის 5 C არესთან, ღუზა-დგუმს ზედა 4 A არე კი ხვრელით 11 დგუმს ქვედა 7 D არესთან. საცავის 5 კორპუსზე დამაგრებულია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ელექტრომაგნიტი 14, რომლის ღუზის 15 ერთ მხარეს ხისტადაა დამაგრებული ფიქსატორის ღერო 16 ზამბარით 17, მეორე მხარეს კი – სახელური 18. ფიქსაციის მექანიკურად მოსახსნელად. საბიძგებელას კორპუსის ზედა ნაწილზე დამაგრებულია ბოლო ამომრთველები 19, 20.



буб. 4.1. 03б-11



ნახ. 4.2

მ3ს-11 ჩაირთვება ღილაკზე 21 დაწოლით. გამმართველიდან 27 კვება მიეწოდება მაგნიტურ გამშვებს 22 და მოხდება მისი თვითბლოკირება, რის შემდეგაც ქსელს მიუერთდება შემსრულებელი მექანიზმის ელექტროძრავა 23 და ჩაირთვება მ3ს-ს ელექტრომაგნიტის კოჭა 2. ჩართვისას ღუზა-დგუში 4, მიეზიდება რა ელექტრომაგნიტის გულარს, გადაჭირხნის მუშა სითხეს 11 ხვრელით დგუშის 7 ქვეშ, შექმნის ჭარბ წნევას, რის გამოც დგუში 7 მასთან ხისტად დამაგრებულ ჭოკთან 8 ერთად აიწევა თავის მუშა სვლის სიდიდით. ამ დროს ფიქსატორი 16 აღმოჩნდება შვერილის 9 ქვევით და ზამბარის 17 მეშვეობით დააფიქსირებს ჭოკს 8

ზედა კიდურა მდებარეობაში. ამ დროს შვერილი 10 გადაადგილდება ჭოკთან 8 ერთად და გაათავისუფლებს მაფიქსირებელი მოწყობილობის ელექტრომაგნიტის ბოლო გამომრთველს 19. თუმცა, მისი ელექტრომაგნიტი 14 არ ჩაირთვება, რადგან მაგნიტური გამშვების 24 ნორმალურად ჩაკეტილი კონტაქტით გათიშულია წრედიდან. შვერილი 10 ჭოკის 8 ზედა კიდურა მდებარეობაში ყოფნისას დააწვება ბოლო გამომრთველს 20, რის გამოც საბიძგებელას ელექტრომაგნიტი გაითიშება. ამ მდგომარეობაში საბიძგებელა მზადაა ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში სამუშაოდ, შემსრულებელი მექანიზმის ელექტროძრავა 23 ჩართულია, ხოლო ელექტრომაგნიტი 2 გამორთული, ჭოკი 8 ფიქსირებულია და მაფიქსირებელი მოწყობილობის ელექტრომაგნიტი მზადაა ჩართვისთვის, რათა სასურველ დროს მოიხსნას ჭოკის ფიქსაცია.

შემსრულებელი მექანიზმის გაჩერებისთვის საჭიროა ღილაკზე 25 დაწოლა. ამ დროს კვება შეუწყდება მაგნიტურ გამშვებს 22. შემსრულებელი მექანიზმის ელექტროძრავა 23 გამოირთვება, ხოლო ნორმალურად ჩაკეტილი კონტაქტი 24 შეიკვრება და ჩართავს ფიქსატორის ელექტრომაგნიტს 14, ვინაიდან ბოლო გამომრთველი 19 იქნება გათავისუფლებული. ღუზა 15 ფიქსატორთან 16 ერთად მიეზიდება გულარს. ფიქსატორი 16 შეკუმშავს რა ზამბარას 17, გამოვა შვერილთან 9 მოდებიდან, რითაც ჭოკი 8 თავისუფლდება და იგი მასზე მოქმედი გარე დატვირთვისა და საკუთარი წონის მოქმედებით დაეშვება ქვედა საწყის მდებარეობამდე.

ამ დროს ჭოკის შვერილი 10 გაათავისუფლებს ბოლო გამომრთველს 20, მაგრამ საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის კოჭა არ ჩაირთვება მაგნიტური გამშვების 22 გაუდენურობის გამო და მისი ნორმალურად ღია კონტაქტი 26 წრედში განირთვება. ჭოკის 8 ქვედა საწყის მდებარეობაში დაშვებისას შვერილი 10 დააწვება ბოლო გამომრთველს 19 და მაფიქსირებელი მოწყობილობის ელექტრომაგნიტი 14 გამოირთვება, რის შემდეგაც მთელი სისტემა მოვა საწყის მდგომარეობაში და მზად იქნება მუშაობის შემდეგი ციკლისათვის ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში სამუშაოდ.

მჰს-11 შეიძლება გამოვიყენოთ ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მანქანა-დანადგარების ამძრავად. მჰს-11-ით შეიძლება შეიცვალოს ამ მიზნისათვის გამოყენებული ელექტროჰიდრავლიკური საბიძგებლები, რომლებიც წარმოადგენენ კონსტრუქციულად უფრო რთულ ამძრავს, ვიდრე მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებლებია და ასევე ნაკლებად საიმედონი არიან ექსპლუატაციისას მზრუნავი ცვეთადი დეტალების არსებობის გამო.

მჰს-11-ის მუშაობისას, თუ ელექტროენერგია მოულოდნელად გაითიშება, კვება შეუწყდება შემსრულებელი მექანიზმის ელექტროძრავას და ფიქსატორის ელექტრომაგნიტს აღარ მიეწოდება ელექტროენერგია. იგი ვერ ჩაირთვება, ვერ მოხსნის ჭოკის ფიქსაციას და ჭოკი ვერ დაეშვება ქვედა საწყის მდებარეობამდე, რაც, თავის მხრივ, გამოიწვევს ავარიული სიტუაციის შექმნას.

მ3ს-11-ის ბაზაზე ჩვენ შევიმუშავეთ მ3ს-12, რომლის ორიგინალური ელექტროსქემა უზრუნველყოფს საბიძგე-ბელას ფიქსატორის ელექტრომაგნიტისადმი სქემაში არსე-ბული კონდენსატორიდან კვების მიწოდებას კონდენსა-ტორზე დაგროვილი მუხტის ხარჯზე [81].

მ3ს-12-ის მართვის ელექტროსქემაში (ნახ. 4.3) ავტომა-ტურ გამომრთველთან მიერთებულია გამმართველი 22, რომელთანაც მიერთებულია ღილაკები „გამორთვა“ 23 და „გაშვება“ 24. ისინი პარალელურადაა მიერთებული მაგნი-ტური გამშვების 26 ნორმალურად ღია კონტაქტთან 25 და ნორმალურად ღია კონტაქტთან 27. ამ წრედში პარალე-ლურადაა ჩართული ბოლო გამომრთველი 20, ელექტრო-მაგნიტის კოჭა 2 და მაგნიტური გამშვების კოჭა 28. გარდა ამ ელემენტებისა ელექტროსქემა შეიცავს ელექტროძრავას 29, რომელიც ჩაირთვება ელექტრომაგნიტის 14 დამატებითი მაგნიტური გამშვების 28 ნორმალურად გახსნილი კონ-ტაქტით 30. ელექტროსქემა ასევე შეიცავს ბოლო გამომრთველს 19, მაგნიტური გამშვების 28 ნორმალურად ჩაკეტილ კონტაქტს 31 და კონდენსატორს 32, რომელიც ელექტრომაგნიტთან 14 პარალელურადაა ჩართული.

ავტომატური ამომრთველის 21 ჩართვისას გამმართვე-ლიდან 22 კვება მიეწოდება მართვის სქემას. ღილაკზე 24 დაწოლით კვება მიეწოდება მაგნიტურ გამშვებს 26 და მოხდება მისი თვითბლოკირება, რის შემდეგაც მ3ს-10-ის ელექტრომაგნიტის კოჭა გამმართველით 22 მიუერთდება ქსელს. იმავდროულად მაგნიტური გამშვები 28 ჩართავს

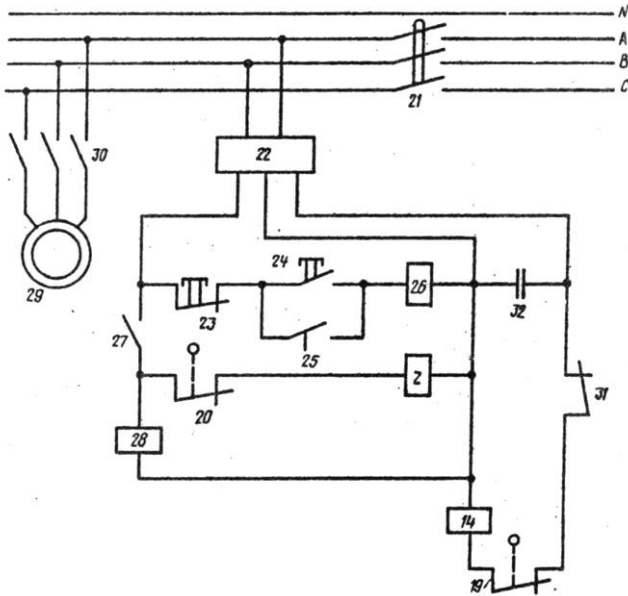
შემსრულებელი მექანიზმის ამძრავ ელექტროძრავას 29. მ3ს-12-ის ჩართვისას ღუზა-დგუში 4, რომელიც ასრულებს ელექტრომაგნიტის ღუზის როლსაც, მიეზიდება ელექტრომაგნიტის გულარს, დაიწყებს აწევას და გულარში არსებული ხვრელის გავლით გადაჭირხნის მუშა სითხეს A არიდან დგუშის 7 ქვედა D არეში. ღუზა-დგუში 4 შექმნის რა D არეში ჭარბ წნევას, დგუში 7 ჭოკთან 8 ერთად აიწევა თავისი მუშა სვლის სიდიდით. ამ დროს ფიქსატორი 16 აღმოჩნდება ჭოკის 8 შვერილის 9 ქვემოთ და ზამბარის 17 დახმარებით დააფიქსირებს ჭოკს 7 ზედა მუშა მდებარეობაში (ნახ. 4.4), ხოლო შვერილი 10 გადაადგილდება ჭოკთან 8 ერთად და გაათავისუფლებს ფიქსატორის ბოლო ამომრთველს 19. ფიქსატორის ელექტრომაგნიტი 14 არ ჩაირთვება, რადგან მაგნიტური გამშვების 28 ნორმალურად ჩაკეტილი კონტაქტი 31 იქნება გახსნილი. შვერილი ჭოკის 8 ზედა მუშა მდებარეობისას დააწევა რა ბოლო ამომრთველს 20 გამორთავს მ3ს-12-ის ელექტრომაგნიტის კოჭის 2. ამ მდგომარეობაში მ3ს-12 მზადაა ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მუშაობისათვის – შემსრულებელი მექანიზმის ელექტროძრავა 29 ფუნქციონირებს, მ3ს-12-ის ელექტრომაგნიტის კოჭა გამორთულია, ჭოკი 8 დაფიქსირებულია და ელექტრომაგნიტური ფიქსატორი მზადაა ჩართვისათვის.

ღილაკზე 23 დაწოლით, კვება შეუწყდება მაგნიტურ გამშვებებს 26, 28, რის გამოც ელექტროძრავა 29 და მ3ს-12-ის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2 გამოირთვება, ხოლო ნორმალურად ჩაკეტილი კონტაქტი 31 შეიკვრება და ჩართავს

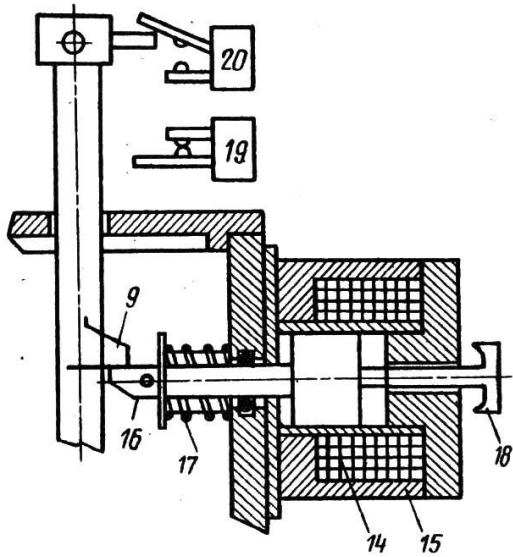
ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ელექტრომაგნიტს 14, ვინაიდან ბოლო ამომრთველი 19 იქნება გათავისუფლებული. ღუზა 15 მიეზიდება რა ელექტრომაგნიტის გულარს, შეკუმშავს ზამბარას 17 და ფიქსატორის ღერო 16 გამოვა შვერილთან 9 მოდებიდან, რითაც გათავისუფლდება ჭოკი 8 და გარე დატვირთვის მოქმედებით დაეშვება ქვევით (ნახ. 4.5). ამ დროს ჭოკის შვერილი 10 გაათავისუფლებს ბოლო ამომრთველებს 20, მაგრამ ელექტრომაგნიტის კოჭა 2 არ ჩაირთვება მაგნიტური გამშვების 26 გაუდენურების გამო და მისი ნორმალურად ღია კონტაქტი 27 განირთვება. ჭოკის 8 ქვედა კიდურა მდებარეობაში მისვლისას შვერილი 10 დააწვება რა ბოლო ამომრთველს 19, გამორთავს ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ელექტრომაგნიტს და ღუზა 15 შეკუმშული ზამბარის მოქმედებით დაუბრუნდება საწყის მდებარეობას, რის შემდეგაც მჰს-12 და ელექტროსქემა იქნებიან საწყის მდგომარეობაში და მზად იქნება ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში სამუშაოდ.

თუ ქსელში მოულოდნელად შეწყდება დენის მიწოდება, კვება შეუწყდება ელექტროძრავას 29, მაგნიტური გამშვებები 26, 28 დაკარგავენ კვებას და ნორმალურად ჩაკეტილი კონტაქტი 31 შეიკვრება. ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ელექტრომაგნიტის კოჭის 14 მიუერთდება კონდენსატორი 32, რომელიც პარალელურადაა ჩართული ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ელექტრომაგნიტის კოჭასთან 14. ელექტრომაგნიტის კოჭა 14 ღებულობს კვებას კონდენსატორზე 32 დაგროვილი მუხტის ხარჯზე, რომლის ტევა-

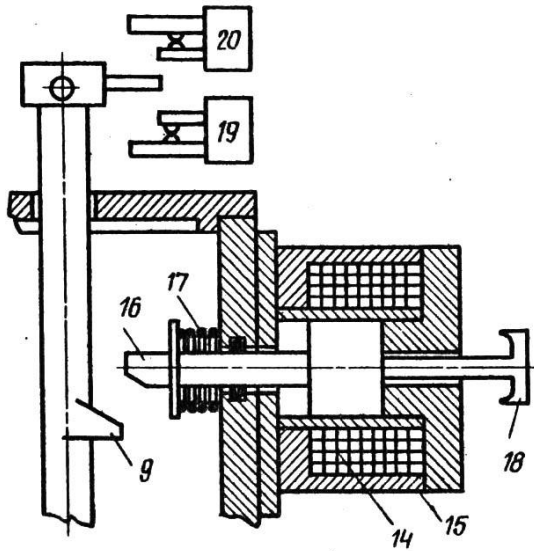
დობაც განისაზღვრება ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ჩართვის საჭირო ხანგრძლივობისა და სიმძლავრის მიხედვით. ჭოკი 8 გათავისუფლდება ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ღეროსაგან 16 და იგი დაეშვება ქვედა კიდურა მდებარეობამდე, რის შემდეგაც მთელი სისტემა იქნება მზად ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მუშაობის შემდეგი ციკლისათვის. აღსანიშნავია, რომ როცა ჩართულია ელექტროძრავა 29 კონდენსატორი 32 მუდმივად იმუხტება გამმართველით 29. ამრიგად, გამორიცხულია ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ელექტრომაგნიტის 14 აუმუშავებლობა ქსელში ელექტროკვების მიწოდების მოულოდნელი შეწყვეტისას.



ნახ. 4.3.



Бsb. 4.4.



Бsb. 4.5

§4.3. ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მანქანა- მექანიზმების მუხრუჭების მაგნიტურჰიდრავლიკური ამბრავი

მ3ს-11 და მ3ს-12 საბიძგებლების გამოყენება მუხრუჭების ამბრავად არ არის სასურველი, რადგან მათი ჭოკის ქვედა და ზედა კიდურა მდებარეობების ცვალებადობა შეუძლებელია, რის გამოც მათი საშუალებით ვერ მიიღწევა მუხრუჭების ფრიქციული სადგმელების ცვეთის ავტომატური კომპენსირება.

ჩვენ შევიმუშავეთ ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მანქანა-დანადგარებისა და ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მანქანა-მექანიზმების მუხრუჭებისათვის ახალი კონსტრუქციის მ3ს-13, რომელშიც მიღწეულია ჭოკის ქვედა და ზედა კიდურა მდებარეობათა ცვალებადობა და რომელშიც ჭოკის ზედა კიდურა მუშა მდებარეობის ფიქსაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში გამორთულია საბიძგებელას, როგორც მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტი, ისე ფიქსატორის მუდმივი ელექტრომაგნიტი [85].

ახალი კონსტრუქციის მ3ს-13-ის სქემატური ნახაზი მოცე-მულია ნახ. 4.6-ზე.

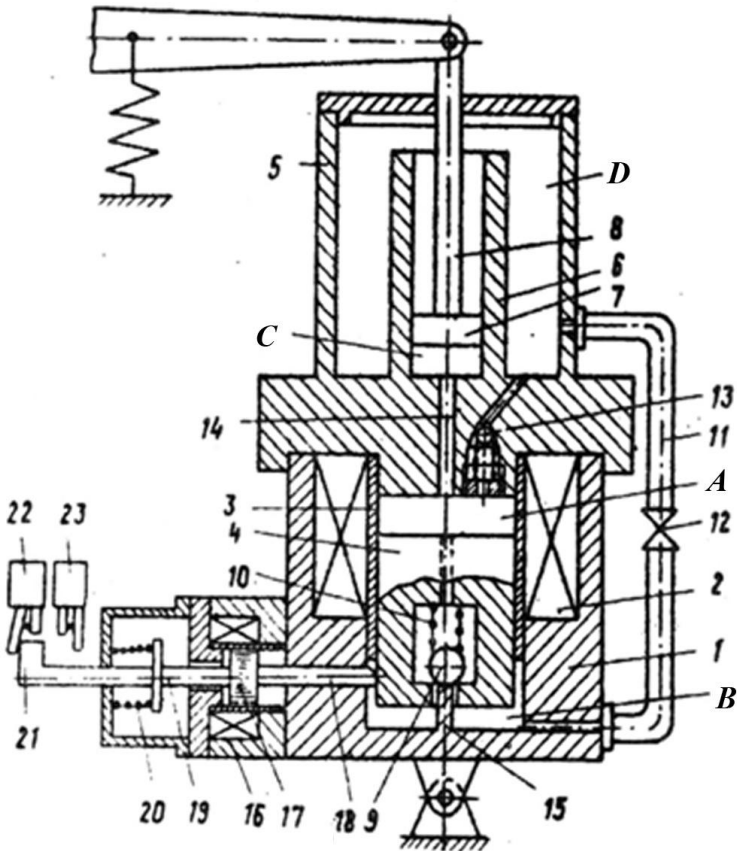
საბიძგებელას კორპუსის 1 ქვედა ნაწილში მოთავსებულია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2. კოჭაში 2 დამონტაჟებულია არამაგნიტური მასალის მიმმართველი მილი 3. მილი 3 ასრულებს ჰიდრავლიკური ცილინდრის როლს. მილში 3 გადაადგილდება ღუზა-დგუში 4, რომელიც ამავდროულად წარმოადგენს ელექტრომაგნიტის ღუზას. კორპუსის 1 ზედა ნაწილში არის ზეთის საცავი 5 ცენტრალური მილით 6. მილი 6 ასრულებს მეორე ჰიდრავლიკური

ცილინდრის როლს. მილში 6 გადაადგილდება დგუში 7, რომელიც ჭოკით 8 უკავშირდება შემსრულებელ მექანიზმს. ღუზა-დგუშს 4 გააჩნია ცილინდრული ხვრელი, რომელშიც მოთავსებულია სარქველი 9 ნორმირებული ზამბარით 10. ღუზა-დგუში 4 ცილინდრული ხვრელის სარქვლით 9 აკავშირებს A არეს B არესთან. დგუშსკვედა 4 B არე მილით 11 და მარეგულირებელი სარქვლით 12 დაკავშირებულია მუშა სითხის საცავის D არესთან. ღუზა-დგუშსზედა 4 A არე კი ცალმხრივმოქმედი სარქვლით 13 მუშა სითხის საცავის 5 D არესთან, ხოლო გამავალი არხით 14 – დგუშის 7 კვედა C არესთან. კორპუსს 1 ღუზა-დგუშის 4 ქვემოთ აქვს საბჯენი 15, რომელზედაც ებჯინება ღუზა-დგუში 4 სარქვლით. კორპუსის 1 კვედა ნაწილზე დამაგრებულია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ელექტრომაგნიტი 16, რომლის ღუზის 17 ერთ მხარეს ხისტადაა დამაგრებული ფიქსატორის ღერო 18, მეორე მხარეს კი – მანჭვალი 19 ზამბარით 20. მანჭვალს 19 აქვს შვერილი 21, რომელიც ურთიერთქმედებაშია ბოლო გამომრთველთან 22, 23.

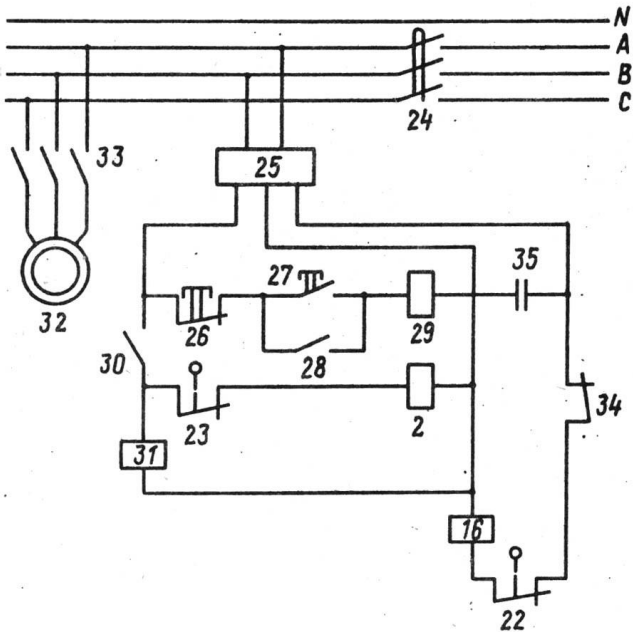
შემსრულებელი მექანიზმის ამპრავი ძრავას, მჰს-13-ის ელექტრომაგნიტური ფიქსატორისა და ბოლო ამომრთველების ელექტრული მართვის სქემა მოცემულია ნახ. 4.7-ზე.

ელექტრული მართვის სქემაში ამომრთველთან 24 მიერთებულია ცვლადი დენის გამმართველი 25. გამმართველთან 25 მიერთებულია გაჩერების ღილაკი 26 და ამუშავების ღილაკი 27. ღილაკთან 27 პარალელურად მიერთებულია მაგნიტური გამშვების 29 ნორმალურად ღია კონტაქტი 28. მაგნიტური გამშვების 29 ღია კონტაქტი 30 მიერთებულია გამმართველთან 25. ამ წრედში პარალელურადაა ჩართული ბოლო ამომრთველი 23, საბიძგებელას

მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭა და მაგნიტური გამშვების კოჭა 31. სქემა აგრეთვე შეიცავს ელექტროძრავას 32, რომელიც ჩაირთვება ელექტრომაგნიტის 16 მაგნიტური გამშვების 31 ნორმალურად ღია კონტაქტის 33 მეშვეობით. მაგნიტური გამშვების ნორმალურად ჩაკეტილი კონტაქტი 34 და კონდენსატორი 35 ჩართულნი არიან პარალელურად ელექტრომაგნიტთან 16.



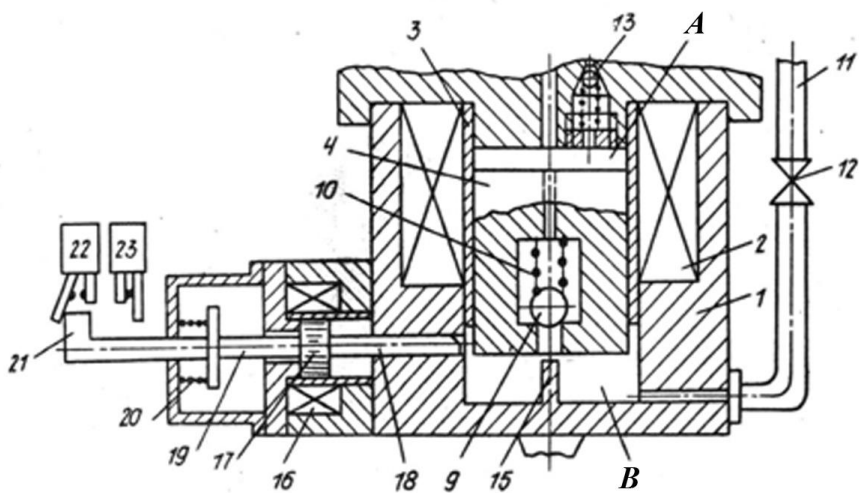
ნახ. 4.6. მკს-13



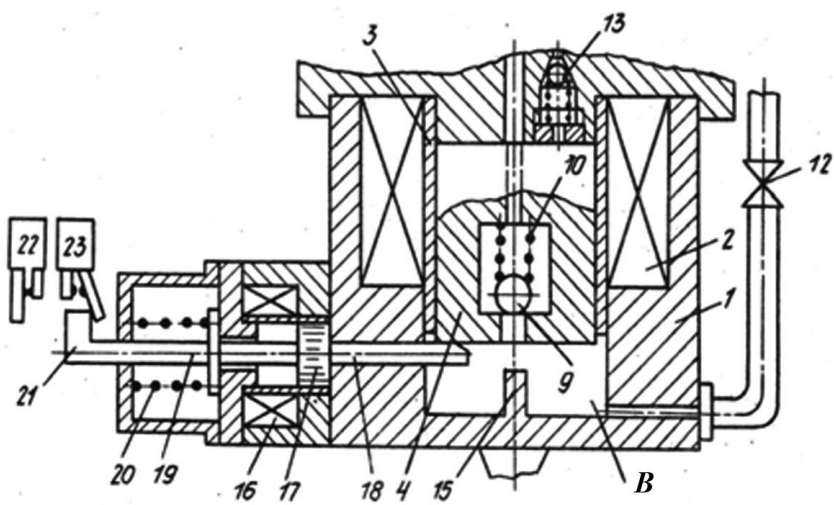
ნახ. 4.7.

ამომრთველის 24 ჩართვისას კვება მიეწოდება მართვის სქემას. ღილაკზე 27 დაწოლით კვება მიეწოდება მაგნიტურ გამშვებს 29, რის შედეგადაც ქსელში ჩაირთვება მქს-13-ის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2 და მასთან ერთად მაგნიტური გამშვები 31 ჩართავს შემსრულებელი მექანიზმის ამძრავ ძრავას 32. კოჭის 2 ჩართვისას ლუზა-დგუმი 4 მიეზიდება გულარს და A არიდან არხით 14 გადაჭირხნის ზეთს დგუმი 7 ქვედა C არეში. ლუზა-დგუმი 4 შექმნის რა ჭარბ წნევას D არეში, დგუმი 7 ჭოკთან 8 ერთად აიწევა ზევით და როცა ლუზა-დგუმი 4 მიეზღინება გულარს, დგუმი 7 ჭოკთან 8 ერთად იქნება კიდურა მუშა მდებარეობაში. ამ დროს (ნახ.

4.8) (ნახ. 4.9) ღუზა-დგუში 4 აღმოჩნდება ფიქსატორის ღეროს 18 ზემოთ და ეს უკანასკნელი ზამბარის 20 მეშვეობით დააფიქსირებს ღუზა-დგუშს გულარზე მიბჯენილ ზედა კიდურა მდებარეობაში. ამასთან შვერილი 21 გადაადგილდება რა მანჭვალთან 19 ერთად, გაათავისუფლებს ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ბოლო ამომრთველს 22, მაგრამ ფიქსატორის ელექტრომაგნიტი 16 არ ჩაირთვება, რადგან მაგნიტური გამშვების 31 ნორმალურად ჩაკეტილი კონტაქტი 34 იქნება გახსნილი, შვერილი 21 ღუზა-დგუშის 4 ფიქსირებისას დააწვება ბოლო ამომრთველს 23, რის შედეგადაც გამოირთვება კვების წყაროდან მჰს-13-ის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2. ამ მდგომარეობაში მჰს-13 მზად იქნება ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმით მუშაობისთვის ე.ი. შემსრულებელი მექანიზმის ამძრავი ძრავა 32 იქნება ჩართული და შემსრულებელი მექანიზმი შეასრულებს თავის ფუნქციას; მჰს-13-ის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2 იქნება გამორთული, ღუზა-დგუში 4, მასთან ერთად დგუში 7 და ჭოკი 8 ფიქსირებული იქნებიან ზედა კიდურა მდებარეობაში, ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ელექტრომაგნიტი 16 კი მზად იქნება ჩართვისათვის, რათა მოხსნას ფიქსაცია საბიძგებელას ჭოკის 8 დაშვების მიზნით ან მართვის სქემისათვის მოულოდნელად კვების შეწყვეტის გამო.



Бsb. 4.8.



Бsb. 4.9.

შემსრულებელი მექანიზმის ამძრავი ძრავას 32 გამორთვისათვის დავაწვებით ღილაკს 26. კვება შეუწყდება მაგნიტურ გამშვებებს 29, 31 და გამოითიშება ელექტროძრავა 32 (ნახ. 4.7). ამ დროს გამოითიშულია საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის კოჭაც 2. შეიკვრება ნორმალურად ჩაკეტილი კონტაქტი 34 და რადგან ბოლო ამომრთველი 22 გათავისუფლებული იქნება, ჩაირთვება ფიქსატორის ელექტრომაგნიტი 16. ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ელექტრომაგნიტის ღუზა 17 ფიქსატორის ღეროსთან 18 ერთად მიეზიდება გულარს. გადაადგილებს რა მანჭვალს 19, ღუზა 17 შეკუმშავს ზამზარას 20. ფიქსატორის ღერო გამოვა ღუზა-დგუმის 4 მოდებიდან და ღუზა-დგუმი 4 ჭოკზე 8 მოქმედი გარე დატვირთვის, ჭოკის 8, დგუმისა 7 და საკუთარი წონის მოქმედებით დგუმთან 7 და ჭოკთან ერთად დაეშვება ქვევით. ისინი დაუბრუნდებიან საწყის ქვედა მდებარეობას. ღუზა-დგუმი 4 ქვედა საწყის მდებარეობაში სარქვლით 9 ებჯინება საბჯენს 15. ღუზა-დგუმის 4 დაშვებისას მუშა სითხე D არიდან მილით 11 მარეგულირებელი სარქვლის 12 გავლით გადაიტუმბება საცავის 5 B არეში. მარეგულირებელი სარქვლის 12 მდებარეობის რეგულირებით პრაქტიკულად შეგვიძლია მივიღოთ ჭოკის 8 დაშვების სიმდოვრის ნებისმიერი ხარისხი. ფიქსატორის ელექტრომაგნიტის 16 ჩართვისას და ფიქსაციის მოხსნისას შვერილი 21 გაათავისუფლებს ბოლო ამომრთველს 23, მაგრამ მ3ს-13-ის ელექტრომაგნიტის კოჭა არ ჩაირთვება, რადგან მაგნიტური გამშვები 29 გაუდენურებულია და მისი ნორმალურად ღია კონტაქტი 30 წრედში გათიშულია. ფიქსატორის ელექტრომაგნიტის ღუზის 17 მიზიდვისას შვერილი 21 დააწვება

ბოლო ამომრთველს, გაითიშება ელექტრომაგნიტი 16 და ღუზა 17 ფიქსატორის ღეროსთან 16 ერთად შეკუმშული ზამბარის 20 მეშვეობით მოშორდება ელექტრომაგნიტის 16 გულარს და გადაადგილდება მიზიდვის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ ღუზა-დგუმისაკენ 4. მაგრამ ღუზა-დგუმის 4 ფიქსირება ფიქსატორის ღეროს 18 მიერ გამორიცხულია, რადგან ღუზა-დგუმი 4 ფიქსაციის მოხსნისთანავე მყისვე ეშვება ქვევით, რადგან მასზე აღარ მოქმედებს ნარჩენი მაგნეტიზმის მიზიდულობის ძალა ელექტრომაგნიტის ხანგრძლივი გამორთვის გამო. ღუზა-დგუმი 4 ასწრებს ფიქსატორის ღეროს 18 მიმმართველი ხვრელის გადაფარვას მის ფიქსირებამდე და ფიქსატორის ღერო 17 მიეზღინება დგუმის 4 ცილინდრულ ზედაპირს. იმ შემთხვევაში, თუ ჭოკის 8 დაშვება აუცილებელი გახდა მის კიდურა მდებარეობაში მისვლისთანავე, მაშინ ღუზა-დგუმი 4 მკს-13-ის ელექტრომაგნიტის გამორთვისას იმოქმედებს ნარჩენი მაგნეტიზმის მიზიდულობის ძალა და დგუმი 5 დაშვების დაწყება შეყოვნდება. თუმცა ღუზა-დგუმის 4 ფიქსირება მაინც არ მოხდება, რადგან ზამბარა 20 წინასწარ ნორმირებულია და მისი მოქმედებით ღუზა 17 უფრო გვიან მოშორდება ელექტრომაგნიტის 16 გულარს, ვიდრე ღუზა-დგუმი 4 მკს-13-ის ელექტრომაგნიტის გულარს, ამიტომ ღუზა-დგუმი 4 ფიქსაციამდე ასწრებს გადაფაროს ფიქსატორის ღეროს 18 მიმმართველი ხვრელი. ფიქსატორის ღერო 17 მიეზღინება დგუმის 4 ცილინდრულ ზედაპირს, რის შედეგადაც მთელი სისტემა მოსული იქნება საწყის მდგომარეობაში და მზად იქნება ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმით მუშაობის შემევი ციკლის შესასრულებლად.

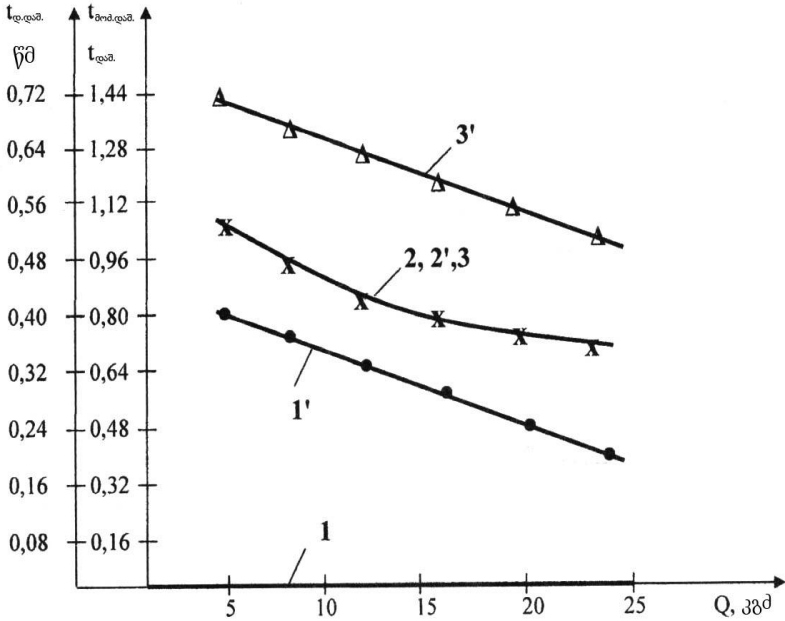
იმ შემთხვევაში თუ შემსრულებელი მექანიზმის ამძრავ ელექტროძრავას მოულოდნელად შეუწყდება კვება, მაშინვე შეუწყდება კვება მაგნიტურ გამშვებებს 29 და 31 და ნორმალურად ჩაკეტილი კონტაქტი 34 შეიკვრება. ელექტრო-მაგნიტურ ფიქსატორის ელექტრომაგნიტს 16 მიუერთდება კონდენსატორი 35, რომელიც ელექტრომაგნიტურ ფიქსატორის ელექტრომაგნიტთან 16 ჩართულია პარალელურად. ელექტრომაგნიტი 16 მიიღებს კვებას კონდენსატორზე 35 დაგროვილი მუხტის ხარჯზე. კონდენსატორის 35 ტევადობა შეირჩევა ელექტრომაგნიტის 16 სიმძლავრისა და ჩართვის ხანგრძლივობის მიხედვით. კონდენსატორიდან 35 მიწოდებული კვების ხარჯზე ელექტრომაგნიტის 16 ღუზა 17 მიეზიდება გულარს და ფიქსატორის ღერო 18 გამოვა ღუზა-დგუმის 4 მოდებიდან. ღუზა-დგუმი 4 დაეშვება ქვევით, დგუმსა 7 და ჭოკთან 8 ერთად ქვედა საწყის მდებარეობამდე. უნდა აღინიშნოს, რომ კონდენსატორი 35 მუდმივად იმუხტება შემსრულებელი მექანიზმის ამძრავი ელექტროძრავას 32 მუშაობის დროს გამმართველიდან 25. ამრიგად, გამორიცხულია ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ელექტრომაგნიტის 16 აუმუშევებლობა ელექტროძრავასა 32 და მართვის სქემისათვის კვების მოულოდნელი შეწყვეტისას.

მუშა კამერაში ჰერმეტიულობის დარღვევისას და მუშა სითხის გაჟონვისას A და C არეებიდან, მას შემდეგ, რაც დგუმი 7 დაიკავებს ქვედა საწყის მდებარეობას, ღუზა-დგუმი 4 ჯერ კიდევ არ იქნება მისული ქვედა საწყის მდებარეობამდე და საკუთარი წონის მოქმედებით ეცდება დაეშვას საწყის მდებარეობამდე. იგი სარქვლის 13 მეშვე-

ობით შეიწოვს მუშა სითხეს საცავის 5 B არიდან მანამ, სანამ არ დაებჯინება სარქვლით 9 საბჯენს 15.

თუ მქს-13-ს გამოვიყენებთ სამუხრუჭე მოწყობილობების ამძრავად, მუხრუჭის ხუნდის ფრიქციული სადგმელის გაცვეთისას მუხრუჭის ბერკეტი ჭოკთან 8 და დგუშთან 7 ერთად მიაღწევს რა ქვედა საწყის მდებარეობას, ეცდება დაეშვას კიდევ ქვევით ფრიქციული სადგმელის ცვეთის სიდიდის კომპენსაციისათვის. ამიტომ ჭოკზე 8 კვლავ იმოქმედებს გარე დატვირთვა. იგი დგუშით 7 დააწვება მუშა სითხეს და დაჭირხნის მას D არიდან ხვრელის 14 გავლით ღუზა-დგუშის 4 ზედა A არეში. მაგრამ დგუში 4 უკვე იქნება ქვედა საწყის მდებარეობაში. ის სარქვლით 9 ეყრდნობა საბჯენს 15 და გაუწევს წინააღმდეგობას მუშა სითხის დაჭირხვნას A არეში. ამიტომ A და D არეში გაიზრდება წნევა და როცა ღუზა-დგუშზე 4 მოქმედი A არეში არსებული მუშა სითხის წნევის ძალა საკმარისი იქნება სარქვლის 9 ნორმირებული ზამბარის შესაკუმშად, ღუზა-დგუში 4 შეკუმშავს ზამბარას 10 და სარქველი 9 გახსნის A და D არეების დამაკავშირებელ ცილინდრულ ხვრელს. ამის შემდეგ მუშა სითხე A არიდან გაედინება D არეში, ხოლო C არიდან მილით 11 – საცავის 5 B არეში. დგუში 7 ჭოკთან 8 და მუხრუჭის ბერკეტთან ერთად წინააღმდეგობის გარეშე დაეშვება ქვევით იმ მანძილზე, რომელიც საკმარისია სადგმელისა და სამუხრუჭე ბორბალს შორის სადგმელის ცვეთით წარმოქმნილი ღრეჩოს კომპენსაციისათვის. ამის შემდეგ ბერკეტი აღარ დააწვება ჭოკს 8 და ღუზა-დგუშიც 4 ვეღარ დააწვება სარქვლით 9 საბჯენს 15 იმ ძალით, რომ ზამბარა 10 შეაკავოს შეკუმშულ მდგომარეობაში. სარქველი 9

დაკეტავს ღუზა-დგუშის 4 ცილინდრულ ხვრელს და დგუში 4 დაუბრუნდება თავის საწყის ქვედა მდებარეობას, რის შემდეგაც მჰს-13 მზად იქნება ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმის მუშაობის შემდეგი ციკლის შესასრულებლად.



ნახ. 4.10. ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მჰს-13-ის და ტვირთამწე მექანიზმის მუხრუჭის მაგნიტურჰიდრავლიკური ამძრავის მჰს-3-ის ჭოკის დაშვების დროის მახასიათებლების დამოკიდებულება ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის სიდიდეზე.

- 1 – მჰს-13-ის ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დრო;
- 2 – მჰს-13-ის ჭოკის მოძრაობის დრო დაშვებისას;
- 3 – მჰს-13-ის ჭოკის დაშვების სრული დრო;
- 1' – მჰს-3-ის ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დრო;
- 2' – მჰს-3-ის ჭოკის მოძრაობის დრო დაშვებისას;
- 3' – მჰს-3-ის ჭოკის დაშვების სრული დრო.

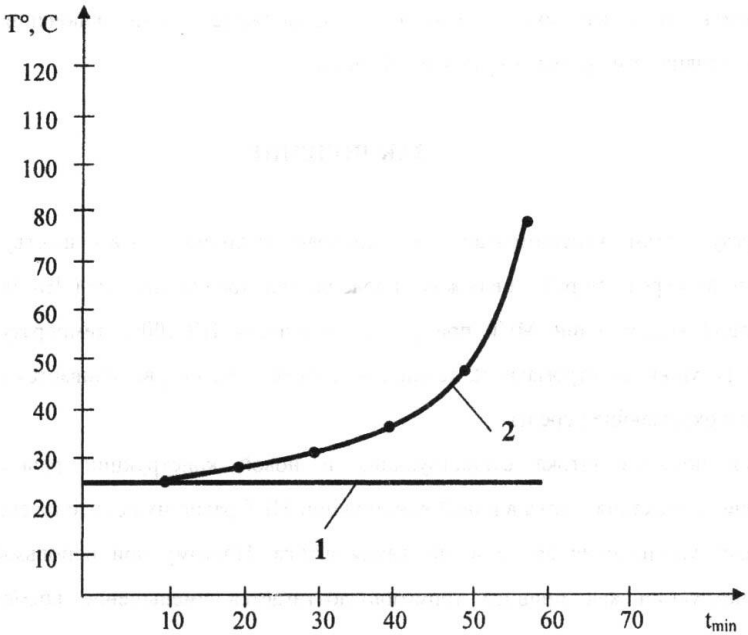
უნდა აღინიშნოს, რომ ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მუშაობის დროს მჰს-11, მჰს-12, მჰს-13 და მჰს-14 საბიძგებლების ჩართვისას საბიძგებლების ჭოკის აწევის დროის მახასიათებლები და მჰს-3, მჰს-4, მჰს-5-ის საბიძგებლების შესაბამისი მახასიათებლები ერთი და იგივეა. ამიტომ, ანალოგიური პარამეტრების დადგენისათვის მათ ექსპერიმენტულ კვლევას არ ვატარებთ.

ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მუშაობისათვის განკუთვნილი ნებისმიერი მჰს-ს ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დრო ტოლია ნულის, რადგან მჰს-ს ელექტრომაგნიტის ნარჩენი მაგნეტიზმი აღარ არსებობს საბიძგებელას მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტში და მჰს-ს ღუზა-დგუშის დაშვება იწყება მყისიერად ჭოკზე ფიქსაციის მოხსნისთანავე მჰს-11-სა და მჰს-12-ში, ხოლო მჰს-13-სა და მჰს-14-ში ღუზა-დგუშზე ფიქსაციის მოხსნისთანავე. აღნიშნულ საბიძგებლებში ჭოკის სიჩქარე დაშვებისას ყოველთვის რეგულირდება მარეგულირებელი ვენტილის მეშვეობით.

ნახ. 4.10-ზე მოცემულია გრაფიკები, რომლებიც ასახავენ მჰს-13-ისა და მჰს-3-ის ჭოკის დაშვების დროის პარამეტრების დამოკიდებულებას ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის სიდიდეზე. ცდების დროს მარეგულირებელი ვენტილის პოზიცია მჰს-13-სთვის და მჰს-3-სთვის ერთი და იგივეა. ერთი და იგივე ასევე ყველა ტექნიკური მახასიათებელი, მუშა სითხე, ძაბვა, ელექტრომაგნიტის კოჭა. როგორც გრაფიკებიდან ჩანს, საბიძგებლების ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის სიდიდის ზრდით მცირდება ჭოკის დაშვების დრო და პირიქით, ხოლო მჰს-13-ის ჭოკის დაშვების

დაწყების დაყოვნების დრო ტოლია ნულის და ამიტომ, მჰს-13-ის ჭოკის სრული დაშვების დრო ნაკლებია მჰს-3-ის ჭოკის სრული დაშვების დროზე.

მჰს-13-ის ძირითადი უპირატესობა არსებულ მჰს-ებთან შედარებით არის ის, რომ მუშა სითხის და ელექტრომაგნიტის კოჭის ტემპერატურა ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მუშაობისას არ იზრდება და გარემოს ტემპერატურის ტოლი რჩება.



ნახ. 4.11. მჰს-13-ისა და მჰს-3-ის ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მუშაობისას მუშა სითხის ტემპერატურის დამოკიდებულება ჩართვის ხანგრძლივობაზე

საბიძგებლების მუშა სითხის და ელექტრომაგნიტის კოჭას ტემპერატურის მატება ხორციელდებოდა ელექტრული დანაკარგების ხარჯზე საბიძგებლების ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მუშაობით (ჩ.ხ.-100%).

ნახ. 4.11-ზე ნაჩვენებია მქს-13-ისა (მრუდი 1) და მქს-3-ის (მრუდი 2) მუშა სითხის ტემპერატურის ცვლილება ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მუშაობის დროს.

მქს-13-ის მუშა სითხის ტემპერატურა არ იცვლება და ტოლია გარემოს ტემპერატურისა, რადგან საბიძგებელას ელექტრომაგნიტი ჩართულია მანამ, სანამ მისი ჭოკი არ მიაღწევს ზედა კიდურა მუშა მდებარეობას. მქს-3-ში კი საბიძგებელას ელექტრომაგნიტი მუდმივად ჩართულია ჭოკის აწევისას და მანამ, სანამ ჭოკი იმყოფება ზედა კიდურა მდებარეობაში.

შემსრულებელი მექანიზმის და მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელას გამორთვის მომენტიდან მიიღწევა დამუხრუჭების პროცესის სწრაფი დაწყება და შემდეგ მისი მდოვრე წარმართვა.

ამრიგად, აღნიშნული საბიძგებლების ტრანსპორტიორების, ესკალატორების და სხვა ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მანქანა-დანადგარების მუხრუჭების ამძრავად გამოყენებისას მიიღწევა დამუხრუჭების დროის და სამუხრუჭო მანძილის შემცირება, რის გამოც დინამიკური დატვირთვები მუხრუჭსა და შემსრულებელ მექანიზმში მცირდება.

§4.4. ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა გაზრდილი საიმედოობითა და ხანგამძლეობით

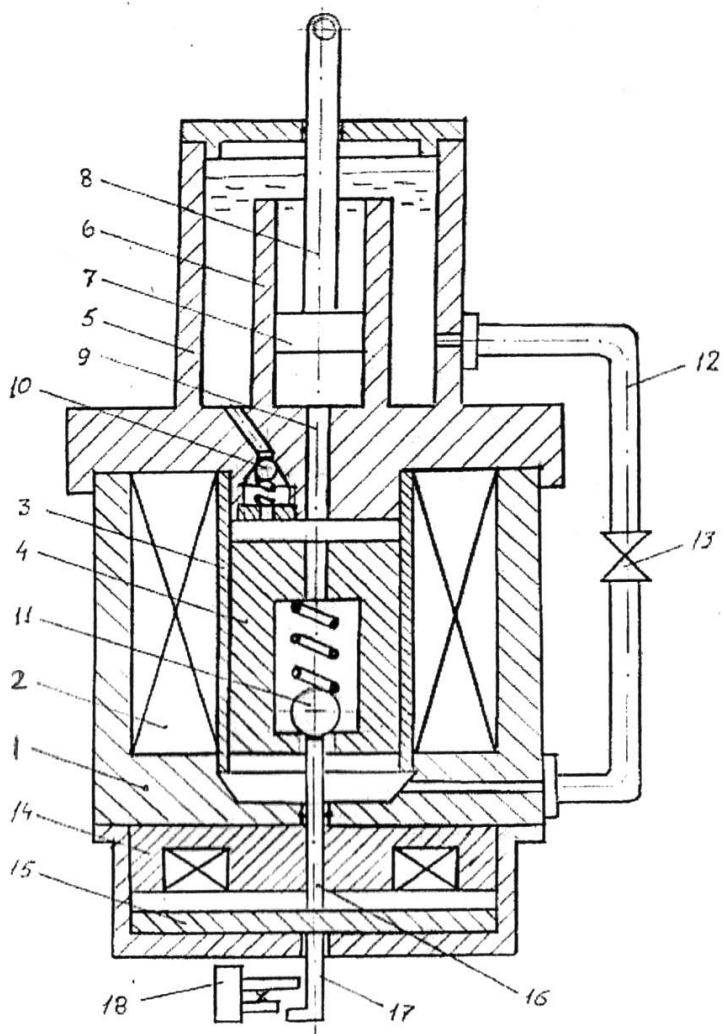
ცნობილ მაგნიტურჰიდრავლიკურ საბიძგებლებში ჭოკის ფიქსაციის მოხსნა დენის ავარიული გამორთვისას შესაძლებელია კონდენსატორზე დაგროვილი მუხტით, თუმცა, შესაძლებელია საბიძგებელას სწრაფი ჩართვა-გამორთვისას ან ჭოკის ფიქსირებისას ავარიული გამორთვის შემთხვევაში მყისვე ვერ მოესწროს კონდენსატორის სრული დამუხტვა და, შესაბამისად, საბიძგებელას ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ამუშაება, რაც შეუძლებელს ხდის ჭოკის ფიქსაციის მოხსნას. იმ შემთხვევაში, თუ კონდენსატორი გამოვა მწყობრიდან, ჭოკის ფიქსაციის მოხსნა შეუძლებელი იქნება. ასევე შესაძლებელია ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის მაფიქსირებელ ღეროზე მისი სიმეტრიის ღერძის მართობულად მოქმედი დგუშის ან ჭოკის დაწოლის ძალამ გამოიწვიოს ღეროს გაღუნვა, რაც, თავის მხრივ, გამოიწვევს ღეროს გაჭედვას ღეროს მიმმართველ ხვრელში და ფიქსაციის მოხსნის შეუძლებლობას.

ჩვენ შევიმუშავეთ ორიგინალური კონსტრუქციის მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა მჰს-14, რომლის სქემატური გამოსახულება მოცემულია ნახ. 4.12-ზე [88]. მჰს-14 შედგება კორპუსისგან 1, რომლის ქვედა ნაწილში მოთავსებულია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2. კოჭაში 2 მოთავსებულია არამაგნიტური მასალის ცილინდრი 3, რომელიც ასრულებს ჰიდროცილინდრის როლს, მასში

მოთავსებულია დიდი დიამეტრის ღუზა-დგუში 4, რომელიც წარმოადგენს მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზას. მკს-ს კორპუსის 1 ზედა ნაწილი წარმოადგენს ზეთის ავზს 5, რომლის შიგნით მოთავსებულია მეორე ჰიდრავლიკური ცილინდრი 6, რომელშიც გადაადგილდება მცირე დიამეტრის დგუში 7 ჭოკთან 8 ერთად. ჭოკი 8 კი მეორე ბოლოთი ასევე დაკავშირებულია შემსრულებელ მექანიზმთან. დიდი დიამეტრის დგუშის 4 ზედა არე ხვრელით 9 დაკავშირებულია მცირე დიამეტრის დგუშის 7 ქვედა არესთან, ხოლო ცალმხრივ მოქმედი სარქველებით 10 და 11 შესაბამისად ზეთის ავზთან 5 და ღუზა-დგუშს ქვედა 4 არესთან. ღუზა-დგუშს ქვედა 4 არე ასევე დაკავშირებულია მილის 12 და მარეგულირებელი სარქვლის 13 მეშვეობით ზეთის ავზთან 5. მკს-ს კორპუსის 1 ქვედა ნაწილში მოთავსებული ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის 14 მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზა 15 ღეროთი 16 შეხებაშია დიდი დიამეტრის დგუშის 4 ცალმხრივ მოქმედ სარქველთან 11, ხოლო მეორე ღეროთი 17 მოქმედებს ბოლო გამომრთველზე 18.

მკს მუშაობს შემდეგნაირად: საბიძგებელას ჩართვისას დენი მიეწოდება საბიძგებელას და ფიქსატორის ელექტრომაგნიტების კოჭებს 2, 14. დიდი დიამეტრის ღუზა-დგუში 4 და ღუზა 15 მიეზიდებიან, შესაბამისად, ელექტრო-მაგნიტის და ფიქსატორის გულარს და იწყებენ ზევით სვლას. ღუზა-დგუში 4 ქმნის ჭარბ წნევას და მუშა სითხე იჭირხნება ხვრელით 9 დგუშის 7 ქვედა არეში. შეიქმნება რა ჭარბი წნევა დგუშის 7 ქვედა არეში, დგუში 7 მასთან ხისტად

დაკავშირებულ ჭოკთან 8 ერთად აიწევა თავისი მუშა სვლის სიდიდის ტოლ მანძილზე. ამ დროს სარქველი 10 დახშულია და არ უშვებს სითხეს ზეთის ავზში 5, ხოლო 12 მილისა და მარეგულირებელი ვენტის 13 მეშვეობით მუშა სითხე ავზიდან 5 შეიწოვება ღუზა-დგუმის 4 მიერ, მის ქვედა არეში. მიეზიდება რა ღუზა-დგუმი 4 ელექტრომაგნიტის გულარს, დგუმი 7 ჭოკთან 8 ერთად მიაღწევს ზედა მუშა კიდურა მდებარეობას, ამ დროს ფიქსატორის ღუზაც 15 მიზიდულია ფიქსატორის ელექტრომაგნიტის გულარზე და ღეროთი 16 მიბჯენილია ღუზა-დგუმის 4 ცალმხრივ მოქმედ სარქველებზე 11 და ზამბართ აფიქსირებს მას ზედა კიდურა მდებარეობაში, რადგან ღუზა-დგუმის 4 და ფიქსატორის ღუზის 15 სვლის სიდიდეები ტოლია. ამავე დროს, ღუზის 15 მეორე ღერო 17 შეეხება რა ბოლო გამომრთველს, გახსნის მის კონტაქტს და ელექტროკვება შეუწყდება მჰს-ს ელექტრომაგნიტის კოჭას 2. მაგრამ ღუზა-დგუმი ვერ მოშორდება გულარს და დგუმი 7 ჭოკთან 8 ერთად ვერ დაეშვება ქვევით, რადგან ღუზა-დგუმი 4 ფიქსირებულია ფიქსატორის ღეროთი 16 მანამ, სანამ თვით ფიქსატორის ელექტრომაგნიტს არ შეუწყდება ელექტროკვება. ამრიგად, ჭოკი 8 ფიქსირებულია ზედა მუშა მდებარეობაში, მჰს-ს ელექტრომაგნიტი 2 გათიშულია და საბიძგებელას შეუძლია იმუშაოს ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში ისე, რომ მისი დიდი სიმძლავრის ელექტრომაგნიტი 2 არ გადახურდეს და გამოვიდეს მწყობრიდან.



Биб. 4.12. ӘЗБ-14

როდესაც საჭირო იქნება ჭოკის 8 ქვევით დაშვება, ელექტროკვება შეუწყდება ფიქსატორის 14 ელექტრომაგნიტს და ლუზა 15 მის ღეროზე 16 ლუზა-დგუმის 4 ზემოქმედებით, რომელიც გამოწვეულია მჰს-ს ჭოკზე 8 გარე დატვირთვისა და თვით ჭოკის 8, დგუმისა 7 და ლუზა-დგუმის 4 წონებისაგან, მოშორდება ფიქსატორის ელექტრომაგნიტის გულარს და დაეშვება რა ქვედა საწყის მდებარეობისკენ, ლუზა-დგუმს 4 ფიქსაცია მოეხსნება და ისიც დგუმსა 7 და ჭოკთან 8 ერთად დაეშვება ქვედა საწყისი მდებარეობისკენ. აღსანიშნავია, რომ ლუზა-დგუმზე 4 მოქმედი საწყისი ძალა, სანამ იგი არ მოშორდება გულარს, საკმაოდ მცირეა და დამოკიდებულია ხერელის 9 დიამეტრზე. ლუზა-დგუმის 4 ქვევით დაშვებისას მის ქვედა არეში არსებული მუშა სითხე მილით 12 მარეგულირებელი ვენტილის 13 გავლით გადაიტუმბება ზეთის საცავში 5. ჭოკის 8 დაშვების სიჩქარე დამოკიდებულია ვენტილის 13 გახსნის ხარისხზე. ვენტილის 13 რეგულირებით შეგვიძლია მივაღწიოთ ორივე დგუმის 4, 7 და ჭოკის 8 დაშვების სიმდოვრის ნებისმიერ ხარისხს და, შესაბამისად, მუხრუჭის მდოვრე დამუხრუჭებას, თუ მჰს გამოყენებულია მუხრუჭის ამძრავად. ლუზა-დგუმი 4 მიაღწევს რა ქვედა კიდურა მდებარეობას, სარქვლით 11 დაეზღინება ღეროს 16. ამ დროს ბოლო გამომრთველის კონტაქტები შეკრულია, მაგრამ მჰს-ს ფიქსატორის ელექტრომაგნიტებს ელექტროკვება არ მიეწოდება, ბოლო გამომრთველიც გათიშულია ქსელიდან. დენის ავარიული გათიშვის დროს კი ასევე გათიშება ელექტრო-

მაგნიტური ფიქსატორი, მისი ღუზა 15 დაეშვება ქვევით და მკს-ს ღუზა-დგუმს 4 მოეხსნება ფიქსაცია და ჭოკიც 8 წინალობის გარეშე დაეშვება ქვევით, რის შემდეგ მკს მზადაა კვლავ ჩასართავად.

იმ შემთხვევაში, თუ ჰიდრავლიკურ ცილინდრებში დაირღვევა ჰერმეტიულობა და მუშა სითხე გაედინება, როცა დგუმში 7 მიაღწევს თავის კიდურა ქვედა მდებარეობას, ღუზა-დგუმში 4 ჯერ კიდევ არ იქნება თავის ქვედა კიდურა მდებარეობაში და ღუზა-დგუმში 4 შეეცდება მხოლოდ საკუთარი წონით კვლავ დაეშვას ქვევით ქვედა კიდურა მდებარეობამდე. ამ დროს წნევა მცირდება ღუზა-დგუმის 4 ზედა არეში და მუშა სითხე შეიწოვება სარქველით 10, რის შემდეგაც ღუზა-დგუმში 4 დაეშვება ქვედა კიდურა მდებარეობამდე. ამის შემდეგ მკს მზად იქნება კვლავ ჩასართავად.

იმ შემთხვევაში, როცა მკს გამოყენებულია მუხრუჭების ამძრავად, მუხრუჭის ხუნდების ფრიქციული მასალის ცვეთისას წარმოიქმნება ღრეჩო ხუნდებსა და სამუხრუჭე დოლს შორის, ამიტომ ჭოკი 8 და დგუმში 7 ერთად მიაღწევენ რა თავიანთ საწყის ქვედა კიდურა მდებარეობებს ჭოკზე 8 მაინც იმოქმედებს მუხრუჭის ბერკეტი გარკვეული ძალით. ჭოკი 8, ცდილობს დაეშვას კიდევ უფრო ქვევით მუხრუჭის ფრიქციული მასალის ცვეთით წარმოქმნილი ღრეჩოს კომპენსაციისათვის, დგუმით 7 აწვება მუშა სითხეს და ჭირხნის მას ხვრელით 9 ღუზა-დგუმის 4 ზედა არეში, მაგრამ ღუზა-დგუმში უკვე იმყოფება თავის ქვედა საწყის

მდებარეობაში და ეყრდნობა ცალმხრივმოქმედი სარქველით 11 ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ღეროს 16. ამიტომ ღუზა-დგუმის 4 ზედა არეში იზრდება წნევა და ღუზა-დგუმი 4 ცალმხრივმოქმედი სარქველით 11 აწვება ღეროს 16, რომელიც ამ დროს ასრულებს ღუზა-დგუმის 4 საბჯენის როლს. როდესაც დაწოლის ძალა საკმარისი იქნება ცალმხრივმოქმედი სარქველის 11 ზამბარის შესაკუმმად, ის შეიკუმშება, სარქველი 11 გაიხსნება და მუშა სითხე ღუზა-დგუმის ზედა არიდან სარქველის 11 გავლით გადაედინება ღუზა-დგუმსკვედა 4 არეში. ამ დროს ჭოკი 8 და დგუმი 7 დაეშვებიან ქვევით მანამ, სანამ სამუხრუჭე ხუნდების ფრიქციული მასალა არ შეეხება სამუხრუჭე დოლს და არ მოხდება სრული დამუხრუჭება, რის შემდეგაც სამუხრუჭე ბერკეტი აღარ დააწვება ჭოკს 8 და შესაბამისად ღუზა-დგუმიც აღარ დააწვება სარქველით 11 ღეროს იმ ძალით, რომ გააჩეროს სარქველის 11 ზამბარა შეკუმშულ მდგომარეობაში. სარქველი ჩაიკეტება, რის შემდეგაც მჰს მზად იქნება კვლავ ჩასართავად ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში სამუშაოდ.

ამრიგად, მჰს-14-სათვის ავარიულად ელკვების შეწყვეტისას საბიძგებელას ჭოკის დასაშვებად არ არის საჭირო ელექტროკვება მიეწოდოს საბიძგებელას ფიქსატორს. აქედან გამომდინარე, ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე განხილულ მჰს-ებთან შედარებით გაზრდილია მჰს-14-ის მუშაობის საიმედოობა და ხანგამძლეობა.

თავი მეხუთე

მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელას მუშაობის საიმედოობისა და ხანგამძლეობის გაზრდის შესახებ

§5.1. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელას

მწყობრიდან გამოსვლის ზოგიერთი მიზეზის

აღმოფხვრის შესახებ

ნებისმიერი ტიპის საბიძგებელაში საბიძგებელას ჭოკი გადაადგილდება მიმმართველ მილისაში, რომელიც ხისტა-დაა დამაგრებული საბიძგებელას კორპუსის სახურავში, ხოლო ჭოკის ჩობალი მოთავსებულია მიმმართველ მილისაში.

საბიძგებლებში ჭოკი დაკავშირებულია, ერთ მხარეს საბიძგებელას დგუშთან, ხოლო მეორე მხარეს შემსრულებელი მექანიზმის ბერკეტთან საყურის მეშვეობით. საბიძგებელას ჭოკი ამსრულებელი მექანიზმის მუშაობის სრული ციკლის დროს მუდმივად დატვირთულია. ჭოკზე გარე დატვირთვის ვექტორის მიმართულება დამოკიდებულია საბიძგებელასა და ამსრულებელი მექანიზმის ურთიერთმდებარეობაზე.

საბიძგებლების ექსპლუატაციისას ნალექის, ქვიშის, მტვერის და აბრაზიული მასალის მოხვედრა საბიძგებელას შიდა არეში ხდება მხოლოდ ჭოკსა და ჭოკის ჩობალის საკონტაქტო ზედაპირების დაზიანების ან ცვეთის შემთხვევაში. საბიძგებელას შიდა არეში მოხვედრილი არასასურველი მასალები პირველ რიგში ხვდება მუშა სითხეში და იწვევს მისი ქიმიური და ელექტროიზოლაციური თვისებების გაუარესებას, რაც, თავის მხრივ, გამოიწვევს ხვიების იზოლაციის დარღვევას, ხვიებს შორის

მოკლე ჩართვას და აფეთქებას. გარდა ამისა, ქვიშისა და აბრაზიული მასალების მუშა სითხეში მოხვედრისას, ჩქარდება დეგუმების რეზინის შემამჭიდროებელი რგოლების სწრაფი ცვეთა და ჰიდრაულიკური ცილინდრების ჰერმეტიკულობის დარღვევა. ყველა ამ შემთხვევისას საბიძგებლები გამოდიან მწყობრიდან და მათი შემდგომი ექსპლუატაცია შეუძლებელია.

ერთ-ერთი სუსტი ელემენტი საბიძგებლების კონსტრუქციებში ჭოკის ჩობალია. ამიტომ მეტად აქტუალურია ჭოკთან სრიალის ხახუნის გამო ცვეთის შემცირება და ხანგამძლეობის გაზრდა. საბიძგებელას ჭოკის აწვეისა და დაშვებისას ჭოკის ლითონის ზედაპირზე ჩობალის სრიალის ხახუნისას ჩობალის ცვეთა ფასდება ხვედრითი ცვეთით i და ცვეთის ინტენსივობით I , რომელთათვისაც ადგილი აქვს თანაფარდობას [40]:

$$I = i \frac{F_1}{F_2},$$

სადაც F_1 – ჭოკის ზედაპირის და ჩობალის კონტაქტის ნომინალური ფართობი;

F_2 – კონტაქტის ფაქტიური ფართობი.

ხვედრითი ცვეთა კი განისაზღვრება ტოლობით

$$i = CAB^m \left(\frac{f}{\sigma} \right)^m,$$

სადაც C – პროპორციულობის კოეფიციენტი,

A, B – დაწოლის სიდიდის და რეზინის დრეკადობის მუდმივები,

$m = 4,0 \pm 5,5$ – ვეიბულერის წირის ხარისხის მაჩვენებელი,

f – ხახუნის კოეფიციენტი,

σ – სიმტკიცის ზღვარი ერთჯერადი დატვირთვისას.

ცვეთის ინტენსივობის დამოკიდებულება მოხახუნე ზედაპირების გეომეტრიულ პარამეტრებზე განისაზღვრება გამოსახულებით [40]

$$I_{g.3.} = \frac{0,22}{n} \sqrt{\frac{h}{r}},$$

სადაც h – მოხახუნე ზედაპირის უსწორმასწორობის სიმაღლეა,

r – უსწორმასწორობის წვერის სიმრუდის რადიუსი;

n – ფრიქციული წყვილის ურთიერთქმედების სიხშირე.

როგორც ზემოთ მოყვანილი ფორმულებიდან ჩანს, ცვეთის ინტენსიურობა დრეკადი კონტაქტის დროს პირდაპირ-პროპორციულია ნომინალური დაწოლისა და უკუპროპორ-ციულია დრეკადობის მოდულისა და ურთიერთქმედების სიხშირისა.

ჭოკის წინსვლით-უკუსვლითი მოძრაობის შემთხვევაში ჩობალი შეირჩევა მუშაუნარიანობის კოეფიციენტის K -ს მიხედვით, რომელიც დამოკიდებულია შესამჭიდროებელ არეში არსებულ P წნევაზე, წუთში ორმაგი სვლის Z რიცხვზე და მუშაობის T ხანგრძლივობაზე საათებში. ამ სიდიდეებს შორის დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი სახე

$$T = \frac{1}{Z} \left(\frac{K}{P} \right)^3.$$

ჩობალის ხარისხი განისაზღვრება მისი მასალის ხარისხით, ფორმით და შემამჭიდროებელი ელემენტის მდგომარეობით, ასევე შიგა და გარე დიამეტრებით.

მკს-ს აბსოლუტური ჰერმეტიულობა მიიღწევა სილფონური შემამჭიდროებლის გამოყენებით. თუმცა რეზინის სილფონური შემამჭიდროებლის ხანგამძლეობა საკმაოდ მცირეა, ძირითადად გადაღუნვის ადგილებში ბზარების გაჩენისა და დამაგრების ადგილებში გახევის გამო. ამიტომ საბიძგებლებში შემამჭიდროებელი სილფონური სამაჯურები არ გამოიყენება.

ამსრულებელი მექანიზმისა და საბიძგებელას სწორი მონტაჟისას ჭოკის, მიმმართველი მილისას და ჩოხალის სიმეტრიის ღერძები ერთმანეთს ემთხვევა და ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის მიმართულების ვექტორი ჭოკის სიმეტრიის ღერძის გასწვრივაა მიმართული. მაგრამ, არასწორი მონტაჟისას ან საბიძგებელას მუშაობის პროცესში ვიბრაციების, უხარისხო მონტაჟის, თუ გაუთვალისწინებელი დარტყმების გამო ხშირად სუსტდება სამაგრი შეერთებები და შესაბამისად ხდება საბიძგებელას და ამსრულებელი მექანიზმის ურთიერთგადაადგილება სხვადასხვა სიბრტყეში, რის გამოც საბიძგებელას ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის მოქმედების მიმართულების ვექტორი ჭოკის სიმეტრიის ღერძის მიმართ გადაიხრება გარკვეული კუთხით, რომლის სიდიდე საბიძგებელას და ამსრულებელი მექანიზმის ურთიერთგადაადგილების სიდიდეზეა დამოკიდებული. რაც უფრო მეტადაა დახრილი გარე დატვირთვის მიმართულების ვექტორი ჭოკის სიმეტრიის ღერძთან, მით მეტი სიდიდის მღუნავი მომენტი მოქმედებს ჭოკზე. მღუნავი მომენტი კი, თავის მხრივ, ჭოკს აიძულებს დააწვეს მიმმართველი მილისას ხვრელს და ჩოხალს ერთ მხარეს (მღუნავი მომენტის მიმართულებით), რაც გამოიწვევს მოხახუნე ზედაპირების სწრაფ ცვეთას, რის შედეგადაც

წარმოიქმნება ღრეჩო ჭოკსა და ჩობალს შორის და დაირღვევა საბიძგებელას ჰერმეტიკობა. საბიძგებელას შიდა არეში შეაღწევს ნალექი, მტვერი, ქვიშა, აბრაზიული მასალები, მოხდება მუშა სითხის დაბინძურება, რაც, თავის მხრივ, შეამცირებს საბიძგებელას ხანგამძლეობას და საბიძგებელა ვადაზე ადრე გამოვა მწყობრიდან.

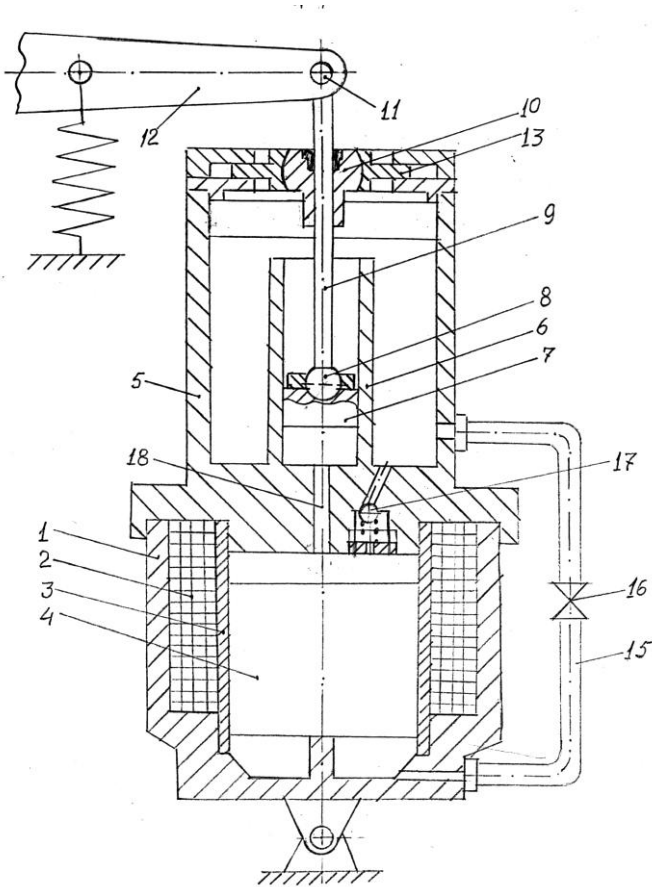
ხშირად საბიძგებელას ჭოკზე მოქმედი მღუნავი მომენტი აღწევს ისეთ სიდიდეს, განსაკუთრებით ჭოკის სვლის დიდი სიდიდისას, რომ ხდება ჭოკის გაღუნვა და მისი გაჭედვა მიმმართველ მილისაში. მიმმართველი მილისის ხვრელის ზედაპირთან ჭოკის ერთ მხარეს ხახუნისას დროთა განმავლობაში ჭოკი ცვდება, თავისი სვლის სიდიდის სიგრძეზე მცირდება მისი განივკვეთი. ჭოკის განივკვეთის გარკვეულ სიდიდემდე შემცირებისას შესაძლებელია გადატეხვაც, რაც საბიძგებელას მწყობრიდან გამოსვლას გამოიწვევს. საბიძგებელას სამუხრუჭე სისტემების ამძრავად გამოყენებისას აღნიშნულ შემთხვევებში შეუძლებელი იქნება დამუხრუჭება ან განმუხრუჭება. ეს შექმნის ავარიულ სიტუაციას და შეიძლება გამოუსწორებელი შედეგითაც კი დამთავრდეს.

ამრიგად, არსებული საბიძგებლების ექსპლუატაციისას საბიძგებელას ჭოკის სიმეტრიის ღერძის გასწვრივ გარე დატვირთვის მოქმედება მუდმივად არ არის უზრუნველყოფილი, რაც საბიძგებელას ექსპლუატაციისას ავარიული სიტუაციის შექმნის, მუშაობის საიმედოობისა და ხანგამძლეობის შემცირების მიზეზია.

ჩვენ მიერ შემუშავებულია მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ორიგინალური კონსტრუქცია მჰს-15, სადაც ჭოკის სიმეტრიის ღერძის გასწვრივ გარე დატვირთვის

მუდმივად მოქმედება უზრუნველყოფილია საბიძგებელას და ამსრულებელი მექანიზმის ურთიერთგადახრისას [87].

მკს-15-ის სქემატური ნახაზი მოცემულია ნახ. 5.1-ზე.



ნახ. 5.1. მკს-15

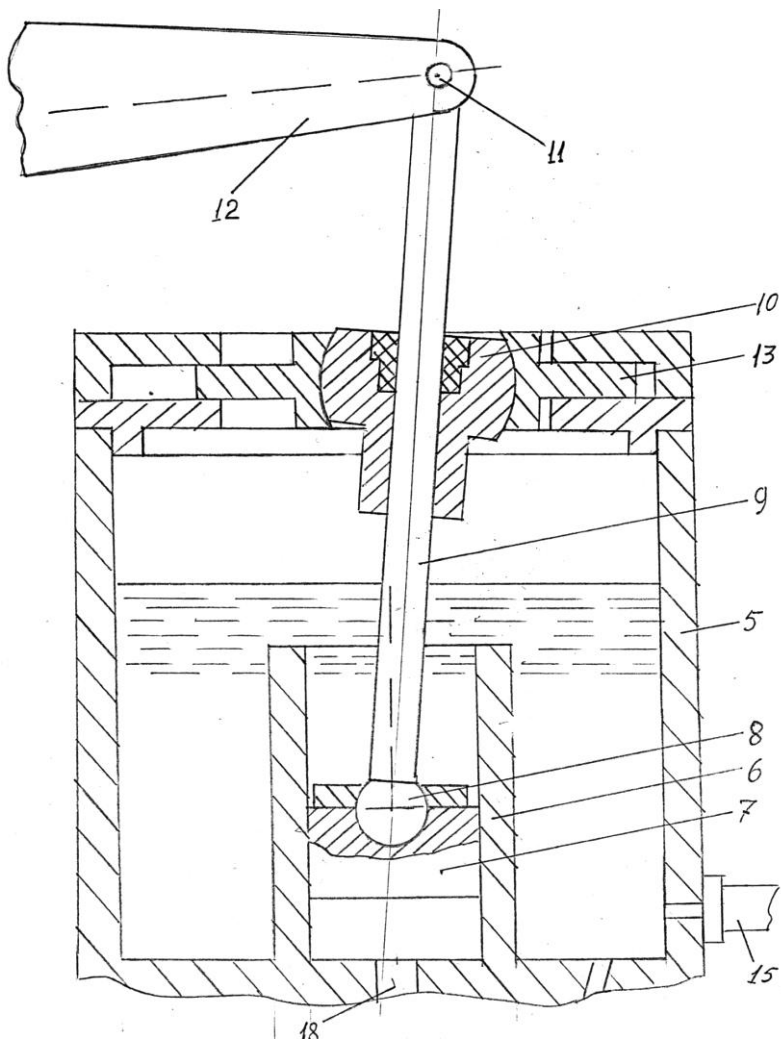
მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა შედგება კორპუსისაგან 1, რომლის ქვედა ნაწილში მოთავსებულია მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭა 2. კოჭაში 2 მოთავსებულია

არამაგნიტური მასალის ცილინდრი 3, რომელიც ასრულებს ჰიდროცილინდრის როლს. მასში მოთავსებულია დიდი დიამეტრის ღუზა-დგუში 4, რომელიც წარმოადგენს მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზას. კორპუსის 1 ზედა ნაწილი წარმოადგენს მუშა სითხის ავზს 5, რომლის შიგნით მოთავსებულია მეორე ჰიდრავლიკური ცილინდრი 6, რომელშიც გადაადგილდება მცირე დიამეტრის დგუში 7. დგუში 7 სფერული სახსრული შეერთებით 8 დაკავშირებულია ჭოკთან 9. ჭოკი 9 გადაადგილდება მიმმართველ მილისაში 10 და საყურით 11 დაკავშირებულია ამსრულებელი მექანიზმის ბერკეტთან 12. მიმმართველი მილისა გარე სფერული ზედაპირით მოთავსებულია ბრუნვის შესაძლებლობით დისკოს 13 სფერულ ბუდეში. დისკო 13 მოთავსებულია საბიძგებელას სახურავში 14 ჰორიზონტალურად გადაადგილების შესაძლებლობით.

ღუზა-დგუშსქვედა 4 არე მილით 15 და ვენტლით 16 დაკავშირებულია დგუშსზედა არესთან, ხოლო ღუზა-დგუშსზედა 4 არე ცალმხრივი მოქმედი სარქვლით 17 დაკავშირებულია დგუშსზედა 7 არესთან და ხვრელით 18 დგუშსქვედა 7 არესთან.

საბიძგებელა მუშაობს შემდეგნაირად: საბიძგებელას ჩართვისას დენი მიეწოდება რა მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის კოჭას 2, ღუზა-დგუში 4 მიეზიდება ელექტრომაგნიტის გულარს, იწყებს ზევით სვლას, შექმნის ჭარბ წნევას და მუშა სითხეს ხვრელით 18 ჭირხნის დგუშსქვედა 7 არეში. დგუში 7 აიწევა, გადასცემს ძალვას სახსრული შეერთებით 8 ჭოკს 9. ჭოკი 9 გადაადგილდება მილისას 10

და მასში მოთავსებული ჩობალის ხვრელში და საყურის 11 მეშეობით აწევს ამსრულებული მექანიზმის ბერკეტს 12 ზედა კიდურა მუშა მდებარეობამდე. ბერკეტის 12 აწევისას და მის მუშა ზედა კიდურა მდებარეობაში შეკავებისას ჭოკზე 9 მუდმივად მოქმედებს გარე დატვირთვა. საბიძგებელას გამორთვისას შეუწყდება კვება კოჭას 2 და დგუში 7 ჭოკზე 9 მოქმედი გარე დატვირთვისა და საკუთარი წონის მოქმედებით ცდილობს დაეშვას ქვევით, დაჭირხნის რა მუშა სითხეს ხვრელით 18 ღუზა-დგუშსზედა 4 არეში, იმოქმედებს ღუზა-დგუშზე 4 გარკვეული ძალით. ღუზა-დგუში 4 დაეშვება ქვევით თავის საწყის ქვედა კიდურა მდებარეობამდე და გადატუმბავს მის ქვედა არეში არსებულ სითხეს მილით 15 მარეგულირებელი ვენტის 16 გავლით დგუშსზედა 7 არეში. ვენტის 16 რეგულირებით რეგულირდება ჭოკის 9 დაშვების სიჩქარე. იმ შემთხვევაში, თუ ჰიდრავლიკურ ცილინდრებში დაირღვევა ჰერმეტილობა და მოხდება სითხის გადინება, როცა დგუში 7 მიაღწევს თავის კიდურა ქვედა მდებარეობას, ღუზა-დგუში 4 ჯერ კიდევ არ იქნება თავის ქვედა კიდურა მდებარეობაში და ღუზა-დგუში 4 შეეცდება მხოლოდ საკუთარი წონით კვლავ დაეშვას ქვედა კიდურა მდებარეობამდე. ამ დროს წნევა მცირდება ღუზა-დგუშსზედა 4 არეში და სითხე შეიწოვება სარქვლით 17 დგუშსზედა 7 არიდან, რის შემდეგაც დგუში 4 დაეშვება ქვედა კიდურა საწყის მდებარეობამდე და საბიძგებელა მზად იქნება კვლავ ჩასართავად.



ნახ. 5.2

ნახ. 5.1-ზე ნაჩვენებია საბიძგებელას და შემსრულებელი მექანიზმის ბერკეტის ისეთი მდებარეობა, როცა საბიძგებელაც და ჭოკიც ვერტიკალურ მდებარეობაშია. ამ დროს

ჭოკის 9 სიმეტრიის ღერძი ემთხვევა მილისას 10 სიმეტრიის ღერძს, გარე დატვირთვის ვექტორიც მიმართულია ჭოკის 9 სიმეტრიის ღერძის გასწვრივ. ამიტომ ჭოკი 9 არ არის იძულებული გადაიხაროს ვერტიკალური მდებარეობიდან და მოძრაობს მიმართველი მილისას 10 ხვრელში თავისუფლად. ამიტომ არ ხდება ჭოკის 9 ერთ მხარეს დაწოლა მილისას 10 ხვრელის ზედაპირზე და არ მიმდინარეობს ჭოკის 9 მილისას 10 და ჩოხალის ზედაპირების სწრაფი ცვეთა.

ნახ. 5.2-ზე ნაჩვენებია საბიძგებელას ისეთი მდებარეობა, როცა იგი გადახრილია ვერტიკალური მდებარეობიდან, მაგრამ არსებული საბიძგებლებისგან განსხვავებით ჭოკი 9 მაინც ინარჩუნებს ვერტიკალურ მდებარეობას, რადგან საბიძგებელაში შესაძლებელია ჭოკი 9 სფერული სახსრული შეერთების 18 მეშვეობით შემობრუნდეს დეგუმის 7 მიმართ და დაიკავოს ვერტიკალური მდებარეობა, ამასთანავე, მიმართველი მილისა 10 შემობრუნდება დისკოს 13 სფერულ ბუდეში და დისკოსთან 13 ერთად გადაადგილდება სახურავში 14 მანამ, სანამ მილისას 10 სიმეტრიის 9 ღერძი არ დაემთხვევა ჭოკის 9 სიმეტრიის ღერძს. ამრიგად, მიმართველ მილისას 10 აქვს შესაძლებლობა საბიძგებელას, ან შემსრულებელი მექანიზმის გადახრისას, ან ორივეს ურთიერთგადახრისას მიიღოს ისეთი მდებარეობა, რომ მისი ხვრელის სიმეტრიის ღერძი ყოველთვის დაემთხვეს ჭოკის 9 სიმეტრიის ღერძს, რაც უზრუნველყოფს ჭოკის 9 მილისაში 10 თავისუფალ გადაადგილებას. შესაბამისად, გამოირიცხება მათი ზედაპირების ცალმხრივი ცვეთა, მათ შორის ღრეჩოს წარმოქმნა და ჰერმეტიკობის დარღვევა, მუშა სითხის

დაბინძურება და ელექტრომაგნიტური თვისებების გაუარესება, ჭოკის 9 გაჭედვა მილისას 10 ხვრელში, ჭოკის სწრაფი ცვეთა და მისი გადატეხვა, რითაც იზრდება საბიძგებელას საიმედოობა და ხანგამძლეობა.

\$5.2. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელას ღუზა- დგუმის გულართან მიზიდვისას ჰიდრაულიკური ამორტიზაციის შესახებ

ორი ბრტყელი ზედაპირის ერთმანეთთან მიახლოებისას მათი ნორმალის მიმართულებით ამ ზედაპირებს შორის მოთავსებული სითხის თხელი ფენა მოქმედებს როგორც ამორტიზატორი, ამიტომ სითხის გამოწნევისათვის საჭიროა განსაზღვრული დრო. ამ ორ ზედაპირს შორის მოთავსებული სითხის შრის დიდი სისქისას ამ ორი ზედაპირის მიახლოებისას მათი მოძრაობისადმი გაწეული წინააღმდეგობა საკმაოდ მცირეა და ეს ორი ზედაპირი უახლოვდება ერთმანეთს სწრაფად, ხოლო სითხის შრის სისქის შემცირებით სითხის გამოწნევის წინააღმდეგობის ძალა იზრდება, რაც ამცირებს ამ ორი ზედაპირის მიახლოების სიჩქარეს.

მემბრანიანი საბიძგებლების შემთხვევაში, საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის ღუზის გულართან მიზიდვისას, ღუზისა და გულარის რგოლურ ტორსებს შორის არსებული მუშა სითხის გამოწნევისას, სითხის შრის მცირე სისქისას რგოლური ზედაპირების მინიმალურ და მაქსიმალურ რადიუსიან წრეებზე სითხის წნევა ტოლია მუშა კამერაში არსებული წნევის სიდიდისა. ყველა დანარჩენ მჰს-ში ღუზა-

დგუშის გულართან მიზიდვისას სითხის გამოწნევა წარმოებს მათი რგოლური ტორსების ხვრელში. ამიტომ სითხის გამოწნევისას რგოლური ტორსების მინიმალურ რადიუსიან წრეზე სითხეში წნევა არის მუშა კამერაში არსებული წნევის სიდიდის ტოლი, ანუ გამოსაწნევ სითხეში არსებული წნევის მინიმუმის ტოლი. რგოლური ტორსების მაქსიმალურ რადიუსიან წრეზე კი სითხეში წნევა ტოლია გამოსაწნევ სითხეში არსებული წნევის მაქსიმუმისა.

ჩვენს მიზანს წარმოადგენს სითხის გამოწნევის წინაღობის ძალის გათვალისწინებით მიზიდვისას ღუზა-დგუშის მოძრაობის დროის განსაზღვრა.

გულართან ღუზა-დგუშის მიზიდვისას მათ შორის არსებულ სითხეში P წნევა შეიძლება აღვწეროთ რეინოლდსის განტოლებით [53]

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = \frac{12\mu}{h^3} \cdot \frac{dh}{dt}, \quad (5.2.1)$$

სადაც μ – არის ზეთის სიბლანტე;

h – ღუზის სვლის სიდიდე;

t – ღუზის მიზიდვისას მოძრაობის დრო.

აღვლილი ექნება სასაზღვრო პირობებს

$$\begin{cases} P|_{\rho=r} = P_1 \\ P|_{\rho=R} = P_2 \end{cases} \quad (5.2.2)$$

$$(5.2.3)$$

სადაც გამოყენებულია აღნიშვნები

$$P_1 = P_{min},$$

$$P_2 = P_{max},$$

ρ არის პოლარული რადიუსი, r და R კი რგოლის პატარა და დიდი რადიუსებია. პოლარულ კოორდინატებში [127]:

$$\begin{cases} x = \rho \cos \varphi \\ y = \rho \sin \varphi, \end{cases}$$

(5.2.1) განტოლება გადაიწერება შემდეგი სახით:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 P}{\partial \varphi^2} = \frac{12\mu}{h^3} \cdot \frac{dh}{dt}. \quad (5.2.4)$$

(5.2.2), (5.2.3), (5.2.4) დირიხლეს სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნის მიზნით შევნიშნოთ, რომ (5.2.4) განტოლების ზოგადი ამონახსნი წარმოადგენს ლაპლასის განტოლების, ანუ შესაბამისი ერთგვაროვანი განტოლების ზოგადი P_0 ამონახსნისა და რეინოლდსის არაერთგვაროვანი განტოლების P^* კერძო ამონახსნის ჯამს. როგორც ცნობილია, რგოლურ მიდამოში ლაპლასის განტოლების ანომახსნი უნდა ვეძებოთ შემდეგი სახით:

$$\begin{aligned} P_0 = & A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\rho}{R} \right)^n (A_n \cos n\varphi + B_n \sin n\varphi) + \\ & + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{r}{\rho} \right)^n (C_n \cos n\varphi + D_n \sin n\varphi) + C_0 \ln \rho, \end{aligned} \quad (5.2.5)$$

უშუალო შემოწმებით დავრწმუნდებით, რომ P^* -ის როლში შეგვიძლია ავიღოთ $\frac{12\mu}{h^3} \frac{dh}{dt} \cdot \frac{\rho^2}{4}$.

ამრიგად, (5.2.4) განტოლების ზოგად ამონახსნს ვეძებთ შემდეგი სახით

$$P_o = A_o + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\rho}{R} \right)^n (A_n \cos n\varphi + B_n \sin n\varphi) + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{r}{\rho} \right)^n (C_n \cos n\varphi + D_n \sin n\varphi) + C_o \ln \rho + \frac{3\mu h' \rho^2}{h^3} \quad (5.2.6)$$

იმისათვის, რომ ჰიდროსისტემაში წნევის სიდიდემ დააკმაყოფილოს სასაზღვრო პირობები (5.2.2.), (5.2.3), (5.2.4)-დან გამომდინარე დაცული უნდა იყოს თანაფარდობები

$$A_o + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{r}{R} \right)^n (A_n \cos n\varphi + B_n \sin n\varphi) + \sum_{n=1}^{\infty} (C_n \cos n\varphi + D_n \sin n\varphi) + C_o \ln r + \frac{3\mu h'}{4h^3} r^2 = P_1$$

$$A_o + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos n\varphi + B_n \sin n\varphi) + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{r}{R} \right)^n (C_n \cos n\varphi + D_n \sin n\varphi) + C_o \ln R + \frac{3\mu h'}{h^3} R^2 = P_2$$

A_o , C_o კოეფიციენტები განისაზღვრება სისტემიდან

$$\left\{ \begin{aligned} A_o + C_o \ln r + \frac{3\mu h'}{h^3} r^2 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} P_1 d\varphi = P_1 \end{aligned} \right. \quad (5.2.7)$$

$$\left\{ \begin{aligned} A_o + C_o \ln R + \frac{3\mu h'}{h^3} R^2 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} P_2 d\varphi = P_2 \end{aligned} \right. \quad (5.2.8)$$

თუ (5.2.8)-ს გამოვაკლებთ (5.2.7)-ს მივიღებთ, რომ

$$C_o (\ln R - \ln r) + \frac{3\mu h'}{h^3} (R^2 - r^2) = P_2 - P_1,$$

საიდანაც

$$C_o = \frac{P_2 - P_1 - \frac{3\mu h'}{h^3}(R^2 - r^2)}{\ln R - \ln r}, \quad (5.2.9)$$

და (5.2.7)-ის გათვალისწინებით

$$A_o = P_1 - \frac{P_2 - P_1 - \frac{3\mu h'}{h^3}(R^2 - r^2)}{\ln R - \ln r} \cdot \ln r - \frac{3\mu h'}{h^3} r^2. \quad (5.2.10)$$

A_n , B_n , C_n და D_n კოეფიციენტები განისაზღვრება ტოლობებით

$$\begin{cases} \left(\frac{r}{R}\right)^n A_n + C_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} P_1 \cos n\phi d\phi = 0 \\ A_n + \left(\frac{r}{R}\right)^n C_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} P_2 \cos n\phi d\phi = 0 \end{cases}$$

და

$$\begin{cases} \left(\frac{r}{R}\right)^n B_n + D_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} P_1 \sin n\phi d\phi = 0 \\ B_n + \left(\frac{r}{R}\right)^n D_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} P_2 \sin n\phi d\phi = 0 \end{cases}$$

ამ უკანასკნელი ოთხი თანაფარდობიდან ვღებულობთ, რომ

$$A_n = B_n = C_n = D_n = 0.$$

ამრიგად, დირიხლეს ამოცანის ამონახსნს რეინოლდსის განტოლებისათვის ექნება შემდეგი სახე

$$P = P_1 - \frac{P_2 - P_1 - \frac{3\mu h'}{h^3}(R^2 - r^2)}{\ln R - \ln r} \ln r - \frac{3\mu h'}{h^3} r^2 +$$

$$+ \frac{P_2 - P_1 - \frac{3\mu h'}{h^3}(R^2 - r^2)}{\ln R - \ln r} \ln \rho - \frac{3\mu h'}{h^3} \rho^2,$$

რომელიც გადავწეროთ შემდეგი სახით

$$P = P_1 + \frac{P_2 - P_1 - \frac{3\mu h'}{h^3}(R^2 - r^2)}{\ln R - \ln r} (\ln \rho - \ln r) + \frac{3\mu h'}{h^3} (\rho^2 - r^2). \quad (5.2.11)$$

(5.2.11)-ით მოცემულია გამოსადევნი ზეთის არეში რადიუსის გასწვრივ (r -დან R -მდე) წნევის განაწილება დროის მიხედვით.

უგანზომილებო სახით (5.2.11) ტოლობა ჩაიწერება შემდეგნაირად

$$\frac{h^3}{\mu h' r^2} P = \frac{h^3}{\mu h' r^2} P_1 + \frac{h^3}{\mu h' r^2} \frac{(P_2 - P_1) \ln \frac{\rho}{r}}{\ln \frac{R}{r}} -$$

$$- \frac{3 \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) \ln \frac{\rho}{r}}{\ln \frac{R}{r}} + 3 \left(\left(\frac{\rho}{r} \right)^2 - 1 \right).$$

გამოსადევნი ზეთის F წინაღობა ღუზის გულართან მიახლოებისას გამოითვლება წნევის ინტეგრებით D რგოლზე

$$F = \iint_D P dx dy.$$

პოლარულ კოორდინატებში გვექნება

$$F = \iint_D P \rho d\rho d\varphi.$$

ახლა თუ გადავალთ ჯერად ინტეგრალებზე, მივიღებთ

$$F = \int_0^{2\pi} \int_r^R P \rho d\rho d\varphi = 2\pi \int_r^R \left(P_1 \rho + \frac{P_2 - P_1 - \frac{3\mu h'}{h^3}(R^2 - r^2)}{\ln \frac{R}{r}} \rho \ln \frac{\rho}{r} + \frac{3\mu h'}{h^3}(\rho^3 - r^2 \rho) \right) d\rho. \quad (5.2.12)$$

შევნიშნოთ, რომ ნაწილობითი ინტეგრების ფორმულის გამოყენებით

$$\begin{aligned} \int_r^R \rho \ln \frac{\rho}{r} d\rho &= \int_r^R \ln \frac{\rho}{r} d\left(\frac{\rho^2}{2}\right) = \ln \frac{\rho}{r} \cdot \frac{\rho^2}{2} \Big|_r^R - \\ &\int_r^R \frac{\rho^2}{2} \cdot \frac{r}{\rho} \cdot \frac{1}{r} d\rho = \frac{R^2}{2} \ln \frac{R}{r} - \frac{R^2 - r^2}{4}. \end{aligned} \quad (5.2.13)$$

(5.2.13)-ის გათვალისწინებით (5.2.12)-დან მივიღებთ

$$\begin{aligned} F &= \pi P_1 (R^2 - r^2) + \frac{\pi(P_2 - P_1)}{\ln \frac{R}{r}} \left(R^2 \ln \frac{R}{r} - \frac{R^2 - r^2}{2} \right) - \\ &- \frac{3\pi\mu h' (R^2 - r^2)}{h^3 \ln \frac{R}{r}} \left(R^2 \ln \frac{R}{r} - \frac{R^2 - r^2}{2} \right) + \\ &\frac{3\pi\mu h'}{h^3} \cdot \frac{(R^2 - r^2)^2}{2}, \end{aligned} \quad (5.2.14)$$

ანუ უგანზომილებო სახით

$$\frac{h^3}{\mu h' r^4} F = \frac{\pi h^3 P_1}{\mu h' r^2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) + \frac{\pi h^3 (P_2 - P_1)}{\mu h' r^2 \ln \frac{R}{r}} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 \ln \frac{R}{r} - \left(\frac{1}{2} \left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) \right) - \quad (5.2.15)$$

$$- \frac{3\pi \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right)}{\ln \frac{R}{r}} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 \ln \frac{R}{r} - \frac{1}{2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) \right) + \frac{3\pi}{2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right)^2.$$

ახლა (5.2.15) გადავწეროთ შემდეგი სახით

$$\frac{h^3 F}{\mu h' r^4} - \frac{\pi h^3 P_1}{\mu h' r^2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) - \frac{\pi h^3 (P_2 - P_1)}{\mu h' r^2 \ln \frac{R}{r}} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 \ln \frac{R}{r} - \left(\frac{1}{2} \left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) \right) =$$

$$= \frac{3\pi}{2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right)^2 - \frac{3\pi \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right)}{\ln \frac{R}{r}} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 \ln \frac{R}{r} - \frac{1}{2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) \right)$$

საიდანაც

$$\frac{dt}{dh} = \left(\frac{3\pi}{2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right)^2 - \frac{3\pi \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right)}{\ln \frac{R}{r}} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 \ln \frac{R}{r} - \frac{1}{2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) \right) \right) \times \quad (5.2.16)$$

$$\times \left(\frac{F}{\mu r^4} - \frac{\pi P_1}{\mu r^2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) - \frac{\pi (P_2 - P_1)}{\mu r^2 \ln \frac{R}{r}} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 \ln \frac{R}{r} - \frac{1}{2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) \right) \right)^{-1} \cdot \frac{1}{h^3}$$

(5.2.16) ტოლობის ინტეგრებით მივიღებთ თანაფარდობას დროსა და ლუზის სვლას შორის. თუ დროის t_0 -დან t_1 -მდე ცვლილებისას ლუზა-დგუში გადაადგილდება h_0 -დან h_1 -მდე, მაშინ

$$\int_{t_0}^{t_1} dt = \int_{h_0}^{h_1} \left\{ \frac{3\pi}{2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right)^2 - \frac{3\pi \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right)}{\ln \frac{R}{r}} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 \ln \frac{R}{r} - \frac{1}{2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) \right) \right\} \times \quad (5.2.17)$$

$$\times \left(\frac{F}{\mu r^4} - \frac{\pi P_1}{\mu r^2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) - \frac{\pi(P_2 - P_1)}{\mu r^2 \ln \frac{R}{r}} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 \ln \frac{R}{r} - \frac{1}{2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) \right) \right)^{-1} \cdot \frac{1}{h^3} dh$$

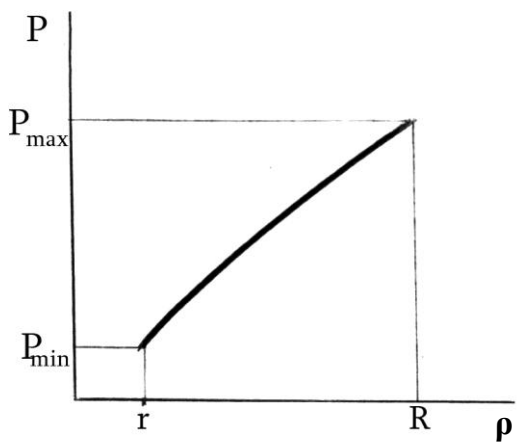
შევნიშნოთ, რომ ღუზის მიზიდვის F ძალა, საკმაოდ მცირე h -თვის, საკმარისი სიზუსტით შეიძლება ჩაითვალოს მუდმივად. ამის გათვალისწინებით

$$\Delta t = t_1 - t_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{h_0^2} - \frac{1}{h_1^2} \right) \left\{ \frac{3\pi}{2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right)^2 - \frac{3\pi \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right)}{\ln \frac{R}{r}} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 \ln \frac{R}{r} - \frac{1}{2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) \right) \right\} \times$$

$$\times \left(\frac{F}{\mu r^4} - \frac{\pi P_1}{\mu r^2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) - \frac{\pi(P_2 - P_1)}{\mu r^2 \ln \frac{R}{r}} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 \ln \frac{R}{r} - \frac{1}{2} \left(\left(\frac{R}{r} \right)^2 - 1 \right) \right) \right)^{-1}$$

h_0 -ად უნდა ავიღოთ ზეთის ის სისქე, რომლის დროსაც გადაადგილებისადმი წინააღმდეგობა იმდენად არსებითი ხდება, რომ იწყება ღუზის შენელებული გადაადგილება.

კონკრეტული შემთხვევისათვის MAPLE-ის საშუალებით აიგო გრაფიკი (ნახ. 5.3), რომელიც წარმოადგენს გამოსაწვევი ზეთის რგოლის რადიუსის გასწვრივ წნევის განაწილების ილუსტრაციას.



бсб. 5.3

ძირითადი დასკვნები და შედეგები

1. არსებული საბიძგებლების შესწავლისა და ანალიზის საფუძველზე დასაბუთებულია, რომ მაგნიტურჰიდრაული-კური საბიძგებლების კონსტრუქციებში შესაძლებელია თავიდან იქნეს აცილებული საბიძგებლებისათვის დამახასიათებელი ზოგიერთი ნაკლი. ამ მიზნით შემუშავებულია 15 ორინიგალური კონსტრუქციის მაგნიტურჰიდრაული-კური საბიძგებელა: მჰს-1 – მჰს-15.

2. მჰს-1-სა და მჰს-2-ში ღუზაზე მოქმედი უკუქმედი ძალის მინიმალური საწყისი სიდიდის მუდმივობის უზრუნველყოფით მიღწეულია ჭოკის აწევის დაყოვნების დროის მუდმივობა და მინიმალურობა ჭოკზე მოქმედი სხვადასხვა სიდიდის გარე დატვირთვისას. მათი გამოყენება მიზანშეწონილია იმ მანქანა-მექანიზმებში, რომლებშიც საბიძგებლების ჭოკზე ქვედა კიდურა მდებარეობისას მოქმედებს გარე დატვირთვა მაქსიმალური სიდიდით.

3. მჰს-3-ში ჭოკის აწევისას ღუზა-დგუმის მიერ მუშა სითხის საცავიდან მუშა სითხის დაუბრკოლებელი შეწოვის უზრუნველყოფით მიღწეულია ჭოკის აწევისას მოძრაობის დროის შემცირება, ამიტომ მისი გამოყენება მიზანშეწონილია იმ მანქანა-მექანიზმებში, რომლებშიც საჭიროა საბიძგებელას ჭოკის სწრაფი აწევა და ჭოკის დაშვების სიმდოვრის რეგულირების ნებისმიერი ხარისხი.

4. მჰს-4-ში გამორიცხულია საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის კოჭას გადახურება ჭოკის სვლის რომელიმე წერტილში ჭოკის მოძრაობის შეჩერების შემთხვევაში, რის

გამოც იზრდება მისი ხანგამძლეობა იმ მანქანა-მექანიზმებში გამოყენებისას, რომლებშიც შესაძლებელია საბიძგებელას ჭოკის მოძრაობის მოულოდნელი შეჩერება.

5. არსებული საბიძგებლებისაგან განსხვავებით, მკს-5-ში მიღწეულია ჭოკის სვლის სიდიდის რეგულირება მინიმუმიდან მაქსიმუმამდე, ამიტომ მკს-5-ის გამოყენება შესაძლებელია იმ მანქანა-მექანიზმებში, რომლებშიც საჭიროა საბიძგებელას მაქსიმალური სვლისა და ჭოკის მიერ განვითარებული ძალვის სხვადასხვა სიდიდეები.

6. მკს-6-ში ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დროის შემცირება მიღწეულია მემბრანის მეშვეობით ღუზაზე მოქმედი საწყისი უკუქმედი ძალის მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე გაზრდით, ამასთან, მუშა არეში ჭარბი წნევის სასურველი სიდიდის მიღება შესაძლებელია მკს-ს ელექტრომაგნიტის გაბარიტული ზომებისა და წონის გაზრდის გარეშე.

7. მკს-7-ში ელექტრომაგნიტის გულართან ღუზის სრული მიზიდვისას დგუმის ქვედა არისა და მემბრანის ზედა არის განცალკევებით მიღწეულია მემბრანაზე მოქმედი ძალის შემცირება, რის გამოც მოსალოდნელია მისი ხანგამძლეობის გაზრდა.

8. მკს-8-ში ნარჩენი მაგნეტიზმით გამოწვეული ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნება არ ხდება, რაც მიღწეულია საბიძგებელას მუდმივი ელექტრომაგნიტის ღუზა-დგუმზე შეკუმშული ზამბარის მოქმედებით. მკს-8-ის ტვირთამწე მექანიზმების მუხრუჭებში გამოყენებისას მიიღწევა მექანიზმის მზიდ ლითონკონსტრუქციებში დინამიკური

დატვირთვებისა და მექანიზმის რხევების ამპლიტუდის შემცირება.

9. მკს-9-ში არსებული საბიძგებლებისაგან განსხვავებით, შესაძლებელია ჭოკის სწრაფი დაშვება და შემდეგ ნებისმიერ საჭირო მომენტში მისი სვლის სიმდოვრის რეგულირება ნებისმიერი ხარისხით, რაც მიღწეულია ღუზა-დგუმის მიერ მის ქვედა არეში მუშა სითხის თავისუფალი შეწოვის უზრუნველყოფით, შემდეგ კი მისი შეზღუდვით.

10. მკს-10-ში საჭიროების შემთხვევაში ჭოკის სწრაფი დაშვება უზრუნველყოფილია ელექტრომაგნიტური სარქვლის მეშვეობით დგუმსქვედა არიდან მუშა სითხის სწრაფი გამოდევნის შესაძლებლობით. მკს-10-ის მანქანა-დანადგარებში გამოყენებისას მათი უსაფრთხოება იზრდება ავარიული სიტუაციის შექმნისას საბიძგებელას ჭოკის მყისიერად დაშვების შესაძლებლობით, როგორც საბიძგებელას გამორთვისას, ისე მისი გამორთვის გარეშე.

11. მკს-11-ში მიღწეულია საბიძგებელას ჭოკის ზედა კიდურა მუშა მდებარეობაში დაფიქსირება და, ამავდროულად, საბიძგებელას ელექტრომაგნიტისა და ჭოკის ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის გამორთვა.

მისი გამოყენება მიზანშეწონილია ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე იმ მანქანა-დანადგარებში, რომლებშიც საბიძგებელას ჭოკის ქვედა და ზედა კიდურა მდებარეობის ცვლა არ არის საჭირო.

12. მკს-12-თვის შემუშავებულია მართვის ორიგინალური ელექტროსქემა, რომელიც ქსელში დენის მიწოდების მოულოდნელად შეწყვეტისას ელექტროსქემაში არსებულ

კონდენსატორში დაგროვილი მუხტის ხარჯზე უზრუნველყოფს კონდენსატორიდან ელექტრომაგნიტური ფიქსატორისთვის კვების მიწოდებას, ელექტრომაგნიტური ფიქსატორის ჩართვას და საბიძგებელას ჭოკის ფიქსაციის მოხსნას.

13. მჰს-13-ში ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მანქანა-მექანიზმების მუშაობის პროცესში გამორთულია როგორც საბიძგებელას, ისე ლუზა-დგუმის ფიქსატორის ელექტრომაგნიტები და საბიძგებელას ლუზა-დგუმის ფიქსაციით მიღწეულია საბიძგებელას ჭოკის დაფიქსირება ზედა კიდურა მუშა მდებარეობაში, რაც გამორიცხავს საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის გადახურებას.

მჰს-13-ის გამოყენება მიზანშეწონილია ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მანქანა-მექანიზმების მუხრუჭების ამძრავად, რადგან მისი მეშვეობით შესაძლებელია მუხრუჭის ფრიქციული სადგმელების ცვეთის ავტომატური კომპენსირება.

14. მჰს-14-ში უზრუნველყოფილია საბიძგებელას ლუზა-დგუმის ფიქსაციის მოხსნა და, შესაბამისად, ჭოკის დაშვების შესაძლებლობა იმ შემთხვევაშიც, როცა ქსელში დენის მიწოდება მოულოდნელად შეწყდება.

15. მჰს-15-ში გარე დატვირთვის მუდმივად მოქმედება ჭოკის სიმეტრიის ღერძის გასწვრივ უზრუნველყოფილია საბიძგებელას და შემსრულებელი მექანიზმის ურთიერთგადახრის დროსაც კი, რაც გამორიცხავს ჭოკის სწრაფ ცვეთას და მის გაჭედვას მიმმართველ მილისაში.

16. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ამა თუ იმ მექანიზმში გამოყენების მიზნით საბიძგებელასთვის საჭირო

მახასიათებლებისა და ტექნიკური პარამეტრების მისაღებად შესაძლებელია ჩვენ მიერ შემუშავებული ზოგიერთი კონსტრუქციის გაერთიანება.

მაგალითად, თუ შემსრულებელი მექანიზმის მუშაუნარიანობის, ხანგამძლეობის და წარმადობის გაზრდისათვის მათში გამოყენებულ ამძრავს მოეთხოვება ჭოკის აწევის მცირე დრო, მაშინ შესაძლებელია გაერთიანდეს მჰს-1 და მჰს-3 ან მჰს-2 და მჰს-3, რითაც მიიღწევა საბიძგებელას ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დროის მცირე სიდიდე (მჰს-1-ისა და მჰს-2-ის კონსტრუქციათა ნიშან-თვისება) და ჭოკის აწევისას ჭოკის მოძრაობის დროის მცირე სიდიდე (მჰს-3-ის კონსტრუქციის ნიშან-თვისება).

თუ საჭიროა საბიძგებელას ჭოკის სწრაფი დაშვება და შემდეგ სვლის სიჩქარის რეგულირება (მაგალითად, მჰს-ს სამუხრუჭე სისტემებში ამძრავად გამოყენებისას), ან ჭოკის სწრაფი დაშვება, მაშინ შესაძლებელია გაერთიანდეს მჰს-7 და მჰს-8 ან მჰს-6 და მჰს-8, ან მჰს-8 და მჰს-9. ამ გაერთიანებულ კონსტრუქციებში ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დრო იქნება მცირე (მჰს-6-ის და მჰს-8-ის ნიშან-თვისება), ხოლო ჭოკის დაშვების სიჩქარე შესაძლებელია იყოს ჭოკის მთელი სვლის მანძილზე მცირე (დიდი) ან ჯერ მცირე და შემდეგ გარკვეული მდებარეობიდან რეგულირებული დაშვების სიმდოვრის ნებისმიერი ხარისხით (მჰს-9-ის ნიშან-თვისება).

მჰს-ს მანქანა-დანადგარებში ამძრავად გამოყენებისას სასურველია საბიძგებლების კონსტრუქციებში გათვალისწინებული იყოს მჰს-15-ის და მჰს-10-ის დამახასიათებელი

ნიშან-თვისებები, რითაც გაიზრდება მკვ-ების და მანქანა-დანადგარების საიმედოობა და ხანგამძლეობა ჭოკის ცვეთის შემცირებისა და მიმართველ მილისაში ჭოკის გაჭედვის აღმოფხვრის მეშვეობით. ამასთან, მანქანა-დანადგარების მუშაობის დროს ავარიული სიტუაციის წარმოქმნისას მათი სწრაფი გაჩერება ან მათ მიერ რაიმე ტექნოლოგიური პროცესის სწრაფად შეწყვეტა უზრუნველყოფილი იქნება ჭოკის მყისიერად დაშვების შესაძლებლობით.

ასევე შესაძლებელია მკვ-4-ის გაერთიანება ნებისმიერ მკვ-სთან, რითაც გაიზრდება მათი საიმედოობა და ხანგამძლეობა, ვინაიდან, თუ საბიძგებელას ჭოკის აწვევას რაღაც მიზეზის გამო შეუძლებელი გახდება, საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის ღუზა მაინც მიეზიდება გულარს, ელექტრომაგნიტი არ გადახურდება და არ გამოვა მწყობრიდან.

თუ საჭიროა საბიძგებელას ჭოკის მუშა სვლის სხვადასხვა სიდიდე, მაშინ შესაძლებელია მკვ-5-ის გაერთიანება ნებისმიერ სხვა მკვ-სთან.

17. მკვ-ს დინამიკური პროცესების აღმწერი ძალთა ბალანსის განტოლებისათვის კოშის ამოცანის რუნგე-კუტას მეთოდით ამოხსნის, ეგმ-ისა და გრაფომგების გამოყენების შედეგად აიგო ჭოკის სვლის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია მკვ-1 და მკვ-5 საბიძგებლების ჭოკის აწვევის მოძრაობის დროის გრაფოანალიზური ხერხით დადგენა უფრო დიდი სიზუსტით, ვიდრე ეს ხსენებული დროის გამოსაანგარიშებელი ცნობილი ფორმულის საშუალებით არის შესაძლებელი.

18. მქს-3-ის შემთხვევაში შესაძლებელი გახდა მისი შესაბამისი დინამიკური პროცესების აღმწერი ძალთა ბალანსის განტოლებისათვის საწყისი ამოცანის ამოხსნა რიცხვითი მეთოდით და MAPLE-ის გამოყენებით აიგო ჭოკის სვლის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

19. რეინოლდსის განტოლებისათვის სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნის შედეგად განისაზღვრა მქს-6-ის ელექტრომაგნიტის ღუზის გულართან მიზიდვისას გამოსაწნევი სითხის წინაღობა გამოწნევის დროს და დაიწერა თანაფარდობა დროსა და ღუზის სვლას შორის.

20. უმემბრანო მქს-ებისთვის გულართან ღუზა-დგუშის მიზიდვისას მათ შორის არსებულ სითხეში წნევის აღმწერი განტოლებისათვის დირიხლეს ამოცანის ამოხსნის შედეგად დაიწერა ხსენებული წნევა ცხადი სახით, რის შედეგადაც მოიძებნა ამ დროს სითხის გამოწნევის წინაღობის ძალა, დადგინდა თანაფარდობა დროსა და ღუზის სვლას შორის.

21. ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები ადასტურებს თეორიული კვლევის ვარაუდებს. სასტენდო-ლაბორატორიული კვლევის მეთოდის ითვალისწინებს ყველა ძირითადი ფაქტორის ზეგავლენას მქს-ზე და გამოყენებული აპარატურა უზრუნველყოფს მიღებული შედეგების საჭირო სიზუსტეს, რის გამოც შეიძლება მათი რეკომენდირება ამ დარგში შემდგომი კვლევისათვის.

ლიტერატურა

1. Айзенштейн А.Р. Основные положения разработки типажа на электрогидравлические толкатели // Сборник научных трудов Томского инженерно-строительного института, 1968, т. 13, с.3-6.
2. Айзенштейн А.Р., Гусельников Э.М., Ротт В.Ф., Кумпяк А.К. Работа электрогидравлических толкателей и их модернизация // Строительные и дорожные машины, 1966, №2, с.10-13.
3. Айзенштейн А.Р., Дорофеев И.В., Лещинер В.Б. Факторы, влияющие на надежность и долговечность электрогидравлических толкателей // Сборник научных трудов. ТИСИ, 1968, т. 13, с. 63-76.
4. Айзенштейн А.Р., Дорофеев К.В., Лещинер В.Б., Бондаревский Ю.И. Методика ускоренных испытаний ЭГТ на надежность и долговечность // Сборник научных трудов ТИСИ, 1968, т. 13, с. 81-85
5. Айзенштейн А.Р., Дорофеев К.В., Лещинер В.Б., О рабочих жидкостях для электрогидравлических толкателей // Сборник научных трудов ТИСИ, 1968, т. 13, с. 86-93.
6. Айзенштейн А.Р., Кузнецов Е.С. Влияние типа привода крановых колодочных тормозов на процесс торможения механизма подъема // Сборник научных трудов ТИСИ, 1968, т. 13, с. 7-12.
7. Айзенштейн А.Р., Кузнецов Е.С. Зарубежные электрогидравлические толкатели // Строительные и дорожные машины, 1986, №12, с. 31-34.

8. Айзенштейн А.Р., Кумпяк А.К. Исследование работы электрогидравлических толкателей при отрицательных температурах // Сборник научных трудов ТИСИ, 1968, т. 13, с. 13-21.
9. Айзенштейн А.Р., Тащенко Б.А., Ключенцев Н.В. Стенд для проверки электрогидравлических толкателей // Строительные и дорожные машины, 1966, №12, с. 34.36.
10. Айзенштейн А.Р., Шварцкопф Ю.А. Некоторые предпосылки о возникновении взрыва внутренней полости электрогидравлических толкателей // Сборник научных трудов ТИСИ, 1968, т. 13, с. 94-96.
11. Александров М.П. Тормоза подъемно-транспортных машин. - М.: Машиностроение, 1976.
12. Александров М.П., Колобов Л.Н. и др. Грузоподъемные машины. - М.: Машиностроение, 1986.
13. Александров М.П., Лысяков А.Г., Федосеев В.Н., Новожилов М.В. Тормозные устройства: справочник. - М.: Машиностроение, 1985.
14. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов, М., 1962.
15. Аракелян А.К. Экспериментальное исследование электрогидравлических толкателей // Труды МЭИ, выпуск 38, 1962, с. 139-150.
16. Аракелян А.К. Электрогидравлические толкатели с механическим тормозом // Строительные и дорожные машины, 1967, №4, с. 63-69.
17. Барамидзе К.М. Исследование процесса автоматизации шахтных подъемных машин. - Диссертация, 1951.
18. Барамидзе К.М., Рухадзе И.Т., Песвианидзе А.В. Тормоза ППТ-2 // Труды ГПИ Горный сборник №2, 1958.

19. Башта Т.М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем. - М.: Машиностроение, 1974.
20. Бахвалов Н.С. Численные методы – М., Наука, 1973.
21. Богатырев Г.С., Ганшкевич И.П. Электрогидравлический толкатель, Авторское свидетельство №347300. Бюллетень изобретений, 1972, №24.
22. Брейтер М.Е. Тормозные электромагниты. - М., ВНИИЭМ, 1966.
23. Гусельников Э.М. Вопросы исследования и создания электрогидравлических толкателей с малым временем обратного хода штока // Сборник научных трудов ТИСИ, т. 13, 1968, с. 48-62.
24. Гусельников Э.М. Время прямого хода электрогидравлического толкателя // Сборник научных трудов ТИСИ, т. 13, 1968, с. 63-75.
25. Гусельников Э.М., Айзенштейн А.Р. Тепловой расчет электрогидравлического толкателя // Сборник научных трудов ТИСИ, 1968, т. 13, с. 22-25.
26. Гусельников Э.М., Айзенштейн А.Р. Влияние параллельно включенного асинхронного двигателя на время обратного хода электрогидравлического толкателя // Сборник научных трудов ТИСИ, 1968, т. 13, с. 33-41.
27. Гусельников Э.М. Модернизированные одноштоковые толкатели // ЦБНТИММФ, М., 1966, №17, с. 14-18.
28. Гусельников Э.М., Ротт В.Ф. О серии одноштоковых электрогидравлических толкателей // Электротехника, 1964, № 8, с. 36-42.

29. Гусельников Э.М., Ротт В.Ф. Электрогидравлические толкатели // Научно-технический сборник "Электротехническая промышленность", 1966, №265, с. 16-32.
30. Гусельников Э.М., Ротт В.Ф. Электрогидравлические толкатели. - М.: Энергия, 1968.
31. Гусельников Э.М., Ротт В.Ф. Электрогидравлический толкатель, Авторское свидетельство №166125. Бюллетень изобретений, 1964, №21.
32. Гусельников Э.М., Четин А.А. Приводы колодочных тормозов подъемно-транспортных машин // Строительные и дорожные машины, 1971, №12, с. 5-6.
33. Гусельников Э.М., Ротт В.Ф., Электрогидравлический толкатель для работы в режиме продолжительного включения, авторское свидетельство №240976. Бюллетень изобретений, 1969, №13
34. Дорофеев Н.В., Айзенштейн А.Р. Исследование надежности одноштоковых ЭГТ с маслозаполненным двигателем // Материалы научно-технической конференции ТИСИ, Томск, 1972, с. 21-24.
35. Дорофеев Н.В., Айзенштейн А.Р. Исследование уплотнений штока ЭГТ // Материалы научно-технической конференции ТИСИ, Томск, 1972, с. 25-28.
36. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. – М., 1976.
37. Каталог №5708 "Тормозные электромагниты и катушки тормозных электромагнитов" - М., ЦИНТИ электротехнической промышленности и приборостроения, 1959.
38. Коц Б.Э. Электромагниты постоянного тока с форсировкой. -М.-Л.: Энергия, 1973.

39. Кифер Л.Г. , Абрамович И.И. Грузоподъемные машины. - М., Машгиз, 1956.
40. Крагельский И.В. Трение и износ. Москва, «Машиностроение», 1968.
41. Кричевский А.С. Крановые тормозные электромагниты постоянного и переменного тока, - М: Речиздат, 1953.
42. Липштейн Р.А., Шахнович М.И., Трансформаторное масло. -М.-Л.: Энергия, 1964.
43. Магнитский Н.А., Гавришев П.В., Бужин Н.К. Электрогидравлические толкатели для шахтных механизмов, ЦИТИ Министерства угольной промышленности. - М.: Машгиз, 1954.
44. Мартюшов А.И. Электромеханический привод тормозных устройств грузоподъемных машин // Вестник машиностроения, 1957, №2, с. 82-83.
45. Меклер Л.Г. Электрооборудование подъемно-транспортных машин. -М.: Машиностроение, 1965.
46. Надеев А.Ф. Уменьшение времени обратного хода штока электрогидравлических толкателей в крановых схемах // Строительные и дорожные машины, 1973, №4, с. 14.
47. Остапенко В.И. Мотор-толкатели центробежного типа . - М.: Машиностроение, 1978.
48. Остапенко В.И. Автоматические тормоза с центробежными толкателями для грузоподъемных машин. -- М., НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1974, №6-7-16, с. 12-19.
49. Остапенко В.И. Расчет основных параметров тормоза и центробежного толкателя. М.: НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1974, №6-74-28, с. 31-35.

50. Панков В.Я. Надеев А.Ф. Модернизированные электрогидравлические толкатели на усилия 16 и 25 кгс // Строительные и дорожные машины, 1973, №4, с. 15.
51. Патент ГДР №42881, ЭГТ, 1978.
52. Песвианидзе А.В. Исследование оптимальных параметров регулятора для центробежного привода тормоза шахтного подъема . Диссертация, 1956.
53. Петров Н.П., Рейнольдс О., Зоммерфельд А., Мигель А., Жуковский Н.Е., Чаплыгин С.А. Гидродинамическая теория смазки, ГТТИ, 1934.
54. Ротерс. Электромагнитные механизмы. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1949.
55. Ротт В.Ф., Гусельников Э.М. Электрогидравлический толкатель. Авторское свидетельство №177729. Бюллетень изобретений, 1966, №1.
56. Русихин В.И. К вопросу определения тягового усилия в тормозах с центробежными приводами // Научные труды МИРГЭМ. сб. №53, 1965.
57. Русихин В.И. Экспериментальное определение характеристик центробежного толкателя // Научные труды МГИ. сб. №55, "Механизмы горных машин", Изд. Недра, 1966.
58. Русихин В.И., Гребенкин В.З. Тормозы с центробежными приводами // Научные труды МГИ. сб. №55. "Механизмы горных машин", Изд. Недра, 1966.
59. Свиридов В.А. Электрогидравлические толкатели и их преимущества // Вестник машиностроения, 1959, №2, с. 78-82.
60. Тер-Акопов А.К. Динамика быстродействующих электромагнитов. -М.-Л.: Энергия, 1965.

61. Хабенский М.Е. Крановый тормоз с центробежным приводом // Морской флот, 1959, №7, с. 19-21.
62. Bierret H. Das Epdrogerät und die Eldroregelbremse // Forden und Heben, 1952, s. 108-109.
63. Biewer P. Die Teilscheibenbremse Konstruktion, b. 22, №4, 1970, s. 142-144.
64. Carlan V. Methode zum Berechnen der Eldro-Regelbrems-Systeme. Dt. sch. Hebe- und Fördertechnik, 1968, b. 14, №6, s. 356-359.
65. Dessere-frein a'motour // La technique moderne, t. XLV-N1, 1953, s. 111.
66. Elin (Aktiengesellschaft für elektrische industrie in Wien Elektrisch) betätigtes Bremsfüßtgerät, Patentschrift, №202738, 1959.
67. Elin-Union (Aktiengesellschaft für elektrische industrie in Wien Elektrisch) betätigtes Bremsfüßtgerät Patentschrift, №213016, 1961.
68. Ernst H. Die Hebezeuge, b. 3, Sonderausführungen, F. Vieweg und Sohn, Verlag, Braunschweig, 1959, 925 s.
69. Harter R. The Weston Mechanical load Brake, Design News, v. 20, №20, 1965, p. 174-183.
70. Lüttgerding H. Bremslüfter für Heberleugl, Baumöglichkeiten und Preisvergleich // Forden und Heben №9, 1952, s. 226-229.
71. Magnetohydraulic Lifters Typ MHG. Elin-Union, Vienna, Austria, 1968.
72. Mortimer R.G., Olsen P.L. Some brakes are too sensitive according to performance tests, Automot. Eng. 1971, v. 79, №5, pp 31-35.

73. Newcomb T.P., Spurr R.T. Braking of Road Vehicles. London, Chapman and Hall Ltd., 1967, 292 p.
74. Quelques spécialités dans le domaine des moteurs électriques // La Technique Moderne, T. XLV-N5, 1953, s. 232-234.
75. Vesper H. Die Eldroregelbrems bei Krantriebwerken. Fördern und Heben, 1962, b. 12, №1, s. 31-34.

ავტორის გამომგონებელი და შრომები მონოგრაფიის თემაზე

76. Бицадзе С.Г., Езикашвили О.С., Хачидзе Н.А. Магнито-гидравлический толкатель. Авторское свидетельство на изобретение №511284. Бюллетень изобретений, 1976, №15.
77. Бицадзе С.Г. Магнито-гидравлический толкатель. Авторское свидетельство на изобретение №548728. Бюллетень изобретений, 1977, №8.
78. Бицадзе С.Г., Езикашвили О.С. Магнито-гидравлический толкатель. Авторское свидетельство на изобретение №582188. Бюллетень изобретений, 1977, №44.
79. Бицадзе С.Г. Магнито-гидравлический толкатель. Авторское свидетельство на изобретение №672148. Бюллетень изобретений, 1979, №25.
80. Бицадзе С.Г. Магнито-гидравлический толкатель. Авторское свидетельство на изобретение №763242. Бюллетень изобретений, 1980, №34.
81. Бицадзе С.Г. Магнито-гидравлический толкатель. Авторское свидетельство на изобретение №1180348. Бюллетень изобретений, 1985, №35.
82. Бицадзе С.Г. Магнито-гидравлический толкатель. Авторское свидетельство на изобретение №1209593. Бюллетень изобретений, 1986, №5.

83. Бицадзе С.Г. Магнитогидравлический толкатель привода тормозов грузоподъемных механизмов. Авторское свидетельство на изобретение №1303545. Бюллетень изобретений, 1987, №14.
84. Бицадзе С.Г. Магнитогидравлический толкатель. Авторское свидетельство на изобретение №1331817. Бюллетень изобретений, 1987, №31.
85. Бицадзе С.Г. Магнитогидравлический толкатель. Авторское свидетельство на изобретение №1461752. Бюллетень изобретений, 1989, №8.
86. ბიწაძე ს. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა, პატენტი გამოგონებაზე P4846, 2009, ბიულეტენი №22.
87. ბიწაძე ს. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა, პატენტი გამოგონებაზე P5536, 2012, ბიულეტენი №10.
88. ბიწაძე ს., ბიწაძე რ. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა, პატენტი გამოგონებაზე P5869, 2013, ბიულეტენი №13.
89. ბიწაძე ს. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა, პატენტი გამოგონებაზე P6572, 2016, ბიულეტენი №21.
90. ბიწაძე ს., ბიწაძე რ. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა, დადებითი გადაწყვეტილება გამოგონებაზე – საიდენტიფიკაციო N: 14188/01, ბრძანება №447/01, 2017.
91. Бицадзе С.Г. К вопросу расчета магнитогидравлического толкателя, обеспечивающего автоматическое компенсирование износа тормозных накладок. Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции молодых ученых. Тбилиси, 1974.
92. Бицадзе С.Г., Езикашвили О.С. Определение оптимальных параметров магнитогидравлического толкателя для тор-

- мозов грузоподъемных машин. Тезисы докладов респ. научно-технической конференции проф.-препод. состава ГПИ и работников производства. Тбилиси, ч. 1, 1975.
93. Бицадзе С., Яшвили С. Определение температурного режима фрикционных тормозов станков. Тезисы докладов XIX респ. научно-технической конференции проф.-препод. состава ВТУЗ-ов и Закавказских респ., Тбилиси, 1977.
 94. Бицадзе С.Г. Определение к.п.д. магнитогидравлического толкателя. Тезисы докладов XIX респ. научно-технической конференции проф.-препод. состава ВТУЗ-ов и Закавказских респ., Тбилиси, 1977.
 95. Бицадзе С.Г., Езикашвили О.С. Магнитогидравлический толкатель новой конструкции. Научные труды ГПИ машиностроение №4 (195), 1977, с. 195-201.
 96. Бицадзе С.Г. Электромеханический фиксатор штока магнитогидравлического толкателя. Тезисы докладов XXI респ. научно-технической конференции проф.-препод. состава ГПИ, 1978.
 97. Бицадзе С.Г. Испытательный стенд и методика испытания магнитогидравлического толкателя. Труды ГПИ - №11(231) 1979г., с. 234-240.
 98. Бицадзе С.Г. Экспериментальное исследование магнито-гидравлического толкателя. Труды ГПИ - №13(270) 1983г., с. 280-286.
 99. Бицадзе С.Г. Магнитогидравлический толкатель для работы в режиме продолжительного включения. Тезисы докладов XXI респ. научно-технической конференции проф.-препод. состава ВТУЗ-ов Закавказья. Тбилиси, 1984.

100. Бицадзе С.Г., Хачидзе Н.А. К определению времени движения штока МГТ. Труды ГПИ - №15(297) 1985г., с. 297-303.
101. Бицадзе С.Г. Определение времени срабатывания магнитогидравлического толкателя с применением численных методов и ЭВМ. Труды ГПИ - №11(340) 1988г., с. 90-96.
102. ბიწაძე ს. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებლების კონსტრუქციების შემუშავება და კვლევა. სადისერტაციო ნაშრომი ტ.მ.კ. სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად, სტუ. თბილისი, 1995.
103. ბიწაძე ს. ტრანსპორტიორების და ესკალატორების მუხრუჭების ორიგინალური კონსტრუქციის მაგნიტურჰიდრავლიკური ამძრავი. მოხსენების თეზისები სტუ-ს 75-ე წლისთავისადმი მიძღვნილი პროფესორ-მასწავლებელთა ღია სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია. 2-4 ივნისი 1997. ნაწილი II.
104. ბიწაძე ს. ამწე-სატრანსპორტო მანქანების ამწე-მექანიზმების მუხრუჭების მაგნიტურჰიდრავლიკური ამძრავის ახალი კონსტრუქცია. სტუ-ს 75-ე წლისთავისადმი მიძღვნილი პროფესორ-მასწავლებელთა ღია სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია. ნაწილი II. 2-4 ივნისი 1997.
105. ბიწაძე ს., ბიწაძე რ. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ღუზის მიზიდვისას გამოსაწნევი ზეთის წინაღობის ოპტიმიზაცია. ი. გოგებაშვილის სახ. პედაგოგოკურ მეცნიერებათა ეროვნული ინსტიტუტის შრომების კრებული „საზრისი“ – №15, თბილისი, 2005, გვ. 111-115.

106. ბიწაძე ს. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებლების მუშა სითხეების შერჩევა საქართველოს კლიმატური პირობების გათვალისწინებით. ი. გოგებაშვილის სახ. პედაგოგოკურ მეცნიერებათა ეროვნული ინსტიტუტის შრომების კრებული «საზრისი» – №15, თბილისი, 2005, გვ. 106-109.
107. Бицадзе С.Г., Бицадзе Р.Г. Теоретическое исследование сдвливания жидкости при притяжении якоря электромагнита магнитогиравлического толкателя. «Проблемы механики» Международный научный журнал №3 (20) 2005, Тбилиси, с. 106-109.
108. Бицадзе С.Г. Исследование динамических характеристик магнитогиравлического привода тормозов грузоподъемных механизмов при торможении механизма. «Проблемы механики». Международный научный журнал №3 (23) 2006, Тбилиси, с. 73-77.
109. Бицадзе С.Г. О факторах, влияющих на надежность и долговечность магнитогиравлических толкателей. Научно-технический журнал «Транспорт и машиностроение», №4(12), 2008, Тбилиси, с. 109-115.
110. Бицадзе С.Г., Бицадзе Р.Г. Исследование динамических характеристик магнитогиравлического толкателя для работы в режиме продолжительного включения. Научно-технический журнал «Транспорт и машиностроение», #3 (15), Тбилиси, 2009, с. 78-83.
111. Бицадзе С.Г. Влияние рабочей жидкости на время обратного хода штока магнитогиравлического толкателя. Научно-технический журнал «Транспорт и машиностроение», №3, Тбилиси, 2009, с. 24-28.

112. ბიწაძე ს., ბიწაძე რ. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგე-ბელა ჭოკის სწრაფი დაშვების შესაძლებლობით. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანამშენებლობა“, №2(21), 2011, გვ. 75-82.
113. ბიწაძე ს., ბიწაძე რ. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგე-ბელას მწყობრიდან გამოსვლის ზოგიერთი მიზეზის აღმოფხვრის შესახებ. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანამშენებლობა“, №1(23), 2012წ., თბილისი, გვ. 154-160.
114. ბიწაძე ს., ბიწაძე რ. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგე-ბელას კოჭაში ელექტრული რხევების არასწრაფი დიფერენციალური განტოლების გაწვრივების შესახებ. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანამშენებლობა“ №1(23), 2012წ., თბილისი, გვ. 181-185.
115. ბიწაძე ს. ესკალატორების და ტრანსპორტიორების მუხრუჭების მაგნიტურჰიდრაულიკური ამძრავის დინამიკური მახასიათებლების დადგენა. მოხსენება II საერთაშორისო კონფერენციაზე „მექანიკის არაკლასიკური ამოცანები“, 6-8.10.2012. ქუთაისი, საქართველო.
116. ბიწაძე ს. ესკალატორების და ტრანსპორტიორების მუხრუჭების მაგნიტურჰიდრაულიკური ამძრავის დინამიკური მახასიათებლების დადგენა. II საერთაშორისო კონფერენციის „მექანიკის არაკლასიკური ამოცანები“, შრომები, 6-8.10.2012. ქუთაისი, საქართველო, გვ. 15-18.
117. ბიწაძე ს. მემბრანიანი მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლისათვის მემბრანის შერჩევის შესახებ.

- სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანამშენებლობა“ №1(26) 2013. თბილისი, გვ. 127-133.
118. ბიწაძე ს. ესკალატორებისა და ტრანსპორტიორების მუხრუჭებში მაქსიმალური სამუხრუჭე მომენტის უზრუნველყოფა მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას გამოყენებით. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანამშენებლობა“ №2(27) 2013. თბილისი, გვ. 189-192.
119. ბიწაძე ს. მაგნიტურჰიდრავლიკური ამძრავის მქონე ხუნდებიანი მუხრუჭების ამოქმედების დროის ანალიზი. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანამშენებლობა“ №3(28) 2013, თბილისი, გვ. 100-104.
120. ბიწაძე ს. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ტოროიდული მემბრანის ეფექტური ფართის განსაზღვრის შესახებ. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანამშენებლობა“ №3(28) 2013. თბილისი, გვ. 148-151.
121. ბიწაძე ს. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ჭოკის ცვეთის შემცირების შესახებ. მოხსენება საერთაშორისო კონფერენციაზე „სატრანსპორტო ხიდი ევროპა-აზია“, თბილისი, 2014.
122. ბიწაძე ს. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ჭოკის ცვეთის შემცირების შესახებ. შრომები საერთაშორისო კონფერენციის „სატრანსპორტო ხიდი ევროპა-აზია“, თბილისი, 2014.
123. ბიწაძე ს., ბიწაძე რ. საწყისი ამოცანა მაგნიტურ-ჰიდრავლიკურ საბიძგებელაში მიმდინარე პროცესების

- აღმწერი განტოლებისათვის. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ №1(32), 2015, თბილისი, გვ. 147-151.
124. Bitsadze S., Bitsadze R. On initial problem for one equation describing processes taking place in magnetohydraulic pusher. VII International Joint Conference of Georgian Mathematical Union and Georgian Mechanical Union. Book of abstracts, Batumi, 2016, 70.
125. ბიწაძე ს. ტვირთამწე მექანიზმების დამუხრუჭებისას მუხრუჭის მაგნიტურჰიდრავლიკური ამძრავით დინამიკური დატვირთვების შემცირების შესახებ. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, №1(38), 2017, გვ. 261-265.
126. ბიწაძე ს., ბიწაძე რ. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ღუზა-დგუშის გულართან მიზიდვისას ჰიდრავლიკური პროცესების მათემატიკური მოდელირება. ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, №2(39), 2017.
127. ბიწაძე ს., ბიწაძე რ. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას დინამიკური პროცესების ინფორმაციული მოდელირება. ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, №2(39), 2017.

სარჩევი

შესავალი	3
თავი პირველი	
ელექტრომაგნიტური ამძრავებისა და საბიძგებლების მიმოხილვა	8
§1.1. ელექტრომაგნიტური ამძრავებისა და ელექტროჰიდრავლიკური და ელექტრომექანიკური საბიძგებლების მოკლე მიმოხილვა	8
§1.2. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებლების მიმოხილვა	16
თავი მეორე	
სწრაფსვლიანი მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებლების შემუშავება და კვლევა	24
§2.1. საბიძგებელას ჭოკის მოძრაობის დროის მახასიათებლების შესახებ	24
§2.2. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების დროის განსაზღვრა და მისი შემცირების ხერხები	27
§2.3. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ჭოკის აწევის დაწყების დაყოვნების მცირე დროით	32
§2.4. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ჭოკის აწევისას მოძრაობის დროის განსაზღვრა და მისი შემცირების ხერხები	43
§2.5. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ჭოკის აწევისას მოძრაობის მცირე დროით	48

\$2.6. სწრაფსვლიანი მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგე- ბელა დამცველი სარქვლით	53
\$2.7. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელა ჭოკის სვლის სიდიდის რეგულირებით	60
\$2.8. მჰს-1 და მჰს-5 საბიძგებლების ჭოკის აწევისას მოძრაობის დროის განსაზღვრა	66
\$2.9. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლებისთვის მუშა სითხის შერჩევა	74
\$2.10. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლების გამოსაცდელი სტენდი და გამოცდის მეთოდიკა	80
\$2.11. მჰს-1, მჰს-3 და მჰს-5 გამოცდის შედეგები და მათი ანალიზი	89

თავი მესამე

სწრაფსვლიანი მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლები

120

\$3.1. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლების ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების დროის შემცირების ხერხები	120
\$3.2. მემბრანიანი მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებ- ლები	127
\$3.3. მემბრანიანი მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლებისათვის მემბრანის შერჩევა	134
\$3.4. ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების და ჭოკის დაშვებისას ჭოკის მოძრაობის დროთა ანალიზი	144
\$3.5. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელა ჭოკის დაშვების დაწყების დაყოვნების გარეშე	150

§3.6. ტვირთამწე მექანიზმების მუხრუჭების მაგნიტურჰიდრავლიკური ამძრავი მქს-9	156
§3.7. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა მყისი უკუსვლის შესაძლებლობით	164
§3.8. მქს-6-ის ელექტრომაგნიტის ღუზის მიზიდვისას გამოსაწნევი სითხის წინაღობის განსაზღვრა და მისი ოპტიმალური სიდიდის დადგენა	172
§3.9. მქს-6-ის და მქს-7-ის საბიძგებლების გამოცდის შედეგები და მათი ანალიზი	181
თავი მეოთხე	
ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებლები	189
§4.1. ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე საბიძგებლების მიმოხილვა და ანალიზი	189
§4.2. ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებლები	194
§4.3. მანქანა-მექანიზმების მუხრუჭების მაგნიტურჰიდრავლიკური ამძრავი	205
§4.4. ხანგრძლივი ჩართვის რეჟიმში მომუშავე მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა გაზრდილი საიმედოობისა და ხანგამძლეობით	219
თავი მეხუთე	
მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას მუშაობის საიმედოობისა და ხანგამძლეობის გაზრდის შესახებ	226
§5.1. მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას მწყობრიდან გამოსვლის ზოგიერთი მიზეზის აღმოფხვრის შესახებ	226

§5.2. მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებელას ღუზა- დგუშის გულართან მიზიდვისას ჰიდრაულიკური ამორტიზაციის შესახებ	236
ძირითადი დასკვნები და შედეგები	246
ლიტერატურა	253

Fifteen original designs of magnetohydraulic pushers elaborated by us and certified by author's certificates, as well as results of their theoretical and experimental studies are considered in the monograph. Some problems of pusher's dynamics are solved.

The bench purposely manufactured for laboratory tests is described, in which occurred simulation of some processes, which take place in case of application of magnetohydraulic pushers in brakes of lifting machines and other machinery and equipment. Bench testing methodology is stated. Original electric circuits for management of magnetohydraulic pushers intended for work under longtime switching-on mode are given.

The ways of improvement of technical characteristics, working capacity and durability of magnetohydraulic pushers are outlined.

The monograph will be helpful for researchers, structural designers, engineers and students, which are interested in magnetohydraulic pushers, and tasks of their designing and dynamics.

იბეჭდება ავტორის მიერ წარმოდგენილი სახით

კომპიუტერული უზრუნველყოფა ს. ლარიბიანის

გადაეცა წარმოებას 05.06.2017. ხელმოწერილია დასაბეჭდად
12.06.2017. ქალაქის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 17.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი,
კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent