

ზურაბ მეგრელიშვილი, გიზო ფარცხალაძე,
დავით ჩხაიძე, ნინო დონდოლაძე

ნავთობგაზსადენებისა და ნავთობგაზსაცავების
მოწყობილობა - დანადგარები

ბათუმი -2019

ზურაბ მეგრელიშვილი, გიზო ფარცხალაძე,
დავით ჩხაიძე, ნინო დონდოლაძე.

ნავთობგაზსადენებისა და ნავთობგაზსაცავების
მოწყობილობა - დანადგარები
სახელმძღვანელო

გამომცემლობა
„შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“
ბათუმი -2019

UDC (უკ) 622.692.5

Zurab Megrelishvili, Gizo Partskhaladze, David Chkhaidze, Nino Dondoladze

Equipment and Installations of Oil and Gas Pipelines and Oil and Gas Storages.

წიგნი აღიარებულია სახელმძღვანელოდ შოთა რუსთაველის
სახელმწიფო უნივერსიტეტის აკადემიურ საბჭოს მიერ
(დადგენილება # 00.00.2019)

რედაქტორი: გურამ ვარშალომიძე - ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ვიცე პრეზიდენტი, უკრაინის საინჟინრო აკადემიის აკადემიკოსი, ეკონომიკისა და ბიზნესის საერთაშორისო აკადემიის აკადემიკოსი, სტუ-ს ნავთობისა და გაზის ტექნიკისა და ტექნოლოგიების დეპარტამენტის ხელმძღვანელი.

რეცენზენტები: ვიტალი ხითარიშვილი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ნავთობისა და გაზის დეპარტამენტის პროფესორი.

ვილჰელმ კალანდარიშვილი ბათუმის ნავთობტერმინალის მთავარი მექანიკოსი, სასარგებლო წიაღისეულ საბადოების დამუშავების ტექნიკა-ტექნოლოგიების ინჟინერი

ISBN

წინასიტყვაობა

თანამედროვე სათბობ - ენერგეტიკული კომპლექსი წარმოადგენს ქვეყნის ეკონომიური განვითარების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მიმართულებას. ნავთობის მოპოვებასა და გადამამუშავებაში მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს მაგისტრალურ მილსადენებსა და ნავთობტერმინალებს. მილსადენებისა და ნავთობტერმინალების ექსპლუატაცია დაკავშირებულია და შეთანხმებული სარკინიგზო, საავტომობილო და საზღვაო ტრანსპორტის მუშაობასთან.

ნავთობპროდუქტების უსაფრთხო და საიმედო ტრანსპორტირებისა და შენახვის საკითხები სპეციალისტებისაგან ნავთობგაზსადენებისა და ნავთობგაზსაცავების თანამედროვე მოწყობილობა-დანადგარების ტიპების, სახეების, კონსტრუქციების, ტექნოლოგიური სქემების და მათი გაანგარიშების უახლესი მეთოდების ცოდნას მოითხოვს, რაც განხილულია წინამდებარე სახელმძღვანელოში.

წიგნი შედგება ხუთი თავისაგან, რომლებშიც განხილულია მონაცემები მილების და მილსადენური არმატურის, ტუმბოების, რეზერვუარების და მათი აღჭურვის, აირსადენების მოწყობის შესახებ. ყურადღება გამახვილებულია სიტემების ერთობლივ მუშაობაზე (ტუმბო - მილსადენი), ნაგებობებისა და სისტემების მექანიკურ და ჰიდრავლიკურ გაანგარიშებაზე. მოცემულია სხვადასხვა საცნობარო მასალა შესაბამისი ანგარიშების ჩასატარებლად. განხილული საკითხები და მათი მოცულობები შესაბამისობაშია როგორც საგნის სილაბუსთან ასევე სამთო და გეოინჟინერიის და სხვა საგანმანათლებო პროგრამებთან.

წიგნში მოყვანილი მასალების გაცნობის შემდეგ სტუდენტს განუვითარდება ანალიტიკური, კრიტიკული და კომუნიკაციური უნარები საგანში ნავთობგაზსადენებისა და ნავთობგაზსაცავების მოწყობილობა - დანადგარები. ის გათვალისწინებულია სწავლების პირველი საფეხურისათვის - ბაკალავრიატისათვის, სამთო და გეოინჟინერიის მიმართულების სტუდენტებისათვის. მასში მოყვანილი საკითხები სასარგებლო იქნება მაგისტრატურის ნავთობისა და გაზის მოპოვების, ტრანსპორტირების და შენახვის ტექნიკა და ტექნოლოგიების სპეციალობის სტუდენტებისათვის და სპეციალისტებისათვის, რომლებიც მუშაობენ ნავთობმრეწველობის სხვადასხვა სფეროში.

FOREWORD

Modern fuel and energy are one of the most significant areas of economic development of the country. Oil pipelines and oil terminals occupy an important place in the extraction and refining of oil. Operation of pipelines and oil depots should be coordinated and connected with the operation of railways, road and sea transport.

Safe and reliable storage of transportation of petroleum products requires from specialists the knowledge of design and types of modern installations and equipment of oil and gas pipelines, oil and gas storages, technological schemes and methods of their calculation, which is considered in this textbook.

The book consists of five chapters in which are reviewed and systematized the data on pipes and pipe fittings, pumps, tanks and their equipment and gas network devices. Attention is given to joint work of pumps and pipelines, hydraulic and mechanical calculation of structures and systems. Given are reference data for calculations. Addressed issues and their volumes correspond both to the syllabus of the subject and to the program of “Engineering in Mining and Geo Engineering “.

After studying the materials of the book, students develop analytical, critical and communication skills on the subject “Equipment and Installations of Oil and Gas Pipelines and Oil and Gas Storages.”

The book is considered for the first stage of undergraduate degree in mining and geological engineering. The issues discussed in the book will be useful to undergraduates of the specialty “Engineering of Oil and Gas Production, Transportation and Preservation Technics – Technology “and to specialists working in various areas of the oil industry.

სარჩევი

შესავალი	9
1. ტექნოლოგიური მილსადენები	10
1.1 ტექნოლოგიური მილსადენების დანიშნულება და მოწყობა	10
1.1.1. მილსადენების დანიშნულება და შემადგენლობა	10
1.1.2. სახელო	12
1.1.3. მილების შეერთება	13
1.1.4. სადებები მილტუჩა შეერთებებისათვის	15
1.1.5. მილსადენების მისადუღებელი დეტალები	15
1.2. მილსადენების არმატურა	19
1.2.1. არმატურის კლასიფიკაცია და გამოყენება	19
1.2.2. არმატურის სახეები	21
1.2.3. მილსადენური არმატურის მართვის ამძრავები	31
1.3. მილსადენების გაყვანა	35
1.3.1. მაგისტრალური მილსადენების გაყვანის ხერხები	35
1.3.2. ზოგადი დანიშნულების საამქროთაშორისო მილსადენების მონტაჟი	38
1.3.2.1. საამქროთაშორისო მილსადენების გაყვანის ხერხები	38
1.3.2.2. მიწისზედა და მიწისქვეშა მილსადენების მონტაჟი	40
1.3.2.3. გათბობით მილსადენის მონტაჟი	42
1.3.2.4. მიწისქვეშა მილსადენების დაცვა ნიადაგის კოროზიისაგან	45
1.3.2.5. მილსადენების თბური იზოლაცია	47
1.3.2.6. დამონტაჟებული მილსადენების მიღება და ტექნიკური შემოწმება	48
1.3.2.7. მილსადენების გამოცდის მეთოდები და საცდელი წნევა	49
1.3.2.8. მილსადენების დამცავი და საცნობი შეფერვა	51
1.3.2.9. მილსადენების ექსპლუატაციაში მიღება - ჩაბარება	53
1.4. კომპენსატორები	53
1.4.1. მილსადენების თბური დაგრძელების კომპენსაცია	53
1.4.2. კომპენსატორების სახეები	54
1.4.3. კომპენსატორების მონტაჟი	58
1.5. ტექნოლოგიური მილსადენების გაანგარიშება	59
1.5.1. მილსადენების მექანიკური გაანგარიშება	59
1.5.1.1. მილსადენის გაანგარიშება სიმტკიცეზე	59
1.5.1.2. დრეკადი ღუნვის დასაშვები რადიუსის განსაზღვრა	63
1.5.1.3. საყრდენებზე განლაგებული მილსადენების ანგარიში	64
1.5.2. მილსადენების ჰიდრავლიკური გაანგარიშება	69
1.5.2.1. მილსადენების ტექნოლოგიური სქემები	69
1.5.2.2. მილსადენების ტექნოლოგიური გაანგარიშების არსი	71
1.5.2.3. იზოთერმული მილსადენების ჰიდრავლიკური გაანგარიშება	72
1.5.2.4. არაიზოთერმული მილსადენების ჰიდრავლიკური გაანგარიშება	78
1.5.2.5. კოლექტორების ჰიდრავლიკური გაანგარიშება	79

1.5.2.6. სიფონური მილსადენის ჰიდრავლიკური გაანგარიშება	81
1.5.2.7. განშტოებული მილსადენური კომუნიკაციის ჰიდრავლიკური გაანგარიშება	83
2. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების სარკინიგზო ტრანსპორტი	85
2.1. ტრანსპორტის წილი საერთო ტვირთბრუნვაში	85
2.1. ნავთობპროდუქტების გადაზიდვა რკინიგზის ტრანსპორტით	89
2.1.1. სარკინიგზო ვაგონ-ცისტერნები	89
2.1.2. სარკინიგზო ცისტერნების მოწყობილობა და კლასიფიკაცია	91
2.2. ცისტერნები გამყარებადი ტვირთის გადასაზიდვად	92
2.3. ჩასხმა-ჩამოსხმის ოპერაციები	94
2.4. ნავთობპროდუქტების ქვედა ჩასხმისა და ჩამოსხმის მოწყობილობები	108
2.4.1. ჩასხმისა და ჩამოსხმის მოწყობილობების დანიშნულება და ტექნიკური დახასიათება.....	117
2.4.2. ჩასხმისა და ჩამოსხმის მოწყობილობები და მათი მუშაობის პრინციპები	108
2.5. მოწყობილობა ბლანტი ნავთობპროდუქტების ჩამოსხმისათვის რელსთაშორისო ღარში	112
2.6. რკინიგზის ცისტერნიდან ნავთობპროდუქტის ჩამოსხმის დროის გაანგარიშება	114
2.7. გამყარებადი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გადატანა	117
2.7.1. ორფაზიანი ტვირთების ჩამოსხმის მეთოდები და მოწყობილობები	119
2.8. რკინიგზის ჩასხმა - ჩამოსხმის ესტაკადები	123
2.8.1. ჩასხმა - ჩამოსხმის ესტაკადის აღჭურვის წესები	124
2.8.2. მოთხოვნები ესტაკადის განლაგების მიმართ	125
3. ტუმბოები	128
3.1. სხვადასხვა ტიპის ტუმბოს დანიშნულება, მოქმედების პრინციპი და გამოყენების სფერო	128
3.1.1. ტუმბოების ძირითადი პარამეტრები და კლასიფიკაცია	128
3.1.2. მოცულობით ტუმბოების მოქმედების პრინციპი და მოწყობის სქემა	130
3.1.3. ჭავლის ტუმბოს და სითხის ამწეების მოწყობის სქემები და მოქმედების პრინციპები	137
3.1.4. ფრთიანი ტუმბოების მოქმედების პრინციპი და მოწყობის სქემები	141
3.1.5. სხვადასხვა ტიპის ტუმბოების დადებითი და უარყოფითი მხარე	147
3.2. ფრთოვანა ტუმბოების მუშა პროცესი	151
3.2.1. ტუმბოს წნევა	151
3.2.2. ტუმბოს სიმძლავრე, მარგი ქმედების კოეფიციენტი	153
3.2.3. ტუმბოს ძირითადი განტოლება. თეორიული დაწნევა	155
3.2.4. მუშა ბორბალში სითხის მოძრაობის რეალური სახის გავლენა თეორიული წნევის მნიშვნელობაზე	159
3.2.5. ტუმბოების მსგავსება, გადათვლის ფორმულები, სწრაფი სვლის კოეფიციენტი	160
3.2.6. ტუმბოს შეწოვის სიმაღლე	167
3.2.7. კავიტაცია ტუმბოებში. შეწოვის სიმაღლეს დასაშვები მნიშვნელობა	170
3.3. ფრთოვანა ტუმბოების მახასიათებლები და მუშაობის რეჟიმი	173

3.3.1.	ტუმბოების თეორიული მახასიათებლები	173
3.3.2.	ტუმბოს მუშა მახასიათებლები და მათი აგების ხერხები	177
3.3.3.	ტუმბოს მახასიათებლების ცვლილება ბრუნვის სიხშირის და მუშა ბორბლის გეომეტრიული ზომების ცვლილებისას	179
3.4.	ტუმბოებისა და ქსელის ერთობლივი მუშაობა	185
3.4.1.	მილსადენის მახასიათებელი და ტუმბოს ფაქტიური მიწოდება	185
3.4.2.	ტუმბოების პარალელური მუშაობა	190
3.4.2.1.	ერთნაირი მახასიათებლის მქონე რამდენიმე ტუმბოს პარალელური მუშაობა	191
3.4.2.2.	სხვადასხვა მახასიათებლების მქონე რამდენიმე ტუმბოს პარალელური მუშაობა ...	193
3.4.3.	ტუმბოების თანმიმდევრული მუშაობა	194
4.	რეზერვუარები ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების შენახვისათვის	196
4.1.	ნავთობბაზების კლასიფიკაცია	196
4.2.	ნავთობბაზის ძირითადი ნაგებობები	197
4.3.	რეზერვუარები ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების შენახვისათვის	198
4.3.1.	ფოლადის რეზერვუარები	199
4.3.1.1.	ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარები	199
4.3.1.2.	ჰონტონებისა და მცურავი სახურავის ჩამკეტები	210
4.3.1.3.	ვერტიკალური იზოთერმული რეზერვუარები	214
4.3.1.4.	სფერული რეზერვუარები	219
4.3.2.	არალითონის რეზერვუარები	227
4.3.3.	რეზერვუარების ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლები	238
4.3.3.1.	რეზერვუარების მშენებლობის ეკონომიკის სპეციფიკური თავისებურება	238
4.3.3.2.	სხვადასხვა ტიპისა და მოცულობის რეზერვუარების ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლები	239
4.3.3.3.	სხვადასხვა კონსტრუქციის ფოლადის რეზერვუარების ლითონის კუთრი ხარჯი	246
4.4.	რეზერვუარების ტექნოლოგიური მოწყობილობა	247
4.5.	ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარების გაანგარიშება	260
4.5.1.	რეზერვუარები კედლის ერთიანი (მუდმივი) სისქით	260
4.5.2.	რეზერვუარები ცვალებადი კედლის სისქით	262
4.6.	ნავთობბაზების სარეზერვუარო პარკის მოცულობის დადგენა	264
5.	გაზგამანაწილებელი ქსელები და გაზის შენახვა	268
5.1.	ბუნებრივი და ხელოვნური აირების შემადგენლობა და კლასიფიკაცია	268
5.2.	აირის მდგომარეობის ძირითადი კანონები	274
5.3.	ზოგადი ცნობები აირის ტრანსპორტირების შესახებ	276
5.4.	აირგამანაწილებელი ქსელები და აირსაცავები	276
5.4.1.	აირგამანაწილებელი ქსელები	276
5.4.1.1.	აირსადენების მილები და არმატურა	280
5.4.1.2.	აირის მომხმარებლები. აირის ხარჯის მერყეობა (უთანაბრობა), აირის ხარჯის ანგარიში	287

5.4.1.3. აირგამანაწილებელი სადგური (აგს) და მისი დანადგარები	291
5.4.1.4. აირიდან მინარევების მოცილება	292
5.4.1.5. აირის ოდორიზაცია	295
5.4.1.6. აირსადენების ჰიდრაულიკური გაანგარიშება	296
5.4.2. გაზგოლდერები	300
5.4.2.1. აირმომარაგების სისტემა	300
5.4.2.2. აირის მოხმარების თვიური, დღიური და საათური პიკების დაფარვის მეთოდები .	301
5.4.2.3. აირსაცავების მოცულობის განსაზღვრა აირის ხარჯის გრაფიკისმიხედვით	301
5.4.2.4. გაზგოლდერებისა და გაზსაცავების კლასიფიკაცია	302
5.4.2.5. დაბალი წნევის გაზგოლდერები	303
5.4.2.6. მაღალი წნევის გაზგოლდერები	309
5.4.2.7. აირის შენახვა მილებში	310
5.4.2.8. თხევადი აირის შენახვა	310
5.4.2.9. თხევადი აირის შესანახი ჭურჭლები	311
ლიტერატურა	314

შ ე ს ა ვ ა ლ ი

საქართველოსათვის ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტრანზიტი ერთ-ერთი ძირითადი წყარო და მიმართულებაა, რომელიც განსაზღვრავს ქვეყნის განვითარებას და შიგნით ეკონომიკის სტაბილურობას. ნავთობი ერთადერთი ბუნებრივი რესურსია, რომლის გადამუშავება საშუალებას იძლევა მივიღოთ სხვადასხვა სახის უმნიშვნელოვანესი პროდუქტები, ისეთები როგორცაა საავტომობილო ბენზინი, დიზელის საწვავი, სინთეზური ქსოვილები, სხვადასხვა დასაფარი და სარეცხი საშუალება. ნავთობგადამუშავების ნარჩენებიც კი პოულობენ გამოყენებას მაჭუთის სახით.

ნავთობის მრეწველობის საქმიანობა მოიცავს წიაღისეულიდან ნავთობის ამოღებას, მის ტრანსპორტირებას გადამამუშავებელ ქარხნებში და შემდეგ განაწილებას მომხმარებლისათვის. ნედლი ნავთობის ტრანსპორტირებას ახორციელებენ მილსადენებით, სპეციალური ტანკერებით, რკინიგზის ტრანსპორტით და ავტოცისტერნებით. გადამამუშავებული პროდუქტის მომხმარებლისათვის მიწოდება ძირითადად იგივე ხერხებით ხორციელდება. მოპოვების, ტრანსპორტირების, შენახვისა და გადამამუშავების საკითხები მოითხოვს ნავთობბაზებისა და ნავთობტერმინალების არსებობას და საიმედო მუშაობას.

თანამედროვე ნავთობპროდუქტებით უზრუნველყოფის მრეწველობა რთულ საინჟინრო ტექნიკურ და ტექნოლოგიური ნაგებობებობთა კომპლექსებს წარმოადგენს, რომლებიც ერთმანეთთან ტექნოლოგიური პროცესებითაა დაკავშირებული და უზრუნველყოფენ მიღებას, ტრანსპორტირებას, შენახვას და მომხმარებლების მომარაგებას სახვადასხვა სახის ნავთობპროდუქტით.

ნავთობმრეწველობის საწარმოების მუშაობის ეფექტურობის ამაღლება მიიღწევა არა მარტო გამოყენებული მოწყობილობის ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლების გაუნჯობესების ხარჯზე, არამედ ახალი ტექნიკის და ტექნოლოგიების დანერგვით, რაც საბოლოო ჯამში განსაზღვრავს მაღალ ტექნიკურ და ეკონომიურ ეფექტურობას.

თანამედროვე მოთხოვნები დანადგარების ექსპლუატაციის ხარისხისადმი განსაზღვრავენ ასევე ნავთობტერმინალების და მილსადენური ტრანსპორტის მუშაობის პირობებს, რომლებიც მოითხოვენ არაორდინალური და ეკონომიურად გამართლებული გადაწყვეტილებების მიღებას. გაზრდილი მოთხოვნები პერსონალის მიმართ, რომლებიც ახორციელებენ დანადგარების ექსპლუატაციას, გულისხმობს სპეციალისტების თეორიული ცოდნის დონის ამაღლებას, თანამედროვე ტექნოლოგიებისა და ხერხების ცოდნას. მათ უნდა შეძლონ მიაღწიონ მაქსიმალურ ეფექტურობას, პერსონალისათვის და გარემოსათვის მინიმალური რისკით.

წინამდებარე სახელმძღვანელოში მოცემულია ნავთობგაზსადენების და ნავთობგაზსაცავების სხვადასხვა მოწყობილობა - დანადგარების ტექნიკურ-ეკონომიური მახასიათებლები თემატური დანაყოფების მიხედვით.

1. ტექნოლოგიური მილსადენები

1.1. ტექნოლოგიური მილსადენების დანიშნულება და მონყობა

1.1.1. მილსადენების დანიშნულება და შემადგენლობა.

მილსადენი ეწოდება საინჟინრო ნაგებობას, რომლებიც შედგება ერთმანეთთან მჭიდროდ შეერთებული მილების, მილების დეტალების, ჩამკეტ-მარეგულირებელი მოწყობილობების, საკონტროლო საზომი ხელსაწყოების, სამაგრი ელემენტების, თბური და კოროზიული იზოლაციისაგან და განკუთვნილია სითხეების, ნავთობპროდუქტების და აირების ტრანსპორტირებისათვის.

ტექნოლოგიურ მილსადენებს მიეკუთვნება ობიექტის ფარგლებში არსებული მილსადენები, რომლებშიც მიედინება სხვადასხვა ნივთიერებები, მათ შორის ნედლეული, შუალედური და სრული პროდუქტი, საწარმოო ნარჩენები, რომლებიც საჭიროა ტექნოლოგიური პროცესების წარმართვისათვის და მოწყობილობის ექსპლუატაციისათვის.

მილსადენების ქსელი შედგება შემდეგი ელემენტებისაგან:

1. სხვადასხვა დანიშნულების მილებისაგან;
2. შემაერთებელი ნაწილებისაგან (მილტუჩების, შემაერთებელი ქუროების, მუხლების, სარინების, სამკაპების, ჯვარედების, გამანაწილებელისაგან და სხვა);
3. არმატურისაგან (საკვალთების, უკუსარქველების, სპეციალური დანიშნულების დამცავი სარქველების და სხვა. მასალა თუჯი, ფოლადი);
4. კომპენსატორებისაგან.

მილსადენის ელემენტების კვეთის ზომების შესარჩევად სარგებლობენ პირობითი გასასვლელის სიტემით, დადგენილს GOCT 365-80 (EN 1092-1:2007 - ევროპული სტანდარტი; ANSI/ASME B16.5-2009 - ამერიკული სტანდარტი) "მილსადენის არმატურა და დეტალები. წნევა პირობითი, საცდელი, მუშა. რიგები" პირობითი გასასვლელი აღნიშნება D_3 და შემდეგ ციფრის დამატებით, რომელიც აღნიშნავს პირობით გასასვლელს. მაგალითად: პირობითი გასასვლელი 100 მმ აღნიშნება D_3100 .

ნავთობისა და გაზის ტრანსპორტირებისათვის გამოიყენება შემდეგი სახის მილები:

1. ფოლადის უნაკერო ცხლადგამოყვანილი GOCT 8 732-78-ს (EN 10297-1) "მილები ფოლადის უნაკერო, ცხლადდეფორმირებული. სორტამენტი" მიხედვით. მზადდება 10, 15, 20, 25 მარკის ნახშირბადოვანი და დაბალლეგირებადი ფოლადებისაგან.
2. ფოლადის უნაკერო ცივგაჭიმული და ცივდამზადებული GOCT 8 734-75-ს (EN 10297-1) "მილები ფოლადის უნაკერო ცივდეფორმირებული. სორტამენტი" მზადდება 10, 15, 20, 25 მარკის ნახშირბადოვანი და ლეგირებული ფოლადებისაგან.
3. ფოლადის შედუღებული წყალაირგამტარი (გაზის) GOCT 3262-75-ს (EN 10296-2) "მილები ფოლადის წყალაირგამტარი. ტექნიკური პირობები.
4. ფოლადის ელექტროშედუღებული.

კოროზიულად აქტიური ნავთობპროდუქტების გადასატუმბად გამოიყენება ლეგირებული ფოლადისაგან დამზადებული მილები ГОСТ 550-75 (EN 10296-2) "მილები ფოლადის უნაკერო ნავთობგადამამუშავებელი და ნავთობქიმიური მრეწველობისათვის. ტექნიკური პირობები". მილებისათვის გარე დიამეტრით 426 მმ-მდე გამოიყენება ფოლადის უნაკერო ცხლადდამუშავებული მილები წყალბადოვანი და ლეგირებული ფოლადისაგან.

მაგისტრალური მილსადენებისათვის 426 მმ-ზე მეტი დიამეტრით გამოიყენება ელექტროშედუღებული სწორნაკერიანი ან სპირალურად შედუღებული მილები დაბალლეგირებული ფოლადისაგან უფრო მაღალი მექანიკური თვისებებით, ვიდრე ნახშირწყალბადოვანი ფოლადები. ეს საშუალებას იძლევა დამზადდეს მილები კედლის შემცირებული სისქით.

მილების, შემაერთებელი დეტალებისა და არმატურის მექანიკური სიმტკიცე გატარებული ნივთიერებების და გარემოს გარკვეულ ტემპერატურის დიაპაზონში მცირდება. ამიტომ შემოდებულია ცნებები: პირობითი წნევა, საცდელი წნევა და მუშა წნევა.

პირობითი წნევა ეწოდება უდიდეს ჭარბ წნევას, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილია 20°C ტემპერატურის დროს სიმტკიცეზე ანგარიშით დასაბუთებული გარკვეული ზომების მქონე ნაკეთობის, ხანგრძლივი მუშაობა. მაგალითად: მილსადენის დეტალების და არმატურისათვის დამზადებული ფოლადი 20 - გან, რომელიც მუშაობს ჭარბ 4 მპა წნევისას და ტრანსპორტირებადი ნივთიერების ტემპერატურა არის 20°C , პირობითი წნევა 4 მპა ტოლია, 350 °C ტემპერატურისას კი პირობითი წნევა 6,3 მპა.

საცდელი წნევა ეწოდება ჭარბ წნევას რომლის დროსაც უნდა შესრულდეს ნაკეთობის მასალის ჰიდრავლიკური გამოცდა წყლით სიმტკიცეზე და სიმჭიდროვეზე არა უმეტეს 100°C ტემპერატურის დროს.

მუშა წნევა ეწოდება უმეტეს ჭარბ წნევას, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილია მილების, დეტალების და არმატურის ექსპლუატაცია სიმტკიცეზე და რეჟიმზე. (შემოწმება წყლით, ტემპერატურის დროს არა ნაკლები 5 °C და არა უმეტესი 70 °C).

მილები, რომლებიც მუშაობენ წნევის ქვეშ უნდა უძლებდნენ საცდელ ჰიდრავლიკურ წნევას განსაზღვრულს ფორმულით:

$$P = 2000\delta R/D_0 \quad (1.1)$$

სადაც δ - მილის კედლის მინიმალური სისქეა, მმ;

R - დასაშვები დამაბულობაა მპა, რომელიც აიღება წყვეტაზე დროებითი წინაღობის 40 %-სა;

D_0 - მილის შიგა დიამეტრი, მმ.

ფოლადის ზოდისაგან (ნამზადისაგან) მილების დამზადების ორი მეთოდი არსებობს:

1. პლასტიკურ მდგომარეობამდე გაცხელებული ზოდის (ნამზადის) უშუალო გაჭიმვა და თანმიმდევრულად მისთვის მილის ფორმის მიცემა;
2. ცხელი (გახურებული) ნამზადის გაგლინვა საჭირო ზომის ფირფიტად (შტრიპსი), რომელსაც შემდეგ ახვევენ მილად და მილებულ განივ ნაკერს ადუღებენ.

მილებს, დამზადებულს პირველი ხერხით უწოდებენ მთლიანგაჭიმულს, მეორე ხერხით კი შედუღებულს.

მთლიანგაჭიმულ მილებს, რომელსაც ასევე უნაკეროს უწოდებენ, ამზადებენ ორი ხერხით: სპეციალური გაგლინვის ხერხით და თანმიმდევრული გაფართოების ხერხით. ორივე

შემთხვევაში მილის დამზადების პროცესი იწყება ზოდისათვის (შტრიფსისთვის) ცილინდრული ფორმის მიცემით. ამის შემდეგ ცილინდრს ხვრიტავენ და ღებულობენ ჰილზას მცირე დიამეტრის მქონე გამჭოლი ნახვრეტით.

შედუღებული მილების დამზადების პროცესი იწყება გრძელი და ვიწრო ფოლადის ზოლის დამზადებით, ფოლადის ფირფიტების სპეციალურ დაზგაზე დაჭრის გზით. მეორე სპეციალურ დაზგაზე ზოლს თანმიმდევრულად ამრგვალევენ და აძლევენ მას მილის ფორმას. მილის ნაკერის შედუღებისთვის გამოიყენება ელექტრორკალური ავტომატური შედუღება ფლუსის ფენის ქვეშ.

სპირალურად შედუღებული მილები შედუღებული მილების ნაირსახეობაა. მათთვის შტრიფსებს ამზადებენ წვრილი ფოლადის ბაფთის სახით. სპეციალურ ავტომატური ჩარხზე ფოლადის ზოლს აძლევენ სპირალის ფორმას მილის ფორმის მიხედვით. სპირალურ ნაკერს აერთებენ ავტომატური შედუღებით. ასეთი ნაკერი ზრდის მილის სიმტკიცეს, ზრდის სიხისტეს და არ ასუსტებს განივ კვეთს.

შედუღებულ მილებს, გარდა დამზადების სიმარტივისა და სიიაფისა, მთლიანგაჭიმულ მილებთან შედარებით გააჩნია ის უპირატესობა, რომ ისინი შეიძლება იყოს დამზადებული დიდი დიამეტრისა კედლის მცირე სისქით.

ალუმინის მილები კონკურენციას უწევენ ფოლადის მილებს სარეწაო შემკრები კოლექტორებისა და დაბალწნევიანი გაზნავთობსადენების აგებისას. ალუმინის მილების უდიდესი დიამეტრია 300 მმ. დაბალი და საშუალო სიმტკიცის ალუმინის შენადნობები ადვილად დუღდება. ალუმინის გამოყენების დროს არ არის საჭირო ანტიკოროზიული დაფარვა (დაცვა).

1.1.2. სახელო

გარდა ლითონის მილებისა ნავთობბაზებში ჩამოსხმის და სარიგებელი ოპერაციების ჩატარების დროს გამოიყენება სახელოები. კონსტრუქციის მიხედვით სახელოები იყოფა რეზინქსოვილის, რეზინის, ლითონრეზინის და ლითონის სახელოებად. ყველაზე მეტი გავრცელება მოიპოვა რეზინქსოვილის სახელოებმა. მათი კედელი შედგება თანმიმდევრობით განლაგებული გარეზინებული ქსოვილის და თხელი რეზინის ფენებისაგან.

მუშაობის (გამოყენების) პირობების მიხედვით რეზინქსოვილის სახელოები დაყოფილია:

1. შემწოვი - მუშაოს ვაკუუმის ქვეშ;
2. საწნეო - მუშაოს შიგა ჭარბი წნევის ქვეშ;
3. შემწოვ-საწნეო შეუძლია იმუშაოს, როგორც ვაკუუმის ასევე წნევის ქვეშ.

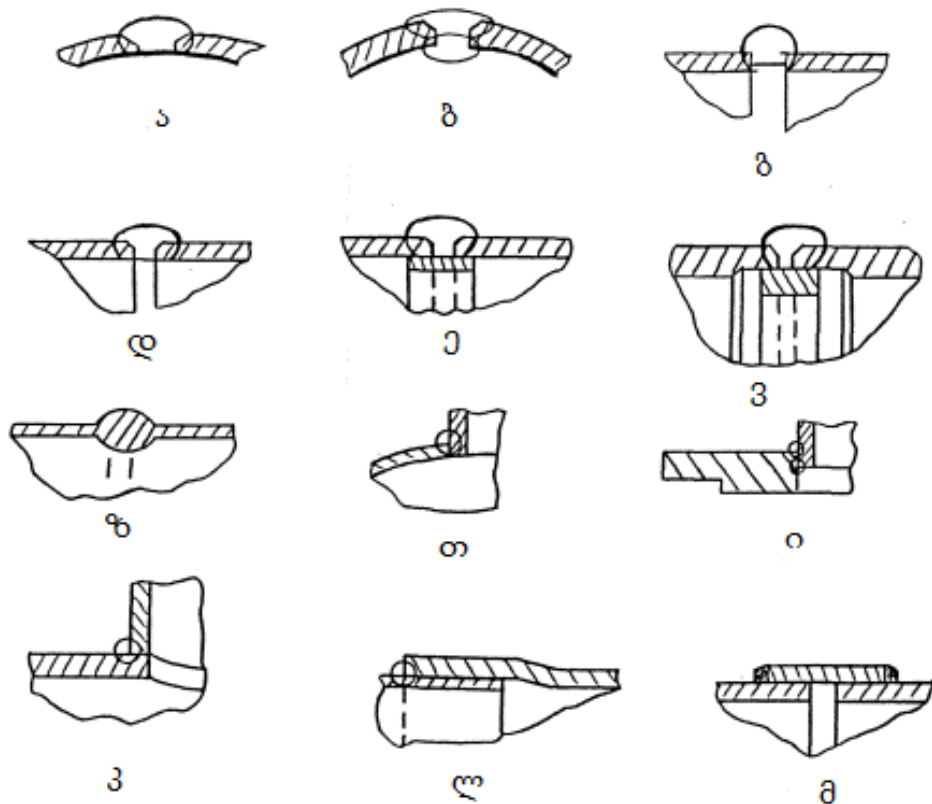
ატმოსფერული წნევისაგან გაბრტყელების თავიდან ასაცილებლად ვაკუუმის ქვეშ მუშაობისას სახელოს შიგნით მოთავსებულია მოთუთიებული ფოლადის მავთულის ან ბაფთის სპირალი. საწნეო სახელოები, რომლებიც გაფართოებას ცდილობენ შიდა წნევის გამო, სპირალი ან სპეციალური შემონაქსოვი მოთავსებულია გარედან. შემწოვ-საწნეო სახელოები მზადდება შიგა და გარე სპირალებით. სახელოების დიამეტრები მერყეობს 16 დან 350 მმ-მდე, სიგრძე 1 დან 18 მ-მდე ГОСТ 5398-76 „სახელო რეზინის შემწოვ-საწნეო საფეიქრო კარკასით, არა არმირებული“ მიხედვით. მილსადენების სხვა ელემენტებთან შეერთებისათვის სახელოს ბოლოებში აქვს გლუვი მანუეტები, რომლებშიც იდგმება მისაერთებელი ბურიკი (მუნშტუკი).

ნავთობის და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირებისათვის რეზინის და რეზინ-ქსოვილის სახელოები არიან თერმომგრადი ტემპერატურის ზღვარში -30°C დან $+60^{\circ}\text{C}$ მდე. უფრო მაღალი ტემპერატურის დროს თხევადი და აიროვანი ნივთიერებების ტრანსპორტირებისათვის გამოიყენება დრეკადი ჰერმეტიკული ლითონის სახელოები დიამეტრით 4 დან 300 მმ-მდე. ლითონის სახელოები ბამბის საფენებით გამოიყენება ნივთიერების ტრანსპორტირებისათვის 110°C ტემპერატურამდე, და აზბესტის სადენებით 300°C ტემპერატურამდე.

1.1.3. მიღების შეერთება

მილსადენების ყველაზე გავრცელებული შეერთებაა შედუღებით, შესრულებული ელექტრო ან გაზშედულებით (ნახ.1.1). შეერთების ამ ხერხს სხვა შეერთებებთან შედარებით გააჩნია რიგი მნიშვნელოვანი უპირატესობა, რომლებიც უზრუნველყოფენ შეერთების სიმარტივეს, სიმტკიცეს, სიმჭიდროვეს, ექსპლუატაციაში სამედობას და ეკონომიურობას ლითონის ხარჯვის მიმართ.

ბევრ შემთხვევაში მიღების ელექტრორკალურ შედუღებას აწარმოებენ ავტომატურად ფლუსის ფენის ქვეშ ან ნახშირჟანგი აირის გარემოში.



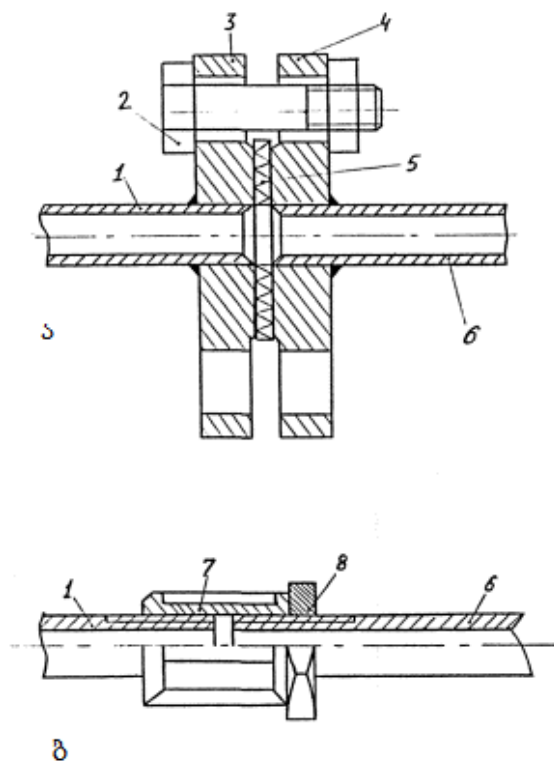
ნახ. 1.1. მიღებისა და მილის არმატურის შედუღებით შეერთების სახეები.

- ა) პირაპირა გრძივი ერთმხრივი ნაკერით; ბ) პირაპირა გრძივი ორმხრივი ნაკერით;
- გ) პირაპირა განივი ცალმხრივი ნაკერით ნაწიბურის ცერობის გარეშე; დ) პირაპირა განივი ცალმხრივი ნაკერით ნაწიბურის ცერობით; ე) პირაპირა განივი სადები რგოლით გამოჩარხვის გარეშე; ვ) პირაპირა განივი სადები რგოლით შიგა გამოჩარხვით; ზ) პირაპირა კონტაქტური; თ) კუთხის ცალმხრივი ნაწიბურის ცერობის გარეშე; ი) კუთხის ორმხრივი ნაწიბურის ცერობის გარეშე; კ) კუთხის ცალმხრივი ნაწიბურის ცერობით; ლ) მილყელური; მ) მილყელური ქუროთი.

დასაშლელი შეერთებისათვის (ნახ.1.2) და მილსადენის არმატურის მიერთებისათვის ფართო გამოყენება ჰპოვა მილტუჩა შეერთებებმა, მათი დაშლის და აწყობის სიმარტივეს გამო. მილტუჩა შეერთებები უფრო ძვირია და შედუღებით შეერთებასთან შედარებით გააჩნია შემდეგი ხარვეზები:

1. შეერთების შემჭიდროების რღვევის შესაძლებლობა სადების დეფორმაციისას და ჭანჭიკების მოშვებისას;
2. მოითხოვს უფრო მეტ ლითონს მათი დამზადებისათვის;
3. ზრდის შეერთების გაბარიტებს;
4. მოითხოვს სადებების პერიოდულ ცვლას.

ნავთობბაზებზე იყენებენ შემდეგი ტიპის მილტუჩებს: ფოლადის მისადუღებელი, კუთხვილიანი ფოლადისა და თუჯის, არმატურასთან ერთად ჩამოსხმული (ფოლადისა და თუჯის).



ნახ. 1.2. მილსადენების შეერთება მილტუჩით (ა) და ქუროთი (ბ)

1;6 - მილები; 2 - ჭანჭიკი ქანჩით; 3;4 - მილტუჩი; 5 - სადები; 7 - ქურო; 8 - კონტრქანჩა

მისადუღებელი მილტუჩები უფრო გავრცელებულია თავისი სიიფის, დამზადების სიმარტივის, მონტაჟის საიმედოობისა და სიმარტივის გამო. შეერთების სიმჭიდროვის უზრუნველყოფისათვის მილტუჩებზე აკეთებენ ერთმანეთში შემავალ შვერილებსა და ამონაჩარხს ან წრიულ კაწრულებს.

2,5 მპა-ზე მეტი წნევის ქვეშ მომუშავე მილსადენებისათვის გამოიყენება მხოლოდ ფოლადის მილტუჩები პირაპირი მიდუღებით. მისადუღებელი მილტუჩის სისქეს განსაზღვრავენ ფორმულით

$$\delta = K\{q(D - d)t/[\sigma(t - d_1)]^{1/2} + 1,2 \text{ სმ} \quad (1.2)$$

სადაც K - კოეფიციენტი დამოკიდებული საფენის დაყენებაზე. $K=0,43$, თუ შემამჭიდროებელი სადები მოთავსებულია ფლანეცის ტორეცის მთელ ფართობზე, $K=0,6$, თუ შემამჭიდროებელი სადები მოთავსებულია ტორეცის ფართობის ნაწილზე;

q - დატვირთვაა, რომელიც მოდის ერთ ჭანჭიკზე, კგ;

D - ჭანჭიკის ხვრეტების წრეწირის დიამეტრია, სმ;

d - მილის გარე დიამეტრი, სმ;

σ - დასაშვები დაძაბულობა ღუნვაზე, კგ/სმ²;

t - ჭანჭიკის ბიჯი, სმ;

d_1 - ჭამჭიკის დიამეტრი, სმ.

დატვირთვა, რომელიც მოდის ერთ ჭანჭიკზე შეიძლება განვსაზღვროთ ფორმულით:

$$q = K_3 \pi \left(D_1 + 2 \cdot b/3 \right)^2 p / 4n \quad (1.3)$$

სადაც $K_3 = 1,3-1,5$ - ჭანჭიკის შემოჭერის კოეფიციენტი;

D_1 - შესამჭიდროებელი სადების შიგა დიამეტრი, სმ;

b - შემამჭიდროებელი სადების სიგანე, სმ;

p - შიგა წნევის შესაძლო მაქსიმალური სიდიდე, კგ/სმ²;

n - ჭანჭიკების რაოდენობა.

ქუროს შეერთებები შეიძლება იყოს კუთხვილიანი და არაკუთხვილიანი. კუთხვილიანი ქუროები არის მოკლე ცილინდრები, სიგრძით $l = (1,5-2)d$ შიგა კუთხვილით, რომლის მეშვეობით ის იხრახნება შემაერთებელ მილების ბოლოების ხრახნზე.

არა კუთხვილიან ქუროებს მიეკუთვნება ქუროები წრიული კილოთი. ქუროები წრიული კილოთი შედგება ორი ნახევრისაგან. ისინი შეერთებულია ერთმანეთთან ოთხი ჭანჭიკით. ქუროს ნახევრები მოქანჩვის წინ წამოეცმება შემაერთებელ მილების ბოლოებზე, რომლების შვერილები შედიან ქუროს კილოში. ჰერმეტიკობა მიიღწევა შემამჭიდროებელი რგოლის შემოჭიმვის ხარჯზე. შემამჭიდროებელი რგოლი მზადდება ნავთობის მიმართ მგრადი მასალებისაგან.

ასეთი ქუროები უზრუნველყოფენ მილების დრეკადობას, ისინი მილების ერთმანეთის მიმართ 90°-ით მობრუნების და ტემპერატურით გამოწვეული დაძაბულობის (35 კგ/სმ²-მდე) კომპენსაციის საშუალებას იძლევიან. ამ შეერთების უარყოფითი მხარეა სამშენებლო მოედნების პირობებში მილებზე წრიული შვერილების დამზადების სირთულე.

1.1.4. სადებები მილტუჩა შეერთებებისათვის

ნავთობსადენებისათვის მილტუჩა შეერთებებში გამოიყენებენ შემდეგ სადებებს:

1. წნევისას = 1 მპა-მდე და t 40°C - მდე - გაზინთული მუყაო ან პარონიტი (ასბომუყაო) სისქით 2-3 მმ;
2. წნევისას 1-1,6 მპა -მდე და 300°C ტემპერატურამდე - ვულკანიზირებული პარონიტი სისქით 2 მმ;
3. წნევისას 1,6 – 6,4 მპა-მდე - ლითონის გოფირებული გლუვი სადებები გამომწვარი ალუმინისაგან ან რბილი ფოლადისაგან აზბესტის გულით; ზოგადი დანიშნულების პარონიტი, ასბოსპილენძის და ასბოალუმინის;

4. წნევისას 6,4 მპა -ზე მეტი რეკომენდირებულია გამოიყენოს ფოლადი 1 მარკის ან ზეთ-ბენზინ გამძლე პარონიტის გამოყენება.

1.1.5. მილსადენების მისადუღებელი დეტალები

ფოლადის ტექნოლოგიური მილსადენების დამზადებისას და მონტაჟისას დიდი როლდენობით გამოიყენებენ მისადუღებელ დეტალებს, რომლებიც განკუთვნილია ტრანსპორტირებადი ნივთიერების ნაკადის მიმართულების (სარინები) ან მილის დიამეტრის (გადამსვლელები) ცვლილებისათვის, განშტოებისათვის (სამკაპები, განშტოებები), მილსადენების თავისუფალი ბოლოების დახურვისათვის (სახშობი, ფსკერი). მისადუღებელი დეტალების ტიპები და ზომები სტანდარტიზირებული და ნორმირებულია.

სარინები დამზადების ხერხის და კონსტრუქციის მიხედვით იყოფა უნაკერო მკვეთრად მოღუნული, მოღუნული, შედუღებული და ტვიფრულ-შედუღებული (ნახ. 1.3).

უნაკერო მკვეთრად მოღუნული სარინი (ნახ. 1.3, ა) ხასიათდება მოღუნვის მცირე რადიუსით ($1 - 1,5$) D_3 , კედლის ერთნაირი სისქით ამობურცულ და შეზნექილ მხარეებზე. აქვს შედარებით მცირე გაბარიტები, ამიტომ მილსადენების მონტაჟისას უზრუნველყოფს ნაგებობის კომპაქტურობას და საწარმოო ფართობის ეკონომიას. ასეთი სარინები მზადდება დიამეტრით D_3 40 -600 მმ და P_3 10 მპა-მდე.

მოღუნული სარინი (ნახ.1.3, ბ) მზადდება D_3 10 – 400 მმ და P_3 10 მპა-მდე უნაკერო და ელექტროშედუღებული მილებისაგან მილების მოსალუნ ჩარხებზე (მოწყობილობაზე) ცივ და ცხელ მდგომარეობაში.

შედუღებული (სექციური) სარინი (ნახ. 1.3, ვ) მზადდება D_3 150 – 1400 მმ უნაკერო და ელექტროშედუღებული მილებისაგან ცალკეული სექციების გამოჭრით და შემდგომი აკრეფით და შედუღებით. მოღუნვის რადიუსი მცირეა ($1 - 1,5$) D_3 . გამოიყენება სარინები მილსადენებისათვის, რომლებიც მუშაობენ P_3 6,3 მპა-მდე და იმ შემთხვევაში, როცა არ არის მკაფიოდ მოღუნული ან მოღუნული სარინები. ცხელი წყლის და ორთქლის მილსადენებისათვის, რომელსაც აკონტროლებს სახელმწიფო ტექნიკური ზედამხედველობის ორგანოები, შედუღებული სარინები გამოიყენება მხოლოდ III და IV კატეგორიის მილსადენებისათვის.

ტვიფრულ-შედუღებული სარინები მზადდება D_3 600 – 1400 მმ ფურცლოვანი ფოლადისაგან, ნახევარსარინის ტვიფრის გზით პრესზე, შემდგომი შეკრებით და ორი გრძივი ნაკერის შედუღებით. ასეთი სარინები გამოიყენება მილსადენებისათვის D_3 600 მმ და მეტი, ნაცვლად შედუღებული სექციურისა.

განშტოებები და სამკაპები (ნახ. 1.4) კონსტრუქციების მიხედვით იყოფა ტოლგამსვლელზე - განშტოების დიამეტრის შემცირების გარეშე, და გადამსვლელებზე - განშტოების დიამეტრის შემცირებით.

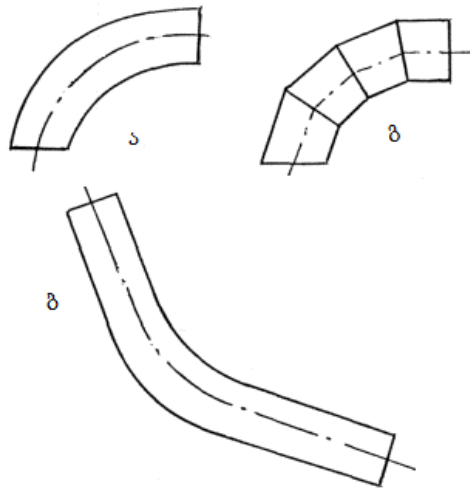
განშტოებებისა და სამკაპების ნაირსახეობა გამოწვეულია იმით, რომ ხვრეტების გაკეთების ადგილებში მილსადენის უბნის სიმტკიცე მცირდება. მილსადენის სიმტკიცის მარაგის, განშტოების და ძირითადი მაგისტრალის დიამეტრების თანაფარდობის მიხედვით, საჭიროა მისი ადგილობრივი გაძლიერება. ეს მიიღწევა გასამაგრებელი ელემენტების გამოყენებით.

ტოლგამსვლელი შედუღებული განშტოებებს, რომლებშიც ხდება მილსადენის სიმტკიცის ყველაზე მნიშვნელოვანი შემცირება, ღებულობენ მაგისტრალში შეჭრით გამაძლიერებელი ელემენტების გამოყენების გარეშე. ასეთ განშტოებებს D_3 400 მმ-მდე ჩვეულებრივ გამოიყენებენ P_3 1,6 მპა წნევამდე.

გადამსვლელი კონსტრუქციების მიხედვით დაყოფილია შემდეგ ჯგუფებად: კონცენტრული (ნახ. 1.5,ა), რომლებსაც ძირითადად გამოიყენებენ ვერტიკალურად განლაგებულ მილსადენებზე და ექცენტრული (ნახ. 1.5,ბ) ჰორიზონტალურად განლაგებული მილსადენებისათვის.

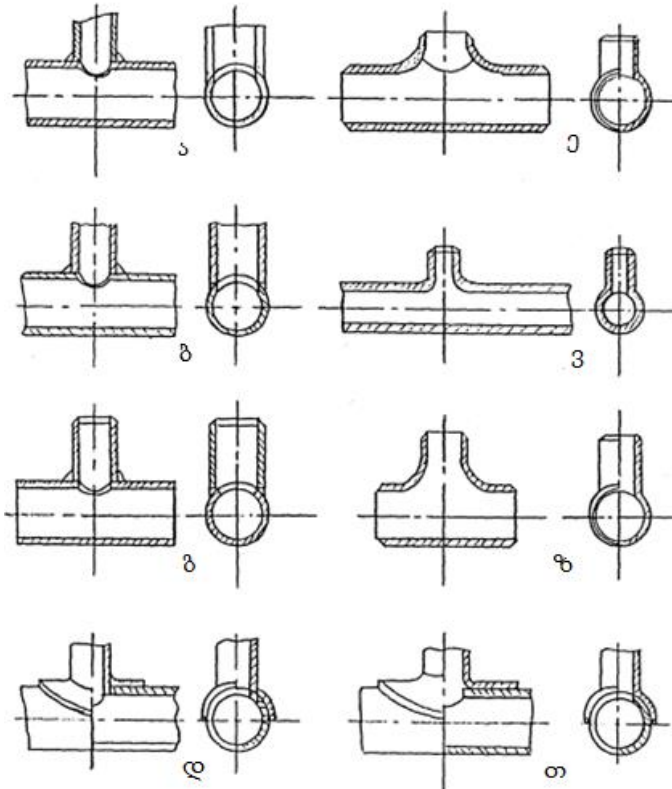
ექცენტრული გადამსვლელების გამოყენება საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ „ჰაერის ტომრების (საცობების)“ (ნახ. 1.6) წარმოქმნა მილსადენში. იგი აიოლებს პროდუქტის დაცლას მილსადენიდან.

მილტუჩები (ნახ. 1.7) მილსადენების დასაშლელი შეერთების ყველაზე გავრცელებული დეტალია. ეს აიხსნება კონსტრუქციის სიმარტივით, მონტაჟის, დემონტაჟის და დამზადების სიმარტივით, მილსადენური მილტუჩა არმატურის გავრცელებით.



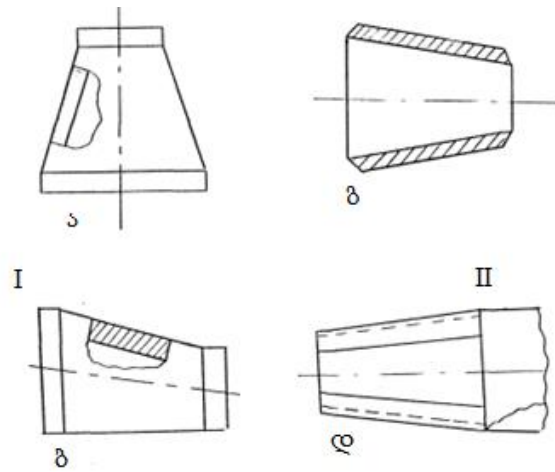
ნახ.1.3. სარინები.

ა - უნაკერო ან ტვიფრული, მკვეთრად მოღუნული; ბ - მოღუნული; გ - შედუღებული



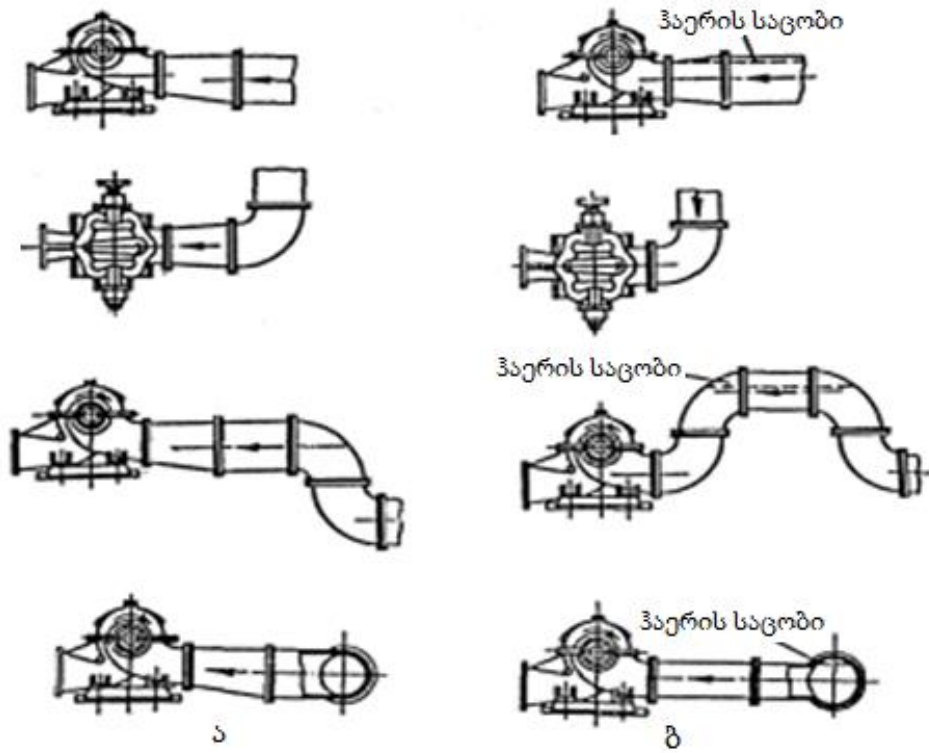
ნახ. 1.4. განშტოებები და სამკაპები

ა - შეჭრა გასამაგრებელი ელემენტების გარეშე; ბ - შეჭრა გამაგრებული შტუცერით; გ - შეჭრა გამაგრებული კორპუსით (შედუღებული სამკაპი); დ - შეჭრა ზესადები საყელოთი; ე - ტვიფრული სამკაპი; ვ - მილში მოქიმივური შტუცერით; ზ - შეჭრილი ბუდით; თ - ზესადები უნაგირით.

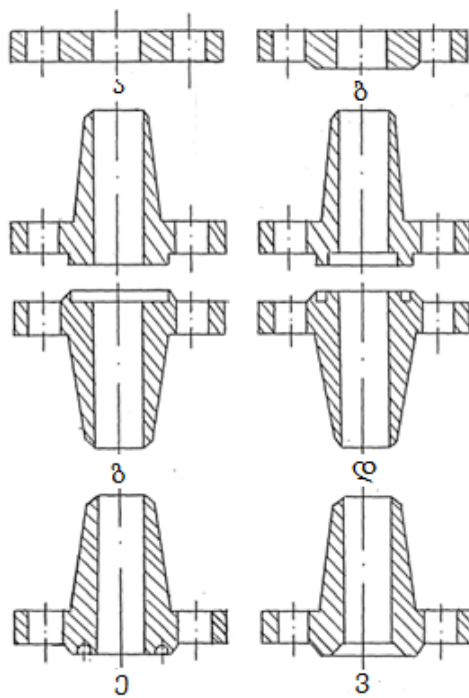


ნახ.1.5. გადასვლელები:

I - უნაკერო, II - შედუღებული; ა - კონცენტრული, ბ - ექცენტრული, გ - ლილვური, დ - ფურცლოვანი.



ნახ. 1.6. ცენტრიდანული ტუმბოების შემწოვი მილების მიერთება:
 ა - სწორი; ბ - არასწორი



ნახ. 1.7. მილტუჩების შემამჭიდროებელი ზედაპირები
 ა - შვერილების გარეშე; ბ - შემაერთებელი შვერილებით; გ - შვერილითა და ჩაღრმავებით;
 დ - კოტით და კილოთი; ე - ოვალური კვეთის სადებისათვის; ვ - ლინზისებური სადებისათვის.

1.2. მილსადენების არმატურა

1.2.1. არმატურის კლასიფიკაცია და გამოყენება.

არმატურა გათვალისწინებულია მილსადენში ან მოწყობილობებში სითხის ნაკადის გადაკეტვისათვის. დანიშნულების მიხედვით ისინი დაყოფილია შემდეგ სახეებად:

- ჩამკეტი - გათვალისწინებულია ტრანსპორტირებადი ნივთიერების ნაკადის გადასაკეტად (ურდული, ვენტილი, ონკანი და ბრუნვითი საკეტი);
- მარეგულირებელი - ნივთიერების პარამეტრების რეგულირებისათვის, მისი ხარჯის შეცვლის გზით (მარეგულირებელი ვენტილები და სარქველები, პირდაპირი მოქმედების წნევის რეგულატორები და შემრევი სარქველები);
- დამცავი - მოწყობილობისა და მილსადენების დაცვისათვის დაუშვებელი წნევის ზემოქმედებისაგან (დამცავი, გამტარი და უკუსარქველები)
- ფუნქციონალური - სხვადასხვა ფუნქციის შესრულებისათვის (კონდენსატის გამყვანები, სათვალთვალო ფანრები, დამჭერები და სხვა).

მოქმედების მიხედვით არმატურა შეიძლება იყოს:

- მართვადი, როცა მუშა ციკლი ხორციელდება შესაბამისი ბრძანებების მიხედვით იმ მომენტებში, რომლებიც განისაზღვრება სამუშაო პირობებით ან ხელსაწყოებით. მართვადი არმატურა მართვის ხერხის მიხედვით იყოფა: არმატურა ხელის ამძრავით, ამძრავით და დისტანციური მართვით;
- ავტონომიური, როცა მუშა ციკლი სრულდება მუშა (ტექნოლოგიური) გარემოში რაიმე სხვა გარე ენერჯიის წყაროს გარეშე (პირდაპირი მოქმედების წნევის რეგულატორები, კონდენსატის გამყვანები).

არმატურა ხელის ამძრავით იმართება მქნევარას ან სახელურის ბრუნვით.

არმატურას ამძრავით გააჩნია ამძრავი, რომელიც დამაგრებულია უშუალოდ მასზე. ამძრავი შეიძლება იყოს ელექტრული, ელექტრომაგნიტური, პნევმატური, სილფონური, ჰიდრაულიკური და პნევმოჰიდრაულიკური.

გამოყენების არის და პირობების მიხედვით მილსადენურ არმატურას იყოფა ორ ჯგუფად:

- ზოგადტექნიკური დანიშნულების ჯგუფი. მას მიეკუთვნება არმატურა, დამაგრებული მილსადენზე, რომელშიც მიედინება არააგრესიული ან მცირედ აგრესიული სითხეები და გაზები მუშა ტემპერატურისა და წნევის დროს. ასეთი არმატურის კორპუსის დეტალები მზადდება რუხი და ჭედური თუჯის, თითბერის, ნახშირბადოვანი ან ლეგირებული ფოლადისაგან;
- სპეციალური დანიშნულების ჯგუფი მუშაობის განსაკუთრებული პირობებისათვის. მას მიეკუთვნება არმატურა დამაგრებული მილსადენებზე, რომელშიც მიედინება პროდუქტი განსაკუთრებული თვისებებით და პარამეტრებით. აღნიშნული თვისებები და პარამეტრები მოითხოვს მილსადენისათვის თუ არმატურისთვის ლეგირებული და მაღალლეგირებული ფოლადების, ბრინჯაოს, თუჯის გამოყენებას. ასეთ არმატურას უნდა გააჩნდეს მაღალი ანტიკოროზიული სიმტკიცე ან იყოს მზურვალმედეგი, ჰქონდეს დამცავი საფარი ან დამზადებული იყოს არალითონის მასალებისაგან.

მილსადენებთან მიერთების ხერხის მიხედვით არმატურა შეიძლება იყოს: მილტუჩით, მისადუღებელი, ქუროთი და გარე ხრახნით.

ფოლადის არმატურას იყენებენ ნებისმიერი წნევის და ტემპერატურის დროს. ამზადებენ ნახშირბადოვანი, ლეგირებული, მაღალლეგირებული ფოლადებისაგან და ასევე კოროზია-მედეგ მასალებით.

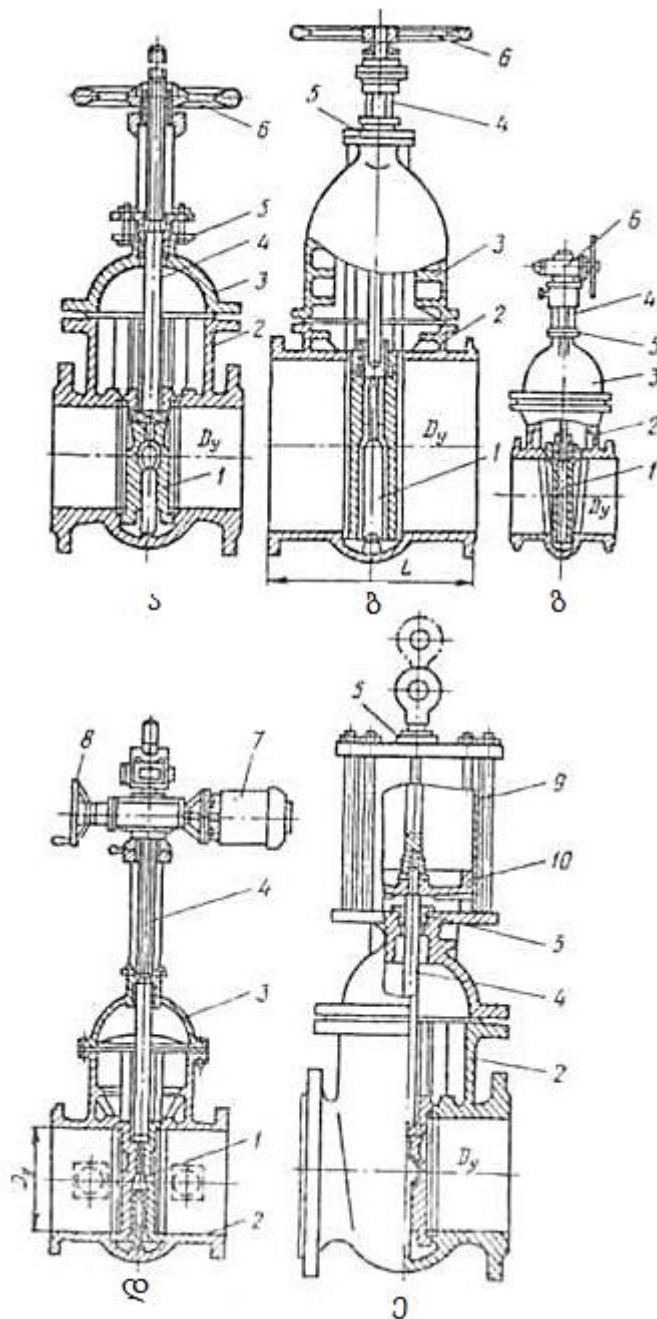
თუჯის არმატურა არ შეიძლება იყოს გამოყენებული მილსადენებზე, რომლებიც განიცდიან ვიბრაციას, მუშაობენ გაჭიმვაზე და ასევე მათი ექსპლუატაცია მიმდინარეობს ტემპერატურული რეჟიმის მკაფიო ცვლილებისას.

ფერადი ლითონების და მათი შენადნობებისაგან დამზადებული არმატურა გამოიყენება მხოლოდ იმ შემთხვევებში, როცა ტრანსპორტირებადი ნივთიერების ფიზიკურ - ქიმიური თვისებების გამო ფოლადისა და თუჯის არმატურის გამოყენება შეუძლებელია.

მილსადენური არმატურა მიეწოდება ქარხნებიდან დაკომპლექტებული მილტუჩებით, სამაგრი დეტალებით და სადებებით. ისინი შემოწმებულია სიმტკიცეზე და შემჭიდროებაზე.

1.2.2. არმატურის სახეები

ჩამკვეტი ან მარეგულირებელი ორგანოს გადაადგილების ხერხის და მისი კონსტრუქციის მიხედვით არმატურა დაყოფილია **საკვალთებად (ურდულებად), ვენტილებად, ონკანებად** და ა.შ. ჩამკვეტი არმატურის ყველაზე გავრცელებული სახეა **საკვალთი**. ისინი მზადდება სხვადასხვა ზომის მილსადენებისათვის და მუშაობენ სხვადასხვა წნევაზე. საკვალთების ჩამკვეტი ან მარეგულირებელი ორგანო გადაადგილდება კორპუსის შემამჭიდროებელი ზედაპირის გასწვრივ პროდუქტის ნაკადის მართობულად. საკვალთები (ურდულები) შეიძლება იყოს სრულგამსვლელი და შევიწროებული. შევიწროებულ საკვალთეში შემამჭიდროებელი რგოლების დიამეტრი ნაკლებია მილსადენის დიამეტრთან შედარებით. ჩამკვეტი ორგანოს ფორმის მიხედვით საკვალთები იყოფა ჯგუფებად: პარალელური და სოლისებური (ნახ. 1.8). მას გააჩნია უმნიშვნელო ჰიდრავლიკური წინაღობა და მარტივი კონსტრუქცია (30-40- ჯერ ნაკლები ვიდრე ვენტილს).



ნახ. 1.8. საკვალთის სქემები:

ა, ბ - პარალელური, ხელის ამძრავით ამოსაწევით და არა ამოსაწევი შპინდელით;
 გ - სოლისებური ხელის ამძრავით არა ამოსაწევი შპინდელით; დ, ე - პარალელური, ელექტრო და ჰიდრო ამძრავით; 1- ჩამკეტი დისკი; 2 - კორპუსი; 3 - სახურავი; 4 - შპინდელი; 5 - ჩობალი; 6 - საჭევაარი; 7 - ელექტროამძრავი; 8 - ხელის ამძრავის მქნევარა; 9 - ცილინდრი; 10 - დგუში.

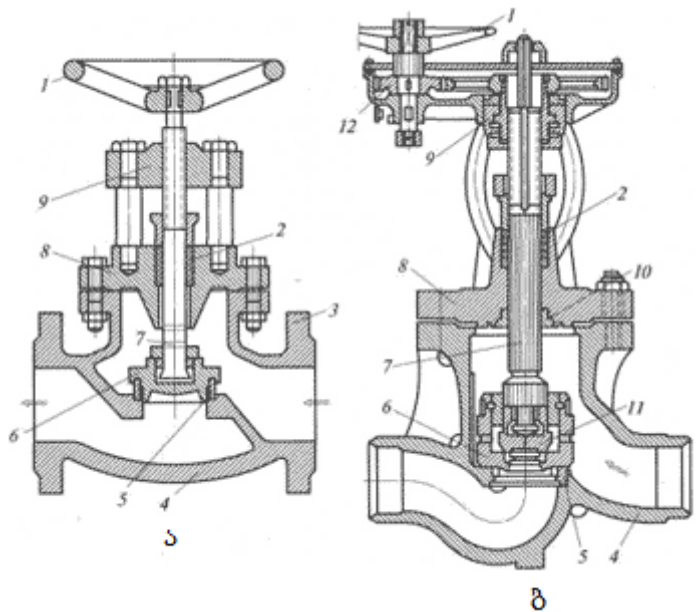
მუშა წნევის მიხედვით მილსადენებზე გამოიყენება თუჯის და ფოლადის საკვალთები. თუჯის - 1,6 მპა-მდე და ფოლადის - 1,6 მპა-ზე მეტი წნევის დროს. საკვალთების ძირითადი ხარვეზია მოხახუნე ზედაპირების გახეხვა (გაპრიალება), დიდი მასა და ფასი.

მიწისქვეშა მილსადენებზე საკვალთები მაგრდება ბეტონის, რკინაბეტონის ან აგურის ჭებში. მისადულებელი საკვალთები შეიძლება დამაგრებული იყოს უშუალოდ გრუნტში, მქნევარის მოთავსებით ლითონის სახურავიან გარსაცმში.

საკვალთები შეიძლება აღჭურვილი იყოს ჰიდრავლიკური, მექანიკური, პნევმატიკური ან ელექტრო ამძრავით. ამძრავები ამცირებენ საკვალთების ჩაკეტვის და გახსნის დროს და საშუალებას იძლევიან განვახორციელოთ მათი ავტომატური და დისტანციური მართვა.

ვენტილების ჩამკეტი ან მარეგულირებელი ორგანო გადაადგილდება უკუქცევით - წინსვლით, ტრასპორტირებადი ნივთიერების ნაკადის ღერძის პარალელურად (ნახ. 1.9). მათ ამზადებენ ბრინჯაოს, თუჯის, ფოლადის და ვინიპლასტისგან. გამოიყენებიან მცირე დიამეტრის მილსადენებისათვის (150 მმ-მდე). კონსტრუქციის მიხედვით ვენტილები არის მილტუჩით, ქუროთი, შედუღებით, გამსვლელი, კუთხის და პირდაპირი დინების.

ვენტილების შპინდელებს 7 აქვთ ჩოხალის შემჭიდროება 2. სარქველი (თეფში) 6 დაკავშირებულია შპინდელთან სახსრით და სცილდება ბუდეს ხახუნის გარეშე, რაც გამორიცხავს შესამჭიდროებელი ზედაპირების 5 დაზიანებას. საკვალთებისა და ონკანებისაგან განსხვავებით ვენტილებს გააჩნია მომატებული ჰიდრავლიკური წინაღობა, ვინაიდან გამდინარე ნივთიერების ნაკადი იცვლის თავის მიმართულებას. ჰიდრავლიკური წინაღობის შესამცირებლად იყენებენ პირდაპირი დინების ვენტილებს, რომელთა სარქველი ღია მდგომარეობაში არ უშლის ხელს სითხის მოძრაობას.



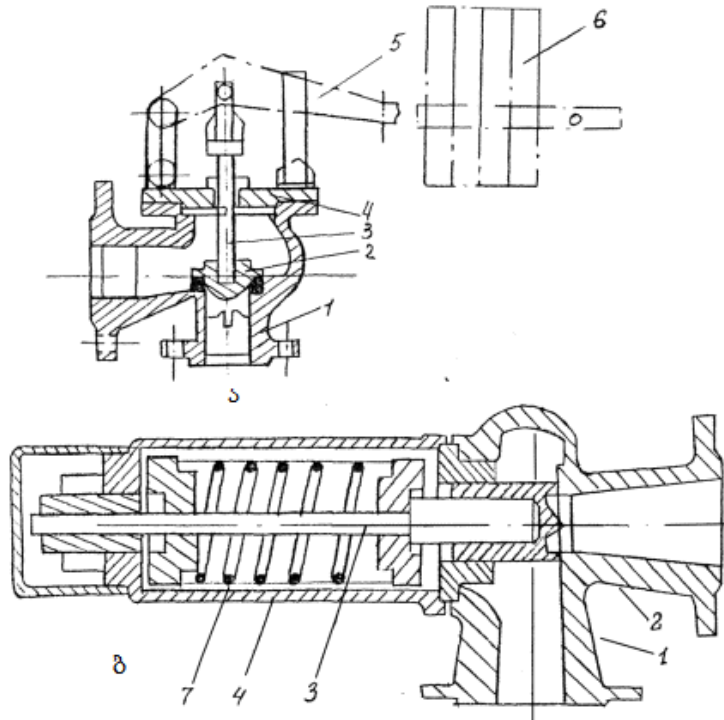
ნახ. 1.9. ჩამკეტი ვენტილი:

ა-მილტუჩით დაბალი და საშუალო წნევისათვის; ბ-მაღალი წნევისათვის, მილტუჩის გარეშე (შესაუღებელი); 1-მქნევარა; 2-ჩოხალის შემჭიდროება; 3-მილტუჩი; 4-კორპუსი; 5-ბუდე; 6-სარქველი (თეფში); 7-შპინდელი; 8-სახურავი; 9-ტრავერსი; 10-მილისა; 11-გამჭვირთავი სარქველი; 12-კბილანა; ⇔ — ორთქლის (ან წყლის) მოძრაობის მიმართულება.

სარქველები დანიშნულების მიხედვით შეიძლება იყოს ჩამკეტი, მარეგულირებელი, დამცავი, უკუ, გადამშვები, სასუნთქი.

ჩამკეტი სარქველები განკუთვნილია ტრანსპორტირებადი ნივთიერების ნაკადის გადაკეტვისათვის.

დამცავი სარქველების დანიშნულებაა დაიცვან მილსადენები და მოწყობილობა დაუშვებელი წნევისაგან ტრანსპორტირებადი ნივთიერების გამოშვების გზით. ისინი მიეკუთვნებიან მილსადენების დამცავ არმატურას. მოქმედებას იწყებენ მუშა გარემოში არსებული წნევის სარქველზე დაწოლის შედეგად ან იმპულსის მეშვეობით. დამცავი სარქველი შეიძლება იყოს ბერკეტიანი (ნახ. 1.10, ა), ზამზარიანი (ნახ. 1.10, ბ), ერთ და ორ სარქველიანი. ორსარქველიანი დამცავი სარქველის ორი ჩამკეტი ორგანო განთავსებულია ერთ კორპუსში.



ნახ. 1.10. დამცავი მცირემწევი სარქველები:

ა - ერთბერკეტიანი მილტუჩით, 17ჟ3ნ ტიპის; ბ - ზამზარიანი მილტუჩით 17c11нж ტიპის; 1 - კორპუსი, 2 - ჩამკეტი (სარქველი), 3 - შპინდელი, 4 - სახურავი, 5 - ბერკეტი, 6 - ტვირთი, 7 - ზამზარა.

ვინაიდან დამცავი სარქველის მოქმედების დროს ობიექტში (მილსადენში, დანადგარში) ტრანსპორტირებადი ნივთიერების მიწოდება არ წყდება, მისი გამტარუნარიანობა უნდა იყოს საკმარისი, რათა ნივთიერების გამოშვება აღემატებოდეს მის მიწოდებას. დამცავი სარქველის მუშაობის პროცესი შეიძლება დაყოფილი იყოს ხუთ ეტაპად:

1. წნევა ობიექტში და სარქველში (არმატურაში) ტოლია მუშა წნევისა. სარქველი მჭიდროდ არის ჩაკეტილი.
2. წნევა იზრდება სიდიდემდე $P = K_0 \cdot P_0$, სადაც K_0 - სარქველის გადატვირთვა; P_0 - დანადგარში ნომინალური (საწყისი) წნევა. ამ შემთხვევაში ზამზარას დაწოლა გათანაბრებულია დანადგარში არსებულ წნევასთან. შემამჭიდროებელ რგოლებს შორის ძალების ურთიერთქმედების გაქრობის შედეგად ადგილი აქვს ნივთიერების ინტენსიურ გამოჟონვას სარქველის თევზების ხილვადი გადაადგილების გარეშე.

3. შიგა წნევა აჭარბებს $K_0 \cdot P_0$ სიდიდეს, სარქველის თევშები წამოიწევიან ბუდიდან და იწყება ზედმეტი ნივთიერების გადმოღვრა. წნევის მომატებისას სარქველის თევშების წამოწევა მატულობს და ნივთიერების გადმოღვრაც იზრდება.
4. ნივთიერების გადმოღვრასთან ერთად ობიექტში წნევა იწყებს შემცირებას და მიაღწევს სიდიდეს, რომლის დროსაც სარქველის თევშები ჩაჯდებიან ბუდეში. წნევის შემცირებასთან ერთად ჩამკეტის სიმჭიდროვე მატულობს, ნივთიერების გაჟონვა კი მცირდება.
5. მუშა წნევის მიღწევისას სარქველი მჭიდროდ იხურება და ნივთიერების გაჟონვა წყდება. დამცავი სარქველი არის მილსადენური არმატურის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მოწყობილობა, ვინაიდან მისმა არა დამაკმაყოფილებელმა მუშაობამ შეიძლება მიგვიყვანოს ძალიან მძიმე შედეგებამდე. ამიტომ დამცავი სარქველების ზომების შერჩევა და ექსპლუატაცია ხორციელდება სახელმწიფო ტექნიკური ზედამხედველობის დებულებების შესაბამისად.
დამცავი სარქველების რიცხვი და ზომები სახელმწიფო ტექნიკური ზედამხედველობის მოთხოვნების მიხედვით დგინდება ფორმულით:

$$n \cdot D_{\delta} \cdot h = A \cdot \frac{G}{P}, \quad (1.4)$$

სადაც n - დაყენებული სარქველების (მუშა და საკონტროლო) საერთო რიცხვია;

D_{δ} - სარქველის თევშის (ბუდის) შიგა დიამეტრი, სმ;

h - სარქველის აწევის სიმაღლე, სმ;

A - კოეფიციენტი, ხოლო: მცირეაწევის სარქველებისათვის როცა აწევის სიმაღლე $h \geq 0,05D_{\delta}$ $A = 0,0075$, სრულაწევის სარქველებისათვის, როცა აწევის სიმაღლე $h \geq 0,25D_{\delta}$, $A = 0,015$;

G - საქვავის ნომინალური წარმადობა, კგ/სთ;

P - ქვებში ორთქლის აბსოლუტური წნევა, კგ/სმ².

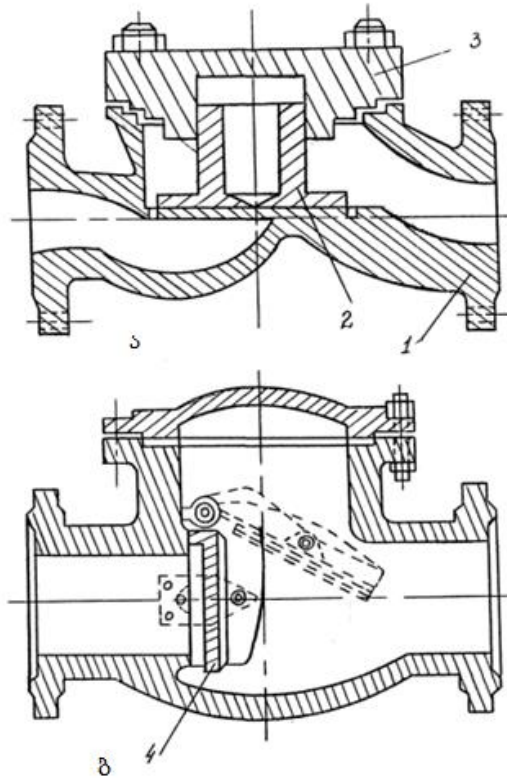
დამცავი სარქველები მზადდება თუჯის, ფოლადის დამუშაობის განსაკუთრებული პირობებისათვის სხვა მასალებისაგან.

დამცავი სარქველები განსხვავდებიან ნივთიერების გამოშვების ხერხით, თევშების რაოდენობით, სარქველის აწევის სიდიდით, დატვირთვის მეთოდით და ა.შ. ნივთიერების (ორთქლის) გამოშვების ხერხის მიხედვით სარქველები შეიძლება დაიყოს ღია ტიპის სარქველებად, რომლებიც უშვებენ ნივთიერებას (ორთქლს) უშუალოდ ატმოსფეროში და დახურული ტიპის სარქველებად, რომლებსაც შეუძლიათ მიაწოდონ ორთქლი სხვა დანიშნულ ადგილას (ნახ. 10).

დიდი ხნის ჩაკეტილ მდგომარეობაში ყოფნისას თევშების შემამჭიდროებელი რგოლები და კორპუსი შეიძლება „შედუღდეს“, ამიტომ საჭიროა მათი მუშაობის შესაძლებლობის პერიოდული შემოწმება. ამ მიზნით დამცავ სარქველებს გააჩნიათ მოწყობილობა, რომელიც საშუალებას იძლევა ჩავატაროთ მათი საცდელი ამოქმედება.

უკუსარქველები განკუთვნილი არიან მილსადენის გადაკეტვისათვის ნაკადის დინების მიმართულების ცვლილებისას. ასევე ისინი გამოიყენება ცენტრიდანული ტუმბოების შემწვრ მილსადებზე დასაყენებლად, რათა ტუმბოები მუდმივად იმყოფებოდეს წყლის ქვეშ. სარქვე-

ლები იღება სითხის ნაკადის მიერ გამოწვეული წნევის შედეგად და იხურება საკუთარი წონის მოქმედების ან ზამზარას მოქმედების გამო (ნახ. 1.11).



ნახ. 1.11. უკუსარქველები მილტუჩით;

ა - ამწე, 16x3ნუ ტიპის; ბ - საბრუნო, 19x16ნუ ტიპის; 1 - კორპუსი, 2 - ამწე ჩამკეტი, 3 - სახურავი, 4 - საბრუნო ჩამკეტი.

უკუსარქველები მრავალფეროვანი კონსტრუქციის არსებობს. სარქველის გადაადგილების მიხედვით ისინი შეიძლება იყოს ამწე და საბრუნო, კორპუსის ფორმის მიხედვით - გამსვლელი და კუთხის. უკუსარქველებს ამზადებენ თუჯის და ფოლადისაგან. ამწე და საბრუნო უკუსარქველები მზადდება პირობითი გასასვლელით 15 დან 1000 მმ-მდე სხვადასხვა წნევის და ტემპერატურისათვის. ისინი ძირითადად გამოიყენება თხევადი და აიროვანი ნივთიერებების მილსადენებისათვის.

მარეგულირებელი სარქველები გამოიყენება ტრანსპორტირებადი ნივთიერების წნევის ან რაოდენობის რეგულირებისათვის. ისინი მიეკუთვნებიან მილსადენების მარეგულირებელ არმატურას.

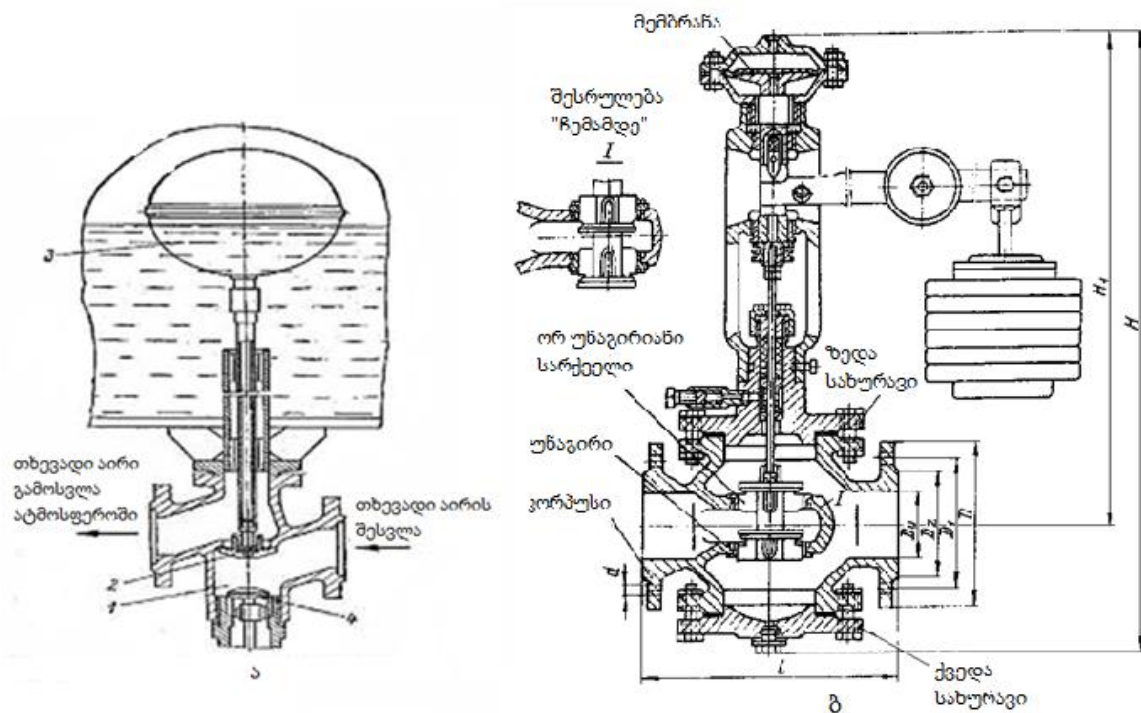
რეგულირება შეიძლება იყოს პირდაპირი ან ავტომატური. ხელით რეგულირების დროს არმატურის გახსნის სიდიდის რეგულირებას ახორციელებს ოპერატორი საზომი ხელსაწყოების ჩვენების მიხედვით. ავტომატური რეგულირებისას მარეგულირებელი პარამეტრები საჭირო საზღვრებში კავდებიან არმატურის ავტომატური მართვის გზით.

ავტომატური რეგულატორი შედგება საზომი და მარეგულირებელი სისტემებისაგან. საზომ სისტემაში შედის ტივტივა, თერმოწყვილი, მემბრანა, რეგისტრაციის მოწყობილობა და გადამცემი კავშირი. რეგულირების სისტემა შედგება მარეგულირებელი მოწყობილობის, შემსრულებელი მექანიზმის და შემსრულებელი კავშირისაგან, რომელიც აკავშირებს მარეგული-

რებელ მოწყობილობას და შემსრულებელ მექანიზმს. შემსრულებელი მექანიზმი არმატურაში წარმოადგენს დროსელირების მოწყობილობას ამძრავით. ამძრავი შეიძლება იყოს ელექტრული, ელექტრომაგნიტური, პნევმატური, ჰიდრავლიკური და სხვა.

მოქმედების მიხედვით რეგულატორები არსებობს წყვეტილი და უწყვეტი მოქმედების. წყვეტილი მოქმედების რეგულატორებში მარეგულირებელი ორგანო გადაადგილდება პერიოდულად, გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ, როცა მარეგულირებელი პარამეტრი მიაღწევს გარკვეულმნიშვნელობას. უწყვეტი მოქმედების რეგულატორებში მარეგულირებელი ორგანო გადაადგილდება უწყვეტად, მარეგულირებელი პარამეტრის ცვლილებისას (წნევის, ხარჯის რეგულატორები და სხვა).

მილსადენურ სისტემებში მარეგულირებელ ორგანოდ ხშირად გამოიყენება მარეგულირებელი სარქველები. ის წარმოადგენს დროსელირების მოწყობილობას ნივთიერების გასასვლელი ხვრეტის კვეთის რეგულირებით. ასეთი სარქველების მართვა შეიძლება ხორციელდებოდეს უშუალოდ ტრანსპორტირებადი ნივთიერების მოქმედებით ან ენერჯის სხვა წყაროდან.



ნახ. 1.12. პირდაპირი მოქმედების რეგულატორები:

ა - დონის რეგულატორი ტიპით; 1-კორპუსი, 2 - სარქველის თევში, 3 - ტიპტივა, 4 - სადრენაჟო სარქველი; ბ - წნევის რეგულატორი „ჩემამდე“ და „ჩემს შემდეგ“.

პირველი ტიპის მარეგულირებელ სარქველებში ყვინთას (პლუნჟერის) მდგომარეობა (განლაგება) განისაზღვრება ძალთა თანაფარდობით, რომელიც გადაეცემა ყვინთას ამძრავის და ნივთიერების გარემოს წნევის მიერ წარმოქმნილი ძალის მხრიდან. ასეთი სარქველები მოქმედებენ ავტონომიურად და არსობრივად მიეკუთვნებიან პირდაპირი მოქმედების რეგულატორებს. მათ რიცხვში შედის მაგალითად, წნევის რეგულატორები, „ჩემამდე“ და „ჩემს შემდეგ“, დონის რეგულატორები და ა.შ. (ნახ. 1.12). წნევის რეგულატორის ტექნიკური მახასიათებლები მოყვანილია ცხრილში 1.

წნევის რეგულატორის 21410HЖ, 21412HЖ ტექნიკური მახასიათებლები და გაბარიტული ზომები

D ₃ , მმ	გამტარიანობა, ტ/სთ (ცივი წყლის მიხედვით, წნევის ვარდნისას ±0,1 მპა)	Pa, მპა(კგ/ცმ ²) ნივთიერების T°C				ზომები								
		120°C	160°C	250°C	300°C	L, მმ	H ₁ , მმ	H, მმ	მისაერთებელი მილტუჩები				ხვრეტების რაოდენობა	მასა, ტვირთის და მემბრანული თავის გარეშე, კგ
									D, მმ	D ₁ , მმ	D ₂ , მმ	d, მმ		
50	40	1,6(16)	1,5(15)	1,4(14)	1,3(13)	230	563	688	160	125	102	18	4	44
80	100					310	661	750	195	160	133	18	4	66,6
100	160					350	611	780	215	180	158	18	8	83
150	400					480	660	880	280	240	212	22	8	135

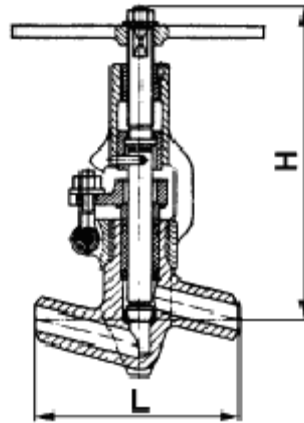
მეორე ტიპის რეგულირებად სარქველებში ყვინთას (პლუნჟერის) მდგომარეობა ფიქსირდება ამძრავით, რომელიც მოქმედებს ენერგიის გარე წყაროდან. ენერგიის წყარო იმართება მგრძნობიარე ელემენტებისაგან, ამიტომ ყვინთას მდგომარეობა არ არის დამოკიდებული ტრანსპორტირებადი ნივთიერების მიერ გამოწვეული ძალის მოქმედებით ამძრავზე ან ყვინთაზე. ამ ტიპს მიეკუთვნება რეგულირებადი სარქველები პნევმატური, ჰიდრაავლიკური და ელექტრო ამძრავებით, შემრევი სარქველები და ა.შ. რეგულირების სარქველები შეიძლება გამოყენებული იყოს წნევის, ხარჯის, ტემპერატურის, ტრანსპორტირებადი ნივთიერების შედგენილობის და სხვა რეგულირებისათვის.

რეგულირებადი სარქველების გაანგარიშებისას გადამწყვეტი ფაქტორებია მისი ჰიდრაავლიკური წინაღობის და გამტარუნარიანობის მახასიათებლები. რეგულირებადი არმატურის მუშაობის პირობები უფრო რთულია ჩამკეტების მუშაობასთან შედარებით. ამიტომ კონსტრუქციები მუშავდება შესაბამისი პირობების გათვალისწინებით. ყველაზე მარტივი რეგულირების მოწყობილობა არის **რეგულირებადი ვენტილი** (ნახ. 1.13).

ნაკადების რეგულირებისათვის გასასვლელი ხვრეტის კვეთი ბუდეში იცვლება ყვინთას (პლუნჟერის) აწევის ან დაწევის გზით. ყვინთა შეიძლება იყოს ოთხი ძირითადი ტიპის: ღერძული, ღრუ, სეგმენტური და თეფშური (ნახ. 1.14). ღერძულ ყვინთაში ხარჯის რეგულირება ხორციელდება რგოლური ხვრელის ფართობის ცვლილებით, ბუდესა და ყვინთას შორის; ღრუში - იცვლება ყვინთაში ნივთიერების გასასვლელი ფანჯრების ფართი; სეგმენტურში - იცვლება ხვრელის ფართი, რომელსაც სეგმენტის ფორმა აქვს; თეფშურა ყვინთა ჩვეულებრივ გამოიყენება ორი პოზიციური რეგულირებისათვის.

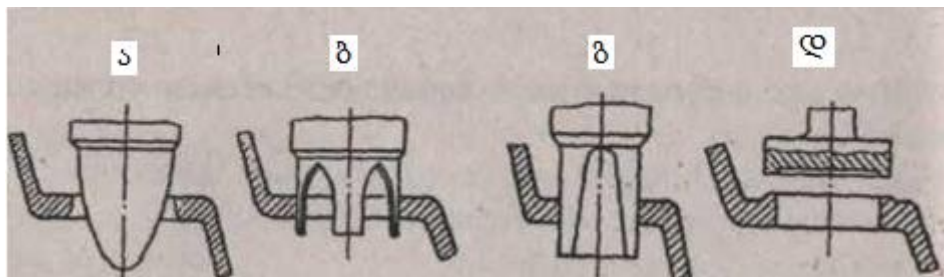
დაყენებულ მდგომარეობაში ვენტილს გააჩნია გარკვეული ჰიდრაავლიკური წინაღობა, ამიტომ ვენტილები გამოიყენება მუშაობისას მხოლოდ დინების დამყარებულ რეჟიმში. უფრო რთული მუშაობის პირობებისათვის იყენებენ მარეგულირებელ სარქველებს.

მარეგულირებელი სარქველები შეიძლება იყოს ერთ და ორბუდიანი. ერთბუდიანი სარქველი გამოიყენება მხოლოდ მაშინ, როცა საჭიროა სარქველის საიმედო ჰერმეტიზაცია დახურულ მდგომარეობაში. ორბუდიან სარქველებს აქვთ გაწონასწორებელი ყვინთა და ნაკლები ძალა და ტვირთი სჭირდება მართვისათვის. ორბუდიან სარქველში ღერძული ყვინთათი (ნახ. 1.15), არის რგოლური ხვრეტი. ასეთი სარქველები იმართება გვარლის (ტროსის) დახმარებით, რომელიც ზღუდავს ტვირთის დაშვებას. თუ საჭიროებს მართვა შორი მანძილიდან, გამოიყენება არა მექანიკური, არამედ ელექტრული და პნევმატური ხერხები.



ნახ. 1.13. რეგულირებადი ვენტილი, ჩოხალიანი, მისადღებელი:

გარემო -ორთქლი 545 °C-მდე, კორპუსის მასალა - დაბალლევირებული, ცეცხგამძლე ფოლადი, ამძრავი - ხელით.



ნახ. 1.14. ყვინთას (პლუნჯერების) ძირითადი ტიპები:

ა - ღერძული; ბ - ღრუ; გ - სეგმენტური; დ - თეფშური

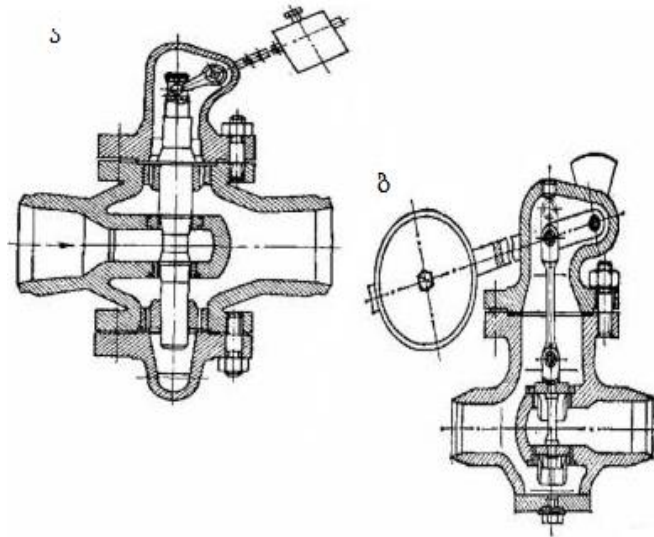
ყველაზე ფართოდ არის გავრცელებული რეგულირებადი სარქველები მემბრანულ - პნევმატური ამძრავით და ზამბარული დატვირთვით. ისინი იმართება ჰაერის წნევით, რომელიც მოწოდებულია გარე წყაროდან. ზამბარა ამძრავზე ქმნის გარკვეულ დამოკიდებულებას ძალასა და სვლას შორის, რის შედეგადაც სარქველზე წარმოიქმნება დამოკიდებულება წნევასა და სვლას შორის (ნახ. 1.16).

გადასაშვები სარქველები განსაზღვრავენ მუშა გარემოს საჭირო წნევის სიდიდეს ნივთიერების გადაშვებით მილსადენის განშტოებაში.

წამკვეთს უწოდებენ სარქველს, რომელიც განკუთვნილია ნივთიერების ნაკადის სწრაფი გადაკეტვისათვის.

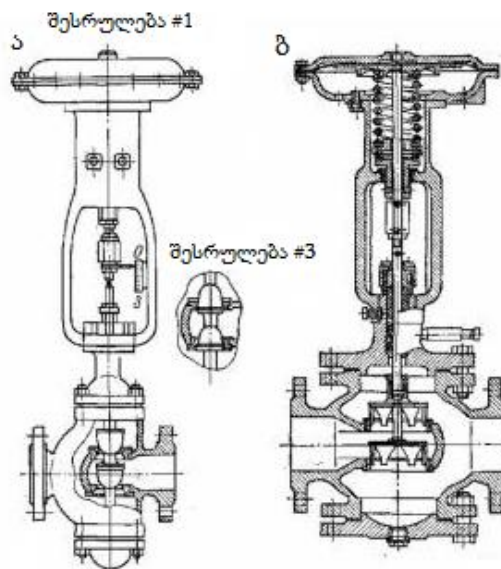
სასუნთქი სარქველი განკუთვნილია დაგროვილი ორთქლის ან ჰაერის გამოსაშვებად და ვაკუუმის წარმოქმნის თავიდან აცილებისათვის.

ონკანები ურდულებთან და სარქველებთან შედარებით უფრო ნაკლებად გამოიყენება. ძირითადად ისინი მაგრდება მცირე დიამეტრის მილსადენებზე. ონკანებში გასასვლელის ფართობის ცვილება მიიღწევა ჩამკეტი კონუსური საცობის ბრუნვით კორპუსის მიმართ. კონსტრუქციის მიხედვით ონკანები იყოფა ორ დიდ ჯგუფად: ჩოხალიანი და დამჭიმი (ნახ. 1.17).



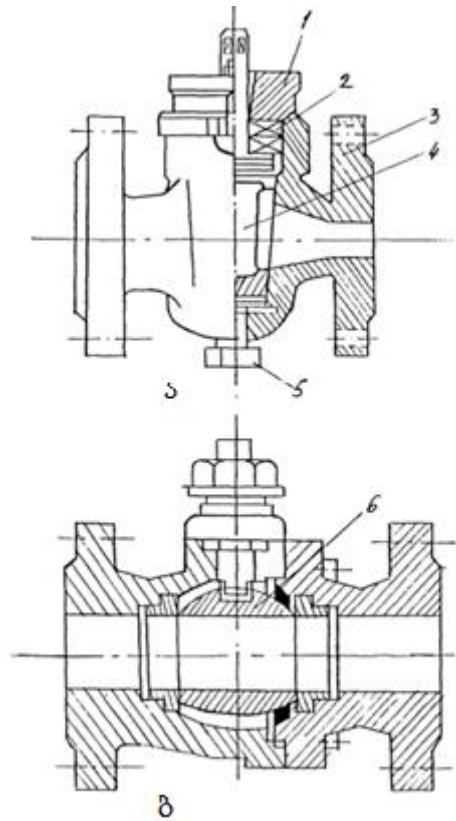
ნახ. 1.15. ორბუდიანი რეგულირებადი სარქველი ბერკეტული:

ა - ღერძული ყვინთათი (პლუნჯერით); ბ - ღრუ ყვინთათი.



ნახ.1.16. ფოლადის ორბუდიანი რეგულირებადი სარქველები მემბრანული ამძრავით თხევადი და აიროვანი ნივთიერებებისათვის.

ა - ღერძული ყვინთათი; ბ - ღრუ ყვინთათი.



ნახ.1.17. გამსვლელი ჩოხალიანი ონკანები მილტუჩით:

ა - საცობიანი 1148ნკ ტიპის; ბ.- სფერული 11437π ტიპის; 1 - მილისა, 2 - ჩოხალი, 3 - კორპუსი, 4 - კონუსური საცობი, 5 - დამჭიმი ჭანჭიკი, 6 - სფერული საცობი.

პირობითი აღნიშვნები: პირველი რიცხვი მიუთითებს არმატურის ტიპს (11 - ონკანი); პირველი ასო კორპუსის მასალას (4 - თუჯი); ერთნიშნა რიცხვი აღნიშნავს ამძრავის ტიპს (8 - ელექტრომაგნიტური, თუ ამძრავი არ არის რიცხვს არ უჩვენებენ); შემდეგი ორნიშნა ციფრი მოდელის ნომერს კატალოგის მიხედვით (37 - მოდელის ნომერი კატალოგის მიხედვით); ასოები ბოლოში აღნიშნავენ შემჭიდროების მასალას (ნკ - რგოლების გარეშე, π - პლასტმასი, გარდა ვინიპლასტისა).

ონკანები მზადდება თითბერის, ბრინჯაოს, თუჯის, პლასტმასის და სხვა არალითონური მასალისაგან. საცობიანი ონკანები შეიძლება იყოს გამსვლელი (ერთგამსვლელიანი), სამგამსვლელიანი და ოთხგამსვლელიანი, იმის მიხედვით, თუ რამდენი მილსადენია მიერთებული ონკანთან. ონკანის დადებით მხარეს მიეკუთვნება: კონსტრუქციის სიმარტივე, კომპაქტურობა, მცირე ჰიდრავლიკური წინაღობა, მცირე ღირებულება. მათი უარყოფითი მხარეა საცობის გაჭეცვა და მოხახუნე ზედაპირების მიხეხვის სირთულე.

ონკანები გამოიყენება მარიგებელ, ჩამოსასხმელ და აირის მილსადენებზე, სადაც საჭიროა მათი სწრაფი ჩაკეტვა.

განმასხვავებელი ფერი თუჯის და ფოლადის არმატურაზე დააქვთ დაუმუშავებელ ზედაპირზე (კორპუსი, სახურავი, ჩოხალი (გარდა ამძრავი მოწყობილობისა). არმატურას ნახშირბადოვან ფოლადისაგან ღებავენ ნაცრისფერად, ლეგირებული ფოლადისაგან - ლურჯად, უჟანგავ ან მჟავაგამძლე კორპუსს - ცისფრად, ნაცრისფერ და ჭედური თუჯისაგან დამზადებულს - შავად. არმატურა ფერადი ლითონისაგან და პლასტმასისაგან არ იღებება.

შემამჭიდროებელი მასალების მიხედვით გამოიყენება არმატურის ამძრავი მექანიზმის (მქნევარა, ბერკეტის) დამატებითი შეღებვა: თუ შემამჭიდროებელი მოწყობილობა დამზადებულია თითბერის ან ბრინჯაოსაგან - წითელ ფერში, ალუმინისაგან- ალუმინის ფერში, ბაბიტისაგან - ყვითელ ფერში, ტყავისა და რეზინისაგან - ყავისფრად. არმატურას, რომელიც ფუტერირებულია ან გააჩნია შიგა დაფარვა (გარდა დიაფრაგმისა) დამატებით ღებავენ: ემალირებულს წითლად, გუმირებულს - მწვანედ, პლასტმასით დაფარულს - ლურჯად.

1.2.3. მილსადენური არმატურის მართვის ამძრავები

არმატურის მექანიკური და ავტომატიზირებული მართვისათვის გამოიყენება ელექტო, ელექტრომაგნიტური, პნევმატური და ჰიდრაულიკური ამძრავები (დგუშიანი და მემბრანული).

ფართო გავრცელება მოიპოვა ელექტროამძრავებმა, ვინაიდან გამოიყენებენ ყველაზე ხელმისაწვდომ ენერჯის სახეს - ელექტროენერჯის. ამ ამძრავებს გააჩნია მნიშვნელოვანი უპირატესობა: ისინი გამოიყენებენ ელექტროენერჯის მხოლოდ მოქმედების დროს, შეიძლება ჩართული იყოს ადგილზე ან დისტანციურად, რაც აადვილებს პროცესების ავტომატურ მართვას.

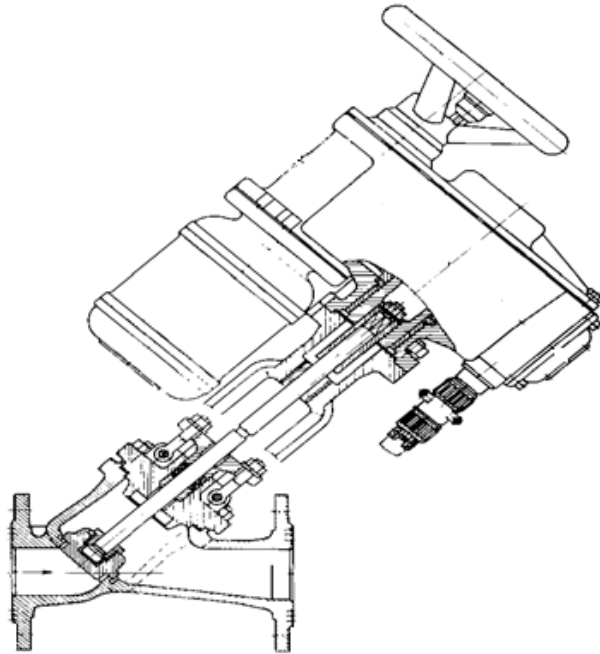
ელექტროამძრავი (ნახ. 1.18) შედგება ელექტროძრავისაგან 1, რედუქტორისაგან 2, ხელის დუბლიორისაგან 3 ხელით მართვიდან ელექტრულ მართვაზე და უკან გადართვის მოწყობილობით და ამძრავის ურდულთან მიერთების კვანძით. არმატურის ხელით მართვა არის ყველაზე ძველი, საიმედო და მარტივი მეთოდი. ის ხორციელდება მქნევარას ან სახელურის ბრუნვით, რომელიც დამაგრებულია შპინდელზე ან სვლის ქანჩზე. უმეტეს შემთხვევაში არმატურის კონსტრუქციებში გამოიყენება ხრახნული მექანიზმი. ასეთი მექანიზმის უპირატესობა მდებარეობს კონსტრუქციის სიმარტივეში, დიდი ძალების მიღების შესაძლებლობაში და თვითდამუხრუჭების პირობების შექმნაში. იმისათვის, რომ შევამციროთ ძალა მქნევარას სახელურზე გამოიყენება რედუქტორები კბილანა და ჭია გადაცემით (ნახ. 1.19.) ასეთ ამძრავებს აქვთ კომპაქტური კონსტრუქცია, დეტალების შედარებით მცირე რიცხვი, დიდი გადამცემი რიცხვი და მცირე დანახარჯები დამზადებისას.

მომსახურე პერსონალისათვის ძნელად მისაწვდომ ადგილებში არმატურის დაყენების აუცილებლობასთან დაკავშირებით წამოიჭრა აუცილებლობა არმატურის ხელით დისტანციური მართვისა. ამისათვის ერთ-ერთი პირველადი ხერხია ჯაჭვური გადაცემის გამოყენება. ჯაჭვი გამოიყენება ბორბლის (შკივის) ბრუნვითი მოძრაობისათვის, რომელიც დამაგრებულია ამძრავის ლილვზე. გამოიყენება ასევე ამვრა ლილვების მეშვეობით, რომლებიც შეერთებულია ჰუკის სახსრით.

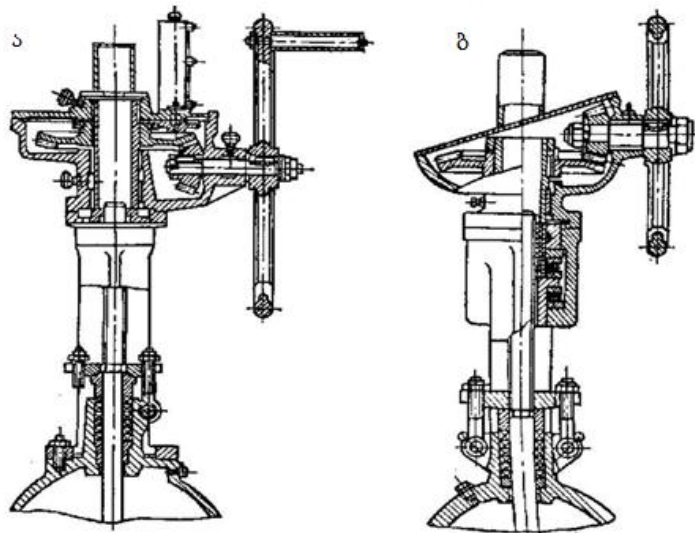
არმატურის დაკეტვის მომენტში, როცა სოლის შემამჭიდროებელი რგოლები და კორკუსი ეხება ერთმანეთს, ხდება მოძრაობის მკვეთრი დამუხრუჭება. ამ დროს მბრუნავი მომენტი გამოსავალ ლილვზე იზრდება ძრავის როტორის კინეტიკური ენერჯის გამოყენების ხარჯზე. არმატურის ნორმალური მუშაობის უზრუნველსაყოფად ჩაკეტვა უნდა ხორციელდებოდეს მბრუნავი მომენტით, რომელიც საკმარისი იქნება ჩაკეტვის სიმჭიდროვის უზრუნველყოფისათვის. სხვა შემთხვევაში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს დეტალების დაზიანებას (გატეხვა).

მომატებული ძალის მომენტით ჩამკეტის დახურვის შემდეგ და ხახუნის კოეფიციენტის ზრდასთან დაკავშირებით ელექტროამძრავის სიმძლავრე საწყის მომენტში ჩამკეტის გასახსნე-

ლად შეიძლება იყოს არა საკმარისი. ამის თავიდან აცილების მიზნით ყველა ელექტრო-ამპრავეს გააჩნია მოწყობილობა რომელიც ზღუდავს მბრუნავ მომენტს გამოსავალ ლილვზე არმატურის დაკეტვისას. ამ მიზნებისათვის გამოიყენება მბრუნავი მომენტის შეზღუდვის ქურო (მექანიკური ხერხი) ან ელექტროამპრავეში მაქსიმალური დენის ძალის შეზღუდვის რელე (ელექტრული ხერხი).



ნახ.1.18. გამსვლელი ჩამკეტი სარქველი 15ИЖ958К ელექტროამპრავეთ



ნახ. 1.19. რელექტორი ხელით მართვისათვის კბილანა კონუსური გადაცემით;
 ა - მარჯვენა სასვლელი კუთხვილით; ბ - მარცხენა სასვლელი კუთხვილით

ჰიდრავლიკური ამპრავე (დგუშიანი ან მემბრანული).

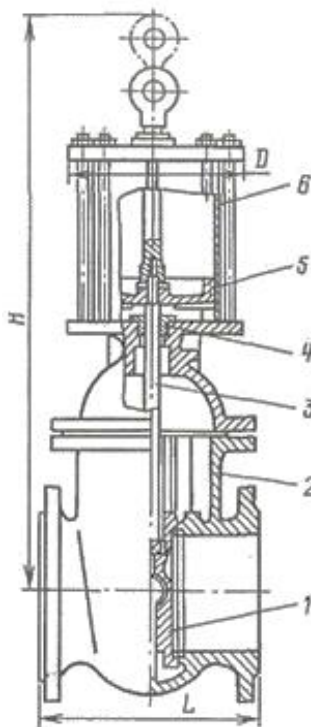
დგუშიანი ჰიდრავლიკური ამპრავეს მნიშვნელოვან მიღწევად შეიძლება ჩაითვალოს ტრანსპორტირებადი ნივთიერების ენერჯის გამოყენება და კონსტრუქციის სიმარტივე (ნახ.

1.20). ძალების შეზღუდვა ხორციელდება ყველაზე მარტივი მეთოდით - ამძრავში წნევის შეზღუდვით. დგუშიანი ამძრავი საშუალებას იძლევა შევქმნათ დიდი სვლა და დიდი ძალა წინსვლითი მოძრაობისას და გამოიყენება ჩამკეტ, მარეგულირებელ და დამცავ არმატურაში.

მემბრანულ ჰიდრავლიკურ ამძრავები გამოიყენება მხოლოდ პირდაპირი მოქმედების რეგულატორებში, როცა ხდება სითხის ტრანსპორტირება. ამ შემთხვევაში გამოიყენება რეზინის მემბრანები, ზოგჯერ ლითონისაც, რომლებიც ჩვეულებრივ მუშაობენ არა როგორც ძალის ელემენტი, არამედ როგორც მგრძობიარე და მართვის ელემენტი.

პნევმატური ამძრავი. ჰიდრავლიკური დგუშიანი ამძრავები ვერ უზრუნველყოფენ არმატურის სწრაფ მოქმედებას. ზოგჯერ მოქმედება უნდა მოხდეს წამებში. ამ შემთხვევაში არმატურის მართვისათვის გამოიყენება შეკუმშული ჰაერი (ან ორთქლი). შეკუმშული ჰაერი გამოიყენება როგორც ჩამკეტ ასევე მარეგულირებელ არმატურისათვის. როცა სარქველის სვლა მცირეა, გამოიყენება მემბრანული ამძრავი და მხოლოდ დიდი გადაადგილებისას გამოიყენება დგუშიანი. დგუმს აეროვან მუშა გარემოში გააჩნია მანჟეტები ან დგუმის რგოლები.

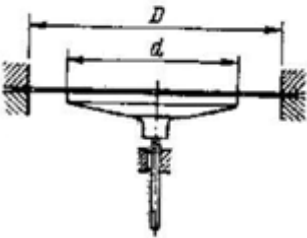
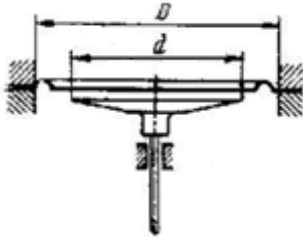
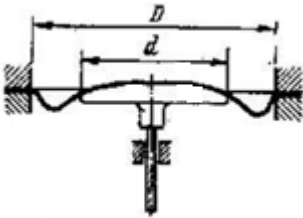
პნევმატურ მემბრანული ამძრავი. მემბრანები მზადდება 2 – 4 მმ სისქის რეზინისაგან ნაჭრის სადებით ან მის გარეშე. ფორმის მიხედვით მემბრანა შეიძლება იყოს ბრტყელი, ბრტყელ-შეკრებილი და დაყალიბებული (ცხრილი 1.2, ნახ. 1.21). ყველა შემთხვევაში ძალის გადაცემა ჭოკზე ხორციელდება საყრდენი დისკის მეშვეობით, რომელიც არის მემბრანის საყრდენი ფართობი. პნევმატურ მემბრანულ ამძრავს შეუძლია იმუშაოს ზამბარით და მის გარეშე. მემბრანულ ამძრავებში შეკუმშული ჰაერი გადაადგილებს მემბრანას. უკუსვლა ხორციელდება ზამბარას ხარჯზე. უზამბარო მექანიზმებში მემბრანის გადაადგილება ორივე მხარეს ხორციელდება შეკუმშული ჰაერით ან აირით.

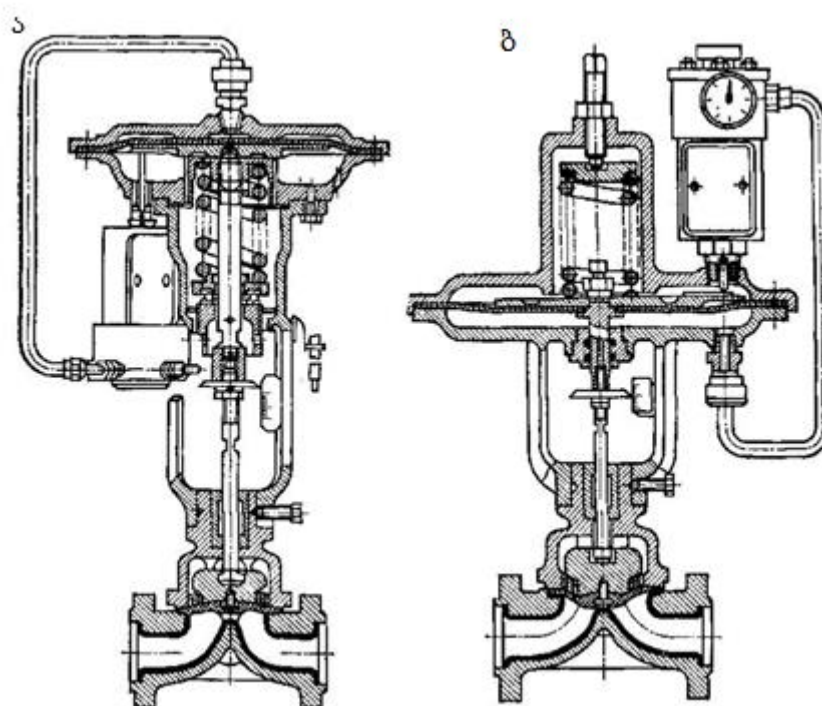


ნახ. 1.20.ჰიდროამძრავი 1 მზა წნევის პარალელურ ურდულისათვის:

- 1.-ჩამკეტი დისკი; 2 - კორპუსი; 3 - შპინდელი; 4 - ჩობალი; 5 - დგუმი; 6 - ცილინდრი.

მემბრანის სახეობები

მემბრანა	კვეთის ფორმა	გამოყენების არე
ბრტყელი		წნევის რეგულატორები
ბრტყელი შეკრებილი		მარეგულირებელი სარქველები ყვინთას მცირე სვლით
დაყალიბებული		მარეგულირებელი სარქველები ყვინთას დიდი სვლით



ნახ. 1.21. პნევმატიური მემბრანული ამბრავი საცვლელი თავებით:

ა. - ჩვეულებრივ ღია; ბ. - ჩვეულებრივ დაკეტილი

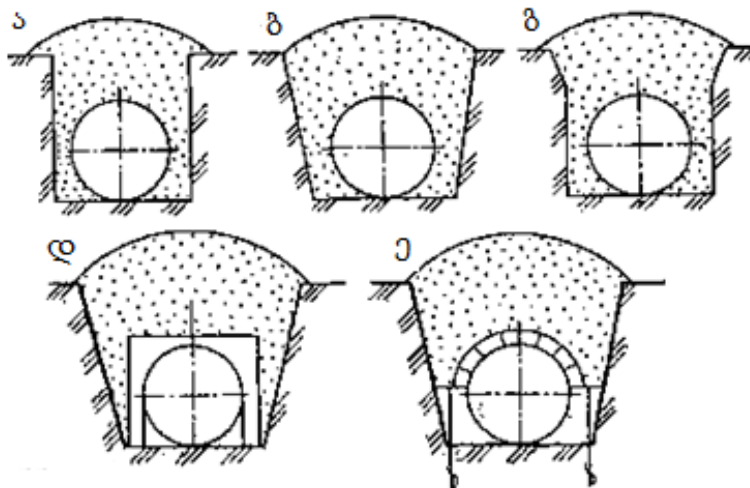
1.3. მილსადენების გაყვანა

1.3.1. მაგისტრალური მილსადენების გაყვანის ხერხები

მაგისტრალური მილსადენების ძირითადი შემადგენელია ხაზოვანი ნაწილი - ცალკეული მილებისაგან ან სექციებისაგან შედუღებული უწყვეტი ძაფი ჩაწყობილი ამა თუ იმ ხერხით ტრასის გასწვრივ.

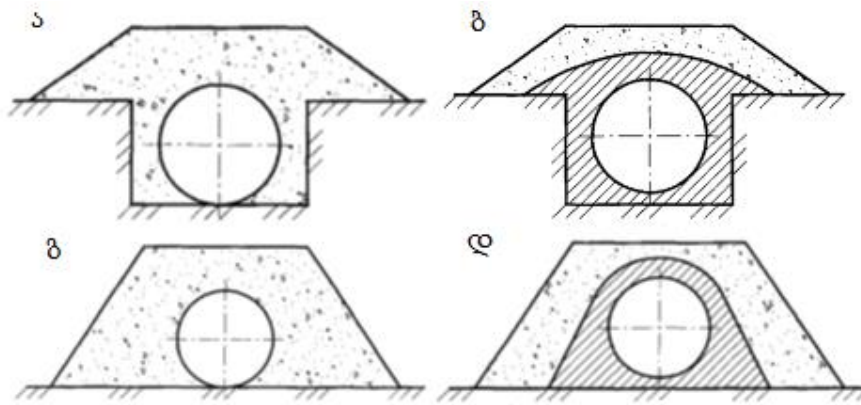
დღეისათვის მაგისტრალური და ტექნოლოგიური მილსადენების გაყვანის პრინციპულად განსხვავებული შემდეგი კონსტრუქციული სქემები არსებობს: მიწისქვეშა (ნახ. 1.22), ნახევრად მიწისქვეშა (ნახ. 1.23, 1), მიწაზე (ნახ. 1.23, 2) და მიწის ზედა. ამა თუ იმ გაყვანის სქემის შერჩევა განისაზღვრება მშენებლობის პირობებით და საბოლოოდ მიიღება სხვადასხვა ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების საფუძველზე.

ჩაწყობის მიწისქვეშა სქემა ყველაზე გავრცელებულია (98 % საერთო სიგრძისა) და წარმოადგენს მილის ჩაწყობას გრუნტში სიღრმეზე, რომელიც აღემატება მილის დიამეტრს. მიწისქვეშა გაყვანისას მიიღწევა ყველა სამუშაოს მაქსიმალური მექანიზაცია, არ ხდება ტერიტორიის გადატვირთვა, მშენებლობის შემდეგ შეიძლება სავარგულების გამოყენება, მილსადენი დაცულია მზის რადიაციის გავლენისაგან და ატმოსფერული ნალექისაგან, მილსადენი იმყოფება სტაბილურ პირობებში. მაგრამ უბნებზე სადაც მარადყინვიანი, კლდოვანი და დაჭაობებული გრუნტებია ჩაწყობის ზემოთ მოყვანილი სქემა არაეკონომიურია მიწის სამუშაოების მაღალი ღირებულების გამო. გარდა ამისა, სპეციალური დაბალასტების საჭიროებაა (განსაკუთრებით გაზსადენების) იმ უბნებზე, სადაც გრუნტის წყლები ახლოს არიან მიწის ზედაპირთან და გრუნტის კოროზიისადმი საიმედო ანტიკოროზიული დაფარვის საჭიროება მნიშვნელოვნად აძვირებს მშენებლობას.



ნახ. 1.22. მილსადენების გაყვანის მიწისქვეშა სქემები:

- ა) ტრანშეას მართკუთხა ფორმა; ბ) ტრანშეას ტრაპეციოიდალური ფორმა; გ) ტრანშეას შერეული ფორმა;
- დ) ჩაწყობა დაბალასტებით უნაგირისებრი ტვირთით; ე) ჩაწყობა ხრახნიანი ანკერების გამოყენებით ჩამაგრებისათვის ამოტივტივების წინააღმდეგ;



ნახ. 1.23. მილსადენის ჩაწყობის სქემა: 1. ნახევრად მიწისქვეშა; 2. მიწაზე

ა,გ) ჩვეულებრივი გრუნტით შემოყრით; ბ,დ) ჰიდროფობიზირებული გრუნტის შემოყრით

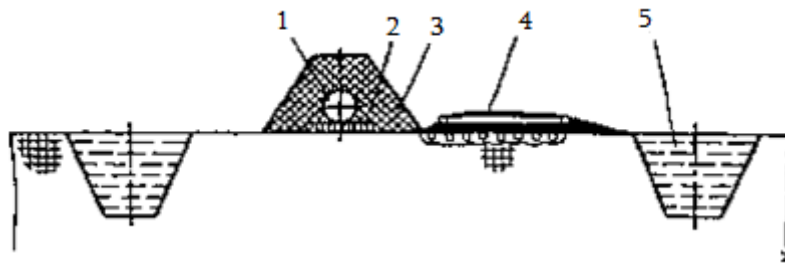
გრუნტში უშუალოდ ჩაწყობის გარდა არსებობს ჩაწყობის არხული და გვირაბული სქემები. ისინი ძირითადად გამოიყენება ორთქლსადენების და პროდუქტსადენებისათვის, ბლანტი ნავთობპროდუქტების გატარებისთვის, რომლებიც მოითხოვენ მაღალ შეთბობას. არხები შეიძლება იყოს გაუვალი, გვირაბული გამავალი. გვირაბული ითვლება გამავალად, თუ მისი სიმაღლეა არა ნაკლები 1, 6 მ-სა. არხების და გვირაბების სიგანე განისაზღვრება მილების რაოდენობით. არხები და გვირაბები კეთდება რკინა-ბეტონისაგან, ბეტონისაგან, აგურისაგან, ქვისაგან (ცეცხლგამძლე ნასალებისაგან). არხის ფსკერი კეთდება დაქანებით (0,003 – 0,005 - ღია ფერის ნავთობპროდუქტებისათვის; 0,005 – 0,01 - ზეთების და მუქი ნავთობპროდუქტებისათვის) მასში გაჟონილი წყლის გასაყვანად შემკრები ჭისაკენ. გვირაბები ალჰურვილი უნდა იყოს სავენტილაციო შახტებით ყოველ 25 მ-ში. გვირაბში შესასვლელები კეთდება ყოველ 50 მ-ში, კიბეებით ცეცხლ გამძლე მასალისაგან. მილსადენების გაყვანა გვირაბში უფრო ძვირია გაყვანის სხვა ხერხებთან შედარებით, მაგრამ ის უზრუნველყოფს დიდ საექსპლუატაციო უპირატესობას.

ყველა მილსადენი, მათი დაცლის ან წარმოქმნილი კონდენსატის (გაზების ტრანსპორტირების დროს), გაყვანილი უნდა იყოს დაქანებით სითხის ამოტუმბვის ადგილისაკენ.

ჩაწყობის ნახევრად მიწისქვეშა სქემა გამოიყენება მილსადენის მიერ დაჭაობებული და დამარილებული (მლაშე), კლდოვანი ქანების არსებულ უბნების გადაკვეთის შემთხვევაში. მილსადენები იწყობა გრუნტში მილის დიამეტრზე ნაკლები სიღრმით, ამოშვერილი ნაწილის შემოზვინვით (ნახ. 1.23.1).

მიწაზე გაყვანის ხერხი ძირითადად გამოიყენება ძალიან წყლიან და დაჭაობებულ რაიონებში. მისი ყველა უპირატესობების მიუხედავად უარყოფით მხარეს მიეკუთვნება შემონახვინი გრუნტის სუსტი მგრადობა და დიდი რაოდენობით წყალგადამგდები ნაგებობების მოწყობის საჭიროება (ნახ. 1.23. 2; 1.24).

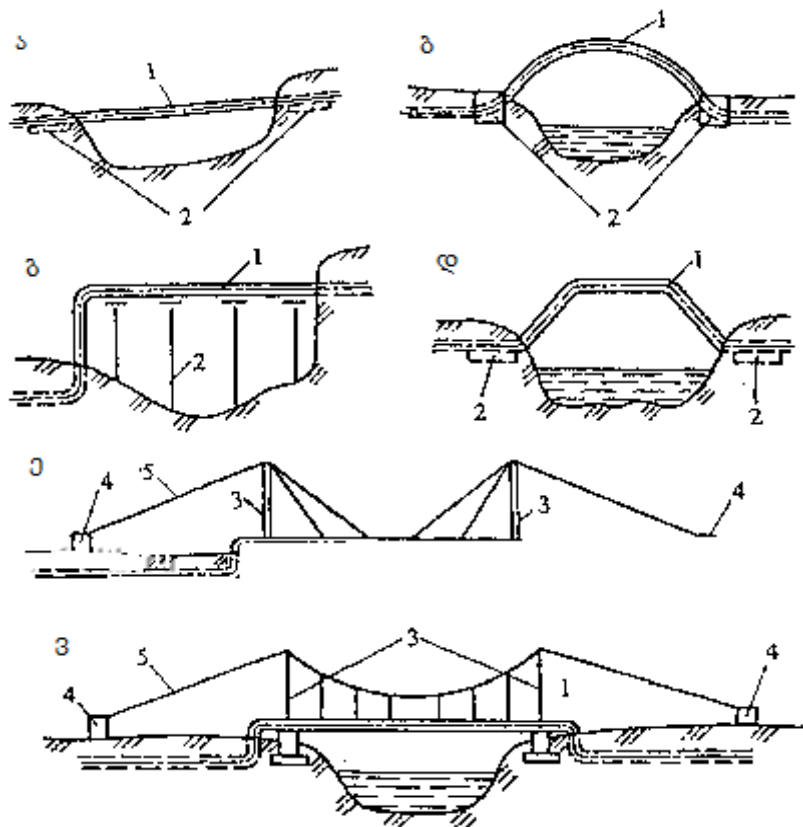
მაგისტრალური მილსადენების, როგორც ხაზოვანი ნაწილის ასევე მისი ცალკეული უბნების ზედაპირული გაყვანა რეკომენდირებულია უკაცრიელ, სამთო გვირაბების და მეწყერ-საშიშ რაიონებში, მარადყინულიანი გრუნტებისა და ჭაობების უბნებზე, ასევე ბუნებრივ და ხელოვნურ წინაღობებზე გადასვლისას (ნახ.1.25).



ნახ. 1.24. მიწაზე გაყვანის სქემა:

- 1 - მილსადენი; 2 - წნელის მომზადება; 3 - ნაყარი (მოზინვა); 4 -წოლანიანი გზა;
5 - ხანძარსაწინააღმდეგო არხი (რეზერვი).

მიწების ზედაპირული გაყვანის დროს მიწის სამუშაოები დაიყვანება მინიმუმამდე, არ არის საჭირო ძვირადღირებული ტვირთის გამოყენება მიწების დამძიმებისათვის, ნიადაგის კოროზიისაგან და მოხეტიალე დენებისაგან დამცავი ღონისძიებების ჩატარება.თუმცა მიწისზედა გაყვანას აქვს უარყოფითი მხარე: ტერიტორიის გადატვირთვა, საყრდენების გაკეთება, ტექნიკის გატარებისათვის სპეციალური გასასვლელების (გადასასვლელების) მოწყობა, ტემპერატურის სეზონური ცვალებადობის მნიშვნელოვანი გავლენა მილსადენებზე, რაც მოითხოვს სპეციალური ზომების მიღებას.



ნახ. 1.25. ბუნებრივი და ხელოვნური დაბრკოლებებზე გადასვლის ზედაპირული სქემები:

- ა - ერთმალიანი კოჭოვანი გადასვლა; ბ - თაღოვანი გადასვლა; გ - მრავალ მალიანი კოჭოვანი გადასვლა კომპენსატორით; დ - ტრაპეციადალური გადასვლა; ე - დაკიდებული გადასვლა; ვ - დაკიდებული გადასვლა;
1 - მილსადენი; 2 - საყრდენი; 3 - პილონი; 4 - ლუზა; 5 - მატარებელი ბაგირი;

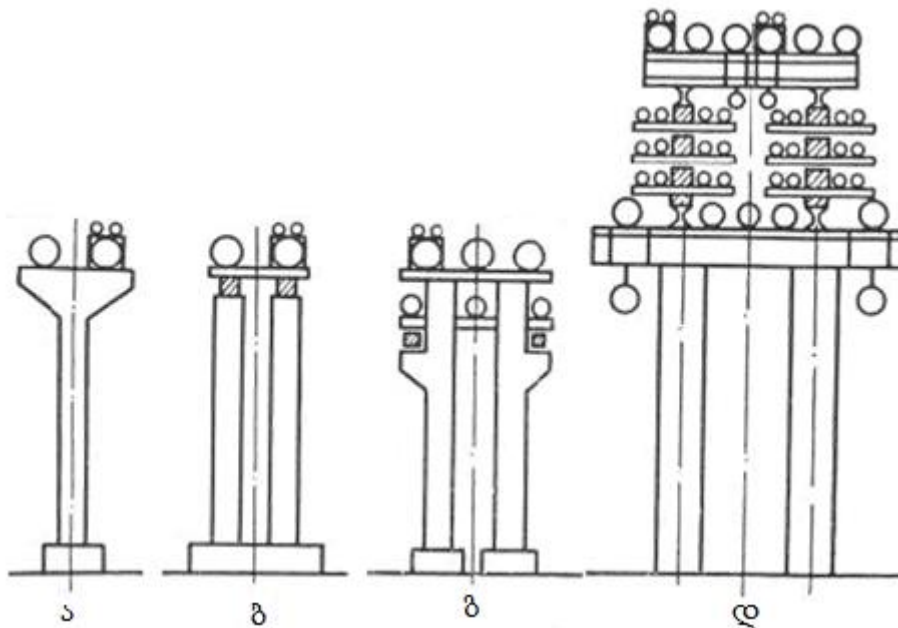
1.3.2. ზოგადი დანიშნულების საამქროთა შორისო მილსადენების მონტაჟი

1.3.2.1. საამქროთა შორისო მილსადენების გაყვანის ხერხები.

საამქროთაშორისი მილსადენები გაიყვანება მიწისზედა ან მიწისქვეშა ხერხით. გაყვანის ხერხს განსაზღვრავს საპროექტო ორგანიზაცია. სამრეწველო საწარმოს საზღვრების ფარგლებში საამქროთაშორისი მილსადენების და ორთქლის სადენების გაყვანა გეგმარდება ძირითადად მიწის ზემოთ.

მილსადენების მიწის ზედა გაყვანის ხერხით, როგორც წესი ახორციელებენ ესტაკადებზე (ნახ. 1.26, ა), ცალკე მდებარე საყრდენებზე, კოჭოვან ერთიარუსულ (ნახ. 1.26, ბ) და ორიარუსულ (ნახ. 1.26, გ) ესტაკადებზე, რომელშიც მილსადენები გაყავთ განივ ტრავერსებზე, დაყრდნობილი კოჭებზე ან ესტაკადის საყრდენებზე; მრავალიარუსიან ესტაკადებზე მალის ფერმერული ტიპის აგებულებით (ნახ. 26, დ) და ასევე დაბალ საყრდენებზე, შპალებზე და სხვა.

საწარმოს ტრანსპორტის და ადამიანების შეუფერხებელი გადაადგილების უზრუნველყოფისათვის მინიმალური სიმაღლე მილის ძირამდე ან მაღლივი ესტაკადების მალეების კონსტრუქციებამდე წარმოების ტერიტორიაზე უნდა იყოს (არა ნაკლები): წარმოების შიგარკინიგზის გზებზე (რელსის თავიდან) – 5,5 მ; ავტომობილის გზებზე - 4,5 მ; ფეხით სასიარულო გასასვლელზე -2,5 მ.



ნახ. 1.26. საამქროთაშორისი მილსადენების ესტაკადების ტიპები:

- ა) - ცალკე მდებარე საყრდენები; ბ) - კოჭოვანი ერთიარუსიანი; გ) - კოჭოვანი ორიარუსიანი; დ) - მრავალიარუსიანი.

მანძილი მიწის ზედაპირიდან მილის ძირამდე (ან იზოლაციის ზედაპირამდე), გაყვანილს დაბალ საყრდენებზე, ღებულობენ სარემონტო სამუშაოების ჩატარების შესაძლებლობის გათვალისწინებით, მაგრამ არა ნაკლები: მილსადენების ჯგუფის სიფართისა 1,5 მ-დე - 0, 35 მ; სიფართისა 1,5 მ და მეტი - 0,5მ.

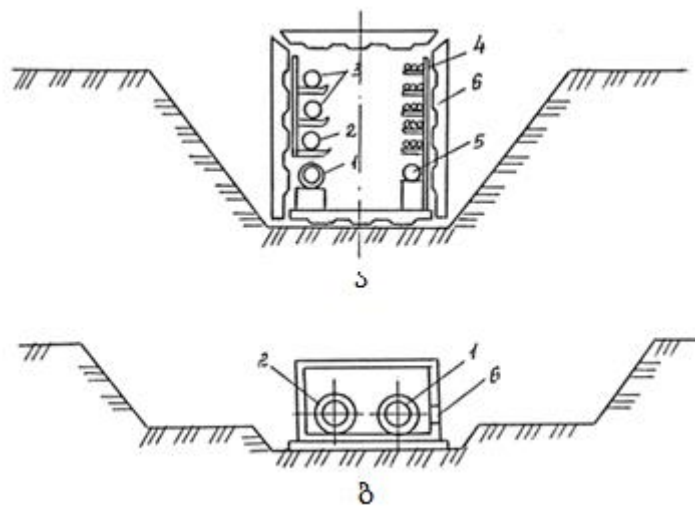
საყრდენებზე გაყვანილი მილსადენის ამწე თვისების გამოყენების თვალსაზრისით მილსადენზე ამაგრებენ უფრო ნაკლები დიამეტრის მილსადენებს (დიდი დიამეტრის მილების

ანგარიშით შემოწმება ჩაზნექვაზე აუცილებელია). დამაგრების ასეთი ხერხი არ დაიშვება მილსადენებზე, რომლებიც ატარებენ მაღალაგრესიულ, მომწამლავ, ტოქსიკურ ნივთიერებებს და გათხევადებულ აირებს, რომლებიც მუშაობენ 6,3 მპა და მეტი წნევის ქვეშ და ატარებენ ნივთიერებას ტემპერატურით 300°C მეტი.

მილსადენების მრავალიარუსიანი განლაგებისას ესტაკადის ზედა იარუსზე აწყობენ დიდი დიამეტრის მილებს, რომლებშიც გადის საწვავი, ინერტული აირები და ორთქლი. მილსადენებს, რომელშიც გადის მჟავები ამონტაჟებენ ყველა სხვა მილსადენის ქვემოთ.

საამქროთაშორისი მილსადენების გაყვანა ასევე ღია ღარებში ხდება, აწყობენ რკინა-ბეტონის შპალებზე ერთ რიგად. სამონტაჟო სამუშაოების ადვილად წარმოებისათვის ღარებს აწყობენ წარმოების გზების გასწვრივ ერთი ან ორივე მხრიდან. ძირითად გზებს წევნ მიწის ზედაპირიდან ზემოდ 0,7 – 0,8 მ-ით. ეს საშუალებას იძლევა ღარებისა და გზების გადაკვეთის შემთხვევაში მარტივად მოვაწყოთ გადასასვლელები. მილების გაყვანის ასეთი ხერხი ამცირებს სამონტაჟო და სარემონტო სამუშაოების ღირებულებას და აუმჯობესებს მათ საექსპლუატაციო პირობებს.

მიწისქვეშა გაყვანისას მილსადენები გაყავთ გასასვლელ, ნახევრად გასასვლელ, გაუვალ მიწისქვეშა არხებში (ნახ.1.27) და უშუალოდ გრუნტში (უარხო გაყვანა).



ნახ. 1.27. მილსადენების მიწისქვეშა გაყვანა არხებში:

- ა - გამსვლელი; ბ - გაუსვლელი; 1- მიმწოდებელი თბოქსელი, 2 - დასაბრუნებელი (ცივი) თბოქსელი, 3 - ცხელი წყლით მომარაგების მილსადენი, 4 - ელექტროკაბელი, 5 - წყალმომარაგება, 6 - ასაწყობი რკინა-ბეტონის კონსტრუქციები

ტექნოლოგიური მილსადენების მიწისქვეშა გაყვანას წარმოების ტერიტორიაზე (განსაკუთრებით გაუვალ არხებში) ახორციელებენ იმ შემთხვევაში, როცა მიწისზედა ესტაკადების აგება ეკონომიურად გამართლებული არ არის ან პრაქტიკულად შეუძლებელია. მიწისქვეშა უარხო გაყვანა და გაუვალ არხებში საწვავი და გათხევადებული აირების მილსადენების გაყვანა დაუშვებელია. უარხო გაყვანას გამოიყენებენ ძირითადად ცალკეული მილსადენებისათვის, რომლებიც ატარებენ ნივთიერებას ტემპერატურით არა უმეტესი 150°C და ხელსაყრელ გრუნტის პირობებში.

მიწისქვეშა მილსადენებს აწყობენ უშუალოდ გრუნტში ჩაღრმავებით, რომელიც ოდნავ აღემატება მიწის გაყინვის სიღრმეს, მაგრამ არა ნაკლები 0,6 მ-ისა მილის კეხიდან მიწის დასაგეგმარებელ ნიშნულამდე.

შიგასაწარმოო რკინიგზის და საავტომობილო გზების გადაკვეთისას მილსადენები გაყავთ უფრო დიდი დიამეტრის ფოლადის მილებში (გარსაცმში). ასეთი გადაკვეთების დროს მილსადენების ჩაღრმავება შპალის ან საგზაო საფარის ფსკერიდან გარსაცმის ზედაპირამდე უნდა იყოს არა ნაკლები 1 მ-სა. გადაკვეთის შერჩევისას უნდა გამოვიყენოთ ოპტიმალური პროექტირების მეთოდი.

1.3.2.2. მიწისზედა და მიწისქვეშა მილსადენების მონტაჟი

მიწისზედა მილსადენები მონტაჟდება გამსხვილებული ბლოკებით ან სექციებით. საამქროთაშორისი მილსადენების მონტაჟი ცალკეული მილებით დასაშვებია მხოლოდ იმ შემთხვევებში, როცა შეზღუდული პირობების გამო სექციების მონტაჟი შეუძლებელია.

სახეობის მიხედვით გამსხვილებული ბლოკები შეიძლება იყოს სამშენებლო კონსტრუქციებისგან, მილსადენებისგან და კომბინირებული.

ბლოკებს სამშენებლო კონსტრუქციებისგან გამოიყენებენ ამკრები კოჭოვანი ან ფერმის ტიპის რკინა-ბეტონის და ლითონის ესტაკადების ასაგებად. მათ შემადგენლობაში შედის კოჭები, ტრავერსები, გადასასვლელი ხიდები და მათი მოაჯირები, ფერმები, მეკვრის ელემენტები.

მილსადენური ბლოკების შემადგენლობაში შეიძლება შედიოდეს: მილსადენების სწორი მონაკვეთები, შედგენილი ერთი ან რამდენიმე სექციისაგან (ტემპერატურული ბლოკის ფარგლებში); თანამგზავრები; II - სეზური, ლინზური ან ჩობალიანი კომპენსატორები; თბოიზოლაცია.

კომბინირებული ბლოკი არის აწყობილი მალისებური ესტაკადის ნაგებობა მასზე დამგრებული მილსადენური ბლოკებით.

ბლოკების სახეობის და გამსხვილების შერჩევა დამოკიდებულია ესტაკადის კონსტრუქციულ გადაწყვეტაზე, მილსადენების რაოდენობაზე, განლაგებაზე და მათ დიამეტრზე, სატრანსპორტო საშუალებებისა და ამწე მექანიზმების არსებობაზე და ასევე სამუშაოების წარმოების ადგილობრივ პირობებზე. ჩვეულებრივ მონტაჟს აკეთებენ მილსადენური და კომბინირებული ბლოკებით. ბლოკების გამსხვილებულ აწყობას ახორციელებენ ასაწყობ მოედანზე, (გადასაადგილებელ ან სტაციონარულ) რომელსაც განალაგებენ სამონტაჟო ამწის მოქმედების ზონაში.

მილსადენის ბლოკები აიკრიფება შემდეგი თანმიმდევრობით: ტვირთავენ, გადაზიდავენ და გადმოტვირთავენ არმატურას, დეტალებს, კვანძებსა და სექციებს; აყენებენ სტელაჟებს ან სტენდებს; ამზადებენ სექციის თავებს შესადულებლად; აგებენ სექციას და აწყობენ მათ სტელაჟებზე; აკრეფენ და ადუღებენ პირაპირებს, აკონტროლებენ შედუღებული შეერთებების ხარისხს; ნიშნავენ საყრდენების დაყენების ადგილს და ამაგრებენ საყრდენებს; აკონტროლებენ ხარისხს, უკეთებენ მარკირებას და იზარებენ ბლოკებს.

კომბინირებული ბლოკები მონტაჟდება შემდეგი თანმიმდევრობით: მოაქვთ და გადმოტვირთავენ სამშენებლო კონსტრუქციების და მილსადენის სექციების გამსხვილებულ ელემენტებს; აკრეფენ მილსადენის ბლოკებს; აწყობენ და ფიქსაციას უკეთებენ ქვედა კოჭებს; აყენებენ

ფერმებს; ამაგრებენ ზედა საყრდენებს, აწყობენ და დროებით ამაგრებენ მილსადენის ბლოკებს, რომლებიც თავსდება ბლოკის განივი კვეთის შიგა კონტურში; აყენებენ ზედა კოჭებს, ნახევარ-კოჭებს და ზედა სარტყლის კავშირებს; უკეთებენ სიხისტის ელემენტებს; აკეთებენ მარკირებას და იზარებენ ბლოკს.

დროებითი სიხისტის ელემენტები უნდა უზრუნველყოფდეს ბლოკების შესაძლო დაზიანების ან დეფორმაციის თავიდან აცილების შესაძლებლობას ტრანსპორტირების და მონტაჟის დროს. ყველა ბლოკი გასწორებამდე დროებით მაგრდება სამონტაჟო ჭანჭიკებით და სხვა ინვენტარული ხელსაწყოებით. ბლოკების მონტაჟის სისწორის შემოწმების და მათი დამაგრების შემდეგ საბოლოოდ ამაგრებენ ტექნოლოგიურ მილსადენებს და არმატურას, ადუღებენ სამონტაჟო პირიპირებს ტემპერატურული ბლოკის ესტაკადის უბნის მონტაჟის შემდეგ. ამავდროულად ურთიერთ გადაადგილებენ მილსადენის შესაერთებელ სექციებს და ბლოკებს საჭირო დაშორებების წარმოქმნამდე.

ახალ მშენებარე ესტაკადებზე ტოვებენ თავისუფალ ადგილებს მილსადენების დამატებითი ხაზების გასაყვანად წარმოების შესაძლო გაფართოებისათვის.

ცალკე მდებარე საყრდენებზე ან ესტაკადებზე გასაყვანი საამქროთაშორისი მილსადენების სამონტაჟო სამუშაოებს იწყებენ მხოლოდ იმის შემდეგ რაც სამშენებლო ორგანიზაციიდან მიიღებენ აქტს საყრდენი კონსტრუქციების პროექტისა და ტექნიკური პირობების შესაბამისობის შესახებ და ასევე ამ სამუშაოების ფაქტიური შესრულებისა სამონტაჟო ორგანიზაციების წარმომადგენლების მიერ.

მილსადენები მიწისქვეშა უარხო გაყვანის დროს მონტაჟდებიან გამსხვილებული სექციებით. გაყვანის უარხო ხერხის დროს აუცილებელია მილსადენების წინასწარი ჰიდროიზოლაცია მათ ტრანშეაში ჩაწყობამდე.

ჰიდროიზოლირებულ მილსადენს ათავსებენ ხის ან ამოღებული გრუნტის ბალიშის საწოლებზე. ეს საჭიროა რათა მოსახერხებელი იყოს მილსადენის აწევა სამონტაჟო მოწყობილობების გამოყენებით ტრანშეაში ჩასალაგებლად, აკრეფის და საშემდუღებლო სამუშაოების ჩასატარებლად, იზოლაციის კონტროლისათვის. მილსადენების ჩაწყობის წინ ამოწმებენ საპროექტო ზომების და ნიშნულების თანხვედრას ტრამშეას ზომებთან და ნიშნულებთან. ტრანშეას ფსკერი, ამოთხრის შემდეგ, უნდა იყოს გასწორებული ისე, რომ მილსადენს მთელ სიგრძეზე ჰქონდეს პროექტით გათვალისწინებული ქანობა და ეყრდნობოდეს გრუნტს ჩაკიდვების გარეშე (ჩაკიდვები წარმოქმნიან დამატებით დამაბულობას მილის კედელში).

ანტიკოროზიული დანაფარიანი მილების ჩაწყობისას საჭიროა ზომების მიღება იზოლაციის საფარის დაზიანების წინააღმდეგ. ამისათვის მილების ასაწევად გამოიყენება ინვენტარული რბილი, ნაჭრის ბაგირები (ბაგირები შედგებიან ფოლადის ტროსებისაგან რომლებიც დაფარულია სპეციალური რეზინით გაჟღენთილი ნაჭრით).

ზაფხულის პერიოდში სამონტაჟო პირიპირების შემოწმება და ცენტრირება, მილების ჩაწყობა და მიწით დაფარვა უნდა ვაწარმოოთ დღე - ღამის ყველაზე ცივ პერიოდში (დილას). ცხელ პერიოდში მილების ჩაწყობისას ისინი დაგრძელებიან და გამაგრებული იქნებიან დაყრილი გრუნტით. შემდგომში, ზამთრის პერიოდში, ფოლადი მილების გაცივებისას წარმოიშობა მნიშვნელოვანი მრღვევი ძალები.

ზამთრის პერიოდში მიღებს აწყობენ ტრანშეაში ფსკერის მოსწორებისთანავე და აყრიან გამლღვალ გრუნტს 30 – 50 სმ სიმაღლით მილის ზედაპირიდან. მილსადენების სექციებს ალაგებენ ტრანშეას ფსკერზე მდორედ, ისე რომ არ მოხდეს მილსადენის მირტყმა ტრანშეის კედელზე ან ფსკერზე.

ტრანშეაში ჩაწყობის შემდეგ მილსადენი მთელ მის სიგრძეზე უნდა ეყრდნობოდეს ხელშეუხებელ ან დატკეპნილ გრუნტს. ტრანშეას ავსებენ ორ ეტაპად. ჯერ აყრიან გრუნტს და ავსებენ ტრანშეას 0,25 – 0,3 მ მილის ზედაპირიდან, დაწყებული მილის გვერდებიდან. შედუღებულ ადგილებს ტოვებენ ცარიელს. შემდეგ ატარებენ მილსადენის ჰიდრაულიკურ გამოცდას, რომელზეც შედგენილი უნდა იყოს აქტი. გამოცდის შემდეგ ტრანშეას ავსებენ სრულად.

მილსადენების გაყვანა არხებში: არხებში მილსადენები გაყავთ ბეტონის ბალიშებზე ლითონის მისადუღებელ ან ცალუღური საყრდენების გამოყენებით. თავისუფალი მანძილი არხის ფსკერიდან მილამდე ან თბოიზოლაციამდე უნდა იყოს არა ნაკლები 100 მმ -სა, მიუხედავად მილის დიამეტრისა. მილსადენებს ამონტაჟებენ ღია არხებში. საყრდენებს აწყობენ არხის ფსკერზე ისე, რომ არ შეუშალონ ხელი წყლის თავისუფალ გადინებას. მიღების საბოლოო დამაგრების სამუშაოებს ყოველ ტემპერატურულ ბლოკში აწარმოებენ უძრავი საყრდენიდან.

მილსადენების სექციები, არხში საპროექტო მდგომარეობით ჩაწყობამდე, უნდა იყოს იზოლირებული, შედუღებული ადგილების ღიად დატოვებით. ამ ადგილებს იზოლაციას უკეთებენ ჰიდრაულიკური გამოცდის შემდეგ. საყრდენებს სექციებზე ამაგრებენ წინასწარ, მონტაჟის შესრულებამდე, საყრდენების განლაგების სქემის მიხედვით და მათ თბოიზოლაციამდე. ასეთი ხერხი ამცირებს მონტაჟის და თბოსაიზოლაციო სამუშაოების შრომატევადობას და ამაღლებს მათ ხარისხს.

მილსადენების გაყვანა გარსაცმში. წარმოების შიგა რკინიგზის და საავტომობილო გზების გადაკვეთის ადგილებში მილსადენები გაყავთ გარსაცმში, რომელიც წარმოადგენს უფრო დიდი დიამეტრის ფოლადის მილს. გარსაცმის თავი და ბოლო უნდა იყოს დაცილებული კიდური რელსისაგან ან გასავალი გზის კიდისგან 2 მ - ით. გარსაცმის კიდეებს ამჭიდროებენ გაზინთული მსხვილი კანაფით და ზემოდან ავსებენ (ასხამენ) გუდრონით. გარსაცმის შიდა დიამეტრი 100 – 200 მმ-ით მეტია მასში გატარებული მილსადენის მილის გარე დიამეტრზე.

გარსაცმი თავის თავზე ღებულობს იმ დატვირთვებს და ძალებს, რომლებიც წარმოიშობა ზემოდან ტრანსპორტის გავლის შედეგად. გარსაცმის გაყვანა ხორციელდება ორი ხერხით: ტრანსპორტის ნორმალური მუშაობის დარღვევის გარეშე (ტრანშეას გარეშე ან დახურული) და ტრანსპორტის მოძრაობის შეწყვეტით (ღია). ამა თუ იმ ხერხის გამოყენება დამოკიდებულია გადასაკვეთი გზის კატეგორიაზე.

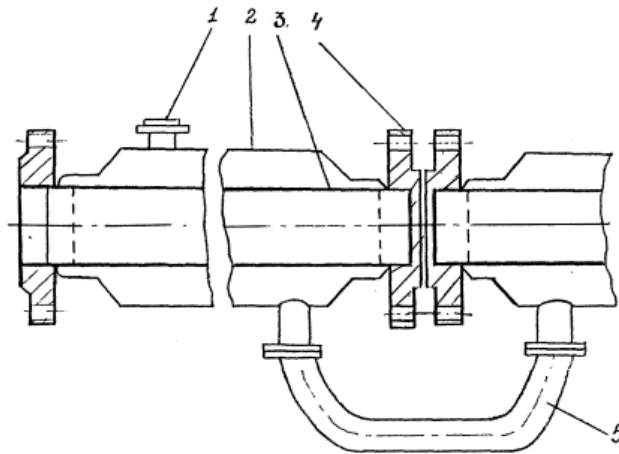
1.3.2.3. გათბობით მილსადენის მონტაჟი

გათბობით მილსადენები გამოიყენება ადვილად გამყარებადი ან ხსნარისა და კრისტალების სახით გამოყოფის პროდუქტების (მაგალითად: გამდნარი გოგირდი ან ნაფტალინი) ტრანსპორტირებისათვის, ასევე ტრანსპორტირებადი პროდუქტის დადგენილი ტემპერატურის შესანარჩუნებლად. ტექნოლოგიური მილსადენების გათბობისათვის იყენებენ ცხელ წყალს თბოფიკაციის სისტემიდან ან ორთქლს დაბალი წნევის ტექნოლოგიური ორთქლსადენიდან. თუ გათბობისათვის წაყენებულია სპეციალური მოთხოვნები შეიძლება გამოყენებული იყოს

სხვა თბომატარებლები, მაგალითად ანტიფრიზი ან ზეთი. ტექნოლოგიური მილსადენების გათბობისათვის გამოიყენება გათბობის ორი ხერხი: გარე და შიდა. გარე გათბობისათვის გამოიყენება მილსადენები პერანგით ან თანამგზავრით. შიდა გათბობისათვის ორთქლსადენი წარმოადგენს სწორ ან დაკლაკნილ მილს, განთავსებულს ტექნოლოგიური მილსადენის შიგნით. მაგრამ გათბობის ეს ხერხი გამოიყენება იშვიათად, ვინაიდან ამ შემთხვევაში რთულია მილსადენების გაწმენდა.

გათბობის ხერხი და მისი კონსტრუქციული გადაწყვეტა დგინდება პროექტის, შესაბამისი თბური გაანგარიშების და ტექნოლოგიური მოთხოვნების საფუძველზე.

მილსადენები პერანგით გამოიყენება მხოლოდ ინტენსიური გათბობის ან ტემპერატურის ზუსტი რეგულირების საჭიროების შემთხვევაში. მილსადენი პერანგით შედგება ორი სხვადასხვა დიამეტრის მილებისაგან, ხშირად დამზადებულს სხვადასხვა მასალიდან და განლაგებულს ერთი მეორეში (ნახ. 1.28). ორთქლი მიეწოდება პერანგში 2, შიდა მილსადენში 3 კი მიედინება პროდუქტი. ორთქლის შეშვება და კონდენსატის გამოშვება ხდება შტუცერის 1 მეშვეობით. მილსადენების მილტუჩა შეერთების ადგილებში პერანგებს აერთებენ შემოსატარი მილით 5.



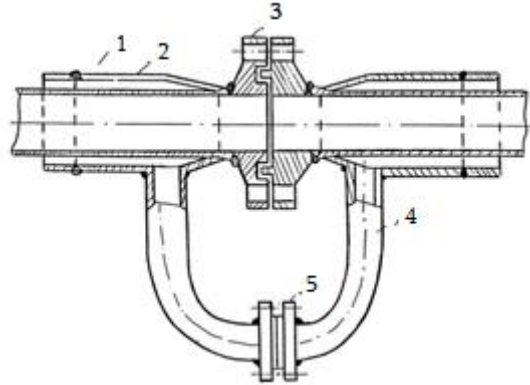
ნახ. 1.28. მილსადენის პერანგით უზნის სქემა:

1 - შტუცერი; 2 - პერანგი; 3 - გასათბობი მილსადენი; 4 - მისადუღებელი ბრტყელი მილტუჩი; 5 - შემოსატარი მილი.

მილსადენს პერანგით ამზადებენ მილის მოკლე მონაკვეთებისაგან, ბოლოებზე უკეთებენ მილტუჩებს (ნახ. 1.29). კორპუსის ბოლოებს, რომლებიც წარმოქმნიან პერანგს 2, ავიწროებენ და ადუღებენ ძირითად მილს მილტუჩებთან 3. გამავალი პროდუქტის თანაბარი გათბობა მნიშვნელოვნად არის დაკავშირებული მილების ცენტრირების ხარისხზე. პერანგიანი მილების მოღუნვას ახორციელებენ დაზგაზე მაღალი სიხშირის დენით ამოყენებით გახურებისათვის ან ცივ მდგომარეობაში. ცივ მდგომარეობაში ერთობლივი მოღუნვისას მილებს ათავსებენ ერთმანეთში და მათ შორის მანძილს ავსებენ წვრილი ქვიშით ან კანიფოლით. ზოგჯერ, რათა მოღუნვის ადგილებში დაცული იყოს ერთნაირი დაცილება, შიდა მილზე ადუღებენ პერფორირებულ რგოლებს ცენტრირებისათვის (3-4 ადგილზე).

როცა გასათბობელ მილზე მიდუღება არ შეიძლება (მაღალი წნევის მილსადენი უჟანგავი ფოლადისაგან და სხვა შემთხვევები) საჭირო შემჭიდროება მიიღწევა ჩობალის გამოყენებით.

გათბობისათვის ნაცვლად პერანგისა შეიძლება გამოყენებული იყოს ელასტიური ლენტის სახის ელექტროგამათბობელი ელემენტები, რომელსაც სპირალურად ახვევენ მილსადენზე. მონტაჟის დროს ჰორიზონტალურ უბნებზე შემოსატარ მილს გაანლაგებენ ჰორიზონტალურად. ახრილ მილსადენებზე შემოსატარ მილს უერთებენ შტუცერებს ჰორიზონტალურად, შუა ნაწილს კი მილის ქანობის შესაბამისად. შემოსატარ მილის მილტუჩა შეერთებისას დაუშვებელია იძულებითი დაჭიმვა.



ნახ. 1.29. პერანგიანი მილსადენის მილტუჩა მიერთების კვანძი:

1 - გასათბობი მილსადენი; 2 - პერანგი; 3 - მილტუჩა მიერთება; 4 - შემოსატარი მილის მილტუჩა შეერთება.

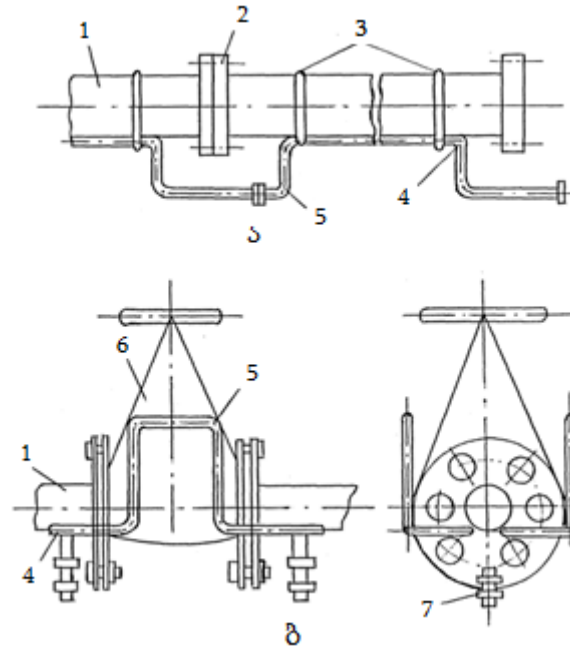
მილსადენების უძრავ საყრდენებზე დამაგრების შემთხვევაში ამაგრებენ მხოლოდ ძირითად (გასათბობ) მილს. პერანგს ასეთ ადგილებში წყვეტენ და აერთებენ შემოსატარ მილის მეშვეობით. პერანგის დამაგრება უძრავ საყრდენებზე არ შეიძლება.

მილსადენი თანამგზავრით წარმოადგენს მილს, რომელიც გაყავთ ძირითად გასათბობ მილის გვერდით. თანამგზავრული მილი შეიძლება შედგებოდეს ერთი, ორი ან სამი მილისაგან, დახვეულს სპირალისებურად ძირითად მილზე. გავრცელებულია ერთი მილის თანამგზავრის გამოყენება, რომელიც ძირითად მილის პარალელურად გაყავთ ქვემოდან ან გვერდიდან. თანამგზავრ მილის დიამეტრი დგინდება თბური გაანგარიშებით და არის ფარგლებში 20 – 50 მმ.

თანამგზავრული მილი მილსადენებთან (ნახ. 1.30) ჩვეულებრივ მაგრდება სარტყელების 3 ან სამაგრი თელით ყოველ 0,4 – 0,5 მ-ში. თანამგზავრული მილი 4 მჭიდროდ უნდა მაგრდებოდეს ძირითად მილსადენთან. არმატურისა და მილტუჩების 2 დაყენების ადგილებში თანამგზავრულ მილს ღუნავენ აკეთებენ კომპენსატორს 5 მილტუჩა შეერთებით, რათა შესაძლებელი იყოს მისი დემონტაჟი. გამათბობელი თანამგზავრების დამაგრება საყრდენებთან და გასათბობ მილთან უნდა უზრუნველყოფდეს თანამგზავრის თბური დაგრძელების თავისუფალ დამატებით კომპენსაციას. საჭიროების შემთხვევაში გათვალისწინებული უნდა იყოს დამატებითი კომპენსატორული მოწყობილობის დაყენება.

40 და 50 მმ პირობითი გასასვლელით გამათბობელი თანამგზავრების ჩაწყობისათვის მილის ქვემოდ მოძრავ და უძრავ საყრდენებში კეთდება ამონაჭერი. გამოცდის წინ პერანგსა და თანამგზავრული მილის ცალკეულ უბნებს ჩაბერავენ. მილსადენის პერანგით გამოცდისას, ჯერ გამოიცდება პერანგი. გამოცდის წნევა უნდა შეადგენდეს პერანგში თბომატარებელის მუშა წნევის 1,25-ს. პერანგის გამოცდის დროს ძირითადი მილის მილტუჩები არ უნდა იყოს მჭიდროდ შეკრული, რათა იყოს შემოწმების საშუალება, მოხვდა თუ არა ჰაერი (რაც გამოიყენება

გამოცდისათვის) ძირითად მილსადენში. ამას შეიძლება ჰქონდეს ადგილი თუ ძირითადი მილი დაზიანებულია. მილსადენებს თანამგზავრით გამოცდიან ცალ ცალკე. გამოცდის დამთავრების შემდეგ მილსადენები იფარება საერთო თბოიზოლაციით.



ნახ. 1.30. თანამგზავრიანი მილსადენის უბნის სქემა;

ა - ჰორიზონტალური უბანზე; ბ - არმატურის დაყენების ადგილზე;

1 - გასათბობი მილსადენი; 2 - მილტუჩი; 3 - სარტყელი; 4 - მილი თანამგზავრი; 5 - თანამგზავრის კომპენსატორი; 6 - არმატურა; 7 - კონდენსატის გამოშვება.

1.3.2.4. მიწისქვეშა მილსადენების დაცვა ნიადაგის კოროზიისაგან

მიწისქვეშა გაყვანისას ფოლადის მილსადენები განიცდიან ნიადაგის მიერ გამოწვეულ კოროზიას. გრუნტი, თითქმის ყოველთვის, შეიცავს მარილებს, მჟავებს, ტუტეს და ორგანულ ნივთიერებებს, რომლებიც უარყოფითად მოქმედებენ ფოლადის მილებზე. ზოგიერთ შემთხვევაში ასეთმა კოროზიამ შეიძლება გამოიწვიოს მილის გახვრეტა (წერტილოვანი კოროზია) და მისი გამოყვანა წყობიდან. ასეთი დაზიანება ხშირია, თუ მილი ჩაწყობილია კოროზიის მიმართ საკმარისი დაცვის გარეშე.

მიწისქვეშა მილსადენების დაცვა ნიადაგის კოროზიისაგან შეიძლება იყოს აქტიური და პასიური. მიწისქვეშა მილსადენების გარე კოროზიის აქტიურ საშუალებებს მიეკუთვნება ელექტრული მეთოდები, კათოდური და პროტექტორული დაცვა. პასიური დაცვის დროს მილსადენის გარე ზედაპირზე დააქვთ დამცავი ენა - იზოლაცია. აქტიური დაცვის დროს თავიდან იცილებენ კოროზიის გამომწვევ მიზეზებს.

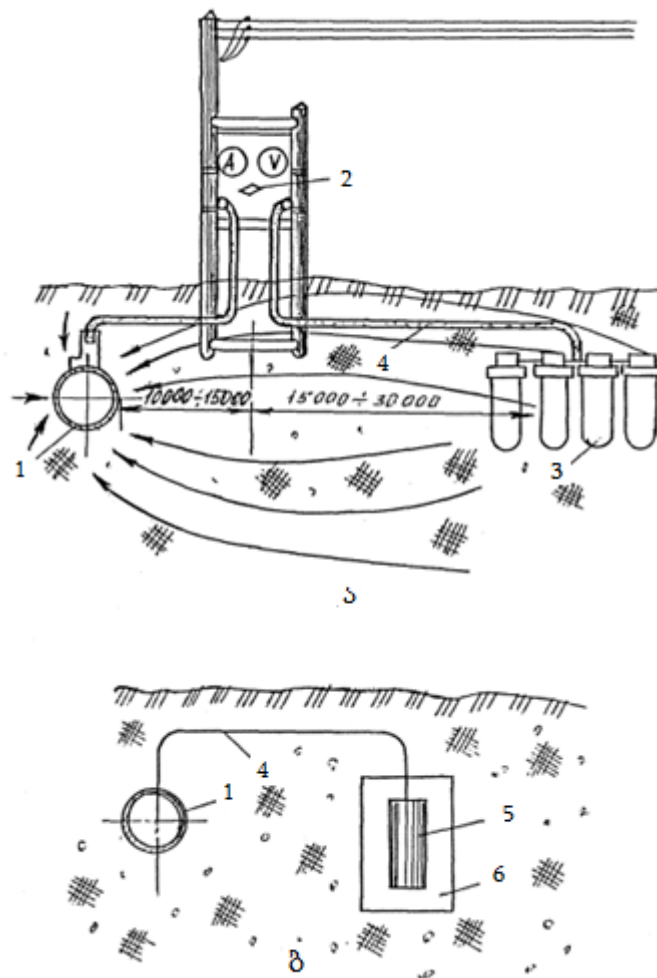
კათოდური დაცვა (ნახ. 1.31) ითვალისწინებს მილსადენზე სპეციალური დანადგარების მეშვეობით გარე ელექტრული ველის შემქნას, რომელიც მილის ზედაპირზე წარმოქმნის კათოდურ პოტენციალს. ასეთი დაცვის დროს კოროზიულად იშლება ანოდი 3, რომელიც დამზადებული ელექტრო გამტარი მასალისაგან და მიერთებულია დასაცავ მილსადენზე 1.

პროტექტორული დაცვისას დასაცავ მილსადენს 1 უერთებენ ლითონის პროტექტორს 5 (ანოდის ელექტროდი), რომელსაც გააჩნია უფრო დაბალი ელექტროპოტენციალი ვიდრე

მილსადენის ლითონს. პროტექტორული დაცვის გამოყენებისას მილსადენი ღებულობს კათოდის პოლარობას, პროტექტორი - ანოდის პოლარობას.

დამცავ საშუალებებს ირჩევენ გრუნტის კოროზიული აქტივობის მონაცემების (გრუნტების აგრესიულობა ფოლადის მილების მიმართ) და ასევე ტექნიკურ - ეკონომიკური დასაბუთების საფუძველზე. გრუნტების კოროზიული აქტივობა მისი შედგენილობის მიხედვით შეიძლება იყოს დაბალი, საშუალო და მაღალი. ქვიშოვანი გრუნტი, თუ ის არ არის ქიმიურად გაჭუჭყიანებული, მიეკუთვნება დაბალი კოროზიული აქტივობის გრუნტს, დამარილებული და თიხოვანი კირის (კირქვის) მინარევებით - საშუალოს, ტორფი და შავი ნიადაგი - მაღალს.

ნიადაგის კოროზიისაგან პასიური დაცვის ყველაზე გავრცელებული ხერხი არის მილსადენებზე საიზოლაციო დაფარვის დატანა. ჩვეულებრივ გამოიყენება დაფარვა უვარგისი ბითუმებისაგან შემავსებელით, პოლიქლორიდული მწეპავი და პოლიეთილენის სტაბილიზირებული ჭვარტლის ლენტებით.



ნახ. 1.31. დამცავი დანადგარის სქემა:

ა - კათოდური, ბ - პროტექტორული; 1 - მილსადენი, 2 - კათოდური ქსელური სადგური, 3 - ანოდური დამიწება, 4 - შემაერთებელი გამტარი, 5 - პროტექტორი, 6 - შემავსებელი.

გრუნტის კოროზიული აქტივობის ხარისხის მიხედვით გამოიყენებენ ნორმალურ ან გაძლიერებულ საიზოლაციო საფარს (ცხრ. 1.3). იმისათვის, რომ ბითუმის საფარი მჭიდროდ მიეწე-

პოს მილსადენის ზედაპირს, მას იზოლაციის დაფარვის წინ წმინდავენ ჟანგის, მიწის, მტვერის წყლისაგან, ყველაფრისაგან რაც ექვემდებარება გაწმენდას. გაწმენდილ ზედაპირს, რომელსაც გააჩნია ნაცრის (ლითონის) ფერი, მაშინვე გრუნტავენ. წებვადობის გასაძლიერებლად გრუნტს დაიტანებენ მშრალ ზედაპირზე, თანაბრად, ჩამონადენებისა და ბუმტულების გარეშე.

ცხრილი 1.3.

საიზოლაციო საფარის ტიპი და კონსტრუქცია

დაფარვის ტიპი	დაფარვის კონსტრუქცია	დაუცავი შემონახვევის საფარის სისქე, მმ, არა უმეტეს	იზოლაციის გამოყენება
ნორმალური			
პოლიმერული ლენტებიდან	გრუნტი, მწეპავი პოლიმერული ლენტა 1 ფენა, დამცავი შემონახვევი	0,35	მილსადენებისათვის, რომლებიც იწყობა დაბალ და საშუალო კოროზიული აქტიობის გრუნტში
ბითუმური	ბუთუმის გრუნტი, ბითუმ - რეზინის მასტიკის ფენა 3 მმ, მინაქსოვილის 1 ფენა, დამცავი შემონახვევი	4,00	
გაძლიერებული			
პოლიმერული ლენტებიდან	გრუნტი, მწეპავი პოლიმერული ლენტა 2 ფენა, დამცავი შემონახვევი	0,65	მილსადენებისათვის, რომლებიც იწყობა მაღალი კოროზიული აქტიობის გრუნტში; რ/გ და საავტომობილო გზების გადაკვეთის უბნებზე; მდინარეებზე, ჭაობებზე და ა. შ. გადასვლისას
ბითუმური	ბითუმის გრუნტი, ბითუმ - რეზინის მასტიკის ფენა 2-3 მმ, მინაქსოვილის 1 ფენა, ბითუმ - რეზინის მასტიკის ფენა 2-3 მმ, მინაქსოვილის 1 ფენა, დამცავი შემონახვევი		
ბითუმური	ბითუმის გრუნტი, ბითუმ - რეზინის მასტიკის ფენა 5-6 მმ, მინაქსოვილის 1 ფენა, დამცავი შემონახვევი		

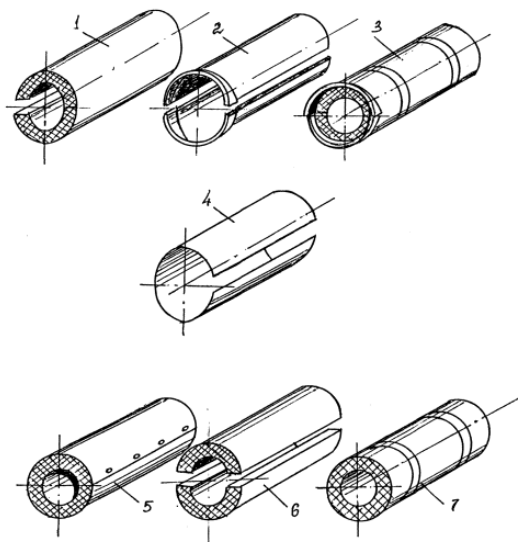
შენიშვნა: 1) დასაშვებია სხვა საიზოლაციო დანაფარების გამოყენება (ეპოქსიდურის, ქვანახშირის, სილიციუმორგანული და სილიკატური ემალის), რომლებსაც გააჩნია საჭირო უწყვეტობა, ადგეზია და მექანიკური სიმტკიცე; 2) ბითუმური დანაფარების სისქის დასაშვები გადახრა 4 მმ-მდე არ უნდა აღემატებოდეს 0,3 მმ-ს; 4 მმ-ზე მეტი - 0,5 მმ-ს.

1.3.2.5. მილსადენების თბური იზოლაცია

ტექნოლოგიური მილსადენების თბური იზოლაცია გამოიყენება ცხელი და ცივი ზედაპირების დასაცავად სითბოს დანაკარგებისაგან, ტრანსპორტირებადი ნივთიერების ტემპერატურის შენარჩუნების, გამყარების, კონდენსაციის თავიდან აცილებისათვის, დამწვრობისაგან დაცვისათვის (თუ მილსადენის ტემპერატურა აღემატება 60°C, იმ ადგილებში სადაც შესაძლოა პერსონალის ყოფნა). თბური იზოლაცია გამოიყენება სათავსოებში და გვირაბებში გამავალ მილსადენებისათვის, თუ მილში გამავალი ნივთიერების ტემპერატურა 45°C და მეტი.

მილსადენების თბური იზოლაციისათვის ფართოდ გამოიყენება ტიპური დეტალები, ქარხნული წესით დამზადებული სრულად ასაკრეფი და დაკომპლექტებული თბოსაიზოლაციო კონსტრუქციები, რომლებიც საშუალებას იძლევიან მონტაჟის ინდუსტრიული მეთოდების გამოყენებისა. დეტალები და კონსტრუქციები მზადდება სხვადასხვა თბოსაიზოლაციო მასალებისაგან (მინერალური ბამბა, დიატომიტი, პერლიტი, ასბესტი, მინაცემენტი, მინაპლასტიკი, უჯრედოვანი მასალები).

მილების იზოლაციისათვის იყენებენ დაკომპლექტებულ და სრულად ასაწყობ ნაკეთობებს (ნახ. 1.32): ცილინდრებს, ნახევარცილინდრებს, ფილებს სხვადასხვა თბოსაიზოლაციო მასალებიდან (მინერალური ბამბა, დიატომიტი, პერლიტი). იზოლაციის დასაფარავად იყენებენ გარსაცმს ფურცლოვანი ლითონისაგან, ასბესტოცემენტისაგან, მინაცემენტისაგან, მინაპლასტიკისაგან. გავრცელებულია ნაკეთობები მინერალური ბამბისაგან, რომლის ტემპერატურული მგრადობა არა ნაკლებია 600°C. მინერალური ბამბის ცილინდრები დამზადებული სინტეტიკურ შემკვრელზე გამოიყენება მილსადენების თბური იზოლაციისათვის დიამეტრით 25 მმ - დან 219 მმ - მდე, სიგრძით 500 მმ - დან 1500 მმ - დე საიზოლაციო ზედაპირის ტემპერატურისას - 30°C-დან + 300°C - მდე.



ნახ. 1.32. სრულად ასაკრეფი თბოსაიზოლაციო კონსტრუქციები:

1 - მინერალური ცილინდრი; 2 - ასბესტოცემენტის ნახევარცილინდრი; 3 - სრულად ასაკრეფი კონსტრუქცია მინერალური ბამბის ცილინდრისაგან და ასბესტოცემენტის ნახევრად ცილინდრებისაგან;

4 - ლითონის გარსაცმი; 5 - სრულად ასაკრეფი კონსტრუქცია მინერალური ბამბის ცილინდრის და საფარისაგან შეკრულს თვითსაჭრელი ხრახნით; 6 - ხისტი ნახევარცილინდრები; 7 - სრულად ასაკრეფი კონსტრუქცია ნახევარცილინდრებისაგან დაფარულს აფსკით, დამაგრებულს ფოლადის სარტყელებით.

1.3.2.6. დამონტაჟებული მილსადენების მიღება და ტექნიკური შემოწმება.

მილსადენის უბნის მონტაჟის ან რემონტის დამთავრების შემდეგ წარმოებს მისი მიღება ჩაბარება. ამისათვის ამოწმებენ:

- ყველა სამონტაჟო სამუშაოების შესრულების სისწორეს და მათ თანხვედრას პროექტებთან, შედუღების ხარისხის კონტროლის და თერმული დამუშავების ჩათვლით, შესაბამისობას დაყენებული არმატურის ტიპისა და პროექტში შერჩეულთა შორის, არმატურის და მისი დისტანციური ამძრავის მონტაჟის სისწორეს, არმატურის დახურვის და გახსნის სიმსუბუქეს;
- შტუცერების, ჩამოსასხამი ხაზების, ჰაერის გამშვების, დრენაჟის დაყენების და განლაგების სისწორეს და დასრულებას;
- გადახურვის და კედლების გადაკვეთის ადგილებში პარალელურად გაყვანილი მილსადენების, მილსადენებისა და სამშენებლო კონსტრუქციებს შორის დაცილების არსებობას და მის სიდიდეს; ძნელად მისადგომ ადგილებში დაყენებული არმატურის მომსახურებისათვის კიბეების და ბაქნების არსებობას;
- სამონტაჟო ტექნიკური დოკუმენტაციის არსებობას და გაფორმების სისწორეს;

ჩაბარებას აწარმოებს საქმეთა მწარმოებელი დამკვეთის წარმომადგენელთან ერთად. დამონტაჟებული მილსადენის ტექნიკური დამოწმების დროს ამოწმებენ სამონტაჟო ტექნიკურ დოკუმენტაციას, აწარმოებენ მილსადენის გარე დათვალიერებას და ჰიდრაულიკურ გამოცდას. გარე დათვალიერებისას ამოწმებენ მილსადენის მზადყოფნას შემოწმებისათვის.

მილსადენების ტექნიკური შემოწმებას IV კატეგორიის ცხელი წყლის და ორთქლის მილსადენების ჩათვლით აწარმოებს სამონტაჟო უბნის ხელმძღვანელობა დამკვეთის ტექნიკური ზედამხედველობის წარმომადგენლის მონაწილეობით.

I კატეგორიის პირობითი გასასვლელით 70 მმ-ზე მეტი, II და III კატეგორიის პირობითი გასასვლელით 100 მმ-ზე მეტი ცხელი წყლის და ორთქლის მილსადენების (რომლებზეც ვრცელდება სახელმწიფო ტექნიკური ზედამხედველობის მოთხოვნები) შემოწმებას ახორციელებს ადგილობრივი სახელმწიფო ტექნიკური ზედამხედველობის სამმართველოს ინჟინერ-კონტროლიორი.

1.3.2.7. მილსადენების გამოცდის მეთოდები და საცდელი წნევა

ყველა ტექნოლოგიური მილსადენები მონტაჟის შემდეგ ექსპლუატაციაში გაშვების წინ გადის შემოწმებას გამძლეობაზე და სიმჭიდროვეზე. განსაკუთრებულად საპასუხისმგებლო მილსადენები გარდა გამოცდისა გამძლეობაზე და სიმჭიდროვეზე მოწმდებიან ასევე ჰერმეტიულობაზე.

გამოცდისას გამძლეობაზე მილსადენში წარმოქმნიან მუშა წნევაზე მეტ წნევას. ამ დროს მილსადენის კონსტრუქციაში წარმოიქმნება მომატებული დამაბულობა (ძალეები), რომლებიც ამჟღავნებენ დეფექტურ ადგილებს.

გამოცდისას სიმჭიდროვეზე მილსადენში ქმნიან მუშა წნევას, რომლის დროსაც აწარმოებენ მის დათვალიერებას და შემორტყმას (კაკუნს) სისტემის შემჭიდროების დარღვევის აღმოჩენის მიზნით (გამჭოლი ბზარების, ხვრეტების და ა.შ სახით). ჰერმეტიულობაზე გამოცდისას მილსადენში ჰაერით ან ინერტულ აირით ქმნიან მუშა წნევას, რომელიც უნდა შენარჩუნდეს არა

ნაკლები 12 საათისა. ამავდროულად მანომეტრის მეშვეობით ზომავენ წნევის ვარდნის სიდიდეს, რომლის მიხედვით მსჯელობენ სისტემის ჰერმეტიულობის შესახებ. გამოცდის ეს ხერხი საშუალებას იძლევა გამოვავლინოთ შემჭიდროების უმცირესი ხარვეზები.

მილსადენების გამოცდას გამძლეობაზე (სიმტკიცეზე) და სიმჭიდროვეზე ჩვეულებრივ ატარებენ ჰიდრავლიკური ან პნევმატური ხერხით, ჰერმეტიულობაზე გამოცდას კი მხოლოდ პნევმატური ხერხით. გამოცდისას სიმტკიცეზე და სიმჭიდროვეზე უპირატესობას ანიჭებენ ჰიდრავლიკურ ხერხს, როგორც უფრო უსაფრთხოს. პნევმატურ ხერხს იყენებენ შემდეგ შემთხვევებში: როცა საყრდენი კონსტრუქციები ან აირსადენი არ არის გათვალისწინებული მისი წყლით შევსებაზე; თუ გარე ტემპერატურა უარყოფითია და არის სამიშროება სისტემის გაყინვისა; ჰიდრავლიკური ხერხის გამოყენება დაუშვებელია ან შეუძლებელია ტექნოლოგიური ან სხვა მოსაზრებების გამო.

გამოიცდება მხოლოდ მთლიანად დამონტაჟებული მილსადენები ან ცალკეული უბნები, შესრულებული სამონტაჟო სქემის შემოწმების, გარე დათვალიერებისა და დამკვეთის ნებართვის მიღების შემდეგ. მილსადენების პნევმატური ხერხით სიმტკიცეზე გამოცდა არ შეიძლება ჩატარებული იყოს მომქმედ საამქროებში, ესტაკადებზე და არხებში სადაც ჩაწყობილი არის სხვა მოქმედი მილსადენები.

გამოცდის სახეს და ხერხს, გამოცდის წნევის მნიშვნელობას (სიდიდეს) უჩვენებენ პროექტში თითოეული მილსადენისათვის. ასეთი მითითებების არ არსებობის შემთხვევაში გამოცდის ხერხს (ჰიდრავლიკური თუ პნევმატური) ირჩევს სამონტაჟო ორგანიზაცია და უთანხმებს დამკვეთს. გამოცდის სახე და წნევის სიდიდის მნიშვნელობა მიიღება შესაბამისი სამშენებლო წესებისა და ნორმების მითითების ან სახელმწიფო ტექნიკური ზედამხედველობის წესების მიხედვით. საცდელი წნევა ფოლადის ტექნოლოგიურ მილსადენებისათვის სიმტკიცეზე და სიმჭიდროვეზე, როგორც ჰიდრავლიკური ასევე პნევმატური ხერხების გამოყენების დროს მოყვანილია ცხრილში 1.4.

ცხრილი 1.4.

საცდელი ჭარბი წნევა ფოლადის ტექნოლოგიურ მილებისათვის

მილსადენის სახე და მისი პარამეტრები	სიმტკიცეზე და სიმჭიდროვეზე, მპა	ჰერმეტიულობაზე წნევის ვარდნის განსაზღვრით, მპა
მილსადენები აბსოლუტური წნევით 0,095 მპა-დან ჭარბ მუშა წნევამდე 0,5 მპა გარემოს ტემპერატურისას 400°C - მდე	1,50 $P_{მუშ}$ მაგრამ არა ნაკლები 0,2-სა	$P_{მუშ}$
მილსადენები მუშა გარემოს ტემპერატურით 400°C-ზე მეტი მუშა წნევისაგან დამოუკიდებლად	1,50 $P_{მუშ}$ მაგრამ არა ნაკლები 0,2-სა	$P_{მუშ}$
მილსადენები ცხელი წყლისა და ორთქლისათვის	1,25 $P_{მუშ}$	-
მილსადენები საწვავი, ტოქსიკური და თხევადი აირებისათვის მუშა წნევით მპა:		
ჭარბი 0,005 - მდე	-	0,02
0,0051 -დან ჭარბ 0,05 - მდე	-	$P_{მუშ} + 0,03$
0,051 - დან 0,1 - დე		$P_{მუშ}$ მაგრამ არა ნაკლები 0,85-სა
0,001-დან აბსოლუტურ 0,95 -მდე (ვაკუუმი)	0,2	0,1

მილსადენზე რუხი თუჯისაგან არმატურის არსებობისას პნევმატური გამოცდა სიმტკიცეზე დასაშვებია წნევით არა უმეტესი 0,4 მპა მიუხედავად მილსადენის დიამეტრისა.

შესაძლებლობის მიხედვით გამოცდა უნდა ჩატარდეს მთლიან მილსადენს. თუ გამოცდა უტარდება მილსადენის ცალკეულ უბნებს მის დაყოფას აწარმოებს სამონტაჟო ორგანიზაცია, საჭირო მოთხოვნების შესაბამისად.

როგორც წესი, დამონტაჟებულ მილსადენს ცდიან მის იზოლაციამდე, ვინაიდან იზოლაციის ქვეშ ვერ ხერხდება რაიმე დეფექტის აღმოჩენა. დასაშვებია მილსადენის გამოცდა დამზადებულ უნაკერო მილებისაგან ან წინასწარ დამზადებული და გამოცდილი ბლოკებისაგან, მიუხედავად მილის ტიპისა დატანილი თბური ან ანტიკოროზიული დანაფარით, იმ პირობით, რომ შედუღებული სამონტაჟო პირიპირები და შეერთებები მილტუჩების გამოყენებით, რჩება არაიზოლირებული და მიღწევადი დათვალიერებისათვის. ცხელი წყლისა და ორთქლის მილსადენებს, რომლებიც ექვემდებარებიან სახელმწიფო ტექნიკურ კონტროლს, ცდიან იზოლაციის დატანით (გარდა შედუღებული და მილტუჩებით შეერთებული პირიპირებსა) ადგილობრივი სახელმწიფო ტექნიკური ზედამხედველობის ორგანოების ნებართვის მიღების შემდეგ.

ცხელი წყლისა და ორთქლის მილსადენებს ცდიან მხოლოდ ჰიდრაულიკური ხერხით.

1.3.2.8. მილსადენების დამცავი და საცნობი შეფერვა

მილსადენების გარე ზედაპირს ეღებენ კოროზიისაგან დასაცავად. შეფერილობა შეიძლება იყოს სხვადასხვანაირი და დამოკიდებულია მილსადენის გაყვანის ადგილზე, თბური იზოლაციის არსებობაზე და ტრანსპორტირებადი პროდუქტის ტემპერატურაზე

დამცავი შეღებვა უნდა გააჩნდეს ყველა ზედაპირულად გაყვანილ მილსადენებს ნახშირბადოვანი ფოლადისაგან თბური დანაფარით, გარსაცმით თუ მის გარეშე, გაყვანილს როგორც გარეთ ასევე სათავსოში. გამონაკლისს წარმოადგენენ იზოლირებული მილსადენები დაფარული ასბოცემენტის ბათქაშით, ასბოცემენტის დაფორმირებულ ნაკეთობებით, და ასევე რომლებსაც გააჩნია გარსაცმი კოროზიულად მგრადი ლითონებისაგან (ალუმინი, მოთუთიებული რკინა და ა.შ.).

მილსადენები იღებენ ზეთოვანი საღებავებით, ემალებით და ლაქებით (პერქლორვინილის, ეპოქსიდური). გამოიყენება ასევე ლითონური დაფარვის ხერხი ალუმინით, თუთიით და სხვა დამცავი საშუალებებით მილსადენის მუშაობის პირობების მიხედვით. მილსადენები, რომლებიც გაყვანილია გაუვალ არხებში, არაიზოლირებული და თბური იზოლაციის მქონე, მილის ზედაპირის მუშა ტემპერატურისას 25°C-მდე იღებენ ბითუმის ლაქით. ზედაპირის უფრო მაღალი ტემპერატურისას ასეთი მილსადენები არ იღებენ.

გარდა დამცავი შეღებვისა ყველა ტექნოლოგიურ მილსადენებს უნდა გააჩნდეს საცნობარო შეფერილობა. მილსადენების საცნობარო შეფერილობას (ГОСТ 14202-69; EN 1089-3; ИСО 3166 004-97), გამაფრთხილებელ ნიშნებს და მარკირების ფირფიტებს გამოიყენებენ იმისათვის რომ მიუთითონ მილსადენში გამავალი ნივთიერება (ცხრ. 1.5).

ხანძარსაწინააღმდეგო მილსადენები მიუხედავად მასში გამავალ ნივთიერებისა (წყალი, ქაფი, აირი, ორთქლი) იღებენ მთლიანად წითელ ფერში, ჩამკეტ - მარეგულირებელი არმატურის ჩათვლით.

მილსადენის შეღებვა განსხვავებულ ფერებში შეიძლება იყოს მთლიანი მთელ ზედაპირზე ან ცალკეულ მონაკვეთებზე სარტყელების სახით სიფართით არა ნაკლები მილსადენის სამი დიამეტრის სიფართისა. საცნობარო სარტყელები უბნების შეღებვისას დაიტანება მილსადენის ყველაზე მნიშვნელოვან ადგილებში (განშტოებებთან, ფლანეცებთან,

ცხრილი 1.5

საცნობი შეფერვა

მილსადენში ტრანსპორტირებადი ნივთიერება	მილსადენის შეფერვის ფერი
წყალი	მწვანე
ორთქლი	წითელი
ჰაერი	ლურჯი
აირები წვადი და არაწვადი	ყვითელი
მჟავები	ნარინჯისფერი
ტუტები	იასამნისფერი
სითხეები წვადი და არაწვადი	ყავისფერი
სხვა ნივთიერებები	ნაცრისფერი

სინძის ამღებ ადგილებთან, არმატურებთან და საკონტროლო - საზომ ხელსაწყოებთან, მილის კედელში, გადახურვებში და გადამღობ კონსტრუქციებში გასვლის ადგილებთან) ყოველ (არა ნაკლები) 10 მეტრში საწარმოო დანიშნულების სათავსოებში და გარე დანადგარებზე, და 30-60 მ-ში გარე მაგისტრალურ ხაზებზე. ტრანსპორტირებადი ნივთიერების მნიშვნელოვანი თვისებების აღსანიშნავად მილსადენებზე დააქვთ გამაფრთხილებელი სასიგნალო რგოლები: წითელი ფერის - ადვილად აალებადი, ცეცხლსაშიში და ამფეთქადი ნივთიერებების აღსანიშნავად; ყვითელი ფერი - საშიში და მავნე (მომწამლავი, ტოქსიკური, ქიმიური ან თერმული დამწვრობის გამომწვევი, მაღალი წნევის ან ვაკუუმის ქვეშ მყოფი) ნივთიერებების აღსანიშნავად; მწვანე - უსაფრთხო და ნეიტრალური ნივთიერებებისათვის. მილსადენში ტრანსპორტირებადი ნივთიერების ადამიანების ჯამრთელობის ან წარმოების ექსპლუატაციისათვის საშიშროების ხარისხის მიხედვით მილსადენზე დაიტანება რგოლების სხვადასხვა რაოდენობა - ერთიდან სამამდე.

ნივთიერების სახის და მისი პარამეტრების დამატებითი აღნიშვნისათვის, რომლებიც საჭიროა ექსპლუატაციის პირობების მიხედვით, გამოიყენებენ ასოებითა და ციფრებით წარწერებს, რომლებიც დააქვთ უშუალოდ მილსადენზე ან სპეციალურ მარკირებას ფირფიტებზე და ასევე კონსტრუქციების ზედაპირზე, რომლებზეც მიმაგრებულია მილსადენი.

ნაკადის მიმართულებას უჩვენებენ მარკირების ფირფიტის მახვილი წვერით ან ისრით, რომელიც დააქვთ უშუალოდ მილსადენზე.

მილსადენების აღსანიშნავად, რომელშიც გადის ადამიანის სიცოცხლისათვის ან წარმოების ექსპლუატაციისათვის განსაკუთრებულად საშიში ნივთიერება, და ასევე საშიშროების კონკრეტიზაციის აუცილებლობისას გარდა ფერადი რგოლებისა დამატებით დააქვთ გამაფრთხილებელი ნიშნები სამკუთხედი ფორმისა შავი ფერის გამოსახვით ყვითელ ფონზე. ასეთი ნიშნები შეიძლება დამზადებული იყოს ფურცლოვან ფოლადის, პლასტმასის, დაპრესილი მუ-

ყოსა და ხისაგან. მათ კიდებენ მილსადენზე ან ამაგრებენ კონსტრუქციებზე, რომელზეც მიმაგრებულია მილსადენი. ყველა საწარმოო სათავსოში, სადაც გადის მილსადენი, თვალსაჩინო ადგილებზე ათავსებენ მილსადენების საცნობარო შეფერილობის სქემებს, გამაფრთხილებელი ნიშნებისა და სხვა პირობითი აღნიშვნების განმარტებით, რომლებიც გამოყენებულია მილსადენების მარკირებისათვის.

1.3.2.9. მილსადენების ექსპლუატაციაში მიღება - ჩაბარება

მილსადენების მიღება - ჩაბარების წინ საბოლოოდ ამოწმებენ ყველა სამშენებლო, სამონტაჟო და სპეციალური სამუშაოების დასრულებას და შესრულებულ სამუშაოების სამონტაჟო ტექნიკური დოკუმენტაციის არსებობას.

ტექნოლოგიურ მილსადენებს უშვებენ ექსპლუატაციაში იმ საწარმოო დანადგარებთან, აგრეგატებთან, საამქროებთან და სხვა ობიექტებთან ერთად, რომლებსაც ისინი მიეკუთნებიან. საამქროთაშორისო მილსადენები, რომლებიც ემსახურება რამოდენიმე ობიექტს შეიძლება ჩაბარებული იყოს დამოუკიდებლად ყველა მისთვის განკუთვნილი სამშენებლო, სამონტაჟო და სპეციალური სამუშაოების დასრულების შემდეგ. 10 მპა-მდე პირობითი წნევით ტექნოლოგიური მილსადენების ექსპლუატაციაში ჩაბარებისას სამონტაჟო ორგანიზაცია ვალდებულია წარმოადგინოს შემდეგი ტექნიკური დოკუმენტაცია: მილსადენის შიგა გაწმენდის შემოწმების აქტი; პასპორტები დაყენებულ არმატურაზე და მილსადენური არმატურის გამოცდის აქტები (თუ ისინი იყო ჩატარებული: პატრონების (გარსაცემების) ჩაწყობის აქტი, შედუღებითი სამუშაოების ჟურნალი (I და II კატეგორიის მილსადენებისათვის); მილსადენების სიმტკიცეზე და სიმჭიდროვეზე გამოცდის აქტები; მილსადენების გამორეცხვის და დაბერვის აქტები; მილსადენების დამატებითი სიმტკიცეზე პნევმატური გამოცდის აქტი; აქტი ტრანშეისა და საყრდენი კონსტრუქციების მიღების ჩაწყობისათვის მზადყოფნის შესახებ; დასკვნა შედუღებული შეერთებების ხარისხის შესახებ; შედუღებული ნიმუშების მექანიკური გამოცდის პროტოკოლები; სერტიფიკატები მიღებზე და შემადუღებელ მასალებზე; მილსადენის შედუღებაში მონაწილე შემდუღებლების სია, მოწმობის ნომრებისა და დაღის ჩვენებით; მილსადენების შესასრულებელი სქემები (I კატეგორიის მილსადენებისათვის); აქტები კომპენსატორების წინასწარი გაჭიმვის (კუმშვის) შესახებ.

ცხელი წყლისა და ორთქლის მილსადენების რეგისტრაციისათვის სამონტაჟო ორგანიზაციამ უნდა წარადგინოს სახელმწიფო ტექნიკური ზედამხედველობის ადგილობრივ ორგანოებში: მილსადენის პასპორტი, რომეშიც მოყვანილია მონაცემები მის მახასიათებლების შესახებ, მუშა პარამეტრები, შემოწმების შედეგები და სხვა; მოწმობა მილსადენის კვანძების დამზადების ხარისხის შესახებ, მოწმობა მილსადენის მონტაჟის ხარისხის შესახებ; მილსადენის აქსონომეტრიული სქემა.

1.4. კომპენსატორები

1.4.1. მილსადენების თბური დაგრძელების კომპენსაცია

ექსპლუატაციის პროცესში მილსადენები იცვლიან თავის ტემპერატურას ტრანსპორტირებადი ნივთიერების და გარემოს ტემპერატურის ცვლილებების გამო. მილსადენის კედლის ტემპერატურის ცვლილება იწვევს მისი სიგრძის ცვლილებას. მილსადენის სიგრძის ცვლილების კანონი გამოისახება განტოლებით

$$\Delta = \alpha \cdot l \cdot (t_{\beta} - t_{\gamma}) \quad (1.5)$$

სადაც Δ - მილსადენის დაგრძელება ან დამოკლება;

α - მილის ლითონის წრფივი დაგრძელების კოეფიციენტი (ფოლადის მილებისათვის $\alpha = 0,000012 \text{ 1/}^{\circ}\text{C}$);

l - მილსადენის სიგრძე;

t_{β} - მილის ჩაწყობის ტემპერატურა;

t_{γ} - გარემოს ტემპერატურა.

თუ მილსადენის ბოლოები ხისტად არის ჩამაგრებული, ტემპერატურის გავლენის შედეგად მასში წარმოიქმნება გაჭიმვის ან კუმშვის თერმული დაძაბულობა, რომლის სიდიდე დგინდება ჰუკის კანონით

$$\sigma_{at} = \pm E \cdot \frac{\Delta}{l} = \pm E \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad (1.6)$$

სადაც E - მილის მასალის დრეკადობის მოდული (ფოლადისათვის $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ კგ/სმ}^2 = 2,1 \cdot 10^5 \text{ მპა}$). ეს ძაბვები (ძალები) იწვევენ მილის ჩამაგრების წერტილებში ძალებს, რომელიც მიმართულია მილსადენის ღერძის გასწვრივ, არ არის დამოკიდებული მის სიგრძეზე და უდრის

$$N = \sigma_{at} \cdot F \quad (1.7)$$

სადაც σ_{at} - ტემპერატურის ცვლილების გამო მილში წარმოქმნილი გაჭიმვის და კუმშვის დაძაბულობა (ძალვა);

F - მილის მასალის ცოცხალი კვეთის ფართობი.

N -ს მნიშვნელობა შეიძლება იყოს ძალიან დიდი და გამოიწვიოს მილსადენის, არმატურის, საყრდენების რღვევა, დააზიანოს დანადგარები (ტუმბოები, ფილტრები და ა.შ.) და რეზერვუარები.

მიწისქვეშა მილსადენების სიგრძის ცვლილება დამოკიდებულია როგორც ტემპერატურის მერყეობაზე ასევე მილის გრუნტზე ხახუნის ძალაზე, რომელიც ეწინააღმდეგება მილის დაგრძელებას (შემოკლებას).

თუ თერმული დაძაბულობიდან წარმოშობილი ძალები არ არიან დამოკიდებული მილის სიგრძეზე, მილის გრუნტზე ხახუნის ძალა პირდაპირპროპორციულია მილის სიგრძისა. არსებობს ისეთი სიგრძე, რომელზეც ხახუნის ძალას შეუძლია გაათანაბროს თერმული დაძაბულობიდან წარმოქმნილი ძალა. ამ შემთხვევაში მილსადენი არ შეიცვლის თავის სიგრძეს. უფრო მოკლე უბანზე მილსადენების გადაადგილდება გრუნტში. ასეთი უბნის ზღვრული

სიგრძე l_{max} , რომლის ფარგლებში შესაძლებელია გრუნტში მილის გადაადგილება, განისაზღვრება განტოლებით

$$l_{max} = \frac{\alpha \cdot E \cdot (t_{\beta} - t_{\beta}) \cdot \delta}{k \cdot \mu} \quad (1.8)$$

სადაც δ - მილის კედლის სისქე, სმ;

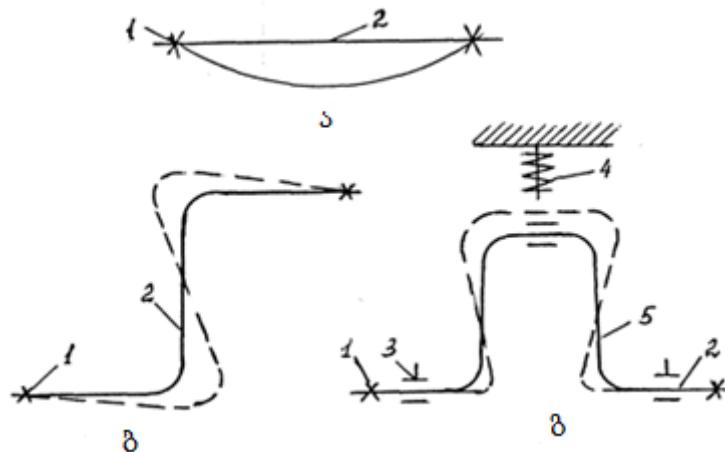
k - გრუნტის დაწოლის ზალა მილის ზედაპირზე, კგ/სმ²;

μ - მილის გრუნტზე ხახუნის კოეფიციენტი.

1.4.2. კომპენსატორების სახეები.

დამატებითი დატვირთვებისაგან (რომლებიც წარმოიშობა ტემპერატურის ცვლილების დროს) მილსადენების დაცვისათვის ისინი გეგმარდებიან და კონსტრუქციულად მზადდებიან ისე, რომ შეეძლებელი იყოს თავისუფალი დაგრძელება გათბობისას და დამოკლება გაციებისას მილსადენის მასალის და შეერთებების გადამეტაბვის გარეშე. მილსადენის დეფორმაციის თვისებას მილსადენის მასალის დასაშვები ძალების ფარგლებში ეწოდება თბური დაგრძელების კომპენსაცია.

მილსადენების თვისებას კომპენსაცია გაუკეთოს თბურ დაგრძელებას მისი კონფიგურაციის და ლითონის რეკადი თვისებების ხარჯზე, მილსადენზე დაყენებული სპეციალური მოწყობილობების გარეშე, ეწოდება თვითკომპენსაცია (ნახ. 1.33). თვითკომპენსაცია ხორციელდება იმის ხარჯზე, რომ გარდა პირდაპირი მონაკვეთებისა უძრავ საყრდენებს 1-ს შორის არსებობს მოხვევები ან სარინები (ნაღუნი). ორ სწორხაზოვან მონაკვეთებს შორის არსებული მოხვევა უზრუნველყოფს დაგრძელების მნიშვნელოვანი ნაწილის კომპენსაციას, კონსტრუქციის ელასტიურობის ხარჯზე. დარჩენილი ნაწილი კომპენსაციას განიცდის სწორი უბნების ლითონის დრეკადი თვისებების ხარჯზე.



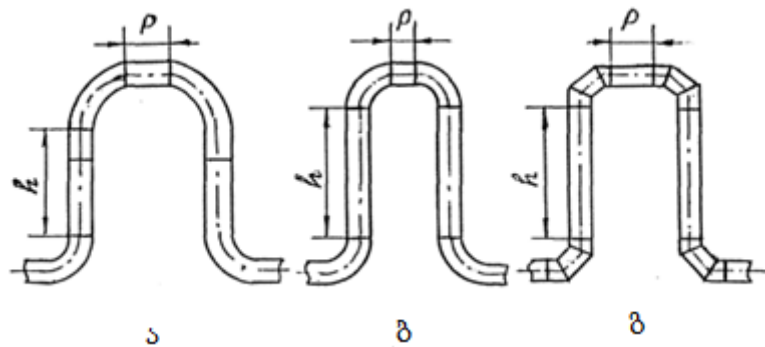
ნახ. 33. მილსადენების დეფორმაცია და მათი კომპენსაცია:

- ა). - მილსადენი კომპენსატორის გარეშე; ბ). - თვითკომპენსაცია Z-სებური მილსადენისა;
- გ). - მილსადენი II-სებური კომპენსატორით. 1. - უძრავი საყრდენი, 2. - მილსადენი, 3. მოძრავი საყრდენი, 4. - ზამბარული დაკიდება, 5. - II-სებური კომპენსატორი.

კონსტრუქციისა და მუშაობის პრინციპის მიხედვით კომპენსატორები შეიძლება იყოს **II - სებური, ლინზური, ჩობალისებური და ტალღოვანი**.

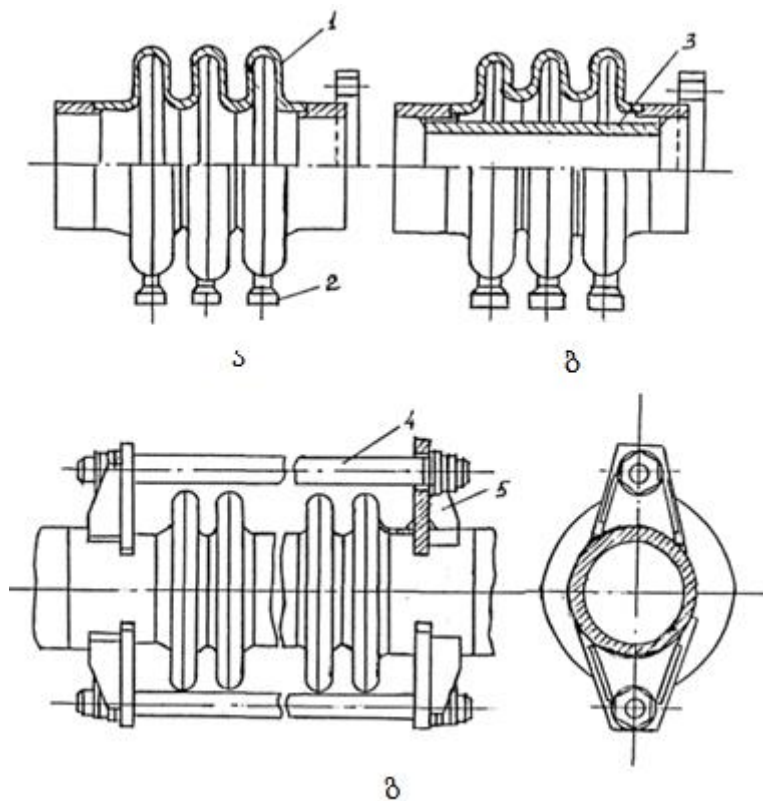
II - სებურ კომპენსატორებს ახასიათებს მაღალი კომპენსირების თვისებები (700 მმ-მდე). ფართოდ გამოიყენება ტექნოლოგიური მილსადენების ზედაპირის გაყვანის დროს, მიუხედავად მისი დიამეტრისა. ასეთი კომპენსატორების უპირატესობა არის მისი დამზადების და ექსპლუატაციის სიმარტივე. უარყოფითი მხარეა - მომატებული ჰიდრავლიკური წინაღობა, მილების დიდი ხარჯი, დიდი ზომები და დამატებითი საყრდენი კონსტრუქციების აგების აუცილებლობა. II - სებური კომპენსატორები მზადდება მოღუნული, მკვეთრად მოღუნული და შედუღებული სარინებისაგან (ნახ. 1.34). ზურგის P უბნის და სწორ ხაზოვანი უბნის თანაფარდობის მიხედვით კომპენსატორებს გააჩნია სხვადასხვა კომპენსირების უნარი.

ლინზური კომპენსატორები (ნახ. 1.35) შედგება მილსადენზე რამდენიმე თანმიმდევრულად დაყენებული ლინზისაგან. შედუღებული კონსტრუქციის ლინზა შედგება ორი თხელკედლიანი ტვიფრული ნახევარლინზისაგან 1 და მისი ფორმის გამო ადვილად იკუმშება. კომპენსირების უნარი თითოეული ლინზისა შედარებით მცირეა (5 – 8 მმ). ლინზების რაოდენობას არჩევენ საჭირო კომპენსირების მიხედვით. ყველაზე ხშირად გამოიყენება სამ ან ოთხ ლინზიანი კომპენსატორები. რათა შეამცირონ წინაღობა მოძრავი ნივთიერების მიმართ კომპენსატორის შიგნით ათავსებენ ჭიქას (პატრონს) 3.



ნახ. 1.34. II -სებური კომპენსატორები.

ა - მოღუნული; ბ - მკვეთრად მოღუნული; გ - შედუღებული.



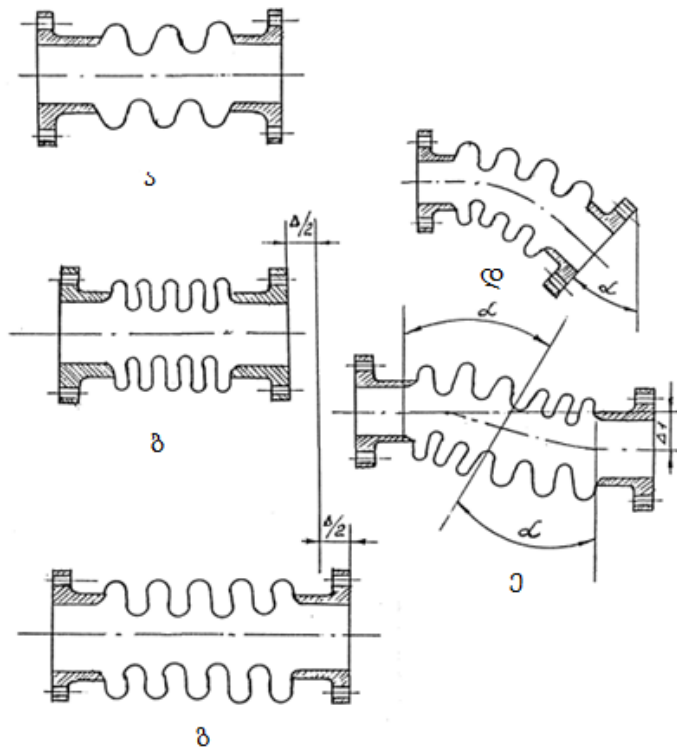
ნახ. 1.35. ლინზური კომპენსატორი:

- ა) - სამლინზიანი ჭიქის გარეშე; ბ) - სამლინზიანი ჭიქით; გ) - გაორმაგებული დამჭიმით;
 1 - ნახევარლინზა, 2 - შტუცერი, 3 - ჭიქა, 4 - ზოლურა, 5 - დამჭიმი

ლინზური კომპენსატორები ჭიქით გამოიყენება მილსადენების სწორ უბნებზე მხოლოდ ღერძული დატვირთვების კომპენსაციისათვის. კომპენსატორები ჭიქის გარეშე გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როცა ისინი მუშაობენ როგორც სახსარი. ჰორიზონტალურ უბნებზე კომპენსატორებს აყენებენ სადრენაჟო შტუცერებით 2, რომელიც მიდუღებულია ყველა ლინზის ქვედა ნაწილში. მილსადენებში წარმოქმნილი გამჭიმი ზალვების ასათვისებლად ადუღებენ დამჭიმებს 5.

ლინზურ კომპენსატორებს იყენებენ პირობით წნებაზე 2,5 მპა - მდე მილსადენებისათვის დიამეტრით 100 დან 1600 მმ-მდე, რომლებიც ატარებენ არააგრესიულ და მცირეაგრესიულ ნივთიერებებს. მილსადენებზე ლინზურ კომპენსატორებს ამგრებენ შედუღებით ან მილტუჩების გამოყენებით. უპირატესობები II - სეზურ კომპენსატორებთან შედარებით - მცირე ზომები და მასა: უარყოფითი მხარე - მცირე დასაშვები წნევა, მცირე კომპენსირების თვისება და უძრავ საყრდენებზე დიდი გამჭიმი ძალების გადაცემა.

ტალღოვანი კომპენსატორები - ყველაზე სრულყოფილი მოწყობილობაა, რომელსაც გააჩნია დიდი კომპენსირების უნარი და მცირე გაზარტები. ძირითადი განმასხვავებელი თავისებურება ლინზურ კომპენსატორებთან შედარებით არის დრეკადი ელემენტი, რომელიც წარმოადგენს ელასტიურ და გამძლე გოფრირებულ გარსაცმს. დრეკადი ელემენტი მის ბოლოებზე მოდებული ძალების მიმართულების მიხედვით დებულობს სხვადასხვა ხასიათის დეფორმაციას (ნახ. 1.36): კუმშვას, გაჭიმვას, ღუნვას, ღერძის გადაადგილებას.



ნახ. 1.36. ტალღური კომპენსატორის დრეკადი ელემენტის დეფორმაციების სქემები:

ა - საწყისი მდგომარეობა; ბ - კუმშვა გრძივი ღერძის მიმართ; გ - გაჭიმვა გრძივი ღერძის მიმართ; დ - ღუნვა მოცემული კუთხით; ე - გრძივი ღერძის გადაადგილება სიბრტყეების პარალელურობისას.

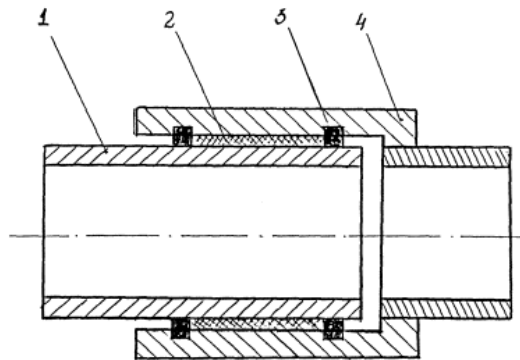
დანიშნულებისა და ექსპლუატაციის პირობების მიხედვით ამზადებენ სხვადასხვა ტიპის ტალღურ კომპენსატორებს: ღერძული, კუთხის, სახსრული და ა.შ. ღერძული კომპენსატორების დრეკადი ელემენტი მუშაობს კუმშვაზე და გაჭიმვაზე გრძივი ღერძის გასწვრივ სიდიდეზე $\Delta/2$ მისი საწყისი მდგომარეობის მიმართ.

ტალღური კომპენსატორები განკუთვნილია მუშაობისათვის $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ - დან $+700\text{ }^{\circ}\text{C}$ -მდე პირობითი წნევისას 6,3 მპა-მდე. ტალღური კომპენსატორების გამოყენება ნაცვლად II - სეზურისა ამცირებს მიღების და თბური იზოლაციის ხარჯს 15 – 25 %-თ, ამცირებს ჰიდრაულიკურ წინაღობასა და მილსადენის საყრდენ კონსტრუქციების რაოდენობას. ლინზურ კომპენსატორებთან შედარებით მათ გააჩნიათ დასაშვები წნევების უფრო მეტი დიაპაზონი, მეტი კომპესირების უნარი და მნიშვნელოვნად ნაკლები განივი ძალები, რომლების გადაეცემა უძრავ საყრდენებზე.

ჩოხალის კომპენსატორები (ნახ. 1.37) წარმოადგენენ მილს 1 ჩადგმულს კორპუსში 4. ღრეჩოში, მათ შორის, მოთავსებულია შესამჭიდროებელი რგოლები 3 გრუნდბუქსით 2. კომპენსატორები უერთდება მილსადენებს შედუღებით ან მილტუჩების მეშვეობით. ჩოხალის კომპენსატორები მზადდება პირობით წნევაზე 1,6 მპა-მდე, ტემპერატურაზე $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ - მდე და დიამეტრებისათვის 100 დან 1000 მმ-მდე.

ჩოხალის კომპენსატორები განსხვავდებიან მაღალი კომპენსირების თვისებებით, მცირე ზომებით. მაგრამ ჩოხალის შემჭიდროების ჰერმეტიზაციის სირთულეების გამო ტექნოლოგიურ მილსადენებზე მათ იშვიათად იყენებენ, წვადი, ტოქსიკური და თხევადი აირების მილსადე-

ნებზე კი მათი გამოყენება დაუშვებელია. ასეთი კომპენსატორების უარყოფითი მხარეა ექსპლუატაციის დროს სისტემატური ზედამხედველობა და მოვლა, ჩოხალის სწრაფი ცვეთა და როგორც შედეგი საიმედო ჰერმეტიზაციის არარსებობა.



ნახ. 1.37. ჩოხალის კომპენსატორი

1 - მილი; 2 - გრუნდბუქსი; 3 - შემამჭიდროებელი რგოლები; 4 - კომპენსატორის კორპუსი

1.4.3. კომპენსატორების მონტაჟი.

საპროექტო მდგომარეობაში კომპენსატორების დაყენების წინ მათ ამოწმებენ დათვალიერებით. როგორც წესი ყველა კომპენსატორი, მილსადენთან მიერთებამდე, უნდა იყოს წინასწარ გაჭიმული ან შეკუმშული სიდიდეზე, რომელიც მოცემულია პროექტში. ისინი დაყენებული უნდა იყოს გამჭიმებთან ერთად, რომლებსაც ხსნიან მხოლოდ მილსადენის უძრავ (მკვდარ) საყრდენებზე დამაგრების შემდეგ. გაჭიმვას იყენებენ მილსადენის "ცხელი" ხაზებისათვის, შეკუმშვას - "ცივი" ხაზებისათვის.

მილსადენების მონტაჟის დროს ფართოდ გამოიყენება II - სეზური, ლინზური, ტალღოვანი და ჩოხალის კომპენსატორები.

II - სეზური, კომპენსატორები როგორც წესი მონტაჟდება ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და როგორც გამონაკლისი - ვერტიკალურად ან დახრილ მდგომარეობაში. ვერტიკალურად ან დახრილად დაყენების შემთხვევაში ქვედა წერტილებში მის ორივე მხრიდან აყენებენ შტუცერებს კონდენსატის გამოსაყვანად, ზედა წერტილში კი ჰაერგამყვანს. ნორმალური მუშაობის უზრუნველყოფისათვის კომპენსატორს აყენებენ არანაკლებ სამ მოძრავ საყრდენზე, მილსადენის ორივე მხარეს კი ამაგრებენ უძრავ საყრდენებზე.

ლინზურ კომპენსატორებს აყენებენ მილებზე, კვანძებზე და ბლოკებზე მათ საპროექტო მდგომარეობაში აწევამდე. აკრეფილი კვანძი ან ბლოკი ლინზური კომპენსატორით უნდა იყოს დაცული დეფორმაციებისა და დაზიანებისაგან ტრანსპორტირების, აწევისა და დაყენების დროს. ამისათვის გამოიყენება დამატებითი დროებითი სიხისტეების დაყენება კომპენსატორზე. კვანძის ან ბლოკის საყრდენებზე დაყენების და დამაგრების შემდეგ დროებით სიხისტეებს ხსნიან. ლინზურ კომპენსატორებს მონტაჟის დროს ჭიმავენ მისი კომპენსირების თვისების ნახევარზე მილსადენთან შედუღებით ან მილტუჩებით დამაგრების შემდეგ.

ტალღოვან კომპენსატორებს დაყენების წინ ათვალიერებენ, ათავისუფლებენ კონსერვაციისაგან და ამოწმებენ მის კომპენსაციის უნარის შესაბამისობას პროექტში მოცემული მილსადენის ტემპერატურ ცვლილებასთან. კუთხის კომპენსატორებისათვის ამოწმებენ ასევე გადახ-

რის სიდიდეს. კომპენსატორის დრეკადი ელემენტი დაცული უნდა იყოს უეცარი მექანიკურ დატვირთვებისაგან, გრეხისაგან და შედუღების დროს ნაპერწკლის მოხვედრისაგან. ტალღოვანი ღერძული კომპენსატორების მონტაჟის თანმიმდევრობა დამოკიდებულია მის კონსტრუქციაში წინასწარი გაჭიმვი მოწყობილობის არსებობაზე. საიმედო მუშაობის უზრუნველყოფისათვის მოძრავი და უძრავი საყრდენები დაყენებული უნდა იყოს ისე, რომ კომპენსატორის მილყელების ან მილტუჩების ღერძების თანხვედრა იყოს 2 მმ, ურთიერთ გადახრა კი - არა უმეტესი 1 მმ-სა კომპენსატორის სამონტაჟო სიგრძის ყოველ 200 მმ-ზე.

მილსადენის ვერტიკალური უბნების მონტაჟის დროს ლინზურ და ტალღოვანი კომპენსატორების სიმძიმის ძალებისაგან გაჭიმვის ან კუმშვის თავიდან ასაცილებლად, მილსადენზე ამაგრებენ დამხმარე კავებს.

ჩოხალის კომპენსატორები უნდა იყოს დაყენებული ზუსტად მილსადენის ღერძის მიხედვით, გადახრების გარეშე. მათი გაჭიმვის სიდიდე დადგენილია პროექტში და განისაზღვრება აღნიშვნებით, რომლებიც დატანილია კომპენსატორის ჭიქაზე და კორპუსზე.

1.5. ტექნოლოგიური მილსადენების გაანგარიშება

1.5.1. მილსადენების მექანიკური გაანგარიშება

1.5.1. 1. მილსადენის გაანგარიშება სიმტკიცეზე

ნავთობბაზის ფოლადის მილსადენები იანგარიშება სიმტკიცეზე ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით. მილსადენის ზღვრული მდგომარეობა ეწოდება ისეთ მდგომარეობას, რომლის დროსაც მისმა ექსპლუატაციამ შეიძლება გამოიწვიოს მილსადენის რღვევა. ასხვავებენ სამ ზღვრულ მდგომარეობას: 1) მზიდი უნარის მიხედვით (კონსტრუქციის სიმტკიცე და მგრადობა, მასალის დაღლილობა); 2) ზღვრული დეფორმაციების მიხედვით; 3) ბზარების წარმოქმნისა და გახსნის მიხედვით.

მილსადენების გაანგარიშებისას პირველი ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით მილის მასალის სიმტკიცე (შედუღებული შეერთებები და მილის მასალა მიიღება ურთიერთ ტოლი) ხასიათდება ნორმატიული წინაღობის სიდიდით R^b . ანსხვავებენ ორ ზღვრულ ნორმატიულ წინაღობას: R_1^b - ნორმატიული წინაღობა, ტოლი მილის მასალის რღვევის დროებითი წინაღობის უმცირეს მნიშვნელობისა; R_2^b - ნორმატიული წინაღობა, ტოლი მილის მასალის და შედუღებული შეერთების გაჭიმვის, კუმშვის და ღუნვის ზღვრული დენადობის მინიმალური მნიშვნელობისა. R_1^b და R_2^b მნიშვნელობა ზოგიერთი ფოლადებისათვის მოტვანილია ცხრილში 1.6.

მილის მასალის საანგარიშო წინაღობა მიიღება:

$$R_1 = R_1^b k_1 m_1 m_2; \quad (1.9)$$

$$R_2 = R_2^b k_2 m_2 m_3. \quad (1.10)$$

კოეფიციენტების k_1, k_2, m_1, m_2, m_3 მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრილში 1.7.

გრუნტში ჩაწყობილი მილსადენები, ექსპლუატაციის მთელ პერიოდში იმყოფებიან გარე ძალების გავლენის ქვეშ. ეს ძალები მილის ტანში და შეერთების ადგილებში იწვევენ რთულ

დადაბულობას (ძალეების წარმოქმნას), რომელთაგან მთავარია გრძივი σ_a , რგოლური σ_r და რადიალური σ_r (ნახ. 1.38).

ცხრილი 1.6

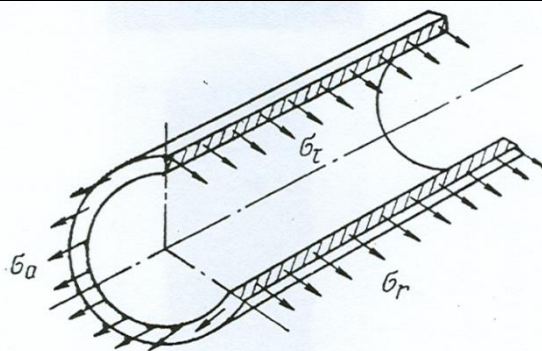
ზოგიერთი მილის ფოლადების ნორმატიული წინაღობის მნიშვნელობები

ნორმატიული წინაღობა	ფოლადის მარკა								
	St.3	St.10	St.20	10Mn2N	15MnSi	10Mn2SiCr	14CrMnSi	12MoCr	20CrMn
R_1^b , მპა	400	360	440	430	480	500	500	420	900
R_2^b , მპა	240	220	260	250	340	350	350	270	750

ცხრილი 1.7

კოეფიციენტების k_1, k_2, m_1, m_2, m_3 მნიშვნელობები

კოეფიციენტების დასახელება	კოეფიციენტების მნიშვნელობა
ერთგვაროვნების კოეფიციენტი ფოლადის ღრვევისას k_1 ,	0,8 – 0,85
მილის ერთგვაროვნების კოეფიციენტი დამზადებული ფოლადისაგან k_2 ,	
დაბალლეგირებული	0,85
ნახშირბადოვანი	0,9
მუშაობის პირობის კოეფიციენტი მილის რღვევისას m_1 ,	0,8
მილის მუშაობის პირობის კოეფიციენტი m_2 , რომელშიც გადის	
ტოქსიკური, წვადი, აფეთქადასაშიში და თხევადი აირები	0,6
ინერტული აირები ან ტოქსიკური, წვადი და აფეთქადასაშიში სითხეები	0,75
ინერტული სითხეები	0,9
მილის მასალის მუშაობის პირობის კოეფიციენტი m_3 მომატებული ტემპერატურებისას	
100°C - მდე	1,0
250°C - მდე	



ნახ. 1.38. მილსადენში ძალების განაწილება

რადიალური ძალვა განპირობებულია შიგა წნევით (მისი ტოლია და საპირისპიროდ არის მიმართული).

$$\sigma_r = -p \quad (1.11)$$

რგოლური ძალვა წარმოიქმნება გარე და შიგა წნევების მოქმედების გამო. ის განისაზღვრება მარიოტის კლასიკური ფორმულის მიხედვით

$$\sigma_{\tau} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \delta} \quad (1.12)$$

სადაც p - შიგა წნევა;

D - მილის შიგა დიამეტრი;

δ - მილის კედლის სისქე.

გრძივი დაძაბულობა (ძალვა), რომელიც წარმოიშობა შიგა წნევისაგან იანგარიშება

$$\sigma_{ap} = \mu \cdot \frac{p \cdot D}{2 \cdot \delta} \quad (1.13)$$

სადაც μ - პუასონის კოეფიციენტი ($\mu = 0,3$ ფოლადისათვის).

გრძივი დაძაბულობა (ძალვა) მილის ტემპერატურის ცვლილების გამო განისაზღვრება ჰუკის ფორმულით

$$\sigma_{at} = \alpha \cdot E \cdot (t_2 - t_1) \quad (1.14)$$

სადაც α - მილის ლითონის წრფივი დაგრძელების კოეფიციენტი;

E - მილის მასალის დრეკადობის მოდული გაჭიმვისას, კუმშვისას, ღუნვისას ($\alpha = 0,000012 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$; $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ კგ/სმ}^2 = 2,1 \cdot 10^5 \text{ მპა}$);

t_2 - ჰაერის ტემპერატურა, რომელიც დროსაც იწყობა მილსადენი ტრანშეაში;

t_1 - გრუნტის უმცირესი ტემპერატურა მილის ჩაწყობის სიღრმეზე.

გამჭიმვი ძალები უფრო საშიშია ვიდრე კუმშვადი, ამიტომ მათი შემცირების მიზნით უნდა ვეცადოთ შევამციროთ ტემპერატურათა სხვაობა ($t_2 - t_1$) გრძივი ძალების შემცირებისათვის შედუღებულ მილსადენს აწყობენ ტრანშეაში დღე-ღამის ყველაზე ცივ პერიოდში (ადრე დილით).

ყველა ძალებიდან ყველაზე საშიშია რგოლური.

დიდი გრძივი ძალები წარმოიქმნება მილში მის ცივ დრეკად ღუნვისას (რელიეფის უსწორმასწორობის გამო). ისინი იანგარიშება შემდეგი ფორმულით

$$\sigma_{ap} = E \cdot \frac{D_g}{2 \cdot \rho} \quad (1.15)$$

სადაც D_g - მილის გარე დიამეტრი; ღუნვის რადიუსი.

მილსადენის სიმტკიცე შენარჩუნდება იმ შემთხვევაში, თუ ძალების მაქსიმალური მოქმედება იქნება მილის მინიმალური მზიდი თვისებაზე ნაკლები

$$n \cdot p \cdot D \leq 2 \cdot \delta \cdot R_1 \quad (1.16)$$

სადაც n - გადატვირთვის (გადამეტების) კოეფიციენტი ($n = 1,2$);

D - მილის შიგა დიამეტრი;

R_1 - მილისა და შედუღებული შეერთებების ლითონის საანგარიშო წინაღობა (R_1 - მილის მზიდი თვისება).

ვინაიდან $D = D_\delta - 2 \cdot \delta$, ფორმულიდან (1,16), მივიღებთ

$$\delta = \frac{n \cdot p \cdot D_\delta}{2 \cdot (n \cdot p + R_1)}. \quad (1.17)$$

ზედმეტი პლასტიკური დეფორმაციების თავიდან ასაცილებლად, საჭიროა შესრულდეს პირობა

$$n \cdot p \cdot D \leq 0,9 \cdot 2 \cdot \delta \cdot R_2^{\bar{\sigma}}$$

საიდან

$$\delta = \frac{n \cdot p \cdot D}{2 \cdot (n \cdot p + 0,9 \cdot R_2^{\bar{\sigma}})}. \quad (1.18)$$

სადაც $R_2^{\bar{\sigma}} = \sigma_T$ - მილის მასალის დენადობის ზღვარი.

მილის კედლის სისქეთ მიიღება δ - ს უდიდესი მნიშვნელობა, მიღებული ფორმულებიდან (1.17) და (1.18).

მილის კედლის დასაშვები სისქე, არსებული ტექნოლოგიით მიღების სამონტაჟო-შედუღებითი სამუშაოების შესრულებისას, უნდა იყოს მილის დიამეტრის 1/120 -ზე მეტი და არა ნაკლები 4 მმ-სა.

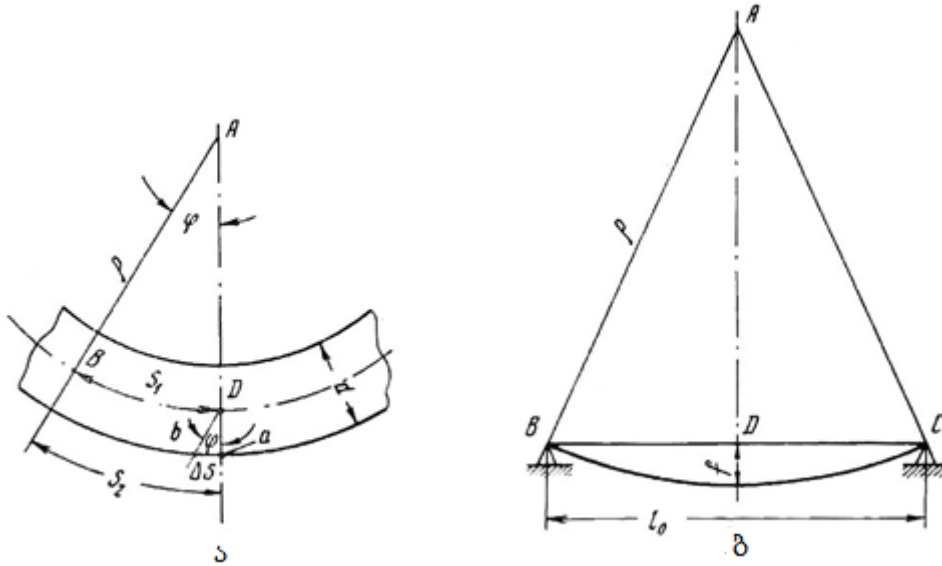
მილსადენის სამკაპების, გადამსვლელების, გლუვი და შედუღებული სარინების (მოხვევების) და ამოზურცული ჩამხშობების კედლის სისქეს ვანგარიშობთ ფორმულებით (1.17), (1.18), მილსადენის შესაბამისი დეტალის მამრავლებელი მზიდი თვისების კოეფიციენტის a - ს გათვალისწინებით ($a=1-1,3$).

ჯამური გრძივი დატვირთვა მილსადენის ექსპლუატაციის ყველაზე მძიმე პერიოდში უნდა იყოს მილის მზიდ თვისებაზე (R_1) ნაკლები:

$$\mu \frac{p \cdot D}{2\delta} + E \cdot a \cdot \Delta t + \frac{E \cdot D_\delta}{2p} \leq R_1. \quad (1.19)$$

1.5.1.2. დრეკადი ღუნვის დასაშვები რადიუსის განსაზღვრა

ადგილზე მილსადენის გაყვანისას მილის ღერძი, როგორც წესი, იმყოფება გადახრილ მდგომარეობაში რელიეფის უსწორმასწორობის და ტრასის ჰორიზონტალურ სიბრტყეში მოხვევის გამო. მილის გადახრა ყველაზე ხშირად ხდება ლითონის მუშაობის დრეკად სტადიაში მილსადენის ბუნებრივი დრეკადობის გამოყენებით. ძირითად სიდიდედ, რომელიც განსაზღვრავს მილის დრეკადობას არის დრეკადი გადახრის რადიუსი ρ . მის დასადგენად ვისარგებლოთ სქემით მოყვანილს ნახ. 1.39 -ზე.



ნახ. 1.39. მილსადენის დრეკადი ლუნვის რადიუსის განსაზღვრის სქემა

განვსაზღვროთ განივი ძალები მილის ρ რადიუსით დრეკადი ლუნვის დროს. გარე ფენის დაგრძელება ტოლია

$$\Delta S = S_2 - S_1 \quad (1.20)$$

სადაც S_1 - ნეიტრალური ღერძის სიგრძე.

თუ ჩავთლით ADB სამკუთხედს მართკუთხა სამკუთხედად, შეიძლება ჩავწეროთ

$$S_1 = \rho \cdot tg\varphi \quad (1.21)$$

სამკუთხედიდან Dab კი

$$ab = \Delta S = \frac{D\delta}{2} tg\varphi. \quad (1.22)$$

გარე ფენის ფარდობითი დაგრძელება

$$\varepsilon = \frac{\Delta S}{S_1} = \frac{D\delta}{2\rho} \quad (1.23)$$

ლუნვის ზღვრული დამაბულობა, რომელიც შეესაბამება ამ ფარდობით დეფორმაციას, განისაზღვრება ჰუკის კანონით

$$\sigma_{ap} = E \frac{D\delta}{2\rho} \quad (1.24)$$

აქედან დასაშვები ლუნვის ზღვრული დრეკადი რადიუსი

$$\rho_{დას} = E \frac{D\delta}{2[\sigma_{ap}]} \quad (1.25)$$

ჯამური გრძივი დატვირთვების და დამოკიდებულების (1.18)-ს გათვალისწინებით

$$\rho_{დას} = \frac{E \cdot D\delta}{2[R_1 - \mu \frac{\rho D}{2\sigma} - E \cdot a \cdot \Delta t]} \quad (1.26)$$

სადაც Δt - უნდა იყოს აღებული მინუსის ნიშნით, რათა R_1 მივიღოთ მაქსიმალური.

$\rho_{დას}$ სწრაფი და საორიენტაციო მნიშვნელობის დასადგენად შეიძლება ვისარგებლოდ ფორმულით

$$\rho_{დას} \geq 900 \cdot D_g \quad (1.27)$$

მილსადენის რეალური დრეკადი ღუნვის რადიუსი ρ ტრასის ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში უნდა იყოს $\rho_{დას}$ - ზე მეტი. თუ $\rho < \rho_{დას}$ უნდა იყოს გამოყენებული სპეციალური მოღუნული მილის მოსახვევები (სარინები).

1.5.1.3. საყრდენებზე განლაგებული მილსადენების ანგარიში

ზოგიერთი ტექნოლოგიური მილსადენი მიზანშეწონილია გავიყვანოთ მიწის ზემოდ საყრდენებზე (მაგალითად: „ცხელი“ მილსადენები თბოიზოლაციით, კონდენსატის გამყვანები, გადამსვლელები და ა.შ.). ასეთი მილსადენებისათვის გამოიყენებენ ორი ტიპის საყრდენებს: მოძრავ (თავისუფალს და უძრავ („მკვდარი“ ან ანკერული) (ნახ. 1.40).

უძრავ საყრდენებს აყენებენ ისეთ ადგილებში, სადაც საჭიროა მილსადენის დამაგრება გარკვეულ მდგომარეობაში (განშტოება, კომპენსატორებს შორის, დანადგარებთან მიერთების ადგილების წინ და ა.შ.).

მოძრავი საყრდენები არ ზღუდავენ მილსადენის გადაადგილებას გრძივ და განივ მიმართულებით. მოძრავი საყრდენი შეიძლება იყოს მგორავი და სრიალა. სრიალა საყრდენს აქვს გლუვი ზედაპირი, კონსტრუქცია მარტივია და ისინი ფართოდ არიან გავრცელებული. მგორავი საყრდენები შედარებით უფრო რთული კონსტრუქციის არიან და უფრო ნაკლებად გამოიყენებიან, მხოლოდ განსაკუთრებულ შემთხვევებში. მოძრავი საყრდენების ანგარიშს აწარმოებენ ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ დატვირთვაზე.

საყრდენის ვერტიკალური დატვირთვა Q იკრიფება მილსადენის, არმატურის, იზოლაციის, ყინულის, თოვლისა და მილსადენში არსებული წყლის (გამოცდისას) წონისაგან.

საანგარიშო დატვირთვა შუალედურ საყრდენზე იანგარიშება ფორმულით

$$Q = k \cdot q \cdot l \quad (1.28)$$

სადაც $k = 1,2$ - გადატვირთვის კოეფიციენტი;

q - ჯამური დატვირთვა მილსადენის ერთ გრძივ მეტრზე, კგ/მ;

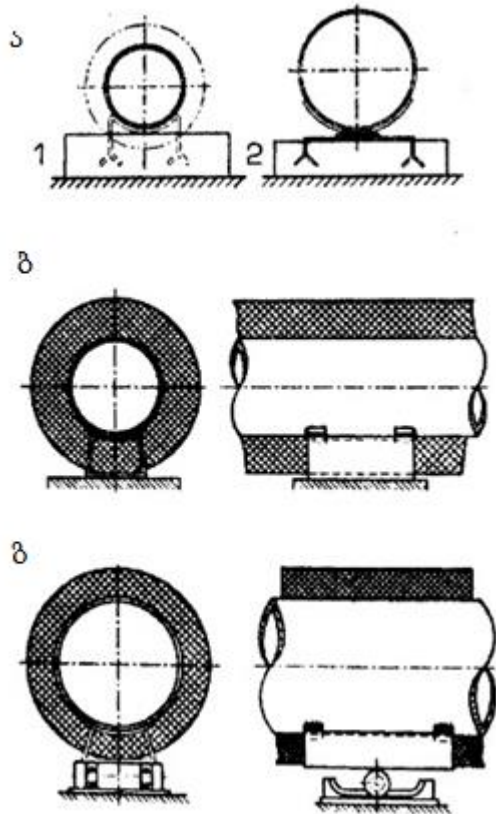
l - მანძილი მილსადენის საყრდენებს შორის, მ.

ქარის დატვირთვა, რომელსაც გადასცემს ჰორიზონტალურად განლაგებული მილსადენების შეკვრა საყრდენს (ნახ. 1.41) განისაზღვრება ფორმულით

$$S = k \cdot p_j \cdot D \cdot l \quad (1.29)$$

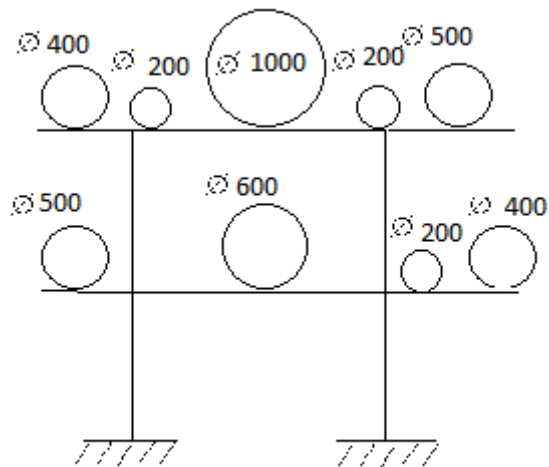
სადაც p_j - ქარის დინამიკური (ჩქაროსნული) წნევა, კგ/მ³;

D - შეკვრაში ყველაზე დიდი მილსადენის დიამეტრი იზოლაციის გათვალისწინებით, მ.



ნახ. 1.40. დაბალი და მაღალი მილსადენის საყრდენები

ა - დაბალი სრიალა საყრდენი (1- მიმართულების მიმცემი; 2 - თავისუფალი); ბ - მაღალი სრიალა საყრდენი; გ - მგორავი საყრდენი.



ნახ. 1.41. საყრდენის განივი კვეთის დატვირთვის სქემა. ორ იარუსული საყრდენი ორთქლ და აირსადენისათვის

ჰორიზონტალური ძალები, რომლებიც მოქმედებენ საყრდენებზე მილსადენის ღერძის გასწვრივ, იყოფა:

ა) ხახუნის ძალებზე, რომლების წარმოიქმნება მილსადენსა და საყრდენს შორის;

ბ) კომპენსატორების განბჯენ ძალებზე;

გ) ძალები, რომლებიც წარმოიქმნება სახშობზე ან დაკეტილ სარქველზე წნევის მოქმედების შედეგად (ამ ძალებს არ ითვალისწინებენ მოღუპული კომპენსატორების გამოყენების შემთხვევაში).

შუალედურ საყრდენებისათვის სრიალა ან მგორავი საყრდენი მოწყობილობით საანგარიშო ჰორიზონტალური ძალა მილსადენის ღერძის გასწვრივ განისაზღვრება ფორმულით (ხახუნის ძალა)

$$N = \mu \cdot Q \quad (1.30)$$

სადაც μ - ხახუნის კოეფიციენტი; სრიალა საყრდენებისთვის $\mu = 0,3$ ფოლადის ფოლადზე და ფოლადის თუჯზე ხახუნისას; $\mu = 0,6$ ფოლადის ბეტონზე ხახუნისას; რგოლური საყრდენისას $\mu = 0,05/R$. აქ R - გორგოლაჭის რადიუსია, სმ.

ლინზური კომპენსატორების გაჭიმვა (განბჯენი) (ანსხვავებენ გაჭიმვას ტემპერატურული დეფორმაციების და შიგა წნევის ხარჯზე) განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

ა) მილსადენების გაჭიმვა ტემპერატურული დეფორმაციების ხარჯზე, რომელიც შეესაბამება ლინზის მაქსიმალურად დასაშვებ კუმშვას

$$P_{ტეშ} = \frac{1,25 \cdot \delta^2}{1-\beta} \cdot \frac{\pi \cdot \sigma_{ფ}}{k_{\theta}} \quad (1.31)$$

სადაც δ - ლინზის კედლის სიქე, სმ;

$\sigma_{ფ}$ - ფოლადის დენადობის ზღვარი, კგ/სმ²;

$\beta = \frac{d}{D}$ კოეფიციენტი, აქ D და d - შესაბამისად ლინზის შიგა და გარე დიამეტრი, სმ;

k_{θ} - მარაგის კოეფიციენტი, აიღება 1,2, როცა წნევა კომპენსატორში ნაკლებია 0,25 მპა-ზე, და 1, 3, როცა წნევა მეტია 0,25 მპა-ზე.

ბ) ლინზური კომპენსატორის გაჭიმვა შიგა წნევის ხარჯზე

$$P_{წნევა} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{8} \cdot p \quad (1.32)$$

სადაც p - მუშა წნევა მილსადენში, კგ/სმ²;

გ) ლინზური კომპენსატორის ჯამური გაჭიმვა ტოლი იქნება

$$P_{\mathcal{X}} = P_{ტეშ} + P_{წნევა} \quad (1.33)$$

ანკერული (უძრავი) საყრდენები შეიძლება იყოს განტვირთული და არა განტვირთული (ბოლოში დაყენებული). ერთი მილსადენის გაყვანისას საანგარიშო ჰორიზონტალური ძალები, რომლებიც მოქმედებს განტვირთულ ანკერულ საყრდენზე იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

ა) მომიჯნავე ძალებში ურდულის (საკვალთის) არ არსებობისას (ნახ, 1.42, ა, გ) ჰორიზონტალური ძალები განისაზღვრება როგორც ანკერულ საყრდენზე ორივე მხრიდან მოქმედი

ძალთა სხვაობა. ამავდროულად უმცირესი სიდიდის მქონე ძალა მრავლდება კოეფიციენტზე 0,8;

ანკერულ საყრდენზე H მოქმედი ძალა ტოლი იქნება

$$P_{საანგ} = (P_1 + N_1) - 0,8 \cdot (P_2 + N_2). \quad (1.34)$$

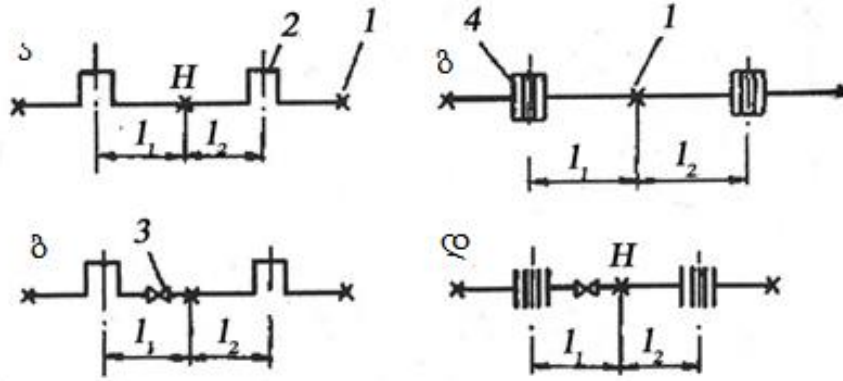
სადაც P_1, P_2, N_1 და N_2 - შესაბამისად კომპენსატორების ტემპერატურული გაჭიმვა და ხახუნის ძალა საყრდენებზე H საყრდენიდან მარცხნიდან და მარჯვნიდან;

ბ) თუ ერთ ერთ მომიჯნავე მალში დაყენებული არის ურდული (საკვალთი) (ნახ. 1.42, ბ, დ) H საყრდენზე მოქმედი ძალა ტოლი იქნება

$$P_{საანგ} = P_1 + N_1 - 0,8 \cdot N_2 \quad (\text{სქემისათვის ნახ. 1.42, ბ}) \quad (1.35)$$

$$P_{საანგ} = P_1 + N_1 - 0,8 \cdot N_2 + \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p \quad (\text{სქემისათვის ნახ. 1.42, დ}) \quad (1.36)$$

ჰორიზონტალური ძალების განსაზღვრისას, რომლებიც მოქმედებენ ბოლოებში დაყენებულ ანკერულ (უძრავ) საყრდენებზე, ითვალისწინებენ ძალებს საყრდენის მხოლოდ ერთი მხრიდან.



ნახ. 1.42. ანკერული საყრდენების საანგარიშო სქემები (ურდულებისა და კომპენსატორების განლაგება მალეებში):

1 - ანკერული საყრდენი; 2 - II - სეზური კომპენსატორი; 3 - საკვალთი; 4 - ლინზური კომპენსატორი

საყრდენი ზედაპირის ზომები იანგარიშება შემდეგი მონაცემების მიხედვით სრიალა საყრდენის მუშა ზედაპირი, სმ²:

$$F = \frac{Q}{\sigma_{\sigma}} \quad (1.37)$$

მგორავი საყრდენის გორგოლაჟის სიგრძე, სმ

$$S_{\delta} = \frac{Q}{\sigma_{\sigma}} \quad (1.38)$$

სადაც σ_{σ} - დასაშვები დაწნევა თელვაზე. მისი სიდიდე მიიღება სრიალა ფოლადის საყრდენებისათვის $[\sigma_{\sigma}] \leq 100$ კგ/სმ² და რგოლური საყრდენებისათვის $[\sigma_{\sigma}] \leq 50$ კგ/სმ².

უძრავი საყრდენების ზომები და კონსტრუქციები მრავალფეროვანია და მათი შერჩევა დამოკიდებულია მილის გაყვანის ხერხზე და საყრდენზე მოქმედ ძალის სიდიდეზე.

მანძილი საყრდენებს შორის l განისაზღვრება ლითონის დრეკად სტადიაში მუშაობის პირობებიდან გამომდინარე. მანძილის დასადგენად განვიხილოთ მილსადენის უბანი განლაგებული ორ საყრდენს შორის (ნახ. 45). ანგარიშის გამარტივების თვალსაზრისით, განვიხილოთ მილი ნავთობპროდუქტებთან ერთად როგორც მრავალმალისანი გასაჭრელი თავისუფლად მდებარე კოჭი, რომელიც ჩაზნექილია საკუთარი წონის გავლენის შედეგად ρ რადიუსის მიხედვით. ამ შემთხვევაში მილსადენი ჩაიზნექება f სიდიდეზე. სამკუთხედიდან ABD მივიღებთ:

$$\rho^2 = (\rho - f)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2 \quad (1.40)$$

ფრჩხილების გახსნის შემდეგ და თუ არ გავითვალისწინებთ f^2 მისი სიმცირის გამო ρ - თან მიმართებაში, მივიღებთ

$$\rho = \frac{l^2}{8f} \quad (1.41)$$

თავისუფლად მდებარე ერთ მალისანი კოჭის ჩაღუნვის სიდიდე იანგარიშება ფორმულით

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot J} \quad (1.42)$$

სადაც E - დრეკადობის მოდული;

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64} - \text{მილის ინერციის ღერძული მომენტი};$$

დასაშვები ჩაღუნვის პირობიდან გამომდინარე

$$l = \sqrt[4]{\frac{384 \cdot E \cdot J \cdot f}{5q}} \quad (1.43)$$

მილსადენის ძალის დასაშვები სიგრძე სიმტკიცის პირობიდან გამომდინარე განისაზღვრება ფორმულის მიხედვით

$$l = \sqrt{\frac{\left(R - \frac{P_g \cdot D}{4 \cdot \delta}\right) \cdot W \cdot m}{8,33 \cdot q}} \quad (1.44)$$

სადაც l - ძალის დასაშვები სიგრძე, მ;

R - ფოლადის საანგარიშო წინაღობა, კგ/სმ²;

P_g - მილსადენის საცდელი წნევა, კგ/სმ²;

D - მილსადენის საშუალო დიამეტრი, სმ;

W - მილის წინაღობის მომენტი, სმ³;

m - მუშაობის პირობის კოეფიციენტი ($m \cong 0,8$);

q - ჯამური დატვირთვა მილის ერთ გრძივ მეტრზე, კდ/მ.

დიდი დიამეტრის თხელკედლიანი მილსადენები დამატებით უნდა შემოწმდნენ განიკვეთის მგრადობაზე გარე დატვირთვებისაგან

$$\sigma_{კუმ} \leq 30,8 \cdot 10^4 \cdot \frac{\delta}{D} \quad (1.45)$$

სადაც $\sigma_{კუმ}$ - მოლუნვის შედეგად მილსადენში წარმოქმნილი მაქსიმალური გრძივი კუმშვის დაძაბულობაა.

1.5.2. მილსადენების ჰიდრავლიკური გაანგარიშება

1.5.2.1. მილსადენების ტექნოლოგიური სქემები

მილსადენების ტექნოლოგიური სქემა წარმოადგენს უმასშტაბო მილსადენური კომუნიკაციების სქემას, რომლის მეშვეობით ხორციელდება ნავთობპროდუქტების მიღების, გაშვების, გადატვირთვის და შიგა ნავთობბაზური გადანაწილების ოპერაციები (ნახ. 1.46).

ტექნოლოგიური სქემის შესადგენად საჭიროა: მონაცემები ობიექტის ტვიტბრუნვის შესახებ, პროდუქტების ცალკეული ჯგუფების გამოყოფით და ერთდროულად ჩასატარებელი ტექნოლოგიური ოპერაციების ჩვენებით. ასევე ობიექტის განვითარების პერსპექტივები.

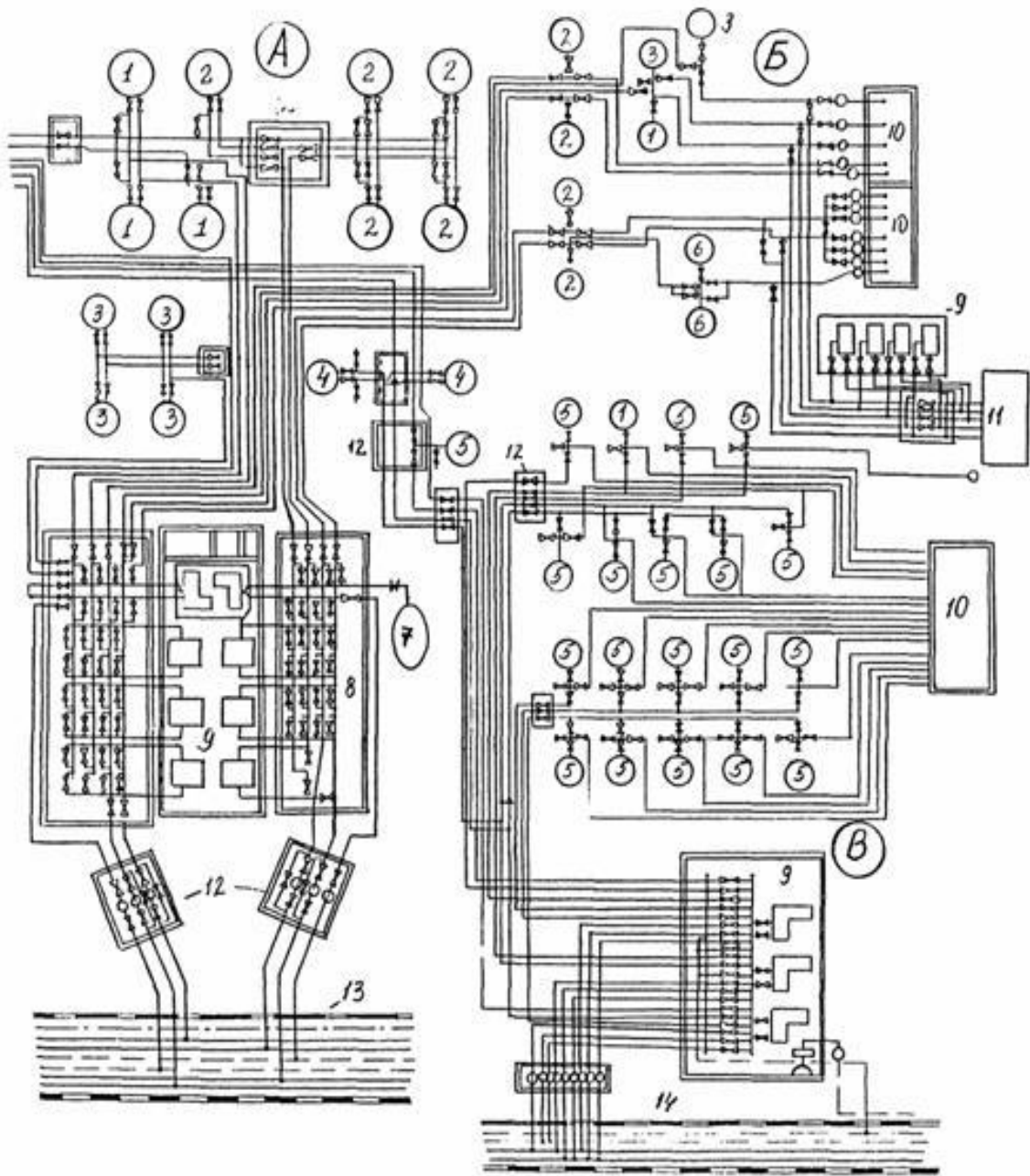
ნავთობბაზებისათვის ტექნოლოგიური სქემა უნდა უზრუნველყოფდეს შიგა გადატვირთვებს რეზერვუარიდან რეზერვუარში გარკვეული (მოცემული) ნავთობპროდუქტების ჯგუფის ნებისმიერი ტუმბოთი, რაოდენობისა და ხარისხის შენარჩუნებით. ასევე უნდა იძლეოდეს საშუალებას ერთი მილსადენით ერთი ჯგუფის ან ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით მსგავსი ნავთობპროდუქტების გადატუმბვისა.

ტექნოლოგიურ სქემას ეწოდება ორმილოვანი, როცა თითოეულ რეზერვუარს უერთდება ორი მილსადენი, რომლებიც საშუალებას იძლევა რეზერვუარების ნავთობპროდუქტებით ერთდროული შევსებისა და დაცლის, გაწმენდისა და ნალექის გამოყვანისა და სხვა.

ერთმილოვანი კომუნიკაციები ძირითადად გამოიყენება დროებით მოძრავ ნავთობბაზებზე, რომლებიც სწრაფად უნდა იმლუბოდეს და ასევე მცირე მოცულობის რეზერვუარებისათვის გაცემის მცირე მწარმოებლობისას.

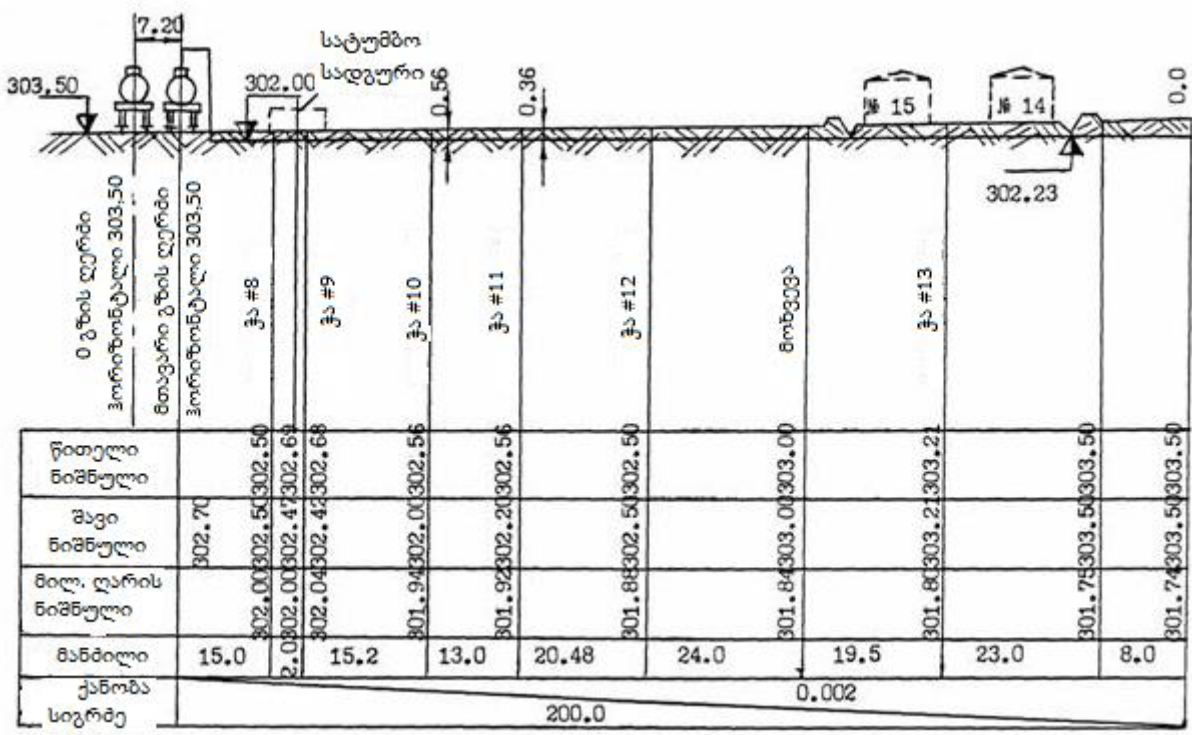
ტექნოლოგიური სქემები საშუალებას აძლევენ ოპერატორს აწარმოოს ტექნოლოგიური ოპერაციები, დამპროექტებელს კი - გააკეთოს დაკვეთა ჩამკეტ - მარეგულირებელ არმატურაზე. ტექნოლოგიურ სქემაზე მილსადენის თითოეულ ხაზს აქვს თავისი აღნიშვნა, ჩამკეტ-მარეგულირებელ არმატურას თავისი ნუმერაცია. შიგა მილსადენები მუშაობენ პერიოდულად და მათი გაჭიმულობა იზღუდება ობიექტის ტერიტორიის ფარგლებით. ტექნოლოგიური სქემის და გენერალური გეგმის საფუძველზე ადგენენ ტექნოლოგიურ გეგმას, რომელიც წარმოადგენს გენერალურ გეგმაზე მასშტაბში დატანილ ტექნოლოგიურ სქემას.

ტექნოლოგიური გეგმის გამოყენებით თითოეულ მილსადენისათვის ადგენენ ტრასის გრძივ პროფილს (ნახ. 1.44), რომლის მეშვეობით შეიძლება დავადგინოთ მილსადენის ფაქტიური სიგრძე, თავისა და ბოლოს ნიშნულები (რაც აუცილებელია ჰიდრავლიკური გაანგარიშების შესრულებისათვის), ვიანგარიშით მიწის სამუშაოების მოცულობა მილსადენის გაყვანისას, შევამოწმოდ შემწოვი მილსადენების მუშაობა, დავადგინოდ წყლის, კონდენსატის ან დარჩენილი პროდუქტის ადგილები მილსადენში, რომლებიც ხელს უშლიან მის დაცლას.



ნახ. 1.43. ნავთობზაზის ტექნოლოგიური სქემა

A - ძირითადი ბლოკი, B - ნათელი ნავთობპროდუქტების სარიგებელი ბლოკი, B - მუქი ნავთობპროდუქტების სარიგებელი ბლოკი; 1, 2, 3, 4, 5, 6 - დიზელის საწვავის, ავტო ბენზინის, ნავთის, ზეთების; 7 - დანადგარების რეზერვუარი, 8 - სათავსო სარქველებისათვის, 9 - სატუმბო სადგური, 10-სარიგებელი, 11 - ავტოესტაკადა, 12 - მანიფოლდები, 13, 14 - ნათელი და მუქი ნავთობპროდუქტების რკინის გზის ესტაკადები.



ნახ. 1.44. მილსადენის ტრასის პროფილის ნიმუში

1.5.2.2. მილსადენების ტექნოლოგიური გაანგარიშების არსი

მილსადენების ტექნოლოგიური გაანგარიშების არსი მდებარეობს შემდეგი ამოცანის გადაწყვეტაში: მილსადენების ოპტიმალური პარამეტრების დადგენა (დიამეტრი, კედლის სისქე); სატუმბო დანადგარებისა და მისთვის დამხმარე მოწყობილობის შერჩევა; მილსადენების ექსპლუატაციის რეჟიმების გაანგარიშება; თბური დამაბულობის განსაზღვრა და მათი კომპენსაცია.

მილსადენი ასრულებს მის დანიშნულებას იმ შემთხვევაში, თუ ის უზრუნველყოფს ნავთობპროდუქტების საჭირო რაოდენობის გადატუმბვას. ეს დამოკიდებულია რიგ ფაქტორებზე: მილის დიამეტრზე; წნევაზე, რომელიც წარმოიქმნება მილსადენში ტუმბოს მუშაობის დროს; მილსადენის თავისა და ბოლოს ნიშნულების სხვაობაზე; გადასატუმბი ნივთიერების ტემპერატურაზე. ჩამოთვლილი ნებისმიერი ფაქტორის ცვლილება იწვევს მილსადენის გამტარუნარიანობის ცვლილებას. ამ ურთიერთდამოკიდებულების გამო ტექნოლოგიური გაანგარიშების დროს ზოგიერთი ფაქტორები შეუძლებელია დადგენილი იყოს ერთმნიშვნელოვნად (ე.ი, სხვა ფაქტორების გათვალისწინების გარეშე).

მილსადენური კომუნიკაციების ექსპლუატაციის დროს ხშირად იცვლება არსებული მილსადენი-სატუმბო სისტემის გამოყენების პირობები. მაგალითად, წარმოიქმნება საჭიროება სხვა სახის ნავთობპროდუქტების გადატუმბვისა, რომელზეც მილსადენი არ იყო დაპროექტებული ან იცვლება გადატუმბვის სქემა. ამან შეიძლება გამოიწვიოს მილსადენი -სატუმბო სისტემის რეკონსტრუქციის აუცილებლობა (მილსადენების დიამეტრის, ტუმბოების ტიპების შეცვლა ან დამატებით დაყენება).

ობიექტის სწორი ტექნიკური ექსპლუატაციისათვის უნდა გვექონდეს მილსადენი-სატუმბო სისტემის ჰიდრავლიკური მახასიათებლები, რომლის გარეშე შეუძლებელია დადგინდეს მილსადენის წარმადობა და აქედან გამომდინარე ნავთობპროდუქტების ჩასხმა-ჩამოსხმის დრო (ხანგრძლივობა).

ახალი ობიექტების მშენებლობის ან არსებულის ძირეული რეკონსტრუქციის დროს ჰიდრავლიკურ გაანგარიშებას და მილსადენი-სატუმბო სისტემის მახასიათებლების დადგენას ასრულებენ საპროექტო ორგანიზაციები. მოქმედ ნავთობბაზებზე ამ სამუშაოს ასრულებს ტექნიკური პერსონალი.

1.5.2.3. იზოთერმული მილსადენების ჰიდრავლიკური გაანგარიშება

ნავთობბაზებზე მილსადენების ჰიდრავლიკური გაანგარიშების მიზანია - გადატუმბვის მოცემული წარმადობის უზრუნველყოფა. სატუმბო დანადგარების გამოყენებისას იანგარიშება სატუმბო დანადგარის მუშა რეჟიმი, ძრავის სიმძლავრე. თვითდინებითი მილსადენებისათვის ადგენენ ნიშნულების სხვაობას, რომელიც საჭიროა წარმადობის უზრუნველსაყოფად მილების მოცემულ დიამეტრისათვის ან მილის დიამეტრს, მოცემულ ნიშნულების სხვაობისას და არსებული წარმადობისას.

ჰიდრავლიკური ანგარიშის საწყისი მონაცემებია: ხარჯი, ნავთობპროდუქტების ფიზიკური თვისებები (სიბლანტე, სიმკრივე, ნაჯერი ორთქლის წნევა, ტემპერატურა), ტრასის პროფილი და გეგმა, ტექნოლოგიური სქემა მილსადენის უბნების სიგრძის და ადგილობრივი წინაღობების ჩვენებით. ნავთობპროდუქტების მილსადენების ჰიდრავლიკური გაანგარიშება კეთდება ყველაზე არახელსაყრელ პირობებისათვის.

ორთქლის მაღალი დრეკადობის მქონე ნათელი ნავთობპროდუქტების (ბენზინი და სხვა) შემწოვი მილსადენების გაანგარიშება საჭიროა ვაწარმოთ პროდუქტის მაქსიმალური ტემპერატურის დროს, რათა არ მოხდეს ჭავლის გაწყვეტა და უზრუნველყოფილი იყოს ტუმბოების ნორმალური მუშაობა. მუქი ნავთობპროდუქტების შემწოვი მილსადენები იანგარიშება პროდუქტის ყველაზე დაბალ ტემპერატურისათვის, რომლის დროსაც წნევის დანაკარგები ხახუნზე იქნება მაქსიმალური.

ნათელი და მუქი ნავთობპროდუქტების საწნეო მილსადენებს ანგარიშობენ ნავთობპროდუქტების მინიმალურ ტემპერატურაზე კომუნიკაციის ყველაზე დაცილებულ და მაღლა განლაგებულ წერტილებისათვის. მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ ისიც, რომ ტექნოლოგიური ოპერაციების ჩატარებისას ერთი და იგივე მილსადენი შეიძლება იყოს როგორც საწნეო ისე შემწოვი.

მილსადენის თეორიულად საჭირო შიგა დიამეტრი იანგარიშება ნაკადის უწყვეტობის განტოლებიდან ფორმულით:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad (1.46)$$

სადაც Q - მილსადენის წარმადობა (ხარჯი), მ³/წ, განიზაზღვრება ჩასხმა-ჩამოსხმის ნორმების, ტანკერებისა, მარშრუტების და ა.შ. ტვირთამწეობის მიხედვით;

v - მილში სითხის მოძრაობის სიჩქარე, მ/წ, მიიღება ნავთობპროდუქტის სიბლანტის მიხედვით (ცხრ. 1.8).

მიღების სორტამენტის მიხედვით შეირჩევა მილის უახლესი გარე დიამეტრი მეტობით. მილის ფაქტიური შიგა დიამეტრი ტოლი იქნება:

$$d_{\text{ფ}} = d_{\text{გ}} - 2 \cdot \delta \quad (1.47)$$

სადაც $d_{\text{გ}}$ - მილის გარე დიამეტრი, მ;
 δ - მილის კედლის სისქე, მ.

ცხრილი 1.8

საშუალო სიჩქარე ნავთობსადენებში

ნავთობპროდუქტის კინემატიკური სიბლანტე, $\nu \cdot 10^6$, მ ² /წ	საშუალო სიჩქარე, მ/წ	
	შეწოვისათვის	დაწნევისათვის
10 – 1,4	1,5	2,5
11,4 – 28,4	1,3	2,0
28,4 – 74,0	1,2	1,5
74,0 – 148,2	1,1	1,2
148,2 – 444,6	1,0	1,1
444,6 – 889,2	0,8	1,0

მილსადენში სითხის მოძრაობის ფაქტიური სიჩქარე იანგარიშება

$$v_{\text{ფ}} = \frac{4Q}{\pi \cdot d_{\text{ფ}}^2} \quad (1.48)$$

საერთო დანაკარგები მილსადენში ტოლი იქნება:

$$H = h_{\text{ბაბ}} + h_{\text{ად}} + \Delta Z \quad (1.49)$$

სადაც $h_{\text{ბაბ}}$ - მილსადენში წნევის დანაკარგებია ხახუნზე, მ;

$h_{\text{ად}}$ - მილსადენში წნევის დანაკარგებია ადგილობრივ წინაღობებში, მ;

ΔZ - მილსადენის თავისა და ბოლოს ნიშნულების სხვაობა, მ.

მილსადენში წნევის დანაკარგები ხახუნზე განისაზღვრება დარსი-ვეისბახის ფორმულით:

$$h_{\text{ბაბ}} = \lambda \cdot \frac{l_{\text{დაყ}}}{d_{\text{ფ}}} \cdot \frac{v_{\text{ფ}}^2}{2 \cdot g} \quad (1.50)$$

სადაც λ - ჰიდრავლიკური წინაღობის კოეფიციენტი;

$l_{\text{დაყ}}$ - მილსადენის დაყვანილი სიგრძე, მ.

ჰიდრავლიკური წინაღობის კოეფიციენტი λ დამოკიდებულია მილსადენში სითხის მოძრაობის ხასიათზე და მილის კედლის ფარდობით ხორკლიანობაზე.

მილსადენში სითხის მოძრაობის ხასიათი განისაზღვრება რეინოლდსის უგანზომილო პარამეტრით (რეინოლდსის რიცხვი):

$$Re = \frac{v_{\text{ფ}} \cdot d_{\text{ფ}}}{\nu} = \frac{4Q}{\pi \cdot d_{\text{ფ}} \cdot \nu} \quad (1.51)$$

მილის კედლის ფარდობითი ხორკლიანობა:

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot \Delta}{d_{\vartheta}} \quad (1.52)$$

სადაც Δ - ხორკლიანობის აბსოლუტური სიმაღლე, მ (ცხრ. 1.9).

სითხის ლამინარულ რეჟიმში მოძრაობის დროს ($Re < 2320$) კოეფიციენტი λ დამოკიდებულია მხოლოდ რეინოლდსის კრიტერიუმზე Re და იანგარიშება სტოქსის ფორმულით:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (1.53)$$

ცხრილი 1.9

ხორკლიანობის აბსოლუტური სიმაღლე

მილი	Δ , მმ
ახალი ფოლადის მთლიანწეული	0,05 – 0,15
ფოლადის უმნიშვნელო კოროზიით	0,20 - 0,30
ახალი თუჯის	0,30
ასბოცემენტის	0,30 – 0,80
ძველი ფოლადის	0,50 – 2,00

მოძრაობის ტურბულენტური რეჟიმის დროს ($2320 \leq Re < Re_1 = \frac{59,7}{\varepsilon^{0,75}}$) კოეფიციენტი λ განისაზღვრება ბლაუზიუსის ფორმულით (ჰიდრაულიკურად გლუვი მილების ზონა):

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (1.54)$$

ტურბულენტური რეჟიმის დროს ($Re_1 \leq Re < Re_2 = \frac{665 - 765 \cdot \lg \varepsilon}{\varepsilon}$) კოეფიციენტი λ განისაზღვრება ჩერნიკენის ფორმულით:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -1,83 \cdot \lg \left[\left(\frac{\varepsilon}{7,4} \right)^{1,093} + \frac{8,5}{Re} \right] \quad (1.55)$$

ტურბულენტური რეჟიმის დროს ($Re \geq Re_2$) კოეფიციენტი λ დამოკიდებულია მხოლოდ მილების ხორკლიანობის ხარისხზე და განისაზღვრება ნიკურამის ფორმულით (კვადრატული ზონა):

$$\lambda = \frac{1}{(0,74 - 2 \cdot \lg \varepsilon)^2} \quad (1.56)$$

მილსადენის დაყვანილი სიგრძე $l_{დაყ}$ იანგარიშება ფორმულით

$$l_{დაყ} = l_{\vartheta} + l_{გვ} \quad (1.57)$$

სადაც l_{ϑ} - მილსადენის ფაქტიური სიგრძე, მ;

$l_{გვ}$ - სიგრძე, რომელიც ეკვივალენტურია წნევის დანაკარგების ადგილობრივ წინაღობაში, მ.



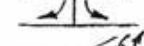

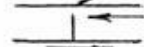


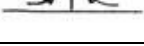
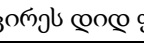
ეკვივალენტური სიგრძე იანგარიშება ფორმულით:

$$l_{გვ} = \frac{d_{\vartheta}}{\lambda} \cdot \sum_{i=1}^n \xi_i \quad (1.58)$$

სადაც ξ_i - ადგილობრივი წინაღობის შესაბამისი კოეფიციენტი (ცხრ. 1.10).

ადგილობრივი წინაღობის კოეფიციენტების მნიშვნელობები

№	წინაღობა	ξ
1	2	3
1	რეზერვუარიდან გამოსვლა ჭექუნას გარეშე	0,5
2	რეზერვუარიდან გამოსვლა ჭექუნით	0,9
3	რეზერვუარიდან გამოსვლა ასაწევი მილის მეშვეობით	2,2
4	მუხლი, შედუღებული 45°	0,3
5	მუხლი, შედუღებული 90°	1,3
6	ფილტრი ნათელი ნავთობპროდუქტებისათვის	1,7
7	ფილტრი მუქი ნავთობპროდუქტებისათვის	2,2
8	მიმღები ბადისებური ფილტრი	9,5
9	ჰიდრაულიკური ჩამკეტი 53 მმ	3,5
	– ” – 80,5 მმ	2,0
10	მზომი	10 - 15
11	უკუ სარქველი დიამეტრების მიხედვით	
	მილის დიამეტრი, მმ	
	40	22,0
	50	18,0
	65	13,5
	80	10,0
	100	8,0
	125	7,0
	150	6,5
	200	5,5
	250	4,5
	300	3,5
	350	3,0
	400	2,5
	450	2,0
	500	1,8
12	მთლიანად გახსნილი ვენტილი:	
	პირდაპირი დინებით	0,44 - 0,8
	ნორმალური	2,9 - 5,0
13	ურდული (საკვალთი) მისი გახსნის ხარისხის მიხედვით	
	მთლიანად ღია	0,05
	დახურული 1/8-თ	0,07
	დახურული 2/8-თ	0,26
	დახურული 3/8-თ	0,81
	8დახურული 4/8-თ	2,06
	დახურული 5/8-თ	5,52
	დახურული 6/8-თ	17,0
	დახურული 7/8-თ	97,8

14.	საცობიანი ონკანი საცობის მოზრუნების კუთხის მიხედვით (გრადუსებში):	
	10	0,25
	20	1,56
	30	5,47
	40	17,3
	50	52,6
	60	206
	65	486
15.	დროსელური სარქველი მოზრუნების კუთხის მიხედვით (გრადუსებში):	
	10	0,52
	20	1,54
	30	3,91
	40	10,8
	50	32,6
	60	118
	70	751
16.	სამკაპი სითხის დინების მიმართულების მიხედვით:	
		0,05
		1,0
		1,5
		3,0
		0,05
		0,1
		0,15
		2,0
		3,0
17.	ნაკადის უეცარი გაფართოება, მცირეს დიდ ფართობთან შეფარდებისას:	
	0,9	0,01
	0,7	0,09
	0,5	0,25
	0,3	0,49
	0,1	0,81
	0,01	0,98
18.	ნაკადის უეცარი გაფართოება, მცირეს დიდ ფართობთან შეფარდებისას:	
	0,9	0,09
	0,7	0,20
	0,5	0,30
	0,3	0,38
	0,1	0,47
	0,01	0,5
19.	დიაფრაგმა, კვეთის მცირეს დიდ ფართობთან შეფარდებისას:	
	0,9	0,06
	0,7	0,79
	0,5	3,77
	0,1	243,0

20.	კომპენსატორები:	
	მრგვალი, ლირასებური	2,5
	Π-სებური	2,0
	ჩოხალის	0,5
	ლინზური ჩადგმით	0,3

ლამინარული რეჟიმისათვის ადგილობრივი წინაღობის კოეფიციენტი განისაზღვრება:

$$\xi = \varphi \cdot \xi_i \quad (1.59)$$

სადაც კოეფიციენტი φ პარამეტრის Re –ს მიხედვით აიღება ცხრილიდან 1.11.

წნევის დანაკარგები ადგილობრივ წინააღობაში იანგარიშება ფორმულით:

$$h_{ად} = \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \frac{v_{\varrho}^2}{2 \cdot g} \quad (1.60)$$

ტუმბოების შეწოვაზე მუშაობის შემოწმების მიზნით მილსადენის შემწოვი და საწნეო უბნები იანგარიშება ცალ ცალკე. შეწოვისას ტუმბოების განუწყვეტელი მუშაობის პირობა არის:

$$H_{შეწ} < H_{შეწ.ტუმ} \quad (1.61)$$

სადაც $H_{შეწ}$ - წნევის დანაკარგები ტუმბოს შემწოვ ხაზში, მ;

$H_{შეწ.ტუმ}$ - ტუმბოს დასაშვები შეწოვის სიმაღლე, მ.

ნათელი ნავთობპროდუქტების გადატუმბვის დროს ტუმბოს მუშაობის შემოწმებისას, აუცილებელია გავითვალისწინოთ ორთქლის დრეკადობა:

$$H_{შეწ} + H_{დრეკ.ორ} < H_{შეწ.ტუმ} \quad (1.62)$$

თუ შეწოვის საანგარიშო სიმაღლე აღმოჩნდება დასაშვებზე მეტი, მისი შემცირება შეიძლება შემდეგი ხერხებით:

- 1) ტუმბოების რეზერვუარებთან უფრო ახლოს განლაგება, რათა შემცირდეს შემწოვი მილსადენის სიგრძე;
- 2) შემწოვი მილსადენის დიამეტრის გაზრდა, რათა შემცირდეს სითხის მოძრაობის შიჩქარე;
- 3) სატუმბო დანადგარების ჩაღრმავება ნიშნულების სხვაობის შემცირებისათვის;
- 4) საკაერო რეზერვუარის დაყენება დგუშიანი ტუმბოების შემწოვ მილსადენზე;
- 5) გადასატუმბი ნივთიერების ტემპერატურის დადაბლება რათა შემცირდეს ორთქლის დრეკადობა;
- 6) რეზერვუარის ფუნდამენტის სიმაღლის მომატება, თუ წარმოებს რეზერვუარიდან ამოტუმბვა.

კოეფიციენტი φ - ს მნიშვნელობები

Re	φ	Re	φ	Re	φ
200	4,20	1000	3,22	1800	2,90
400	3,81	1200	3,12	2000	2,84
600	3,53	1400	3,01	2200	2,48
800	3,37	1600	2,95	2320	2,26

ბევრ შემთხვევაში წნევის დანაკარგები ხახუნზე მოსახერხებელია ვიანგარიშით ლეიბენზონის ფორმულის მიხედვით, რომელიც წარმოადგენს დარსი-ვეისბახის ფორმულის სახესახვაობას და რომელშიც მიღებულის $\lambda = \frac{A}{Re^m}$. A და m მუდმივი სიდიდეებია, m -ს უწოდებენ სითხის მოძრაობის რეჟიმის მაჩვენებელს. მაშინ

$$h_{\text{ხახ}} = \frac{A}{Re^m} \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{A \cdot v^m}{v^m \cdot d^m} \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{A}{2g} \cdot \frac{v^{2-m} \cdot v^m}{d^{m+1}} \cdot L = \frac{A}{2g} \cdot \left(\frac{4Q}{\pi \cdot d^2} \right)^{2-m} \cdot \frac{v^m}{d^{m+1}} \cdot L =$$

$$= \frac{A}{2g} \cdot \frac{4^{2-m} \cdot Q^{2-m}}{\pi^{2-m} \cdot d^{4-2m}} \cdot \frac{v^m}{d^{m+1}} \cdot L = \frac{A \cdot 16}{2g \cdot \pi^{2-m} \cdot 4^m} \cdot \frac{Q^{2-m} \cdot v^m}{d^{5-m}} \cdot L = \frac{8A}{4^m \cdot \pi^{2-m} \cdot g} \cdot \frac{Q^{2-m} \cdot v^m}{d^{5-m}} \quad (1.63)$$

ავლიშნით $\frac{8A}{4^m \cdot \pi^{2-m} \cdot g} = \beta$, მივიღებთ

$$h_{\text{ხახ}} = \beta \cdot \frac{Q^{2-m} \cdot v^m}{d^{5-m}} \cdot L \quad (1.64)$$

კოეფიციენტების A , m , და β -ს მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში 12.

ცხრილი 1.12

კოეფიციენტების A , m , და β -ს მნიშვნელობები დინების რეჟიმის მიხედვით

რეჟიმი	m ,	A	β , წ ² /მ
ლამინარული	1	64	$\frac{128}{\pi g} = 4,15$
ტურბულენტური ბლაზიუსის ზონაში	0,25	0,3164	$\frac{0,241}{g} = 0,026$
ხახუნის კვადრატული კანონის არე	0	λ	$\frac{8\lambda}{\pi^2 g} = 0,082\lambda$

1.5.2.4. არაიზოთერმული მილსადენების ჰიდრავლიკური გაანგარიშება

ნავთობბაზეზე არსებობს მილსადენები, რომლებშიც გაედინება ნავთობპროდუქტები რომლის ტემპერატურა გაცილებით მეტია გარემოს ტემპერატურაზე. ასეთი მილსადენების თავისებურება იმაში მდებარეობს, რომ ნაკადის არა იზოთერმიულობის გამო ნავთობპროდუქტების სიბლანტე მატულობს მილსადენის სიგრძის მიხედვით. შედეგად იზრდება წნევის დანაკარგები ხახუნზე მილის ერთ გრძივ მეტრზე. მოკლე მილსადენებისათვის (როგორც არის

ტექნოლოგიური მილსადენები) წნევის დანაკარგები ხახუნზე შეიძლება ვიანგარიშოთ იზოთერმიული რეჟიმის ფორმულების მეშვეობით, იმ სხვაობით, რომ სიბლანტე აღებული უნდა იყოს საშუალო ტემპერატურის $t_{საშ}$ დროს:

$$t_{საშ} = \frac{1}{3} \cdot t_{საწ} + \frac{2}{3} \cdot t_{გაგ} \quad (1.65)$$

სადაც $t_{საწ}$ - გადასატუმბი ნავთობპროდუქტის საწყისი ტემპერატურა, °C;

$t_{გაგ}$ - გადასატუმბი ნავთობპროდუქტის გაცივების ტემპერატურა, °C, რომელიც განისაზღვრება შუხოვის ფორმულის მიხედვით

$$t_{გაგ} = t_{გ} \cdot (t_{საწ} - t_{გ}) \cdot e^{\frac{k \cdot \pi \cdot d \cdot l}{Q \cdot \rho \cdot C_p}} \quad (1.66)$$

სადაც $t_{გ}$ - გარემოს ტემპერატურა, °C;

k - თბოგადაცემის კოეფიციენტი ნავთობპროდუქტიდან გარემოსკენ, ვტ/მ²გრად;

d - მილსადენის შიგა დიამეტრი, მ;

l - მილსადენის სიგრძე, მ;

Q - მილსადენის მოცულობითი ხარჯი, მ³/წ;

ρ - ნავთობპროდუქტის სიმკვრივე, კგ/მ³;

C_p - სატუმბი პროდუქტის თბოშემცველობა, ჯოული/კგ.

მილსადენის თბოგადაცემის კოეფიციენტი დამოკიდებულია შიგა α_1 და გარე α_2 თბოგაცემის კოეფიციენტებზე, და ასევე მილის, იზოლაციის, დანალექი ფენის და ა.შ. თერმულ წინაღობაზე:

$$\frac{1}{k \cdot d} = \frac{1}{\alpha_1 \cdot d} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{D_i}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot D_g} \quad (1.67)$$

სადაც n - ანგარიშში გათვალისწინებული შრეების (ფენების) რიცხვი;

λ_i - თითოეული შრის თბოგამტარობის კოეფიციენტი (ნალექის, ფოლადის, იზოლაციის და ა.შ.), ვტ/მ გრად;

d_i, D_i - შესაბამისად თითოეული შრის შიგა და გარე დიამეტრი, მ;

D_g - მილსადენის გარე დიამეტრი, მ.

1.5.2.5. კოლექტორების ჰიდრაულიკური გაანგარიშება

კოლექტორი წარმოადგენს მილსადენს ცვალებადი ხარჯით სიგრძის მიხედვით. წნევის დანაკარგები ასეთ კოლექტორში იკრიფება ცალკეული უბნების ხახუნზე წნევის დანაკარგებისაგან:

$$h_j = \sum_{i=1}^n h_i \quad (1.68)$$

სადაც $n - l_i$ სიგრძის უბნების რიცხვი;

h_i - წნევის დანაკარგები ხახუნზე კოლექტორის i -ურ უბანზე.

კოლექტორს მთელ სიგრძეზე აქვს მუდმივი დიამეტრი ნავთობპროდუქტების გაცემით (მიღებით) ტოლი მონაკვეთების შემდეგ სიგრძით l , რომელიც განისაზღვრება მანძილით

ჩასხმა-ჩამოსხმის დგარებს შორის. კოლექტორის გაანგარიშების მოხერხებულობისათვის წნევის დანაკარგები h_i ჯობს ვიანგარიშით ლებენზონის ფორმულით:

$$h_i = \beta \cdot \frac{Q^{2-m} \cdot \nu^m}{d^{5-m}} \cdot l \quad (1.69)$$

მაშინ, კოლექტორში წნევის დანაკარგების ფორმულა შეიძლება ჩავწეროთ შემდეგი სახით:

$$h_j = \sum_{i=1}^n \beta \cdot \frac{(i \cdot q)^{2-m} \cdot \nu^m}{d^{5-m}} \cdot l \quad (1.70)$$

სადაც q - ნავთობპროდუქტების ხარჯი ერთ ჩასასხმელ- ჩამოსასხმელ დგარში.

თუ მივიღებთ, რომ $qn = Q$, ე.ი. უდრის ნავთობპროდუქტების მაქსიმალურ ხარჯს კოლექტორში და $nl = L$, ე.ი. უდრის კოლექტორის საანგარიშო სიგრძეს, შეიძლება ჩავწეროთ

$$h_j = \beta \cdot \frac{Q^{2-m} \cdot \nu^m}{d^{5-m}} \cdot L \cdot \left(\frac{1}{n^3} \cdot \sum_{i=1}^n i^{2-m} \right) \quad (1.71)$$

გამოსახულება ფრჩხილებში გვიჩვენებს, რამდენჯერ ნაკლებია წნევის დანაკარგები კოლექტორში ცვალებადი ხარჯით წნევის დანაკარგებზე იმავე სიგრძის მილსადენში მუდმივი ხარჯით Q .

განვიხილოთ მიღებული განტოლება (1.70) დინების სხვადასხვა რეჟიმისათვის.

ლამინარული რეჟიმის დროს ($m = 1, \beta = \frac{128}{\pi \cdot g}$):

$$\frac{1}{n^3} \cdot \sum_{i=1}^n i = \frac{1}{n^3} \cdot (1 + 2 + \dots + n) = \frac{n+1}{2n} \quad (1.72)$$

ვანაიდან $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n+1}{2n} = \frac{1}{2}$, მაშინ

$$h_j = \frac{1}{2} \cdot \beta \cdot \frac{Q \cdot \nu}{d^4} \cdot L \quad (1.73)$$

ე.ი. ცვალებადი ხარჯის კოლექტორებში წნევის დანაკარგები ხახუნზე დაახლოებით ტოლია იმავე სიგრძის მუდმივი ხარჯის მილსადენის ჰიდრავლიკური წინაღობის $1/2$ -სა.

დინების განვითარებული ტურბულენტური რეჟიმის დროს ($m = 0, \beta = \frac{8 \cdot \lambda}{\pi^2 \cdot g}$):

$$\frac{1}{n^3} \cdot \sum_{i=1}^n i = \frac{1}{n^3} \cdot (1 + 2^2 + 3^2 \dots + n^2) = \frac{(2n+1) \cdot (n+1)}{6n^2} \quad (1.74)$$

ვანაიდან $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(2n+1) \cdot (n+1)}{6n^2} = \frac{1}{3}$, მაშინ

$$h_j = \frac{1}{3} \cdot \frac{8\lambda}{\pi^2 \cdot g} \cdot \frac{Q^2}{d^5} \cdot L = \frac{1}{3} \cdot \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \left(\frac{4Q}{\pi \cdot d^2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g} \quad (1.75)$$

ე.ი. განვითარებული ტურბულენტური რეჟიმის დროს ცვალებადი ხარჯის კოლექტორებში წნევის დანაკარგები ხახუნზე 3-ჯერ ნაკლებია იმავე სიგრძის მუდმივი ხარჯის მილსადენის ჰიდრავლიკური წინაღობისა.

1.5.2.6. სიფონური მილსადენის ჰიდრავლიკური გაანგარიშება

სიფონურ მილსადენს უწოდებენ ისეთ მილსადენს, რომლის ნაწილი განლაგებულია გადასაქაჩი სითხის დონის ზემოდ. სიფონურ მილსადენს გამოიყენებენ მცირე სიბლანტის მქონე ნავთობპროდუქტების რკინიგზის ცისტერნიდან ზედა ჩამოსხმის დროს.

სიფონური მილსადენების ნორმალური მუშაობა შესაძლებელია იმ პირობით, რომ ნარჩენი (დარჩენილი) წნევა მის ნებისმიერ წერტილში მეტია ჩამოსასხამი ნავთობპროდუქტის გაჯერებული ორთქლის წნევაზე გადაქაჩვის ტემპერატურის დროს. სხვა შემთხვევაში ირღვევა ნავთობპროდუქტის ნაკადის უწყვეტობა.

სიფონური მილსადენის გაანგარიშება მდგომარეობს დარჩენილი წნევისა და ვაკუუმის გრაფიკის აგებაში, რის შედეგაც დგინდება მოცემული მილსადენის ცალკეული უბნების დიამეტრების შერჩევის სისწორე საშუალო სიჩქარეების მიხედვით ($v = 1,5 - 2,5$ მ/წ).

ნარჩენი წნევისა და ვაკუუმის გრაფიკის ასაგებად საჭიროა წინასწარ ვიანგარიშით ჩამოსასხმელი კომუნიკაციების ცალკეული უბნების ჰიდრავლიკური წინაღობა. გრაფიკს აგებენ ყველაზე არახელსაყრელ პირობებისათვის, როცა ატმოსფერული წნევა უმცირესია, ტემპერატურა უდიდესია, და ნავთობპროდუქტების დონე ცისტერნაში უდაბლესი.

ჯერ გამოხაზავენ ჩამოსასხმელ კომუნიკაციას მასშტაბში, შემდეგ ზემოთ ნავთობპროდუქტების სარკიდან (დონიდან) (ნახ. 1.45) გადადებენ მონაკვეთს, ტოლს

$$H_s = \frac{P_s}{\rho \cdot g} \quad (1.76)$$

სადაც P_s - შესაძლო მინიმალური ატმოსფერული წნევა, პა;

ρ - ნავთობპროდუქტების სიმკვრივე, კგ/მ³;

g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, მ/წ².

წნევის დანაკარგები ყოველ უბანზე იკრიბება წნევის დანაკარგებისაგან ხახუნზე და სიმაღლის გადალახვაზე (წერტილების ნიშნულების სხვაობა).

ნარჩენი წნევა კომუნიკაციის ნებისმიერ წერტილში განოსაზღვრება განტოლებიდან

$$h_x = H_s - \Delta Z_{ax} - \sum_{i=1}^n h_i \quad (1.77)$$

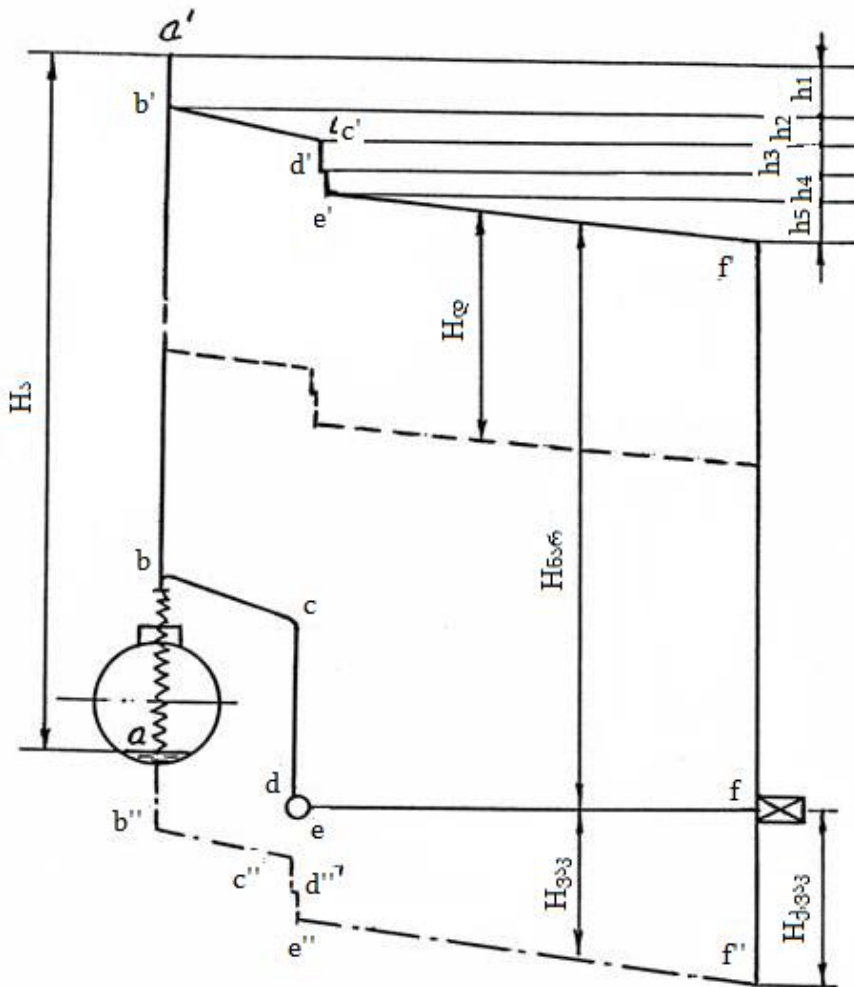
სადაც ΔZ_{ax} - მილსადენის საწყისი წერტილის a და x წერტილის ნიშნულების სხვაობა;

$\sum_{i=1}^n h_i$ - x წერტილამდე განლაგებული მილსადენის უბნების ხახუნზე წნევის დანაკარგების ჯამი.

a', b', c', d', e', f' წერტილების შემაერთებელი ტეხილი ხაზი არის ჩამოსასხმელ კომუნიკაციაში წნევის ვარდნის ხაზი. ნებისმიერი ორდინატა წნევის ვარდნის და კომუნიკაციის ხაზს შორის წარმოადგენს ნარჩენ წნევას მილსადენის მოცემულ წერტილში.

ორთქლის დრეკადობის ხაზს აგებენ ქვემოთ და ის დაცილებულია წნევის ვარდნის ხაზიდან მანძილით $H_{\phi} = P_{\phi} / \rho g$, სადაც P_{ϕ} - ჩამოსასხმელი ნავთობპროდუქტის დრეკადი ორთქლის წნევა, მოცემული ადგილის ყველაზე მაღალ ტემპერატურის დროს (ნახ.45-ზე ნაჩვენებია პუნქტით). თუ ორთქლის დრეკადობის ხაზი არ კვეთავს კომუნიკაციების ხაზს, მაშინ სისტემა დაპროექტებულია სწორად და ჩამოსხმა განხორციელდება ნორმალურად. თუ ორთქლის დრეკადობის ხაზი კვეთს კომუნიკაციების ხაზს, მაშინ მილსადენში გაზის (აირის) საცობის წარმოქმნის თავიდან აცილებისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ ერთერთი შემდეგი მეთოდი:

- შევცვალოთ ჩამოსასხმელი დგარის კონფიგურაცია;
- გავზარდოთ კომუნიკაციის ცალკეული უბნების დიამეტრები;
- შევამციროთ კომუნიკაციის ბოლო უბნის სიგრძე;
- გავზარდოთ სატუმბო სადგურის ჩაღრმავება;
- გამოვიყენოთ ჩაძირული ექვექტორი, რომლის დახმარებით მცირდება შეწოვის სიმაღლე.



ნახ. 1.45. ნარჩენი წნევებისა და ვაკუუმის გრაფიკი:

ae - დრეკადი შლანგის უბანი; ec - ჩამოსასხმელი დგარის ჰორიზონტალური ან დახრილი უბანი; cd - ჩამოსასხმელი დგარის ვერტიკალური უბანი; de - კოლექტორი; ef - კოლექტორიდან ტუმბომდე გამყვანი მილი.

თუ წნევის ვარდნის ხაზს გადავდებთ ნავთობპროდუქტების დონის ქვემოთ, მივიღებთ ვაკუუმის ხაზს a, b, c, d, e, f . ნებისმიერი ორდინატა, აღებული ვაკუუმისა და კომუნიკაციის ხაზებს შორის, წარმოადგენს გაუხშობის სიდიდეს კომუნიკაციის მოცემულ წერტილში. ორდინატა ff' არის გაუხშობა, რომელიც უნდა შექმნას ტუმბომ ნავთობპროდუქტების ამოსაქაჩად მოცემული წარმადობით. თუ ვაკუუმის ხაზი კვეთს კომუნიკაციის ხაზს, ეს ნიშნავს, რომ მილსადენის უბნები, განლაგებული ვაკუუმის ხაზის ქვემოთ იმყოფებიან ჭარბი წნევის ქვეშ.

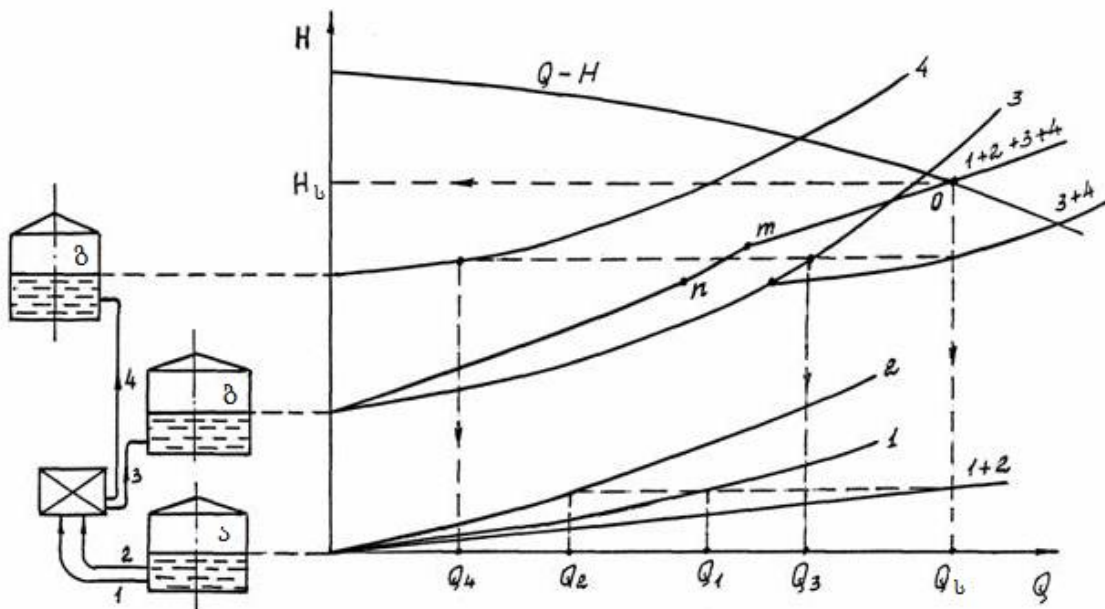
1.5.2.7. განშტოებული მილსადენური კომუნიკაციის ჰიდრავლიკური გაანგარიშება

სატუმბო და საკომპრესორო სადგურებს ჩვეულებრივ გააჩნია მილსადენების რთული სისტემა. ერთი ან რამდენიმე ტუმბო ან კომპრესორი შეიძლება ერთდროულად ემსახურებოდეს რამდენიმე მილსადენს და რეზერვუარს.

ტუმბოს მუშაობისას ერთ ან რამდენიმე თანმიმდევრულად მიერთებულ მილსადენებზე ტუმბოს საჭირო მიწოდება (ხარჯი) Q_0 მიიღება ტოლი ასეთი მილსადენის გამტარუნარიანობისა. თანმიმდევრულად მიერთებული რამდენიმე მილსადენის ჯამური მახასიათებელი $Q - H$ მიიღება წნევების შეკრებით.

ტუმბოს მუშაობისას რამდენიმე პარალელურად შეერთებული და ერთდროულად მომუშავე მილსადენებზე ტუმბოს საჭირო მიწოდება (ხარჯი) მიიღება ტოლი ამ მილსადენების გამტარუნარიანობის ჯამისა. ამ მილსადენების ჯამურ მახასიათებელს მივიღებთ მიწოდებების შეკრებით.

განვიხილოთ ცენტრიდანული ტუმბოს პარალელურ მილსადენებზე მუშაობის მაგალითი: ცენტრიდანული ტუმბო რეზერვუარიდან a (ნახ. 1.46) ტუმბავს ნავთობპროდუქტს რეზერვუარებში b და $ვ$.



ნახ. 1.46. გაერთიანებული მახასიათებლის აგება ტუმბოს მუშაობისას პარალელურ მილსადენებზე.

ვინაიდან მილსადენები 1 და 2 მუშაობენ პარალელურად, მათი ჯამური მახასიათებელი $1+2$ აიგება ჰორიზონტალური შეკრებით a რეზერვუარში ნავთობპროდუქტების დონიდან.

პარალელურად მომუშავე მილსადენების 3 და 4 მახასიათებელი აიგება შესაბამის დონიდან რეზერვუარებში ბ და გ, მათი ჯამური მახასიათებელი 3+4 კი მოიპოვება ჰორიზონტალური დაჯამებით.

მილსადენების სისტემის სრული მახასიათებელი 1+2+3+4 აიგება მახასიათებლების 1+2 და 3+4 ვერტიკალური დაჯამებით, როგორც თანმიმდევრულად მომუშავე მილსადენებისათვის. ტუმბოს $H - Q$ და მილსადენის 1+2+3+4 მახასიათებლების გადაკვეთის წერტილი 0 განსაზღვრავს ტუმბოს ფაქტიურ მიწოდებას Q_b და წნევას H_b . თუ ჩამოვიტანთ ვერტიკალურად 0 წერტილს მახასიათებლებზე 1+2 და 3+4, აქედან კი ჰორიზონტალურად მახასიათებლებზე 1, 2, 3, 4, განვსაზღვრავთ ცალკეული მილსადენების ფაქტიურ გამტარ უნარიანობას (Q_1, Q_2, Q_3, Q_4). თუ აღმოჩნდება, რომ მუშა წერტილი იქნება m, მაშინ ნავთობპროდუქტს რეზერვუარში გ ვერ მივაწოდებთ და გადატუმბვა იწარმოებს მხოლოდ რეზერვუარში ბ. თუ მუშა წერტილი იქნება n, ნავთობპროდუქტი ბ რეზერვუარში გადაიტუმბება ტუმბოთი და მიეწოდება რეზერვუარიდან გ თვითდინებით.

2. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების სარკინიგზო ტრანსპორტი

2.1. ტრანსპორტის წილი საერთო ტვირთბრუნვაში

მილსადენურ ტრანსპორტს რიგი ნაკლოვანებები აქვს. მაგისტრალური მილსადენის მშენებლობის დასაბუთებისათვის აუცილებელია მძლავრი და დროის დიდ მონაკვეთზე გათვლილი ტრანსპორტირებადი პროდუქტის მდგრადი ტვირთნაკადი. ამ პირობის დარღვევის ან არარსებობის შემთხვევაში მილსადენის მუშაობის მაჩვენებლები უარესდება, ხოლო არასაკმარისი დატვირთვისას მწარმოებლობა ექსპლუატაციას არარენტაბელურს ხდის. თუმცა მილსადენური ტრანსპორტი უნდა განვიხილოთ, როგორც ეკონომიური და პროგრესული. მილსადენური და სხვა სახის ტრანსპორტის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების (თვითღირებულება, კაპიტალდაბანდებები და სხვა) შედარება ამას ადასტურებს.

ტვირთის ტრანსპორტირების თვითღირებულება ერთ-ერთი ძირითადი მაჩვენებელია ამა თუ იმ სახის ტრანსპორტის ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასებისას. თვითღირებულება 1 ტ ნავთობტვირთის 1 კმ - ზე მილსადენით გადაზიდვისას 3-ჯერ მცირეა გადაზიდვის ღირებულება ვიდრე რკინიგზის ტრანსპორტირებისას და 1,5-2 -ჯერ უფრო იაფი ვიდრე წყლის ტრანსპორტით ტრანსპორტირებისას (იხ. ცხრ. 2.1). ბუნებრივი გაზის დიდ მანძილზე ტრანსპორტირების თვითღირებულება ასევე დაბალია ვიდრე ეკვივალენტური რაოდენობის ნახშირის გადაზიდვის თვითღირებულება რკინიგზის ტრანსპორტით.

აუცილებელია ისიც გავითვალისწინოთ, რომ მაგისტრალური ნავთობსადენის სიგრძე ორ პუნქტს შორის მუდამ ნაკლებია რკინიგზის სიგრძისა და მითუმეტეს მანძილისა ნავთობპროდუქტების წყლით ტრანსპორტირების დროს. ამის გამო მილსადენური ტრანსპორტის ეკონომიურობა უფრო იზრდება.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მილსადენური ტრანსპორტით ტრანსპორტირებისას და გადაქაჩვისას პროცესი მაქსიმალურად ჰერმეტიკულია. დათვლილია, რომ დანაკარგები ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების რკინიგზის, სამდინარო და საზღვაო ტრანსპორტით ტრანსპორტირებისას, შენახვისას და ნავთობბაზებში გადატვირთვისას საშუალოდ ხუთი წლის მანძილზე შეადგენს 35-50 მლნ. ტონას ან 6 – 8 მლნ ამერიკულ დოლარს. ამ სახსრებით შეიძლებოდა აშენებულიყო დაახლოებით 10 ათასი კმ 500 მმ დიამეტრის მილსადენი და მას გაეტარებინა 60 მლნ. ტონა ნავთობპროდუქტი.

მიუხედავად ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მილსადენებით გადაზიდვის უპირატესობისა სარკინიგზო ტრანსპორტის მაინც რჩება ერთ-ერთი ძირითადი. სარკინიგზო ტრანსპორტით ხდება მცირე რაოდენობის ნავთობპროდუქტების გადაზიდვადიდ მანძილებზე. ამასთან როგორც ჩანს ცხრილიდან 2.2 და 2.3 ეს გადაზიდვები საკმაოდ მნიშვნელოვანია სხვასთან შედარებით და როგორც ხშირად ხდება ერთადერთი შესაძლებელი.

მაგალითად საფრანგეთში ნავთობპროდუქტები გადააქვთ შემადგენლობით ან ცალკეული ცისტერნებით. ნავთობჩასასხმელი შემადგენლობები ყველაზე ხშირად 22 ცისტერნიანია საერთო სასარგებლო ტვირთით 1200-1300 ტონა. თუმცა ზოგიერთი მიმართულებით შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს 40 ცისტერნიანი შემადგენლობა. სარკინიგზო შემადგენლობებით

ხორციელდება ნავთობტვირთის 95-97% გადაზიდვა, ხოლო ერთეული ცისტერნებით ძირითადად ხდება სპეციალური ნავთობპროდუქტების და გათხევადებული ნავთობიანი გაზის გადაზიდვა. ნავთობჩასახმელი შემადგენლობის გადაადგილების მაქსიმალური სიჩქარე 80-50კმ/სთ შეადგენს და 1988 წლიდან 100 კმ/სთ-მდე გაიზარდა. ცისტერნის შემადგენლობებით ხდება სხვადასხვა სახის პროდუქტების გადაზიდვა. სრული დაცლის მოწყობილობილობა ჩამოსხმისას საშუალებას იძლევა რიგრიგობით მოხდეს ბენზინის, დიზელის და მსუბუქი ლუმელის საწვავის გადაზიდვა დაბინძურების რისკის გარეშე.

საფრანგეთში რკინიგზით ნავთობპროდუქტების გადაზიდვის ღირებულება შეადგენს 25-30 სანტიმს/ტ.კმ ცისტერნების შემადგენლობით და 35-40 სანტიმს/ტ.კმ ერთეული ცისტერნებით. შედარებისთვის შეიძლება მივუთითოთ, რომ ნავთობპროდუქტების გადაზიდვის ღირებულება სამდინარო ბარჯებით, რომლის ტვირთამწეობა 300 ტონაა ჯდება 30 სანტიმი/ტ.კმ, კაბოტაჟური ტანკერებით 10-15 სანტიმი/ტ.კმ და მილსადენებით გადატვირთვა 6-8 სანტიმი/ტ.კმ.

ნავთობპროდუქტების ძირითადი მოცულობის გადაზიდვა რკინიგზით მოდის ნავთობ-გადამამუშავებელი ქარხნებიდან ნავთობბაზებისათვის მიწოდებაზე.

ცხრილი 2.1

ტრანსპორტის წილი საერთო ტვირთბრუნვაში

წლები	ტრანსპორტის სახეები	სარკინიგზო	საზღვაო	სამდინარო	მილსადენური (ნავთობისა და ნავთობპროდუქტებისათვის)	სავტომობილო	საკაერო
მილიარდი ტ. კმ.							
2010	7750,0	1312,0	37,0	102,0	1061,0	5236,0	1,1
2011	8337,0	1382,0	34,0	126,0	1131,0	5663,0	1,2
2012	8519,0	1421,0	18,0	141,0	1096,0	5842,0	1,2
2013	8264,0	1381,0	17,0	135,0	1096,0	5635,0	1,2
2014	8005,0	1375,0	16,0	119,0	1078,0	5417,0	1,3
2015	7579,0	1329,0	19,0	121,0	1071,0	5041,0	1,2
2016	7592,0	1227,0	24,5	113,8	1088,0	5138,2	0,98
პროცენტი							
2010	100	16,9	0,5	1,3	13,7	67,6	-
2011	100	16,6	0,4	1,5	13,6	67,9	-
2012	100	16,7	0,2	1,7	12,9	68,5	-
2013	100	16,7	0,2	1,6	13,3	68,2	-
2014	100	17,2	0,2	1,5	13,5	67,6	-
2015	100	17,5	0,3	1,6	14,1	66,5	-
2016	100	16,2	0,3	1,5	14,3	67,7	-

შენიშვნა: საკაერო ტრანსპორტი საერთო ბალანსში გათვალისწინებული არ არის, რადგან მისი წილი საერთო ტვირთბრუნვაში უმნიშვნელოა.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირებისა და შენახვის ტარის სახეები

	სატრანსპორტო									სამომხმარებლო					
	კასრი		დოლი			კანისტრა		ყუთი	ქაღალდის ტომარა	ბიდონი		ქილა		ბოთლი	ტუბი
	ლითონის	ხის	ლითონის	ფანერის	მუყაოს	ლითონის	პოლიმერის			ლითონის	პოლიმერული	ლითონის	მინის		
1.საწვავი აირტურბინული დანადგარებისათვის, ძრავებისათვის, მაწუთი	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-			
2.ზეთი	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+			
3.საპოხი პლასტიკური	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+			
4.საპოხი პრეპარატები	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
5.ვაზელინი	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+			
6. თხევადი პარაფინები	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.მყარი პარაფინები	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-
8.პარაფინულ-ცვილოვანი შემადგენლობები	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
9.ზეთოვან კანიფოლური შემადგენლობები	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-
10.ბითუმები თხევადი საგზაო	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.ბითუმი სამშენებლო, სპეციალური	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
12.მისართები	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+				
13.ეტალონური საწვავი	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
14.ნავთობური არომატები	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-
15.გადამუშავებული ნაქვთობპროდუქტები	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

შენიშვნა: 1)რეკომენდირებული ტარის სახეობა აღნიშნულია (+). 2) ნავთობი, საგზაო ბლანტი ბითუმები, სახურავისBHK-45/180, სამშენებლო BH-50/50 ბითუმები, სინთეტიკური ყველა ფრაქციის ცხიმოვანი მჟავების, ნავთობური მჟავების, ნაფტენური მჟავების, სინთეტიკური სპირტის შენახვა და გადაზიდვა მხოლოდ ლითონის კასრებითაა რეკომენდირებული. 3)საავტომობილო, საავიაციო ბენზინის, რეაქტიული ძრავების საწვავის, ნეფტოლის, ნავთის, დიზელის და ლუმელის საწვავის შემთხვევაში რეკომენდირებულია მხოლოდ კასრი, ავზი და ბიდონი. 4)ნახშირბადოვანი და გათხევადებული გაზებისათვის მხოლოდ ლითონის ბალონები. 5)ბენზინი და გაზის კონდენსატი, ნავთობის ტიპის ფისები E, მური არ ინახება და არ გადაიტანება.

სატრანსპორტო საშუალებების სახეები ნავთისა და ნავთობპროდუქტების გადაზიდვისათვის

ნავთობპროდუქტების სახეები	სპეციალური კონტეინერი	ცისტერნა			ვაგონი ბითუმისათვის	ნავთობჩასახმეელი ტანკერი	ტანკერები გაზებისათვის	ავტოცისტერნა	ავტოსაწვავ-გასამართი	ავტოზეთეგასამართი	ავტობითუმზომიდი	მილსადენი
		უნივერსალური ჩამოსახმეელი მოწყობილობით	გამათბობელი მოწყობილობით	სპეციალური								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. ნავთობი	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+
2. გაზი ნახშირბადოვანი გათხევადებული	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+
3. ბენზინი საავიაციო, საავტომობილო, რეაქტიული, ნავთი, დიზელის საწვავი	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+
4. გაზის კონდენსატი	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+
5. ნავთობური არომატები	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+
6. ნავთობური გამხსნელები	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
7. ზეთები	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+
8. პარაფინები ნავთობური თხევადი	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+
9. ბითუმები საგზაო თხევადი	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-
9.1 ბლანტი ბითუმი, სახურავის, სამშენებლო	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
10. მისართები	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
11. მჟავები C5-C6, C7-C9, C9-C10, C10- C13	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
11.1 მჟავები C10-C16, C12-C16, C17-C20, C20+E	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
11.2 ნაფტენური დისტილირებული მჟავები	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
12. სპირტები C10- C16, C10- C18, C12- C16	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
13. ქაფწარმომქმნელები, დეემულგატორები	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-

შენიშვნა: 1) რეკომენდირებული ტრანსპორტის სახეობა აღნიშნულია (+); 2) ეტალონური საწვავი, პლასტიკური საპოხი, გამაცხიმოვნებელი პრეპარატები, ბითუმი აკუმულატორის საცხი, ვაზელინი, ცერეზინი, მყარი პარაფინების გადაზიდვა ზემოთ მოყვანილი სატრანსპორტო საშუალებებით არ არის რეკომენდირებული; 4) დამამზადებლის და მომხმარებლის შეთანხმების თანახმად რკინიგზის ტრანსპორტის ცისტერნებთან დასაშვებია ტექნიკური ვაზელინი, პარფიუმერული ზეთი, სინთეტიკური ცხიმი.

2.1. ნავთობპროდუქტების გადაზიდვა რკინიგზის ტრანსპორტით

2.1.1. სარკინიგზო ვაგონ-ცისტერნები

ჩამოსასხმელი ნავთობპროდუქტების გადაზიდვა რკინიგზის ვაგონ-ცისტერნებით ხორციელდება, რომელთა ტვირთამწეობა 40–120 ტონამდეა (ნახ.2.1). ცისტერნების დამზადება ხდება ფოლადის ფურცლებისაგან სისქით 8-11მმ ჰორიზონტალური, ცილინდრული რეზერვუარის სახით (ნახ.2.1. ა, პოზიცია ბ).

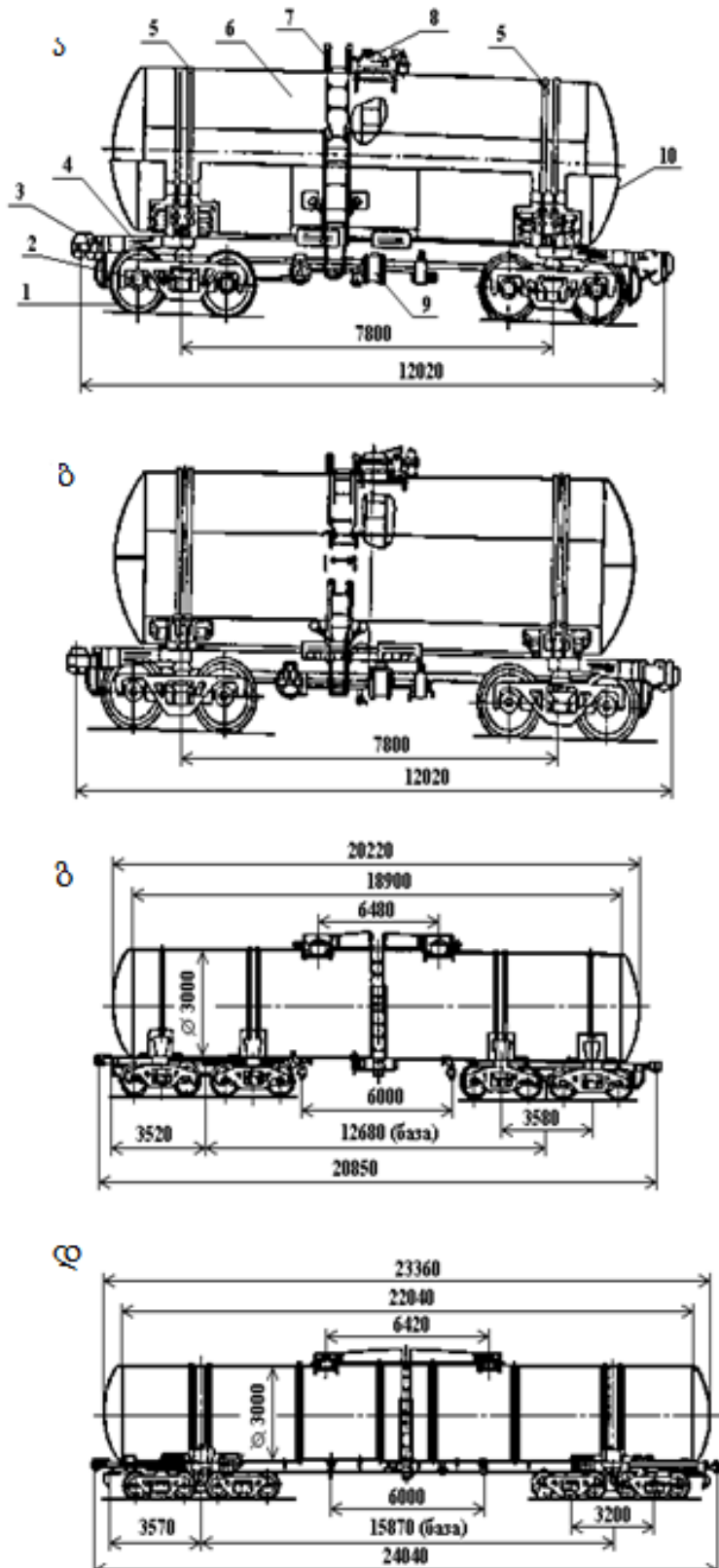
ცისტერნიდან ნავთობპროდუქტების სრული გადმოტვირთვისათვის, ცისტერნის ქვედა ნაწილში აქვს დახრა ცენტრისკენ 20–30 მმ-ის საზღვრებში, სადაც მონტაჟდება ჩამოსასხმელი მოწყობილობა 9.

რკინიგზაზე ცისტერნების გადაზიდვა ხორციელდება სპეციალურ ოთხ და რვაღერძიან პლათფორმაზე 4, სავალი ნაწილის მოწყობილობით 1, ამორტიზაციის და მუხრუჭის სისტემით 2, პლათფორმის ჩაჭიდების კვანძებით 3, ცისტერნების პლათფორმაზე დამაგრებით 5; ამათ გარდა ცისტერნებს აქვთ შიგა და გარე კიბე 7 დასათვალიერებელი ბაქნით. იოლად გამყარებადი ნავთობპროდუქტების გადასაზიდ ცისტერნას აქვს 3 მმ სისქის გარე გარსაცმი 10, რომელიც ქვების 1/3 ნაწილს ფარავს და ქმნის ორთქლის პერანგს.ის თავის მხრივ შედგება განყოფილებისაგან (ნაკვეთურებისაგან) სისქით (დაშორება ქვებისა და პერანგის კედლისაგან) 30–40 მმ. ორთქლის გაშვება ორთქლის პერანგში ხორციელდება მილაკით, რომელიც მოთავსებულია ჩამოსასხმელ მოწყობილობაში. კონდენსატი მიედინება ღარში პერანგის ქვედა ნაწილში და იქედან კი მილაკის გავლით ცისტერნის კუთხეებისაკენ. ორთქლის წნევა, რომელიც მიეწოდება ორთქლის პერანგს, ძირითადად არ აღემატება 0,3 მეგაპასკალს.

ცისტერნის მოდელის მიხედვით ქვების ზედა ნაწილში შეიძლება ჰქონდეს ერთი ან ორი ყელი, რომელსაც აქვს სახურავი და სასუნთქი არმატურა 8. ყელის საშუალებით შეიძლება ვაწარმოოთ გამწმენდი სამუშაოები, ასევე ჩასასხმელ-ჩამოსასხმელი ოპერაციები, მაშინ როცა ქვედა ჩამოსასხმელი ხელსაწყო წყობიდანაა გამოსული ან არ არის გათვალისწინებული ტექნოლოგიური პროცესით.

ბლანტი ნავთობპროდუქტების გადაზიდვისთვის გამოიყენება ცისტერნები – გამათბობლებით. ასეთი ცისტერნის ქვაბი დაფარულია გაძლიერებული იზოლაციით (გამოიყენება თხევადი მინა და ლითონის ბადე). პროდუქტის ტემპერატურა შეიძლება შენარჩუნებული იქნას ხანგძლივი დროის მანძილზე. აქედან წარმოიშვა სახელწოდება ცისტერნა – თერმოსი.

დიდი სიბლანტის ნავთობპროდუქტების (ბითუმი) გადაზიდვა ხდება ბუნკერებით – ნახევრადვაგონებით, რომელთა ტვირთამწეობა 40 ტონაა. ერთი ბუნკერის ტევადობაა 12მ³. მას აქვს ორთქლის პერანგი და ჩამკეტი სახურავი. ბითუმის გადმოტვირთვისათვის საკმარისია ბუნკერი წინასწარი გათბობის შემდეგ გავათავისუფლოთ შესაკრავებისაგან და სიმძიმის ცენტრების გადაადგილების ხარჯზე, საყრდენ წერტილიდან შედარებით, სატვირთო ბუნკერი აყირავდება. გადმოცლის შემდეგ ბუნკერი უბრუნდება პირვანდელ ვერტიკალურ მდგომარეობას, რადგან ცარიელი მოცულობის სიმძიმის ცენტრი მდებარეობს საყრდენი წერტილის ქვემოთ.



ნახ. 2.1. ვაგონ-ცისტერნები:

ა - ბლანტი ნავთობპროდუქტების გადასაზიდად (მოდელი 15-898); ბ - ბენზინისა და ნათელი ნავთობპროდუქტების გადასაზიდად (მოდელი 15-1443); გ - ბენზინის გადასაზიდად (მოდელი 15-871); დ - ნათელი ნავთობპროდუქტების გადასაზიდად (ბენზინის გარდა) (მოდელი 15-1500).

2.1.2. სარკინიგზო ცისტერნების მოწყობილობა და კლასიფიკაცია

სარკინიგზო ცისტერნების კლასიფიკაცია შეიძლება ვაწარმოოთ შემდეგი ნიშნებით:

1. დანიშნულების მიხედვით: ჩასასხმელი, ბლანტი, გამყარებადი, გათხევადებული (აირი) ტვირთისთვის;
2. ქვების მოწყობილობის მიხედვით: დამატებითი მოწყობილობების გარეშე, გამათბობელი გარსაცმით, თერმოიზოლაციით, თერმოიზოლაციით და გამათბობელი გარსაცმით, პნევ-მოგადმოსატვირთი მოწყობილობით;
3. მზიდი ელემენტების კონსტრუქციის მიხედვით: ჩარჩოთი და ჩარჩოს გარეშე;
4. ჩატვირთვის მეთოდის მიხედვით: ღია და დახურული;
5. ტვირთის გადმოტვირთვის მეთოდის მიხედვით: წნევით (გადაწნევით, სიფონირებით, პნევმატური - ზედა და ქვედა), წნევის გარეშე (თვითდინებით);
6. მოძრაობისას ტვირთის მდგომარეობის მიხედვით: ცისტერნები წნევის ქვეშე და წნევის გარეშე;
7. ქვებში ტვირთის გათბობის მეთოდით: ორთქლით გათბობა – გარე (გარსაცმი კლაკნილა), შიგა (კლაკნილა), ელექტროგათბობა (ელექტროგამათბობლით);
8. ტვირთის ტემპერატურული რეჟიმის შენარჩუნებით: თერმოიზოლაციით, თერმოიზოლაციის გარეშე;
9. ღერძების მიხედვით: 4,8 ღერძიანი;
10. გაბარიტების მიხედვით: ГОСТ 9238 – 83 (EN 45004);
11. ტვირთამწეობის მიხედვით: 23 ტონიდან 120 ტონამდე. ექსპლუატაციაში გამოიყენება 4 ღერძიანი ცისტერნები მოცულობით 60მ³ უნივერსალური ჩამოსასხმელი მოწყობილობით, რომელშიც შესაძლებელია ნებისმიერი თხევადი ნავთობპროდუქტის გადატანა.

ცისტერნის შემადგენელი ნაწილები. პლათფორმა

ჩარჩოიანი კონსტრუქციის ქვებს პლათფორმაზე აყენებენ მოწყობილობით, რომელიც მოიცავს: ჩარჩოს, სამუხრუჭე და ავტომისაბმელ მოწყობილობას და სავალ ნაწილს.

პლათფორმა შედგება შედუღებული კონსტრუქციის ჩარჩოსაგან, ავტომატური და დასაყენებელ მუხრუჭისაგან, ავტომატური დამრტყმელ – გამწევი მოწყობილობისაგან და სავალი ნაწილისაგან.

პლათფორმის სავალი ნაწილი შედგება ორი ორღერძიანი ურიკისაგან მოდელის 15–100, ГОСТ 9246 – 79 –ს მიხედვით.

დარტყმით-საწევი მოწყობილობა მოიცავს ავტოგადასაბმელს, მშთანთქმელ აპარატს, საწევ ცალულს, ცალულის სოლს საწევი ცალულის სამაგრს, კოჭს, ცენტრირებადი ორი ქანქარით, გადასახსნელი ბერკეტით.

დასაყენებელი მუხრუჭის დანიშნულებათა ცისტერნის დამუხრუჭება დასატვირთ-განტვირთვის პუნქტში.

კიბე

ქვების შიგა ზედაპირის, კვანძების მოწყობისათვის და სარემონტო სამუშაოების წარმოებისათვის ცისტერნების უმრავლესობას უკეთდება შიგა კიბე. გარე კიბე შედგება საფეხურებისაგან, ბაქანის და სახელურისაგან.

დამცავი არმატურა

სარკინიგზო ცისტერნების ექსპლუატაციის უზრუნველსაყოფად, მათ ჩასატვირთად და გადმოსატვირთად გამოიყენება დამცავ – საკონტროლო არმატურა, რომლის ნაწილი დამონტაჟებულია ქვაბზე.

ცისტერნები აღჭურვილი არიან დამცავი სარქველებით. სარქველებს აქვთ განსხვავებული სარეგულირებელი წნევა 0,07–დან 20 მეგაპასკალამდე. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტებისათვის – ჩვეულებრივ 0,5 მეგაპასკალი. კეთდება აგრეთვე დამცავ – შესასვლელი სარქველები.

ქვაბში წნევის გადამატებისას, რომელზეც გათვლილია ზამბარა, მისი წინაღობა გადაილახება და სარქველი იწევს ზემოთ, იხსნება გაზის გამოსასვლელი ატმოსფეროში. თუ ქვაბის წნევა ატმოსფერულზე დაბალია, ზამბარა ფართოვდება, შესასვლელი სარქველი იღება და ქვაბის შიგა სივრცე უერთდება ატმოსფეროს.

ცისტერნის ქვაბი დამზადებულია ფოლადის ფირფიტებისაგან სისქით 8–11მმ. ცისტერნის ფსკერი შეიძლება იყოს ბრტყელი, ან სფერული ფორმის. ქვაბს აქვს ხუფი, რომელიც გათვალისწინებულია ნავთობპროდუქტის გაფართოებისათვის ტემპერატურული ცვლილებისას. თანამედროვე ცისტერნების ხუფის მოცულობა არ აღემატება ცისტერნის მოცულობის 2%. ცისტერნის მოძრაობის სიჩქარის ცვლილებისას ჰიდრავლიკური დარტყმების თავიდან აცილების მიზნით პროდუქტის დონე ცისტერნაში უნდა აღემატებოდეს ხუფის ფუძეს. ახალი ტიპის ცისტერნებში ხუფები არ არის გათვალისწინებული. მათ ფუნქციას კი ყელი ასრულებს. ყელს აქვს ლუქები სფეროსებური ზდაპირებით და გამოიყენება ჩასასხმელ–ჩამოსასხმელო ოპერაციებისათვის, ასევე ცისტერნებში ჩასასვლელად.

2.2. ცისტერნები გამყარებადი ტვირთის გადასაზიდად

ცისტერნები შიგა ორთქლის გათბობით ჩვეულებრივისაგან განსხვავდებიან იმით, რომ ცისტერნების ქვაბის ქვედა ნახევარი აღჭურვილია ორთქლის პერანგით სისქით 3-4 მმ და გახურების ფართობი შეადგენს ქვაბის ზედაპირის 1/3-ს, ანუ 40მ²-ს. ორთქლის პერანგის ფურცლებსა და ქვაბის გარე ზედაპირს შორის მანძილი 35-50 მმ-ია. ორთქლი ნავთობპროდუქტების გათბობისათვის ჩამოსხმის წინ 0,3 მპა-ზე მეტი წნევით მიეწოდება უნივერსალური ჩამოსასხმელი მოწყობილობის ორთქლის პერანგის შტუცერის გავლით, კონდენსატი გამოდის ორი მოკლე მილით, რომლებიც მოთავსებულია საქვაბის ორთქლის პერანგის ბოლოებზე. რამდენადაც ორთქლის გამოშვებისას ჩამომსხმელი მოწყობილობა შეიძლება გაცხელდეს 100°C ტემპერატურაზე მეტად, ჩამომსხმელი მოწყობილობის სარქველის შემამჭიდროვებელი რეზინის რგოლი შეცვლილია ალუმინის რგოლით. ცისტერნები ორთქლის პერანგით იწარმოება ტვირთამწეობით 50 და 60 ტონა.

ამ ცისტერნების არსებითი ნაკლოვანებებიდან ერთ-ერთი არის ტარის მასის რამდენადმე ზრდა. ბოლო გამოშვების ცისტერნების ორთქლის პერანგის მასა შემცირებულია 1,2- დან 0,8 ტონამდე.

ცისტერნა-თერმოსები გამოიყენება მაღალი სიბლანტის ნავთობპროდუქტების ცხელი გადაზიდვისათვის. ამ ცისტერნის საქვაბე დაფარულია სამფენიანი თბოიზოლაციით (პირველი ფენა - ნარევი 30% აზბესტიტი და 70% ინფუზორული მიწა, მეორე ფენა - ჯვალო, გაჟღნთილი თხევადი მინით და გამაგრებული ლითონის ბადით, მესამე ფენა - ჯვალო სისქით 100მმ).

თხევადი გამყარებადი ტვირთის გადაზიდვა ხორციელდება სხვადასხვა ტიპის რკინიგზის ცისტერნებით: ჩვეულებრივი და სტაციონარული ორთქლის კლაკნილით აღჭურვილი ვაგონ - ცისტერნებით; ჩვეულებრივი ცისტერნა-თერმოსიბით, აღჭურვილი სტაციონალური ორთქლის კლაკნილით; ცისტერნებით გარე გამათბობელი პერანგით.

ცისტერნებში კლაკნილები ყენდება გათბობისას და გაქცივებისას ტემპერატურული დეფორმაციის გათვალისწინებით. კლაკნილას გახურების ზედაპირი ოთხღერძა ცისტერნებში შეადგენს 34მ² - ს. ცისტერნის ქვაბების სასარგებლო ტევადობა, რომლებშიც მოწყობილია კლაკნილები, 1,5 % - ით მცირდება. შიგა სტაციონარული ორთქლის კლაკნილებით აღჭურვილი ცისტერნებიდან მაღალი სიბლანტის ტვირთის ჩამოსხმა შეიძლება განხორციელდეს ისეთ პუნქტებში, რომლებსაც არ გააჩნიათ სპეციალური მოწყობილობები. ამასთან ასეთი ცისტერნები გამოირჩევიან კონსტრუქციის არასრულყოფილებით და არასაკმარისად საიმედოები არიან. დინამიკური დატვირთვის ზემოქმედების და ტემპერატურული დეფორმაციების შედეგად კლაკნილები ხშირად მწყობრიდან გამოდიან. კლაკნილების დაზიანების დროს ცისტერნებიდან ტვირთის ამოღება უკიდურესად რთულდება. ამიტომ ასეთი ცისტერნები ფართოდ არ დაინერგა და მხოლოდ კვების მრეწველობაში გამოიყენება, ისიც შეზღუდული რაოდენობით.

ცისტერნა - თერმოსებს გააჩნიათ თბოიზოლაცია, გარედან დაცული სპეციალური გარსაცმით. შედეგად ცისტერნაში ჩასხმული ტვირთი დანიშნულების ადგილას მიდის შედარებით მაღალი ტემპერატურით და ჩამოსხმება უმნიშვნელო შეთბობით ან შეთბობის გარეშე. ეს შესაძლებელია გამყარებადი ტვირთის 400 კმ - მდე მანძილზე გადატანისას დიდი სიჩქარით და ხელსაყრელი ატმოსფერული პირობების შემთხვევაში.

ხანგრძლივი გადაზიდვისას ტვირთი დანიშნულების ადგილას მიიტანება გამყარებული და მისი ჩამოსხმა გათბობის გარეშე შეუძლებელია. ამიტომ ცისტერნა - თერმოსის ნაწილი მარაგდება კლაკნილათი გათბობის შემცირებული ზედაპირით (20მ²). ამასთან ქვაბის სასარგებლო ტევადობა მცირდება, ტარის მასა კი 5 ტ-ით მეტია ჩვეულებრივი ცისტერნის ტარის მასაზე.

ზემოთ აღწერილი ცისტერნის მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია სითბოს გადაცემაზე თბომატარებლიდან ტვირთზე და გათბობის ხარჯზე ამ უკანასკნელის სიბლანტის შემცირებაზე. ის ეფექტურია მხოლოდ იმ პროდუქტებისათვის, რომლებსაც მაღალი თბოგამტარობა გააჩნიათ და რბილდებიან უმნიშვნელო გათბობისას. გამყარებად ტვირთებს, როგორც წესი ახასიათებთ მცირე თბოგამტარობა და მათი გათბობა ჩამოსხმისათვის მნიშვნელოვან დროს საჭიროებს. ასე მაგალითად, ცისტერნაში 80 სმ სიმაღლის ანტრაცენული ფრაქციის ნალექის 70 °C-მდე გასათბობად (ამ ტემპერატურაზე ნედლეული არ შეიცავს კრისტალებს) საჭიროა 80 საათი, მაშინ როცა თბომატარებლის ტემპერატურა შეადგენს 100 °C. ამიტომ უშუალო გათბობის გამოყენება ტვირთის დაცლის დასაჩქარებლად რკინიგზის ცისტერნიდან ორფაზიანი სისტემით (გარემოთი) ჩვეულებრივ არაეფექტურია.

ბევრ ქვეყანაში მაღალი სიბლანტის და გამყარებადი ტვირთების გადასაზიდად გამოიყენება ლითონის კონტეინერები. დიდ ბრიტანეთში ერთ-ერთ რკინიგზაზე უფრო ძვირადღირებული საპოხი ზეთები გადააქვთ სპეციალურ თბოიზოლირებულ კონტეინერ-ცისტერნებით ელექტროგამათბობელით), მოთავსებულს წყლის ავზში. ტვირთი თბება გაცხელებული წყლით, რომლის ცირკულაცია კონტეინერის შიგნით მიღებით ხდება. ელექტრო სათბურა დენით შეიძ-

ლება იკვებებოდეს ქსელიდან და მანქანის დინამოდან. განსაკუთრებული მოწყობილობა ავტომატურად არეგულირებს ელექტრო სათბურას მუშაობას, რაც გზაში კონტეინერის შიგთავსის გათბობის ან ტვირთის ტემპერატურის შენარჩუნების საშუალებას იძლევა მოცემულ დონემდე.

თხევადი და გამყარებადი ჩასასხმელი ტვირთის გადასაზიდად აშშ-ში, დიდ ბრიტანეთში, საფრანგეთში, შვეიცარიაში, გერმანიაში და სხვა ქვეყნებში გამოიყენება ელასტიური ტევადობები, დამზადებული რბილი რეზინა-ქსოვილის და პოლიმერული მასალებისაგან. ცარიელ მდგომარეობაში ისინი ადვილად იკვებება იჭერს მთელი მოცულობის ტევადობის 5-12 %-ს. ელასტიური ტევადობების ღირებულება 10 - ჯერ მცირეა ლითონის ცისტერნების ღირებულებაზე. ლაბორატორიული გამოცდით დადგენილია, რომ ელასტიური ტევადობები მოცულობით 10, 50, 60 მ³ გამოყენების ხანგრძლივობა შეადგენს 70-75 წელს. ელასტიური ტევადობის კედლის თბოგამტარობის შესამცირებლად მასში გამოიყენება თბოსაიზოლაციო მასალის ფენა. იგი საშუალებას გვაძლევს გადავზიდოთ თხევადი ტვირთები მნიშვნელოვან მანძილზე წლის ცივ პერიოდში.

2.3. ჩასხმა-ჩამოსხმის ოპერაციები

ნავთობაზეზე ჩასასხმელ-ჩამოსასხმელი ოპერაციების ჩასატარებლად რკინიგზის ცისტერნები აღჭურვილია ჩასასხმელ-ჩამოსასხმელი მოწყობილობებით, მიმყვანი მილსადენებით, კოლექტორებით, ტუმბოებით და სხვა მოწყობილობებით, რომელიც იძლევა ყველა ტიპის ცისტერნების გამოყენების საშუალებას.

ნავთობგადატვირთვის ოპერაციები ესტაკადებზე შეიძლება მიმდინარეობდეს ერთდროულად ერთ ან რამდენიმე ცისტერნაზე, ამასთან გამოიყენება ჩასხმის და ჩამოსხმის ღია ან დახურული ხერხები.

ნავთობპროდუქტის ჩასხმის და ჩამოსხმის **დახურულ ხერხს** მიეკუთვნება ისეთი ხერხი, რომელიც გამოიყენება მხოლოდ ცისტერნაზე მიერთებული მიმღებ-გამანაწილებელი მილსადენების, ტექნოლოგიური მოწყობილობებისა და ხელსაწყოების სრული ჰერმეტიზაციისას. ასეთი ჰერმეტიზაციის დროს გამორიცხულია გადასატუმბი ნავთობპროდუქტის ჭავლის კონტაქტი ჰაერთან. ამ მეთოდის დადებით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ მინიმუმამდეა დაყვანილი და თითქმის არ არსებობს ნავთობპროდუქტების დანაკარგები აორთქლებით და დაღვრით, ასევე შემცირებულია ხანძარსაშიშროება.

ცისტერნების **ღია წესით** ჩასხმისა და ჩამოსხმის ხერხს მიეკუთვნება ხერხი, რომლის დროსაც სრული ჰერმეტიზაცია მოწყობილობებისა და ხელსაწყოების არ არსებობს და ნავთობპროდუქტის ჩამოსხმის საწყის სტადიაზე შეიმჩნევა ნავთობპროდუქტის შხეფები.

ხანძარსაწინააღმდეგო მოთხოვნების შესაბამისად ნავთობპროდუქტების ჩასხმა და ჩამოსხმა, რომლის აალების ტემპერატურა 61 °C - მდეა (ანუ ადვილად აალებადი ნავთობპროდუქტები) უნდა მოხდეს დახურული ხერხით. მაზუთი, ზეთი და მაღალი სიბლანტის ნავთობპროდუქტების ჩასხმა და ჩამოსხმა დასაშვებია ღია ხერხით.

ნავთობაზეების მეურნეობის ექსპლუატაციისას გამოიყენება ჩასხმა - ჩამოსხმის შემდეგი მეთოდები:

1. ნავთობპროდუქტების ჩამოსხმა რკინიგზის ცისტერნიდან ცისტერნის ყელის გავლით (ცისტერნის ზედა ჩამოსხმა);
2. ნავთობპროდუქტების ჩამოსხმა ქვედა ჩამოსასხმელი ხელსაწყოებით (ქვედა ჩამოსხმა);
3. ნავთობპროდუქტების ჩასხმა რკინიგზის ცისტერნაში ყელიდან (ზედა ჩასხმა);
4. ნავთობპროდუქტების ჩამოსხმა რკინიგზის ცისტერნიდან ქვედა ჩამოსასხმელი ხელსაწყოებით ღარში ან მოცულობაში, რომელიც განლაგებულია უშუალოდ რელსების ქვეშ ან მის გასწვრივ (ცისტერნების რელსთაშორისი ჩამოსხმა);
5. ნავთობპროდუქტების ჩასხმა ქვედა ჩამოსასხმელი ხელსაწყოებით (ქვედა ჩასხმა);

ზედა ჩამოსხმა გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როცა ცისტერნები არაა აღჭურვილი ქვედა ჩამოსხმის მოწყობილობით ან თუ მოწყობილობა გაუმართავია და მისი გაღება არ შეიძლება, როცა ცისტერნაში ნავთობპროდუქტია. ამასთან დაკავშირებით მოქმედ სარკინიგზო ჩასხმა-ჩამოსხმის ესტაკადებზე გათვალისწინებული უნდა იყოს თანამედროვე მოთხოვნების შესაბამისი როგორც ზედა ისე ქვედა ჩამოსხმის მოწყობილობები.

ცისტერნის ზედა ჩამოსხმის მეთოდი ქვედა ჩამოსხმასთან შედარებით უფრო შრომატევადია, რაც დაკავშირებულია ჩამოსხმაზე მეტი დროს ხარჯვასთან (განსაკუთრებით ცისტერნების ნავთობპროდუქტების ნარჩენებისგან გაწმენდის სამუშაოების ორგანიზაციისას). ზაფხულში, როცა ჰაერის ტემპერატურა მაღალია, რთულდება ნაჯერი ორთქლის მაღალი წნევის მქონე ბენზინის ჩამოსხმა. სწრაფად გამოდის მწყობრიდან გარეზინებული საწნეო-შემწოვი სახელოები, საჭიროა დიდი რაოდენობით მოსამსახურე პერსონალი.

ნავთობპროდუქტების ზედა ჩამოსხმას ქვედასთან შედარებით რიგი ნაკლოვანებები გააჩნია:

- ✓ ადგილი აქვს დიდი რაოდენობით დანაკარგებს აორთქლებით;
- ✓ ტუმბოების მუშაობის შესაძლო შეწყვეტა ნავთობპროდუქტების ჩამოსხმისას გაჯერებული ორთქლის მაღალი წნევის გამო;
- ✓ ვაკუუმური ტუმბოების გამოყენების აუცილებლობა შემწოვი კომუნიკაციების შესავსებად;

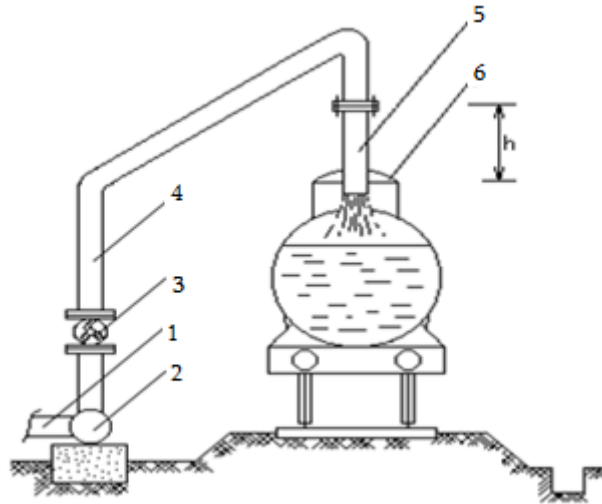
ამყამად სიმარტივის გამო ზედა ჩასხმა უფრო ხშირად გამოიყენება, თუმცა მას რიგი ნაკლოვანებაც გააჩნია (მომატებული აორთქლება, ხანძარსაშიშროება და ა.შ.)

ცისტერნების ჩასხმისა და ჩამოსხმის არსებული ხერხები ხასიათდება რკინიგზის ცისტერნების ჩასხმისა და ჩამოსხმის ტექნოლოგიური სქემებით.

ნახაზზე 2.2. მოცემულია ნავთობპროდუქტის ზედა ღია ჩასხმა. აქ ჩასასხმელი დგარის 4 ბოლო მდებარეობს ცისტერნის ყელიდან h სიმაღლეზე ისე, რომ მბრუნავ დგარის დაბოლოებას (მოკლე სახელოს) 5 ჰქონდეს საშუალება მივიდეს ყელთან. ასეთი ხერხით ღია ჩამოსხმა ხორციელდება, როცა დგარი ბოლოვდება ღარით, რომელიც ბენზინცეცხლგამძლეა და მისი გამოყენება შეიძლება ისეთი ნავთობპროდუქტების ჩამოსხმისას როგორცაა ზეთი და მაზუთი და ა.შ.

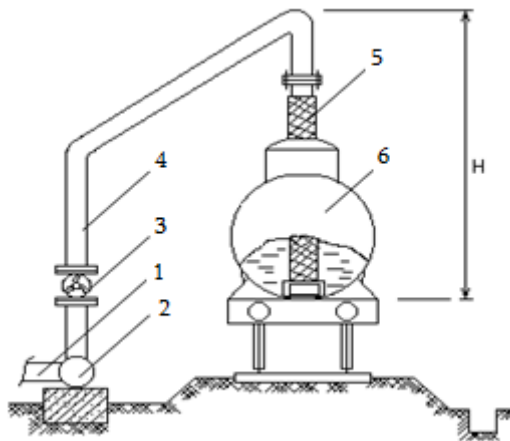
ნახაზზე 2.3. მოცემულია რკინიგზის ცისტერნაში ზედა ღრმა ჩასხმის სქემა. ამ შემთხვევაში ჩამოსასხმელი დგარის ბოლოზე ჩამოკიდულია მოქნილი ბენზინმედეგი სახელოები 5 სიგრძით არანაკლებ 4 მ.

სახელოების სიგრძის განსასზღვრისას ითვალისწინებენ ცისტერნის ყელის ღერძის გადახრას ჩამოსასხმელი დგარის ღერძთან შედარებით ისე, რომ სახელოების ბოლო წვდებოდეს ცისტერნის კედლის ქვედა ნაწილს. ჩამოსხმის საწყის მომენტში შეინიშნება ნავთობპროდუქტის გამხეფება და ორთქლის შერევა ატმოსფეროსთან, ხოლო შემდეგ ეს შეწყდება რადგან ნავთობპროდუქტის ჭავლი იმყოფება ჩაძირულ მდგომარეობაში.



ნახ. 2.2. ზედა ღია ჩასხმა:

1 - მიმღები მილი; 2- ჩასასხმელი კოლექტორი; 3 - საკვალთი; 4 - ჩასასხმელი დგარი; 5 - სახელოები; 6 - ყელი;

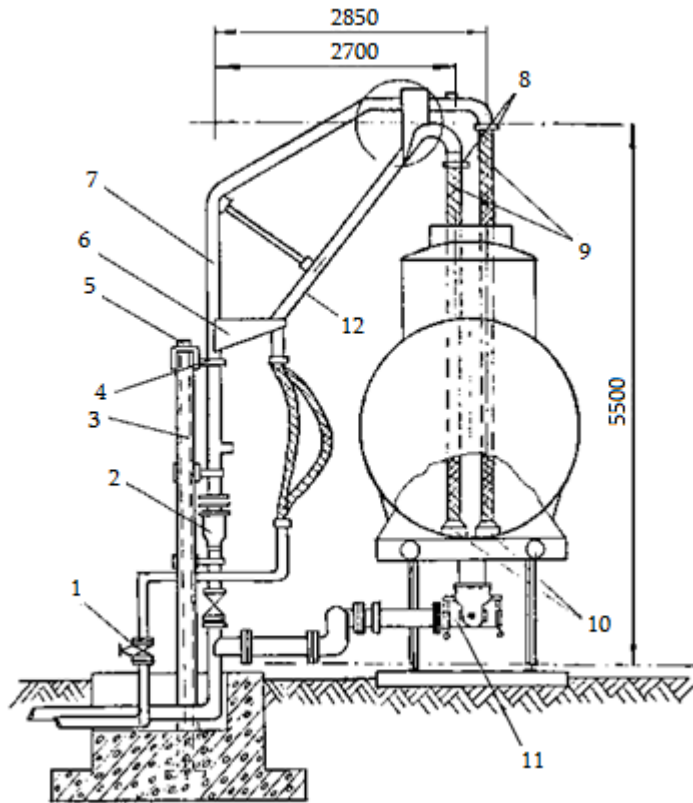


ნახ. 2.3. ზედა ღრმა ჩასხმა:

1 - მიმღები მილი; 2 - კოლექტორი; 3 - საკვალთი ; 4 - დგარი; 5 - სახელო; 6 - ცისტერნა.

ნახაზზე 2.4. მოცემულია ჩასასხმელ-ჩამოსასხმელი დგარი ნავთობპროდუქტების ზედა და ქვედა ჩასხმისა და ჩამოსხმისათვის. განსხვავება სქემებს შორის ისაა, რომ ცისტერნაში პროდუქტის ჩასხმისას უშვებენ ორ სახელოს, რომლებიც გათვალისწინებულია სხვადასხვაგვარი გატარების უნარზე. ეს კი საშუალებას იძლევა მაქსიმალურად ამოიღოს ნავთობპროდუქტების ნარჩენები. ამის გარდა დგარი დამატებით აღჭურვილია ქვედა ჩამოსხმის მოწყობილობით, რომელიც ჰერმეტიკულადაა შეერთებული ცისტერნის ჩამოსასხმელ მოწყობილობასთან და კოლექ-

ტორთან. ამით გარანტირებულია, რომ არ მოხდება ნავთობპროდუქტის დაღვრა როგორც ცისტერნიდან ჩამოსხმისას ასევე ჩასხმისა და ჩამოსხმის შემდეგ. ეს უზრუნველყოფილია იმით, რომ ჩასასხმელ-ჩამოსასხმელ მოწყობილობას ხსნიან ცისტერნის ჩამოსასხმელი მილყელისგან და გადაიტანენ არასამუშაო მდგომარეობაში მხოლოდ მაშინ, როცა ცისტერნა ბოლომდე გათავისუფლდება ნავთობპროდუქტისგან და ჩამოსასხმელი მოწყობილობის სარქველი იქნება დახურულ მდგომარეობაში. ექსპლუატაციისას ეს **სქემა შეიძლება** გამოყენებული იყოს ბლანტი ნავთობპროდუქტების ჩასხმისა და ჩამოსხმისათვის.



ნახ. 2.4. ნავთობპროდუქტების ჩასასხმელ-ჩამოსასხმელი დგარი ზედა და ქვედა ჩასხმისა და ჩამოსხმისათვის:

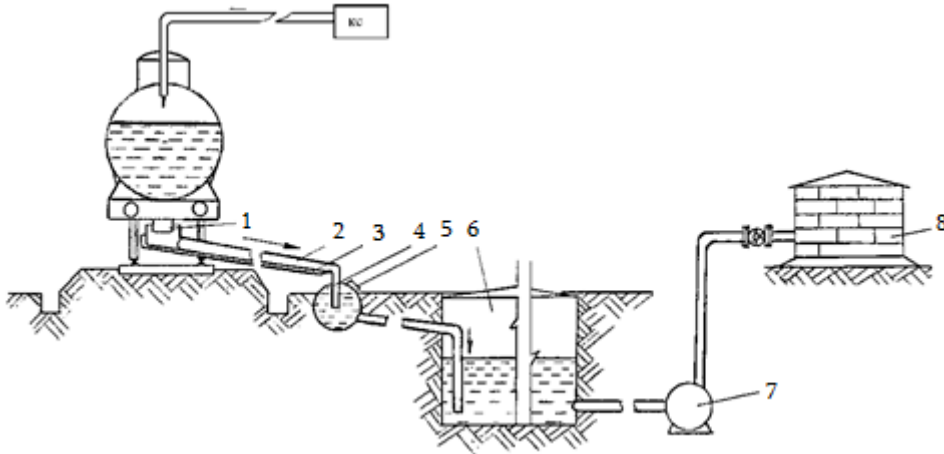
1 - ვენტილი; 2 - მოსაბრუნებელი მოწყობილობა ჩობალის შემჭიდროებით; 3 - საყრდენი დგარი; 4 - ცალული; 5 - შემჩერებელ-შემზღუდველი; 6 - საკვანძო ფურცელი; 7 - დგარი; 8 - შლანგის შეერთება დგართან; 9 - სახელოები; 10 - ბუნკი; 11 - ქვედა ჩამოსხმის მოწყობილობა; 12 - ჩასაწმენდი მილსადენი.

ქვედა ჩამოსხმის სქემა ცისტერნის ჩამოსასხმელი მოწყობილობით მოყვანილია ნახაზზე 2.5. ჩამოსხმა ხდება თვითდინებით მარტივი კონსტრუქციის გადასაადგილებელი ღარის საშუალებით. ღარის 2 ზედა ბოლო გადაადგილდება ცისტერნის ჩამოსასხმელი მოწყობილობის 1 ქვეშ (CIII ტიპის, ჰერმეტიკული ჩამოსასხმელი მოწყობილობა), ხოლო ქვედა ბოლო - გვერდით კოლექტორში 4 და შემდეგ ნულოვან რეზერვუარში 6, რომლის მოცულობა უნდა შეადგენდეს ესტაკადაზე მიღებული ცისტერნების ჯამური მოცულობის 50-100%. როცა აუცილებელია ჩამოსასხმელი ნავთობპროდუქტის შეთბობა, მაშინ შეიძლება გამოყენებული იქნეს ღარი 2 და ორთქლის პერანგი 3 ან ელექტროგამათბობელი. ნავთობპროდუქტის ჩამოსხმის დროის შესამცირებ-

ლად ცისტერნაში უნდა შეიქმნას მაღალი ჭარბი წნევა საკომპრესორო სადგურის დახმარებით (სს).

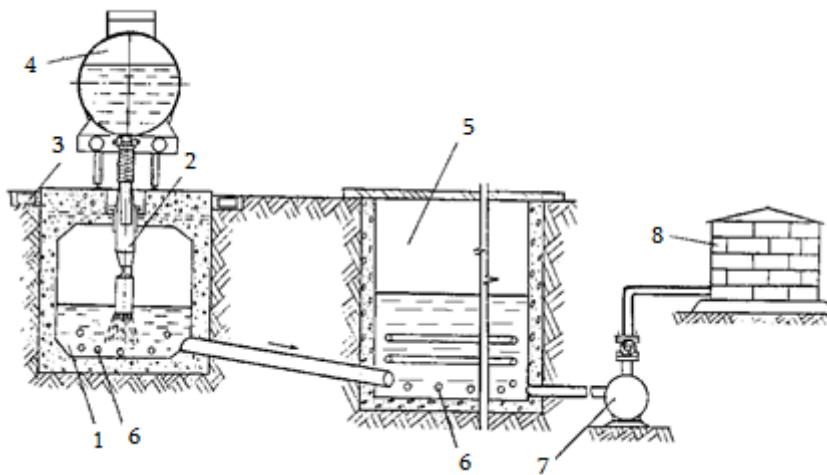
სქემის ნაკლოვანებას წარმოადგენს ის, რომ აღწერილი ხერხი არის ღია და გამოიყენება მხოლოდ მუქი ნავთობპროდუქტების ჩამოსასხმელად.

უფრო თანამედროვედ ითვლება სქემა, რომელიც მოყვანილია ნახაზზე 2.6, სადაც ნაჩვენებია ნავთობპროდუქტების პირდაპირი დახურული ჩამოსხმა რელსთაშორის ღარში გვერდითი მოცულობაში ან მოცულობაში, რომელიც განლაგებულია უშუალოდ რელსის ქვეშ.



ნახ. 2.5. მუქი ნავთობპროდუქტების ჩამოსხმის სქემა:

- 1 - ჩასასხმელი მოწყობილობა; 2 - გადასატანი ჩამოსასხმელი ღარი; 3 - ორთქლის პერანგი;
- 4 - კოლექტორი ორთქლის თანამგზავრით; 5 - სახურავი; 6 - ნულოვანი რეზერვუარი; 7- ტუმბო;
- 8 - რეზერვუარი.



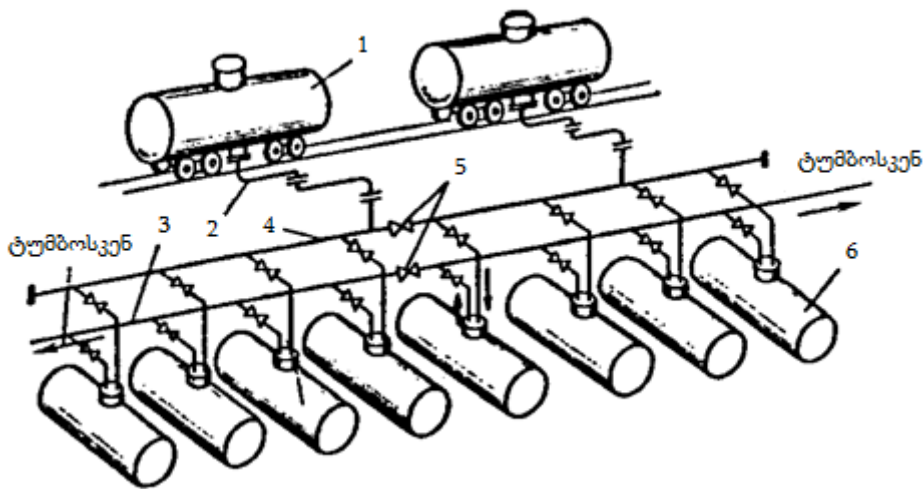
ნახ. 2.6. მუქი ნავთობპროდუქტების რელსთაშორისი ჩამოსხმა:

- 1 - რელსთაშორისი ღარი; 2 - ჩამოსასხმელი მოწყობილობა; 3 - საკანალიზაციო ღარი; 4 - ცისტერნა; 5 - რკინაბეტონის ნულოვანი რეზერვუარი; 6 - ორთქლის კლაკნილა; 7 - ტუმბო; 8 - რეზერვუარი.

მრგვალი ან მართკუთხა კვეთის ჩამოსასხმელი ღარი მზადდება ფოლადის ფურცლები-საგან ან რკინაბეტონისაგან. ღარს აყენებენ დახრილს 0,005-0,007% გამყვან მილისკენ. გამყვან მილებს აწყობენ დახრით არაუმცირეს 0,02% მიმღები რეზერვუარისკენ და აღჭურვილია

ჰიდროჩამკეტი. ნულოვანი რეზერვუარი და ღარი, რომლებიც გამოიყენება ნავთობისა და ნავთობპროდუქტის ჩამოსხმისათვის, გააჩნიათ იგივე ფუნქცია რაც ჩვეულებრივ რეზერვუარს. ანუ ნავთობის მიღება, მისი შენახვა და საბოლოო გადაქაჩვა. ნულოვან რეზერვუარებში ხდება იგივე დიდი და მცირე სუნთქვა, როგორც ყველა მიწისზედა რეზერვუარში. ამიტომ ნულოვანი რეზერვუარები აღჭურვილია გამყვანი გაზ-საჰაერო მილსადენებით, რომელთა ბოლოში დამაგრებულია სასუნთქი არმატურა.

ზეთების ჩამოსხმა შეიძლება განხორციელდეს დახურული ხერხით. ზეთს ასხამენ ნულოვან რეზერვუარში. ზეთების ხარისხის და დანიშნულების მიხედვით რკინიგზის ჩამოსახმელი ცისტერნების განლაგება ხდება შესაბამისი ჰორიზონტალური რეზერვუარების პირდაპირ. ნახაზზე 2.7. მოყვანილია ზეთების ჩამოსხმის სქემა მიწისქვეშა ჯგუფური რეზერვუარებით და ორი ქვედა ჩამოსხმის მექანიზმით. ამ სქემაზე მოყვანილია ერთდროულად ორი ხარისხის ზეთის ჩამოსხმა ან რიგ-რიგობით რამდენიმე ხარისხის მიწისქვეშა რეზერვუარის რიცხვიდან გამომდინარე, რომლებიც დაყენებულია ესტაკადასთან. აქ დახურული ჩამოსხმა ხორციელდება ჩამოსასხმელი კოლექტორის 4 საშუალებით, რომელიც გაყოფილია ორ ნაწილად საკვალთით 5. ჩამოსასხმელი კოლექტორის ორივე ნაწილი მიერთებულია მიწისქვეშა რეზერვუართან და ქვედა ჩამოსხმის მოწყობილობებთან 2. მოცემული სქემის მიხედვით შესაძლებელია ნებისმიერი ხარისხის ზეთის ჩამოსხმა ნებისმიერი ქვედა ჩამოსხმის მოწყობილობით ნებისმიერ რეზერვუარში. ამასთან შესაძლებელია სხვადასხვა ზეთის მიმდევრობით ჩამოსხმა მათი ერთმანეთში შერევის გარეშე და თვითდინებით გათავისუფლება ჩამოსასხმელი კოლექტორისა ზეთის ნარჩენებისაგან.



ნახ.2.7. ზეთების ჩამოსხმის ტექნოლოგიური სქემა:

- 1- რკინიგზის ცისტერნა; 2 - ქვედა ჩამოსხმის მოწყობილობა; 3 - კოლექტორი ზეთების ჩამოსხმისათვის მიწისქვეშა რეზერვუარიდან ტუმბოების საშუალებით; 4 - კოლექტორი ზეთების ჩამოსხმისათვის რკინიგზის ცისტერნიდან; 5 - საკვალთი; 6 - ჰორიზონტალური რეზერვუარი.

ესტაკადებზე ჩასასხმელ-ჩამოსასხმელი ოპერაციები შეიძლება განხორციელდეს ერთდროულად ერთი ან რამდენიმე ცისტერნიდან. ესტაკადების რაოდენობა n საერთო შემთხვევაში დამოკიდებულია დღე-ღამეში მარშრუტების რაოდენობაზე:

$$n = \frac{N\tau_H}{\tau_p} \quad (2.1)$$

სადაც N – მარშრუტების რაოდენობა, დღე-ღამეში;

τ_H - ესტაკადაზე მისული მარშრუტების გაჩერების ნორმატიული დრო, სთ;

τ_p - სამუშაო დრო, დღე – ღამეში, სთ;

თუ ცნობილია წლიური ტვირთბრუნვა, მაშინ

$$N = \frac{G_{\text{წლ}} \cdot k_1 \cdot k_2}{365 \cdot G_{\theta}} \quad (2.2)$$

სადაც G_{θ} - მარშრუტების ტვირთამწეობა, ტ;

k_1 - ნავთობპროდუქტების შემოტანის უთანაბრობის კოეფიციენტი (1,1–1,25);

k_2 - რკინიგზის ცისტერნების მიწოდების უთანაბრობის კოეფიციენტი (1,0–1,25).

ესტაკადის სიგრძე გამოითვლება, როგორც ერთი სახის ცისტერნათა სიგრძეების ჯამი, 30მ–ის დამატებით, ხანძარსაწინააღმდეგო ჩიხის მოწყობის მიზნით.

რკინიგზით ნავთობპროდუქტების გადაზიდვის ძირითადი მოცულობა მოდის მათი ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნებიდან ნავთობბაზებზე გადანაწილებაზე.

როცა მარშრუტის ტვირთამწეობა $G = (2000 \div 3000)$ ტონაა, ცისტერნების რაოდენობა შეიძლება იყოს 50 და მეტი. ამასთან მისი სიგრძე აღწევს 800 მ. ესტაკადაზე ასეთი შემადგენლობის მომსახურება სიძნელეებთანაა დაკავშირებული. ამიტომ მიზანშეწონილია აიგოს ორმხრივი ესტაკადები, უკვე ერთბაშად 8 ცისტერნის მიიღებისას.

ნახაზზე 2.8. და 2.9.ა. მაგალითის სახით ნაჩვენებია ორმხრივი ესტაკადის აღჭურვილობა ნავთობის, დიზელის ან მაზუტის სამარშრუტო ჩამოსხმისათვის. ასეთი ესტაკადის სიგრძე მცირდება ორჯერ და გამოითვლება ფორმულით:

$$l_a = \sum_{i=1}^k a_i \cdot l_i / 2, \quad (2.3)$$

სადაც k – მარშრუტში ცისტერნების რაოდენობა,

a_i - მარშრუტში შემავალი ცისტერნების რაოდენობა (ტიპის მიხედვით).

l_i - სხვადასხვა სახის ცისტერნების სიგრძე, მ.

ორმხრივ ესტაკადაზე ნავთობპროდუქტების სამარშრუტო ჩასხმა და ჩამოსხმა დიდად არ განსხვავდება ერთმხრივი ესტაკადებზე ჩასხმა–ჩამოსხმისაგან (რაც ადრე იყო განხილული). კოლექტორები შეიძლება განლაგებული იყოს მიწის ქვეშ ან ღვარსაგდებზე ან მიწის ზემოთ ესტაკადაზე.

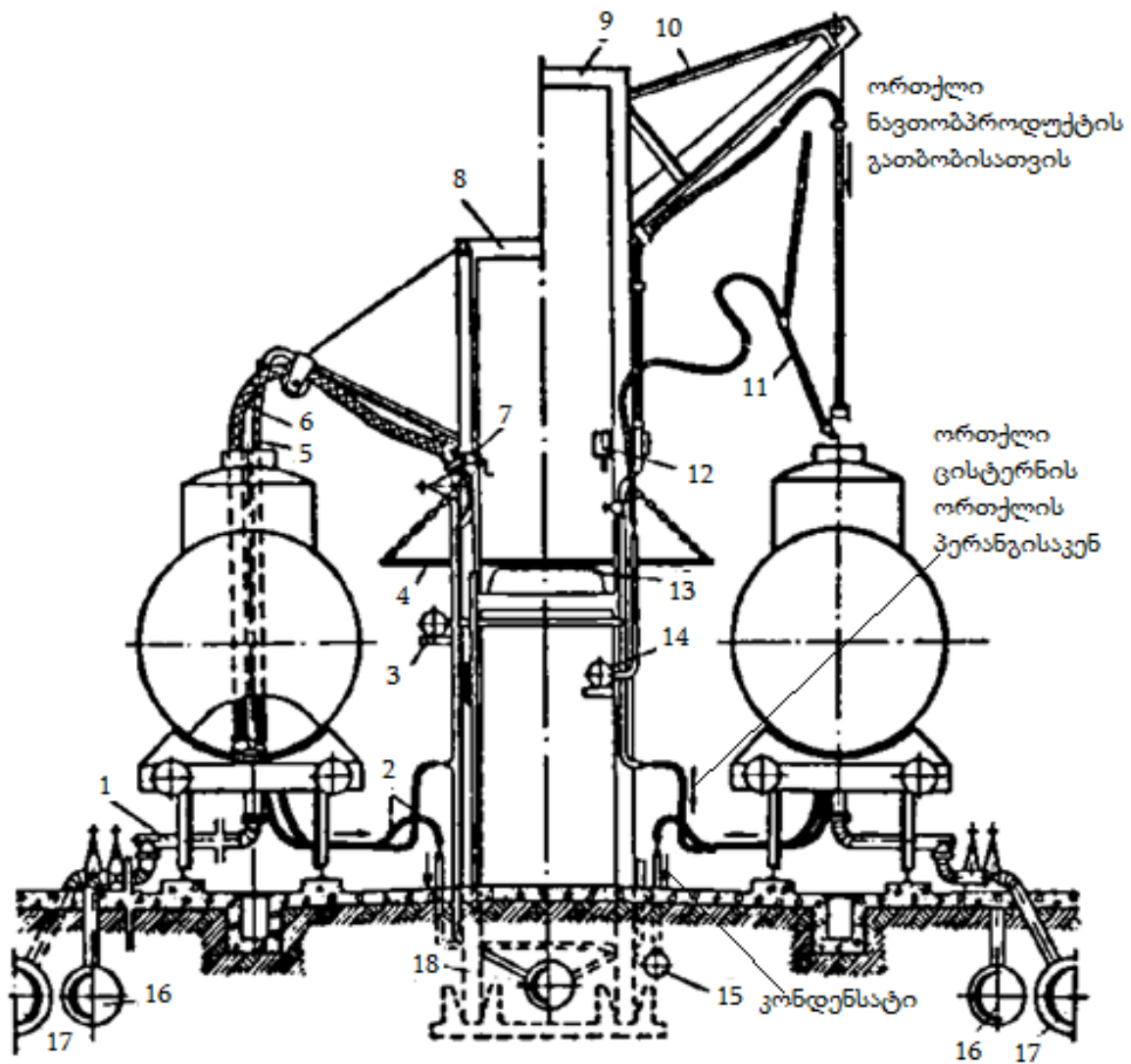
სამარშრუტო ჩასხმა–ჩამოსხმის ოპერაციებისათვის შემუშავებულია ტიპიური ესტაკადები, რომლებიც გამოიყენება მხოლოდ ნათელი ნავთობპროდუქტების (ნნ), მუქი ნავთობპროდუქტების (მნ) და ზეთების ჩასხმისათვის. კომბინირებული ესტაკადები ჩასხმისა და ჩამოსხმისათვის შემდეგნაირად აღინიშნება:

მუქი ნავთობპროდუქტებისა და ზეთებისათვის – მნზ

ნათელი ნავთობპროდუქტებისათვის – ნნ .

ნათელი ნავთობპროდუქტების ზედა ჩასხმის (ნწზ) და ნათელი ნავთობპროდუქტების კომბინირებული ჩასხმა - ჩამოსხმის (ნწკ) ტიპის ესტაკადების ძირითადი თავისებურებანი მოყვანილია ცხრილში 2.4. და 2.5. თითოეული ვარიანტი შედგება სამი ძირითადი რგოლისაგან: საწყისი, შუა და საბოლოო.

გამოყენებული საშუალო რგოლების რიცხვი დამოკიდებულია ესტაკადის სიგრძეზე. თუ ნავთობბაზაზე შედის ერთი და იგივე 12 მ სიგრძის ცისტერნები, მაშინ ჩასასხმელ -ჩამოსასხმელ მოწყობილობას ამონტაჟებენ ტექნოლოგიური ბიჯით, რომელიც 12მ - ს ტოლია. ტექნოლოგიურ ბიჯში იგულისხმება ორი ერთმანეთთან ახლო მდებარე ჩასასხმელ -ჩამოსასხმელ მოწყობილობებს შორის მანძილი, რომლებიც განლაგებულია ესტაკადის გასწვრივ.



ნახ.2.8. ნავთობისა და დიზელის საწვავის სამარშრუტო ჩამოსხმის ესტაკადა:

- 1-ჩამოსასხმელი მოწყობილობა; 2-ორთქლის მიწოდებისა და კონდენსატის გამოსასვლელი სახელოები (მილები); 3-ორთქლის კოლექტორი; 4-გადასაგდები ხიდი; 5-გაწმენდის სახელოები (მილები); 6-ჩამოსასხმელი სახელოები (მილები); 7-მიწისზედა მოსახვევი მოწყობილობა; 8, 9- ჩარჩო; 10-ირიბულა, 11-ჰიდრავლიკური წარეცხვის აპარატი; 12-ჯალამბარი; 13-ფილა; 14-გამთბარი ნავთობის კოლექტორი; 15-კონდენსატის კოლექტორი; 16-დიზელის საწვავის ქვედა ჩამოსხმის მილი; 17-ნავთობის ჩამოსასხმელი მილი; 18-დიზელის საწვავის ზედა ჩამოსხმის მილი.

სხვადასხვა ტიპის და სიგრძის ცისტერნების მიღებისას ესტაკადაზე ტექნოლოგიური ბიჯი მცირდება 6 მ-მდე, რადგან ცისტერნებსა და ჩასასხმელ-ჩამოსასხმელ მოწყობილობებს შორის შეუსაბამობას მიყვავართ მთელი შემადგენლობის ცისტერნებიდან ერთდროული ჩასხმისა და ჩამოსხმის ოპერაციის დარღვევასთან. ამ შემთხვევაში საჭიროა რიგ-რიგობით უნდა მოხდეს ჩასხმა-ჩამოსხმის ოპერაციების განხორციელება. ეს კი იწვევს გაუმართლებელ მოცდენას.

ცხრილი 2.4

ნათელი ნავთობპროდუქტების ჩასხმის ესტაკადის დახასიათება

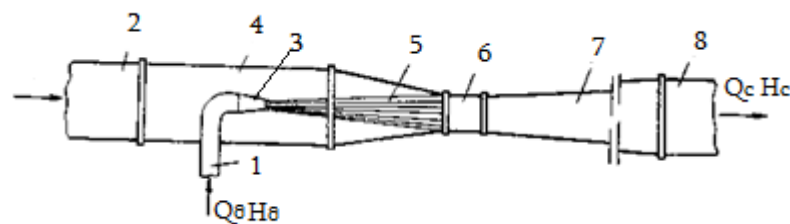
მაჩვენებელი	ესტაკადები								
	55ბ-2	55ბ-3	55ბ-4	55ბ-5	55ბ-6	55ბ-7	55ბ-8	55ბ-9	55ბ-10
ესტაკადის სიგრძე, მ	72	108	144	180	216	252	288	324	360
საშუალო რგოლის რაოდენობა, ცალი	–	1	2	3	4	5	6	7	8
დგარების რაო-ბა, ცალი	34	52	70	88	106	124	142	160	178
3 კოლექტორის შემთხვევაში	44	68	92	116	140	164	188	212	236
4 კოლექტორის შემთხვევაში	12	18	24	30	36	42	48	54	60
მარშრუტის ტვირთამწეობა, ბრუტო (ბენზინის მიხედვით), ტ.	800	1170	1540	1910	2280	2650	3010	3380	3750

ცხრილი 2.5

რკინიგზის ცისტერნებში ნათელი ნავთობპროდუქტების ჩასხმისა და ჩამოსხმის ესტაკადების ძირითადი მონაცემები

მაჩვენებელი	ესტაკადები								
	55კ-2	55კ-3	55კ-4	55კ-5	55კ-6	55კ-7	55კ-8	55კ-9	55კ-10
ესტაკადის სიგრძე, მ	72	108	144	180	216	252	288	324	360
საშუალო რგოლის რაოდენობა, ცალი	–	1	2	3	4	5	6	7	8
ერთდროულად ჩასასხმელი (ჩამოსასხმელი) ცისტერნების რაოდენობა, ცალი	12	18	24	30	36	42	48	54	60
მარშრუტის ტვირთამწეობა, ბრუტო (ბენზინის მიხედვით), ტ.	880	1290	1700	2100	2520	2920	3320	5740	4140
მარშრუტის მოცულობა 60 მ ³ ცისტერნის მაგალითზე, მ ³	720	1080	1480	1800	2160	2520	2880	3240	3600
ტუმბოს მწარმოებლობა, მ ³ /სთ	540	810	1080	1350	1620	1890	2160	2430	2700

ძირითადი სიძნელებები წარმოიშობა ნავთობპროდუქტების თვითდინებით ჩამოსხმისას, რომლებსაც აქვთ მაღალი წნევის გაჯერებული ორთქლი. ასეთი სახით სითხის გადატვირთვას, განსაკუთრებით ზაფხულის პერიოდში, თან ახლავს შემწვოვ ხაზზე გაზის საცობების წარმოქმნა. შეწოვის პირობები შეიძლება გაუმჯობესდეს ექექტორების გამოყენების ხარჯზე, რომელთა მოქმედება დამყარებულია ენერჯის გადაცემაზე დიდი სიჩქარით გამოდინებული მუშა სითხიდან შეწოვილზე. ტუმბოების გამოყენებით ასეთ ჩამოსხმას უწოდებენ იძულებითს. ექექტორების (ჭავლური ტუმბო) გამოყენება საშუალებას იძლევა არა მარტო შევამციროთ ვაკუუმი, არამედ მივიღოთ ჭარბი წნევა და ამით თავიდან ავიცილოთ სითხის ადუღების (აქტიური აორთქლების) პირობები. ნახ. 2.9 მოყვანილია ექექტორის მუშაობის სქემა.



ნახ. 2.9. ექექტორის მუშაობის სქემა:

- 1 - მუშა სითხის მილსადენი; 2 - შემწვოვი მილი; 3 - საქშენი; 4 - შემრევი კამერა; 5 - სითხის ჭავლი; 6 - ყელი; 7 - დიფუზორი; 8 - მუშა მილსადენი.

ნავთობპროდუქტი (მუშა სითხე) H_{θ} წნევით და Q_{θ} ხარჯით მილსადენით 1 მიეწოდება საქშენს 5-ს, რომლის გავლით მძლავრი ჭავლის 5 სახით, დიდი სიჩქარით შედის შემრევი კამერაში 4 და შემდეგ დიფუზორის 7 გავლით მიეწოდება მუშა მილსადენში 8. ნავთობპროდუქტის ჭავლი 5, შემრევი კამერიდან 4 იტაცებს ორთქლჭაერის ნარევს და ქმნის მასში გაუხშობას. შედგად შემწვოვი მილში 2 და შემრევი კამერაში მიეწოდება (შეიწოვება) ნავთობპროდუქტი ვაგონ - ცისტერნიდან. შემრევი კამერიდან ნავთობპროდუქტი გაიტაცება (შეერევა) ჭავლით და ყელი 6 და დიფუზორი 7-ს გავლით მიეწოდება მუშა მილსადენში.

მაშასადამე, ექექტორის ძირითადი მოვალეობა არის მუშა ნაკადის ენერჯის ნაწილის გადაცემა შესაწოვი ნაკადისათვის. ამ პროცესის შედეგად ფართოვდება (რაოდენობრივად იზრდება) მუშა ნაკადის ჭავლი შესაწოვი ნაკადის გატაცების ხარჯზე. ეს პროცესი წყდება შემრევი კამერაში, სადაც ხდება მუშა სითხისა და შეწოვილი სითხის ინტენსიური არევა.

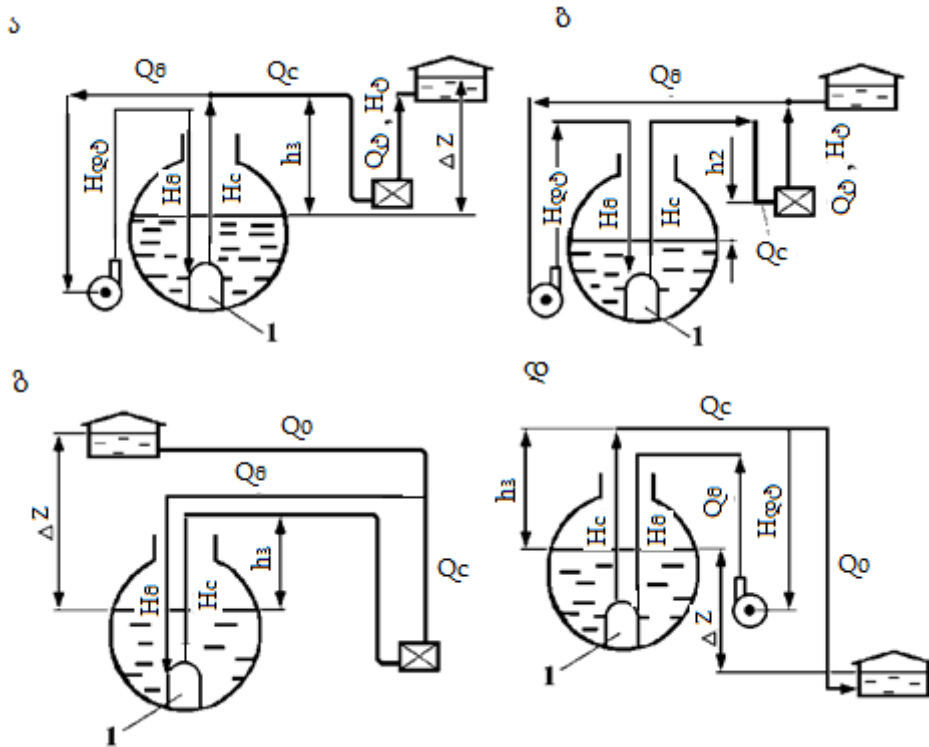
ექექტორული ჩამოსხმის სქემის გამოყენების ეფექტურობა, ყოველ კონკრეტულ შემთხვევისათვის იანგარიშება მ.ქ.კ. მიხედვით, რომელიც განისაზღვრება როგორც სასარგებლო და დახარჯული მუშაობის თანაფარდობა.

ნახაზზე 2.10. წარმოდგენილია ექექტორული ჩამოსხმის ტექნოლოგიური სქემების ვარიანტები. სქემა ა გამოიყენება მაშინ, როცა ტუმბოს მიერ განვითარებული წნევა არ არის საკმარისი რათა სითხემ გადალახოს კომუნიკაციის ყველა წინააღმდეგობა და ექექტორში შექმნას აუცილებელი წნევა H_{θ} . ამ შემთხვევაში გამოიყენება დამატებითი ტუმბო ექექტორის მუშა სითხით (Q_{θ} და H_{θ} მახასიათებელი) კვებისათვის.

თუ მუშა ტუმბოს შეუძლია გადატუმბოს $Q_{\phi} = Q_{\theta} + Q_0$ ხარჯი ჩამოსხმისთვის დადგენილ დროში, მაშინ მილსადენი, რომელიც გამოიყენება ექვტორზე მუშა სითხის მიწოდებისათვის, შეიძლება მიერთებული იქნეს ძირითადი ტუმბოს საჭირხნ ხაზს (სქემა ბ).

გ სქემის მიხედვით საჭიროა ძირითადი ტუმბო, რომლის გასანვითარებელი დაწნევა H_{ϕ} უნდა იყოს კომუნიკაციებში წნევის დანაკარგებზე მეტი და ტუმბოს ხარჯი უნდა იყოს ($Q_{\phi} + Q_0$) - ზე მეტი.

დ სქემაზე ექვტორი თავად გადატვირთავს ნავთობპროდუქტს ცისტერნიდან რეზერვუარში საანგარიშო წარმადობით, ხოლო ტუმბო გამოიყენება ექვტორზე მხოლოდ მუშა სითხის მისაწოდებლად. ცხადია, რომ ბოლო სქემა გამოიყენება ჰიდრავლიკური წნევის უმნიშვნელო დანაკარგებისას საწნეო ხაზში (მაგ. როცა სარეზერვუარო პარკი განლაგებულია ესტაკადასთან შედარებით ქვედა დონეზე).



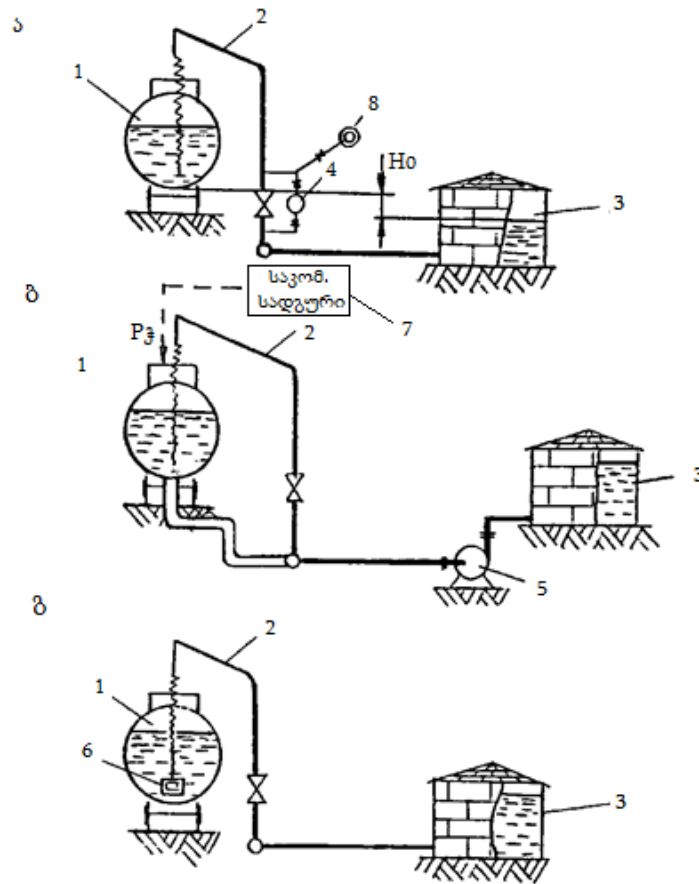
ნახ.2.10. რკინიგზის ცისტერნიდან ნავთობპროდუქტების ექვტორული ჩამოსხმის სქემა:

H_{θ} და Q_{θ} – მუშა სითხის ხარჯი და დაწნევა; Q_{ϕ} და H_{ϕ} – ძირითადი ტუმბოს ხარჯი და დაწნევა; Q_0 – საანგარიშო ხარჯი; Q_c და H_c – ხარჯი და დაწნევა ექვტორის შემდეგ; $H_{\text{დტ}}$ – დამატებითი ტუმბოს დაწნევა; h_3 – დაწნევის ჰიდრავლიკური დანახარჯები; 1 - ექვტორი.

ნავთობპროდუქტის იძულებითი ჩამოსხმა შეიძლება განხორციელდეს ჩაძირული ტუმბოს დახმარებით ან ცისტერნაში ჭარბი წნევის შექმნის ხარჯზე, რაც ნაჩვენებია ნახაზზე 2.11. სიფონური ჩამოსხმისათვის (ნახ.2.11.ა) საჭიროა წინასწარ შევავსოთ ნავთობპროდუქტის ჩამოსასხმელი დგარი. ამისათვის გამოიყენება ვაკუუმ-ტუმბო, რომელიც ცალკეული ცისტერნიდან ჩამოსხმისას მონტაჟდება პირდაპირ დგარზე. სამარშრუტო ჩამოსხმისას დგარის ზედა ნაწილს უერთებენ ვაკუუმ-კოლექტორს.

ჭარბი წნევით ჩამოსხმა (ნახ.2.11. ბ) გამოიყენება ჩამოსხმის დროის შემცირებისათვის. ამ მეთოდით ვაგონ-ცისტერნის ქვაბში ნავთობპროდუქტის ზედაპირზე წარმოიქმნება წნევა,

რომელიც არ აღემატება 0,05 მპა. ცისტერნის ხუფის ხვრელი ჰერმეტიკულად იხურება სპეციალური სახურავით, რომელსაც აქვს შტუცერი შეკუმშული ჰაერის მისაწოდებლად. ჩამოსხმის ეს მეთოდი ხასიათდება ნავთობპროდუქტის დანაკარგების (აორთქლებით) შემცირებით.

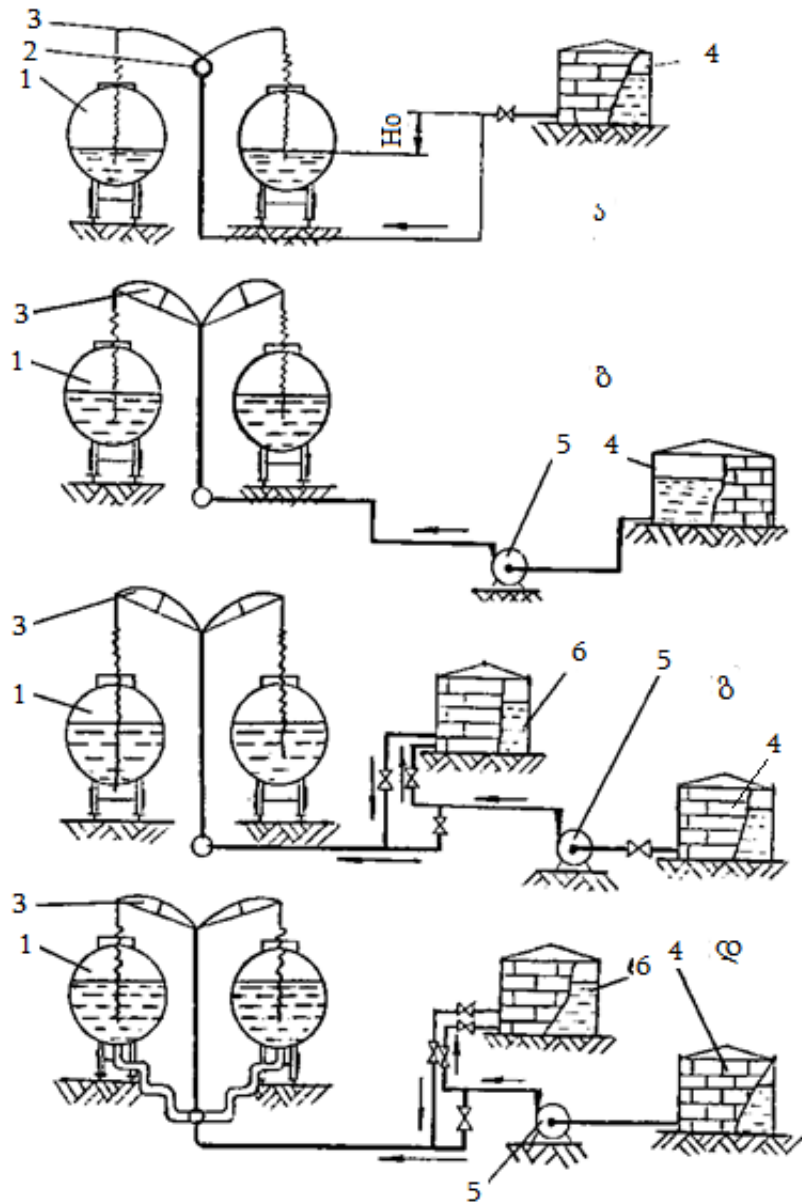


ნახ.2.11.რკ/გ ცისტერნებიდან ნათელი ნავთობპროდუქტების ჩამოსხმის სქემები:

ა - სიფონური ჩამოსხმა; ბ - ზედა და ქვედა ჩამოსხმა ჭარბი წნევით; გ - ზედა ჩამოსხმა ჩაძირული ტუმბოთი. 1- ცისტერნა; 2- ჩამოსასხმელი დგარი; 3 - რეზერვუარი; 4 - ვაკუუმ -ტუმბო; 5 - ტუმბო; 6 - ჩაძირული ტუმბო; 7- კომპრესორი; 8 - ვაკუუმ - კოლექტორი.

ზედა ჩამოსხმას ჩაძირული ტუმბოს საშუალებით (ნახ. 2.11. ბ), რომელიც დამონტაჟებულია გამშვები მილსადენის ან დრეკადი მილის ბოლოზე, აქვს პრაქტიკულად იგივე უპირატესობა, რაც ექსტორის საშუალებით ჩამოსხმას.

რკინიგზის ცისტერნებში ნავთობპროდუქტების იძულებითი ჩასხმა და ჩამოსხმა ყველაზე ხშირად გამოიყენება იქ სადაც ადგილობრივი პირობები ვერ უზრუნველყოფს ნავთობპროდუქტების დინებას ჰიდროსტატიკური დაწნევის H_0 ხარჯზე (ჩამოსხმისას H_0 ტოლია გეოდეზიური ნიშნულების სხვაობისა რეზერვუარის სარიგებელ მილყელსა და ცისტერნაში პროდუქტის მაქსიმალურ დონეს შორის) და უნდა უზრუნველყოფდეს ცისტერნის ავსების ნორმატიულ დროს (იხ. ნახ.2.12).



ნახ. 2.12. ნავთობპროდუქტების ჩამოსხმის ტექნოლოგიური სქემები:

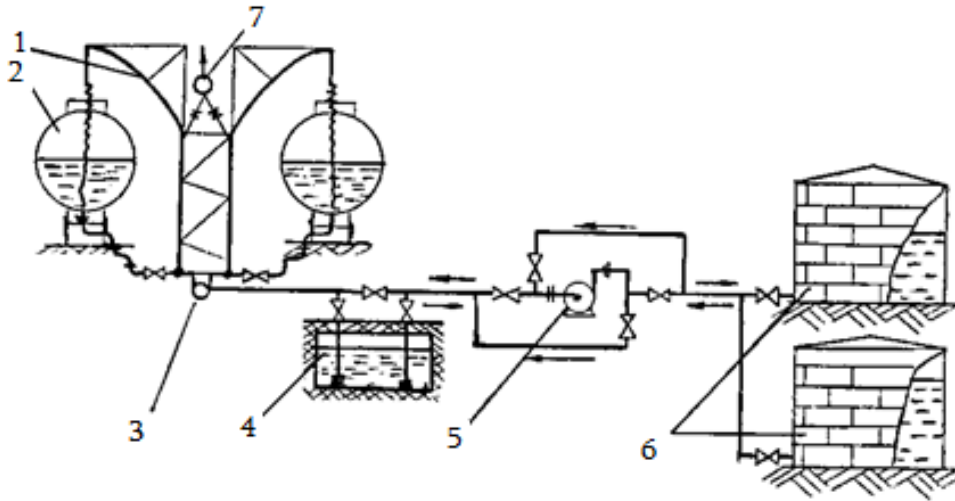
- ა - ზედა ჩასხმა თვითდინებით; ბ - ზედა ჩასხმა ტუმბოთი; გ - ზედა ჩასხმა ბუფერული მოცულობის გამოყენებით; დ - ზედა და ქვედა ჩასხმა ტუმბოთი და ბუფერული მოცულობის გამოყენებით;

ნახაზზე 2.12,ა ნაჩვენებია თვითდინებითი ჩამოსხმა ადგილობრივი ხელსაყრელი რელიეფისას. იძულებითი ზედა ჩამოსხმის სქემა ტუმბოების დახმარებით ნაჩვენებია ნახაზზე 2.12,ბ.

ჩასხმა ბუფერული მოცულობის გამოყენებით წარმოადგენს პირველი ორი მეთოდის კომბინაციას და გამოიყენება სხვადასხვა ასორტიმენტის ნავთობპროდუქტის გაშვებისას. ეს იძლევა სატუმბო პარკის შემცირების საშუალებას, რადგან შუალედური (ბუფერული) მოცულობის შევსების შემდეგ ოპერაციის ნაწილი ხორციელდება თვითდინებით.

მსხვილ ნავთობბაზებზე ხორციელდება ნავთობპროდუქტების ჩასხმისა და ჩამოსხმის უნივერსალური ტექნოლოგიური სქემები. მაგალითად 2.13 ნახაზზე მოცემული სქემები ითვალისწინებს შემდეგი ოპერაციების შესრულებას:

1. ჩამოსხმა ზედა ყელიდან ან ქვედა ხელსაწყოდან ნულოვან რეზერვუარში;
2. ჩამოსხმა ზედა ყელიდან ან ქვედა ხელსაწყოდან რეზერვუარში, ტუმბოს გამოყენებით ან მის გარეშე;
3. ნავთობპროდუქტის გადატუმბვა ნულოვანი რეზერვუარიდან მიმღებ რეზერვუარში;
4. 1 და 3 ერთდროულად შესრულება;
5. შემწოვი მილსადენის და დგარის შევსება სითხით მიმღები რეზერვუარიდან;
6. ცისტერნის შევსება ტუმბოს დახმარებით ან თვითღინებით (ცისტერნისა და რეზერვუარის გეოდეზიური დონის ნიშნულის სხვაობის ხარჯზე).



ნახ.2.13. რეინიგზის ცისტერნების კომბინირებული ჩასხმა-ჩამოსხმა:

1-დგარი; 2-ცისტერნა; 3-ჩასხმა-ჩამოსხმის კოლექტორი; 4-ნულოვანი რეზერვუარი; 5-ტუმბო; 6-რეზერვუარი; 7-ვაკუუმ-კოლექტორი.

სქემაში უმნიშვნელო ცვლილებები საშუალებას იძლევა განხორციელდეს მუქი ნავთობპროდუქტების შიგაბაზური გადატუმბვა, ჩასხმა და ჩამოსხმა მუქი ნავთობპროდუქტებისა და ა.შ. ჩასხმისა და ჩამოსხმის წარმატებულ ტექნოლოგიურ სქემად შეიძლება ჩაითვალოს ოპერაციების შესაძლო მაქსიმალური რაოდენობის ჩატარება მინიმალური დანახარჯებით. სქემის სწორად არჩევაზე გავლენას ახდენს არა მარტო ეკონომიკური მაჩვენებლები (დანახარჯები მშენებლობასა და ექსპლუატაციაზე), არამედ ისეთები როგორცაა ცისტერნის გაჩერების დრო, ექსპლუატაციის მოხერხებულობა, ნავთობპროდუქტების დანაკარგები გაჟონვისაგან და აორთქლებისაგან, ხანძარუსაფრთხოება, კოლექტორების რიცხვი, ესტაკადის სიგრძე. თუმცა ნებისმიერ შემთხვევაში ჩასხმისა და ჩამოსხმის სისტემების დაპროექტება და ექსპლუატაცია უნდა მოხდეს შესაბამისი ნორმებისა და წესების დაცვით, რაც პროექტირებისა და ტექნიკური ექსპლუატაციის წესებს შეესაბამება.

2.4. ნავთობპროდუქტების ქვედა ჩასხმისა და ჩამოსხმის მოწყობილობები

2.4.1. ჩასხმისა და ჩამოსხმის მოწყობილობების დანიშნულება და ტექნიკური დახასიათება

უნივერსალური ჩასხმისა და ჩამოსხმის მოწყობილობების ტექნიკური დახასიათება - 175

(YCH- 175)

პირობითი გასასვლელი, მმ -----	175
ნავთობისა და ნავთობპროდუქტის პირობითი წნევა, მპა (კგმ/სმ ²) -----	0,4
ცისტერნის ჩამოსასხმელი მოწყობილობის ტიპი -----	უნივერსალური
მაქსიმალური დაშორება საყრდენი სახსარის ღერძისა და ჩამოსასხმელ თავს შორის, მმ -----	3000
შესაერთებელი მილტუჩის ცენტრის სიმაღლე რელსის ზედა წერტილის მიმართ, მმ -----	220±5
პირველი სახსარის ღერძის მობრუნების კუთხე, გრად, არაუმცირეს -----	208
ცისტერნის დაყენების დასაშვების უზუსტობა ძირითადი სახსრის ღერძის მიმართ, მმ -----	12000
მაქსიმალურად დასაშვები ძალა, მოდებული სახელურზე, კგ -----	20
მოწყობილობის მილყელების დაქანება დინების მიმართილებით ჰორიზონტალური სიბრტყის მიმართ, გრად -----	1
მიყვანილი ორთქლის ტემპერატურა, °C -----	120-140
მიყვანილი ორთქლის წნევა, მპა (კგმ/სმ ²) -----	0,4(4)
YCH- 175 დანადგარის მასა, კგ -----	165±2
YCHII- 175 დანადგარის მასა, კგ -----	183±2

უნივერსალური ჩამოსასხმელი მოწყობილობა (YCH - 175) დანადგარი გამოიყენება ნავთობის, ნავთობპროდუქტების და სხვა თხევადი მცირეაგრესიული პროდუქტების რკინიგზის ვაგონ-ცისტერნებიდან ქვედა ჩასხმა-ჩამოსხმისათვის.

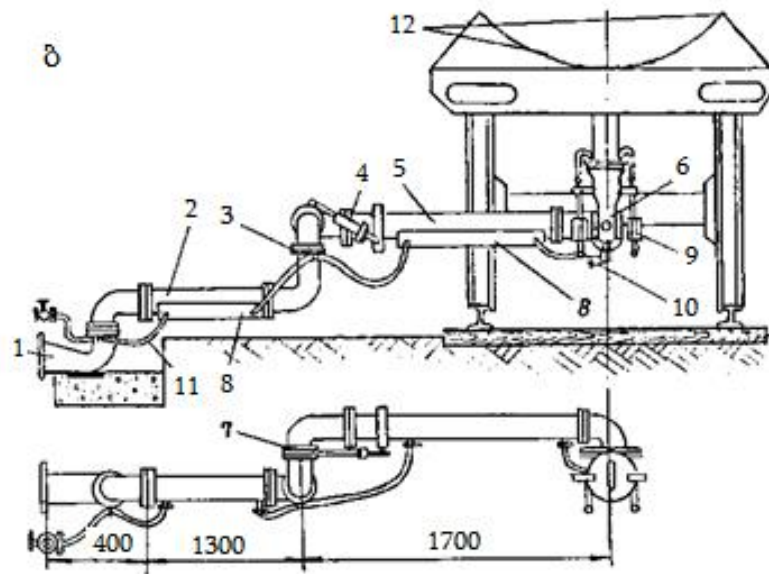
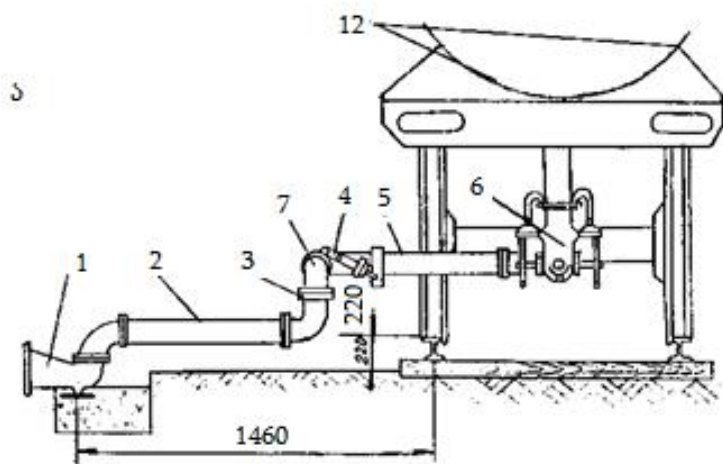
ბლანტი ნავთობპროდუქტების ჩასხმა-ჩამოსხმისათვის გამოიყენება დანადგარი YCHII-175, რომელსაც აქვს ორთქლის პერანგი ჩასასხმელი (ჩამოსასხმელი) პროდუქტის გასათბობად, ასევე ზამთარში ბაგონ-ცისტერნის ჩამოსასხმელი მილყელის შიგა არის შესაორთქლებლად.

ამჟამად წარმოება უშვებს ქვედა ჩამოსხმის დანადგარებს YCHII ელექტროგამათბობლით და ჩასხმა-ჩამოსხმის ACH -7B ტიპის (მცირე სიბლანტის პროდუქტებისათვის), ACH -8B ტიპის (ბლანტი ნავთობპროდუქტებისათვის $v \geq 100$ სანტისტოქსი)

2.4.2. ჩასხმისა და ჩამოსხმის მოწყობილობები და მათი მუშაობის პრინციპები

YCHII – 175 და YCH - 175 დანადგარების მუშაობის პრინციპი დამყარებულია ჰერმეტიკული სახსროვანი მუხლებიანი მილყელის სისტემის გამოყენებაზე, რომელიც ჩასხმისა და ჩამოსხმის საშუალებას იძლევა როგორც თვითდინებით, ისე იძულებით სატუმბო აგრეგატის გამოყენებით.

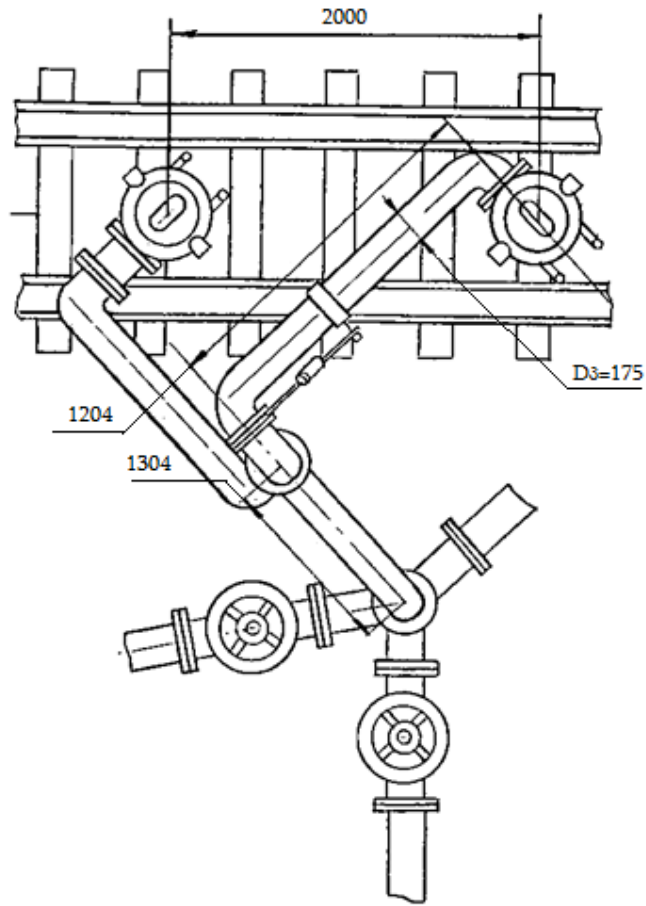
დანადგარი YCH- 175 (ნახ. 2.14 და 2.15) შედგება ფუძის საყრდენი მილყელისგან 1, მოძრავი მილყელებისგან 2 და 5, მუხლებით, ორი საყრდენი სახსარისაგან 3 ჰორიზონტალურ სიბრტყეში გადაადგილებისათვის და ორი სახსარისაგან 7, გაწონასწორების მოწყობილობის 4 ვერტიკალურ სიბრტყეში გადაადგილებისათვის და მისაერთებელი თავისაგან 6.



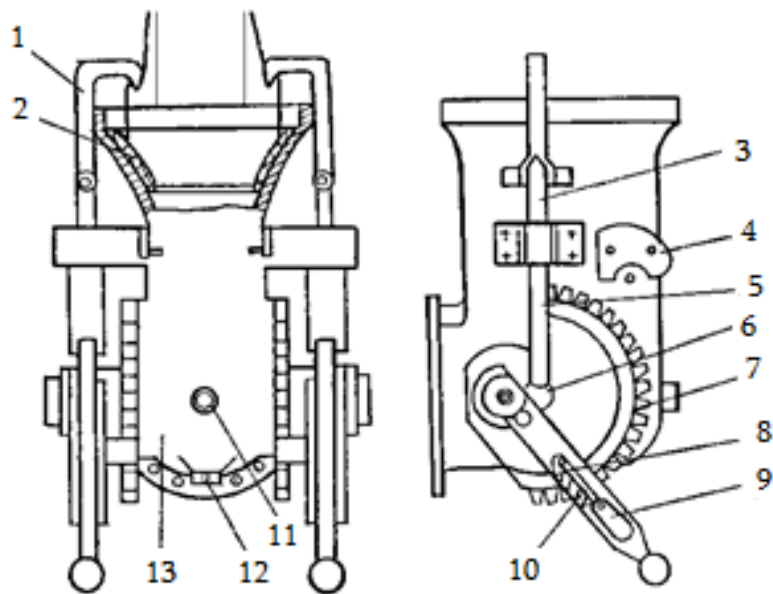
ნახ. 2.14. ქვედა ჩამოსხმის დანდგარები:

ა - YCH - 175 და ბ - YCHΠπ - 175 დანადგარები:

- 1 - მილყელი ძირითადი საყრდენი; 2,5 - მოძრავი მილყელი; 3,7 - სახსარი, 4 - გამაწონასწორებელი; 6 - მისაერთებელი თავი; 8 - ორთქლის პერანგი; 9 - კონდენსატის გამყვანი; 10 - სამსვლიანი ონკანი; 11 - ორთქლგამყვანი; 12 - ვაგონციტერნა



ნახ. 2.15. მოწყობილობის YCH - ს ზოგადი ხედი მუშა მდგომარეობაში



ნახ. 2.16. მისაერთებელი თავი:

- 1- პირმოსადები კავი; 2 - შემამჭიდროვებელი რგოლი; 3,4 - ჩამკეტი; 5 - საწევი; 6 - საყურე; 7- ხრუტუნა; 8 - საკეტელა; 9 - ბერკეტის მექანიზმი; 10 - ზამზარა; 11- ატმოსფერული სარქველის დასაყენებელი ხვრელი; 12 - ორთქლის სადენის მისაერთებელი ხვრელი; 13 - კორპუსი.

მილყელი მიერთებულია ჩამკეტ მოწყობილობას, რომელიც დაყენებულია პროდუქტიული კოლექტორის გამყვანზე. საყრდენ სახსრებში Y - სეზური თვითშემჭიდროებიან რეზინის მანჟეტებით არის ორი რიგი ფოლადის ბურთულები, ხოლო ჩვეულებრივ სახსრებში ერთი რიგი. 5 მმ დიამეტრის ბურთულებს ყრიან ხვრელის გავლით საყრდენების გარსაცმში, შიგა და გარე გარსაცმების ბრუნვისას ერთმანეთის მიმართ. ამის შემდეგაც ხვრელი იხურება სახშობით. ბურთების რაოდენობაა 120 ცალი. საყრდენის დაშლა უნდა მოხდეს უკუ მიმართულებით.

შემაერთებელი თავი (ნახ. 2.16) უერთდება ცისტერნის ქვედა ჩამოსასხმელ მილყელთანაა მიერთებული პირმოსადები კაკვით 1. თითოეული მოდის მოქმედებაში წევით 5, საყურით 6, ბერკეტული მექანიზმით 9, რომელიც ფიქსირდება კბილანა მოწყობილობით სექტორის სახით 7 და ზამბარიანი საკეტელათი 10. კაკვი ემაგრება კორპუსის თავს სპირალური ზამბარებით. თავის მისაერთებლად ცისტერნის ჩამოსასხმელ მილყელზე, ოპერატორს ჩამოსასხმელი მილყელი მიჰყავს და აძლევს მიმართულებას სწორი შეპირაპირებისათვის.

კონსტრუქციის მიხედვით YCHII - 175 დანადგარი ანალოგიურია YCH - 175 დანადგარისა. დამატებით ის აღჭურვილია ორთქლის პერანგით, კონდენსატგამყვანით და ცისტერნის ჩამოსასხმელ მოწყობილობაში მშრალი ორთქლის მისაწოდებელი ონკანით. დანადგარის დამაბოლოებელი მილის განლაგების ჰორიზონტალური რეგულირებას მონტაჟისა და ექსპლუატაციისას ახდენენ გამაწონასწორებელი მოწყობილობის სარეგულირებელი ჭანჭიკით, ასევე კრონშტეინის საკიდით ხვრელის ხარჯზე კონსტრუქციიდან გამომდინარე.

დანადგარი გათვლილია ექსპლუატაციის ხანგრძლივ პერიოდზე თუ დაცული იქნება მონტაჟისა და ექსპლუატაციის პირობები.

ნავთობპროდუქტების ჩასხმა და ჩამოსხმა YCH - 175 დანადგარის საშუალებით ხორციელდება შემდეგნაირად: შემადგენლობის ჩასასხმელ-ჩამოსასხმელ ხაზზე შესვლის შემდეგ ოპერატორი ადებს ცისტერნის ჩამოსასხმელი მილყელის ქვედა ნაწილს და აერთებს დანადგარის თავთან ცისტერნის ჩამოსასხმელ მილყელთან. შემდეგ იღება ქვედა ჩამოსასხმელი მოწყობილობის სარქველი და ხდება ცისტერნის შევსება ან დაცლა. ცისტერნის გამორთვა ჩასხმისა და ჩამოსხმის დამთავრებისას ხდება იგივე წესით.

YCHII - 175 დანადგარის გამოყენებით ნავთობპროდუქტების ჩასხმა-ჩამოსხმისას ზემოთ ჩამოთვლილს ემატება ოპერაციები, რომლები დაკავშირებულია დანადგარში გამავალი პროდუქტის გათბობასთან და ცისტერნის ჩამოსასხმელი მილყელის შეორთქლებასთან. თუ ცისტერნის ჩამოსასხმელ მილყელში გაჩნდა ყინულის საცობი, აუცილებელია ორთქლის ვენტილის გახსნა, რომელიც დაყენებულია თავზე და მშრალი ორთქლი შეშვება ჩამოსასხმელ მილყელში. ორთქლის მიწოდება ხდება სამსვლიანი კონდენსატგამტარებლის ონკანის დახმარებით. კონდენსატგამტარებლის საშუალებით ხდება ორთქლის გამოშვება. ჩასხმისა და ჩამოსხმის დროს ეს ონკანი დაკეტილია, ხოლო მეორე ონკანი დაყენებულია ისეთ მდგომარეობაში, რომ ორთქლი გათბობის სისტემიდან გამოდის გარეთ მილყელის გავლით. არასამუშაო მდგომარეობაში შემაერთებელი თავის ძაბრი დახურული უნდა იყოს ხუფით, რათა არ მოხდეს მზის პირდაპირი სხივების მოხვედრა, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს შემამჭიდროებელი რგოლის ელასტიურობის დაკარგვა და მისი გამოსვლა მწყობრიდან.

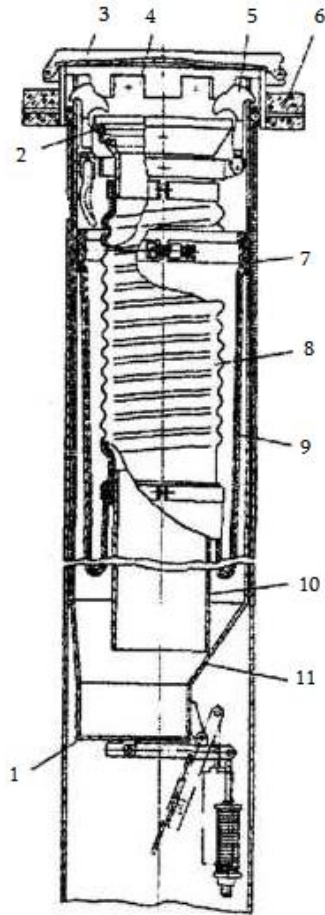
ბოლო დროს რკინიგზის ესტაკადების ექსპლუატაციისას ხშირად იყენებენ ქვედა ჩამოსხმის ახალი მოდიფიკაციის ACH – 7Б, ACH – 8Б და სხვა ტიპის დანადგარებს. მათი ტექნიკური დახასიათება ქვემოდაა მოყვანილი

ACH – 7Б, ACH – 8Б დანადგარის ტექნიკური დახასიათება	
პირობითი გასასვლელის დიამეტრი, მმ -----	175
პირობითი წნევა, მპა (კგმ/სმ ²) -----	0,4
ცისტერნის ჩამოსასხმელი მოწყობილობის დიამეტრი, რომელთათვისაც გამოიყენება დანადგარი, მმ -----	
150,2	
მაქსიმალური დაშორება საყრდენი სახსარის ღერძისა და ჩამოსასხმელ თავს შორის, მმ -----	3000
ცისტერნის დაყენების დასაშვები უზუსტობის საყრდენი სახსრის ღერძის მიმართ, მმ -----	± 2000
დანადგარის მობრუნების კუთხე:	
ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე -----	280°
ვერტიკალურ სიბრტყეზე, არანაკლებ -----	10°
მიყვანილი ორთქლის ტემპერატურა, °C -----	120-140
მიყვანილი ორთქლის წნევა, მპა (კგმ/სმ ²) -----	4
ACH – 7Б დანადგარის მასა, კგ -----	165±2
ACH – 8Б დანადგარის მასა, კგ -----	183±2

2.5. მოწყობილობა ბლანტი ნავთობპროდუქტების ჩამოსხმისათვის რელსთაშორის ღარში

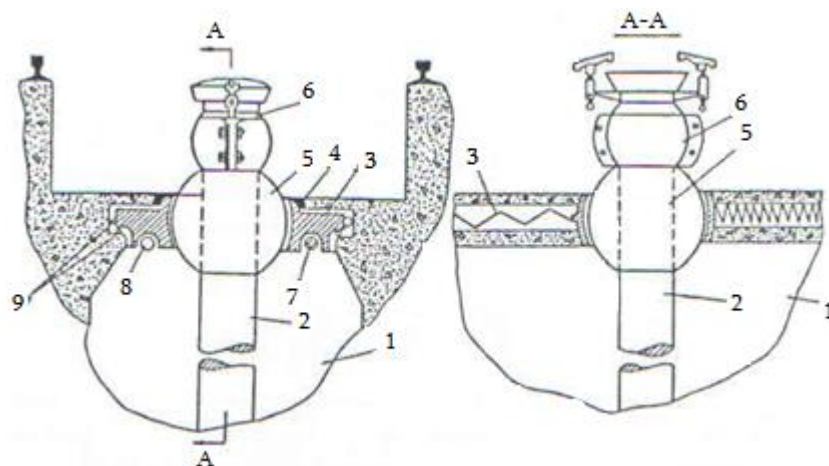
ცისტერნებში მყარი ნალექის გაცხელების და წარეცხვის რეკომენდირებული ხერხები ეფექტურია მაშინ, როცა სითბოსმატარებლის ჭავლი უშუალოდ ეხება ნალექის ზედაპირს, რომელიც მდებარეობს სქელ ფენად თხევადი პროდუქტის ქვეშ. მათი მოცილება ყველაზე უკეთ ხდება თვითდინებითი ჩასხმით, ცისტერნის ქვედა ჩამომსხმელი მოწყობილობით რელსებ-შორის ღარში და შემდეგ კი (მიწისქვეშა) მოცულობაში. ჩამოსხმის ჰერმეტიულობა ამ მეთოდში შეუძლია უზრუნველყოს დანადგარმა СИП-200 (ნახ. 2.17), მოწყობილობას ამონტაჟებენ რელსებსშორის მოთავსებული ღარის ზემოთ. ღარის გადახურვაში გაკეთებულია შემჭიდროებული ხვრელები, რომელშიც ბურთულა შეერთების დახმარებით მაგრდება ჩამოსხმის მილყელი სამაგრი მექანიზმით (ნახ. 2.18)

სამაგრი მექანიზმის მბრუნავი ხრახნის მექანიზმის საშუალებით, ხრახნით დაკავშირებულს ჩამოსასხმელი მილყელის ბურთულა შეერთების საყრდენთან, უპირისპირებს მის ღერძს ცისტერნის ჩამოსხმის სარქველის ღერძთან. როცა ღარის გრძივი ღერძი არ ემთხვევა ცისტერნის ჩამოსხმის სარქველის ვერტიკალურ ღერძს გადახრის აღმოფხვრა შეიძლება მილყელის ბურთულა თავის მობრუნებით, ხოლო თუ ღარის გრძივი ღერძი არ ემთხვევა ცისტერნის ჩამოსასხმელი სარქველის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ ღერძებს, მაშინ ეს ხარვეზი მილყელის ბურთულა შეერთებით აღმოიფხვრება. СИП – 200 დანადგარის მილყელი დამჭერებით (კავებით) უერთდება ცისტერნის ჩამოსხმის მოწყობილობას. შემოთავაზებული მოწყობილობების გამოყენება შესაძლებელია პუნქტებზე მიწისქვეშა რეზერვუარებში, რომლებიც უზრუნველყოფენ ტვირთის (სითხის) მიღებას.



ნახ. 2.17. CIIF-200 დანადგარის სქემა:

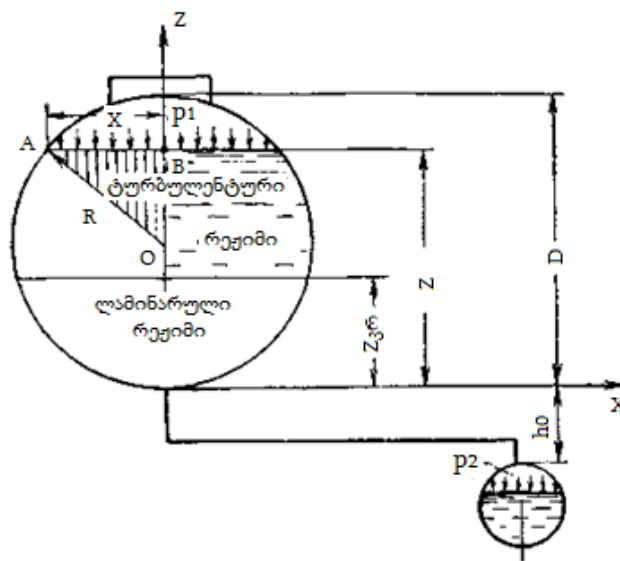
- 1 - უკუსარქველი საპირწონით; 2 - შემამჭიდროებელი რგოლი; 3 - სახურავი; 4 - შემაერთებელი თავი; 5 - მომჭერი; 6 - რელსთაშორისი ღარის გადახურვა; 7 - მჭიდი; 8 - გოფირებული სახელო; 9 - დრეკადი კორპუსი; 10 - ალუმინის მილყელი; 11 - ჩამოსასხმელი მილი.



- ნახ. 2.18. ქვედა ჩამოსხმის მოწყობილობის CIIF-200 რელსთაშორისი ღარის ზემოდ მოწყობის სქემა;
- 1 - რელსთაშორისი ღარი; 2 - ჩამოსასხმელი მილყელი; 3 - ბურთულა შეერთების საყრდენი; 4 - ღარის გადახურვის შემჭიდროება; 5 - ბურთულა შეერთება; 6 - ბურთულა თავი; 7 - ბურთულა შეერთების საყრდენის გადაადგილების ხრახნი; 8 - მიმართულების მიმცემი ხრახნი; 9 - სასრიალო გორგოლაჭები.

2.6. რკინიგზის ცისტერნიდან ნავთობპროდუქტის ჩამოსხმის დროის გაანგარიშება

ცისტერნის დაცლის დროის განსაზღვრის ამოცანა სითხის დაუმყარებელი მოძრაობის მაგალითს წარმოადგენს. ამიტომ ამ ამოცანის ამოხსნისათვის საჭიროა გამოვიყენოთ ცნობილი ხერხი, სადაც გამოდინების მთლიან დროს ყოფენ დროის უსასრულოდ მცირე ინტერვალებად და თითოეულის განმავლობაში თვლიან, რომ დაწნევა მუდმივია, ხოლო სითხის მოძრაობა დამყარებული. ეს კი საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ დამყარებული მოძრაობის განტოლება. ზოგადად ცისტერნიდან ჩამოსხმა ხორციელდება ჩამოსასხმელი მილყელიდან და ცისტერნაში ჭარბი წნევის დროს. ამასთან ჩამოსხმის დასაწყისში სითხის გამოდინების რეჟიმი შეიძლება იყოს ტურბულენტური, ხოლო ბოლოს კი ლამინარული. კერძო შემთხვევებში გამოდინება შეიძლება განხორციელდეს მხოლოდ ერთ რეჟიმში (ნახ. 2.19).



ნახ. 2.19. რკინიგზის ცისტერნიდან ნავთობპროდუქტების ჩამოსხმის დროის საანგარიშო სქემა

განვიხილოთ ასეთი მაგალითი. დავუშვათ, რომ $d\tau$ დროში ცისტერნაში ნავთობპროდუქტის დონემ დაიწია dz - ით. ცისტერნიდან ჩამოსხმული მოცულობა შეადგენს $q d\tau$. ნაკადის უწყვეტობის პირობის და ბერნულის განტოლების გამოყენებით მივიღებთ ნავთობპროდუქტის დაცლის $d\tau$ დროის დიფერენციალ განტოლებას ცვლადი Z_H და μ_c -სათვის:

$$d\tau = - \frac{2L}{f\mu_c\sqrt{2g}} \sqrt{\frac{z(D-z)}{z+h_0+\frac{p_1-p_2}{\rho g}}} dz, \quad (2.4)$$

სადაც q – ნავთობპროდუქტის ხარჯი, მ³/წმ ;

L - ცისტერნის ქვაბის სიგრძე, მ;

D - ცისტერნის ქვაბის დიამეტრი, მ;

f - ჩამოსასხმელი მილყელიდან გამომავალი ნავთობპროდუქტის ნაკადის განივი კვეთის ფართობი, მ²;

ρ – ჩამოსასხმელი ნავთობპროდუქტის სიმკვრივე, კგ/მ³;

μ_0 – სისტემის ხარჯის კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება ფორმულთ:

$$\mu_c = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_k + \frac{l_{დაყ}}{d}}}, \quad (2.5)$$

სადაც ξ_k – ჩამოსასხმელი სარქველის ადგილობრივი წინაღობის კოეფიციენტი.

$l_{დაყ}$ და d – ჩამოსასხმელი მილის დიამეტრი და დაყვანილი სიგრძეა, მ;

λ – ჩამოსასხმელი მილსადენის ჰიდრავლიკური წინაღობის კოეფიციენტი.

ამ ამოცანის ამოსახსნელად აუცილებელია μ_c ცვლილების კანონზომიერების ცოდნა დაცლის პროცესში, მაგრამ ეს კანონზომიერება შეიძლება დადგენილი იქნეს მხოლოდ ექსპერიმენტალურად ჩამოსხმის კონკრეტული პირობებისათვის. ამ მიზეზის გამო განვიხილოთ ჩამოსხმის ოთხი კერძო შემთხვევა:

პირველი შემთხვევა: ჩამოსხმა მოკლე მილყელით.

იმ შემთხვევაში, როცა $h_0 = 0$, $p_{კარბი} = 0$, $p_1 = p_2 = p_{აბს} = 0,101$ მპა განტოლება (2,4) მიიღებს სახეს

$$d\tau = - \frac{2L}{f\mu_0\sqrt{2g}} \sqrt{(D-z)} dz, \quad (2.6)$$

სადაც μ_0 – მოკლე მილყელით ჩამოსასხმელი სარქველის ხარჯის კოეფიციენტი.

თუ ჩავთვლით, რომ ნავთობპროდუქტის კინემატიკური სიბლანტე ჩამოსხმისას მუდმივია და ცნობილი (იცვლება 1–დან 650 სმ²/წმ – ის ინტერვალში), μ_0 შეიძლება განისაზღვროს ექსპერიმენტული დამოკიდებულებიდან:

$$\mu'_0 = \frac{1}{0,0238\nu + 1,29}, \quad (2.7)$$

სადაც ν – კინემატიკური სიბლანტე ჩამოსხმის ტემპერატურისას, სმ²/წმ.

მაშინ (2.6) განტოლების ინტეგრირებით D-დან 0–მდე საზღვრებში მივიღებთ რკინიგზის ცისტერნიდან მოკლე მილყელით ჩამოსხმის დროის, τ_0 განმსაზღვრელ ფორმულას.

$$\tau_0 = \frac{4LD\sqrt{D}}{3f\mu'_0\sqrt{2g}}. \quad (2.8)$$

მეორე შემთხვევა: ჩამოსხმა მოკლე მილყელით ჭარბი წნევით.

იმ შემთხვევაში, როცა $h_0 = 0$, $p_1 = p_{აბს}$, $p_2 = p_{ატმოსფ}$.

$$p_1 - p_2 = p_{კარბ}; \quad h_{კარბ} = p_{კარბ} / \rho \cdot g.$$

განტოლება მიიღებს სახეს:

$$\tau_0^{II} = \frac{2L}{f\mu'_0\sqrt{2g}} \int_D^0 \sqrt{\frac{z(D-z)}{z+h_{\text{ჰარბი}}}} dz; \quad (2.9)$$

ინტეგრირებისა და გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ:

$$\tau_0^{II} = \frac{4}{3} \frac{LD\sqrt{D}}{f\mu'_0\sqrt{2g}} \left\{ \sqrt{\frac{D+h_{\text{ჰარბი}}}{D}} \left[\frac{2h+D}{D} E\left(k; \frac{\pi}{2}\right) - \frac{2h_{\text{ჰარბი}}}{D} F\left(k; \frac{\pi}{2}\right) \right] \right\}, \quad (2.10)$$

სადაც $E\left(k; \frac{\pi}{2}\right)$, $F\left(k; \frac{\pi}{2}\right)$ - პირველი და მეორე რიგის შესაბამისი სრული ელიპტიკური ინტეგრალია, ამპლიტუდა $\frac{\pi}{2}$ და k მოდულის დროს:

$$k = \sqrt{\frac{D}{h_{\text{ჰარბი}}+D}} \quad (2.11)$$

განტოლება (2.10) მიიღებს სახეს:

$$\tau_0^{II} = \tau_0 \cdot \psi\left(\frac{h_{\text{ჰარბი}}}{D}\right) \quad (2.12)$$

შესაბამისად, ჰარბი წნევის ჩამოსხმის (გამოდინების) დრო მუდამ მცირეა, ვიდრე თავისუფალი წნევით ჩამოსხმის (გამოდინების) τ_0 დრო, სიდიდით $\psi\left(\frac{h_{\text{ჰარბი}}}{D}\right)$:

$$\psi\left(\frac{h_{\text{ჰარბი}}}{D}\right) = \sqrt{\frac{D+h_{\text{ჰარბი}}}{D} \left[\frac{2h_{\text{ჰარბი}}+D}{D} E\left(k; \frac{\pi}{2}\right) - \frac{2h_{\text{ჰარბი}}}{D} F\left(k; \frac{\pi}{2}\right) \right]} \quad (2.13)$$

მესამე შემთხვევა: ჩამოსხმა სპეციალური მილყელიდან.

როცა $h_0 \neq 0$, $p_{\text{ჰარბი}} = 0$, $p_1 = p_2 = p_{\text{ჰარბი}}$.

ეს მეტად გავრცელებული ჩამოსხმის სქემაა. ის ითვალისწინებს სპეციალური სახსარ-შეერთებული მილის მონაკვეთებს (ქვედა ჩამოსხმის მოწყობილობა), რაც საშუალებას იძლევა ჰერმეტირება გაუკეთოს ჩამოსასხმელ კომუნიკაციას. ამ შემთხვევისათვის ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$\tau_0^{III} = \tau_0 \cdot \frac{\tau'_c}{\tau_c} \psi'\left(\frac{h_0}{D}\right), \quad (2.14)$$

სადაც μ'_c - სპეციალური მილსადენის ხარჯის კოეფიციენტი;

C.II - 9 ჩამოსასხმელი მილსადენის სისტემისათვის 1-დან 70სმ²/წმ - მდე ინტერვალში სიმკვრივის ცვლილებისას μ_c განისაზღვრება ფორმულით:

$$\mu'_c = \frac{1}{0,22\nu+3,78}. \quad (2.15)$$

მეოთხე შემთხვევა: ჰერმეტიკული ჩამოსხმა ჭარბი წნევის დროს.

იმისათვის, რომ მივიღოთ ჩამოსხმის დროის საანგარიშო ფორმულა, საჭიროა dt (2.4) ფორმულის ინტეგრირება, როცა ხარჯის კოეფიციენტი ცნობილია $\mu'_c = f(v)$ და $h_0 = H$.

ცისტერნიდან ჩამოსხმის დრო გარედან გათბობით:

თუ $h_0 = 0$, $p_{ჭარბი} = 0$, $p_1 = p_2 = 0$, ცისტერნიდან სრული ჩამოსხმის დრო, როცა გათვალისწინებულია ცისტერნის გარე გათბობა, განისაზღვრება დიფერენციალური განტოლებიდან:

$$d\tau = - \frac{25Ll_3 \sqrt{\frac{D-z}{z}}}{\pi g \left[\frac{1}{v_g} d^4 + \left(\frac{1}{v_x} - \frac{1}{v_g} \right) d_0^4 \right]} dz \quad (2.16)$$

ინტეგრირებისა და გამარტივების შემდეგ მივიღებთ,

$$\tau_0^{IV} = \frac{16Dl_3^2 v_g}{gd^3 \delta} \quad (2.17)$$

პრაქტიკული გათვლისათვის საჭიროა მივიღოთ კედლის ცხელი ფენის სისქე $\delta = 0,5$ მმ, ხოლო $l'_3 = 2,1$ მ. სიბლანტის კოეფიციენტის v_g მნიშვნელობა შეიძლება გამოვიყენოთ ორთქლის კონდენსაციისას მილყელში.

2.7. გამყარებადი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გადაზიდვა

ყოველწლიურად იზრდება იმ მძიმე მაღალფისოვანი ნავთობების მოპოვება, რომელთა გადაზიდვა დაბალ ტემპერატურაზე მილსადენებით რთულია, ნალექის წარმოშობის გამო. ასეთი ნავთობების გადაზიდვა მთლიანად ხორციელდება რკინიგზის ტრანსპორტით.

გამყარებადი ტვირთების ფიზიკურ - ქიმიური მახასიათებლების ანალიზი (იხ. ცხრ. 2.6) ორფაზიან გარემოთი გვიჩვენებს, რომ ამ ნივთიერებების კრისტალიზაციის ტემპერატურა ძირითადად დადებითია, რაც განაპირობებს ნალექის წარმოქმნას წელიწადის თბილ პერიოდშიც კი.

ამ გარემოების გათვალისწინება აუცილებელია რკინიგზის ცისტერნიდან ტვირთის ამოღების რაციონალური და ეფექტური საშუალებების შერჩევისას.

ტვირთები ორფაზიანი გარემოთი, როგორც წესი წარმოადგენენ ძალიან რთულ მაღალ-მოლეკულურ ორგანულ შენაერთებს. ისინი დიდი რაოდენობით შეიცავენ ცალკეულ ნივთიერებებს, რომლებიც ერთმანეთში არიან გახსნილი. ასეთი ტვირთების ცისტერნებში ჩამოსხმა ჩვეულებრივ ცხელ მდგომარეობაში ხორციელდება. ტრანსპორტირებისას კი ხდება მათი გაგრილება, რაც შემადგენელი კომპონენტების კრისტალიზაციას იწვევს და ორფაზიანი ნარევე-შეტივტივებული სითხეში მყარი ნაწილაკების წარმოქმნას.

ორფაზიანი ტვირთების ფიზიკურ - ქიმიური თვისებები

მაჩვენებლები	საერთო ანტრაცენული ფრაქცია	პარაფინი ნავთობური თხევადი	ოზექ-სუატის საბადოს ნავთობი
სიმკრივე 20°C დროს, კგ/მ ³	1180	780	903
კრისტალიზებადი კომპონენტების შემცველობა, %	52,4	38,4	17,5
გამყარების ტემპერატურა, °C	80	-	-
სიბლანტე 20°C დროს,	-	-	-
აალების ტემპერატურა, °C	128	-	-
კუთრი თბოტევადობა 50°C დროს, კკალ/კგ °C	0,447	0,501	-
კუთრი თბოტბოგამტარობა 50°C დროს, კკალ/მ სთ°C	0,087	0,1286	-
საშიშროების კლასი GOCT 19433-81 –ს (EN 12195-1:2010) მიხედვით	6	9	3

დანიშნულების პუნქტში ცისტერნები მიდის ტვირთით, რომელიც დაყოფილია ორ ფაზად: თხევადი ნაწილი და ნალექი. მისი სიმკრივე და სიბლანტე დამოკიდებულია წარმოქმნილი კომპონენტების თვისებებზე, ასევე გარემოს ტემპერატურაზე და ტრანსპორტირების მანძილზე. ცხრილში 2.7 მოყვანილია წლის სხვადასხვა პერიოდში ჩამოსხმის პუნქტებში ზოგიერთი ტვირთით ცისტერნების გამოკვლევის შედეგები. როგორც ცხრილიდან ჩანს ორფაზა ტვირთების ტრანსპორტირებისას, ცისტერნებში მყარი ფაზის (ნალექის) მასამ შეიძლება მიაღწიოს ჩასასხმელი პროდუქტის მასის ნახევარს.

თხევადი ფაზის ჩამოსხმა არ არის რთული, ხოლო ცისტერნიდან ნალექის მოშორება გამოყენებული ხელსაწყოების და ჩამოსხმის მეთოდების არასრულყოფილების გამო, დიდ ენერჯის და შრომის მოითხოვს და მივყავართ ცისტერნების მოცდენამდე.

რკინიგზის ცისტერნიდან მაღალი სიბლანტის და გამყარებადი ტვირთების ჩამოსხმისას ასევე გამოიყენება გათბობის სხვადასხვა ხერხები: მკვეთრი (მახვილი) ორთქლი, გადასატანი ორთქლის გამათბობელი, იმავე ხარისხის საცირკულაციო პროდუქტის ცხელი ჭავლი. ასევე ექსპერიმენტული კვლევების სტადიაზე იმყოფება ჩამოსასხმელი პროდუქტის გათბობა თბოგამოსხივებით, ვიბროგათბობა და ელექტროინდუქციური გათბობა.

ბლანტი და გამყარებადი ტვირთების გათბობა ელექტროგათბობლით ფართო გავრცელება ვერ ჰპოვა, რადგან ის ხანძრის დამატებითი საფრთხის წყაროს წარმოადგენს და საჭიროებს სპეციალური შტატის მოსამსახურეებს, რომლებიც შეინახავენ და მოემსახურებიან ამ მოწყობილობებს. უფრო ხშირად გამოიყენება მკვეთრი ორთქლით და იმავე მარკის საცირკულაციო პროდუქტის ცხელი ჭავლით გაცხელების მეთოდი. პირველი გამოიყენება პროდუქტებისათვის, რომლებშიც დასაშვებია წყლის მოხვედრა, მეორე იმ პროდუქტებისათვის რომლებშიც გამორიცხულია წყლის მოხვედრა.

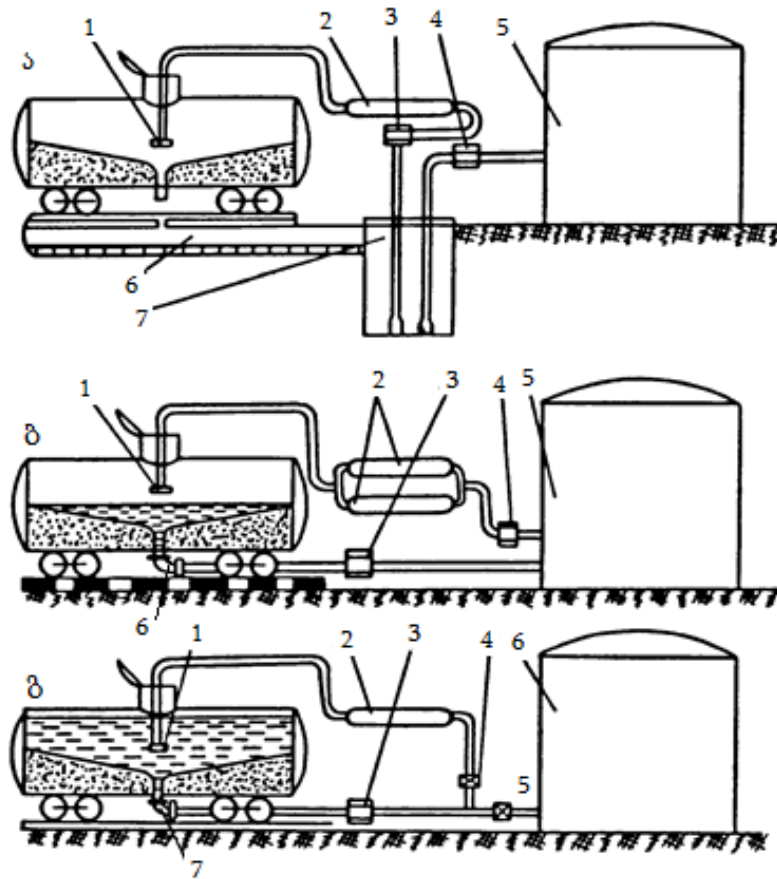
ზოგიერთი მაღალი სიბლანტის ტვირთების ნალექის სიდიდე ოთხღერძიან ცისტერნებში

დასახელება	წლის პერიოდი	გადაზიდვის მანძილი, კმ	ნალექის სიმაღლე, სმ	ნალექის მასა, ტ
ანტრაციდის ზეთი	თბილი	300	10-20	0.8-2.2
	ცივი		13-25	1.1-3.1
	თბილი	600	40-58	6.5-10.8
	ცივი		40-60	6.5-11.3
	თბილი	900	40-60	6.5-11.3
	ცივი		53-64	9.5-12.4
თხევადი პარაფინი	თბილი	600	-	-
	ცივი		30-40	2.6-4
	თბილი	200	-	-
	ცივი		77-82	10.9-11.8
პეტროლატუმი	თბილი	1800	-	-
	ცივი		74-90	11.2-14.2
	თბილი	2400	90-120	14.8-22
	ცივი		74-90	11.2-14.2
ბელორუსული ნავთობი	თბილი	800	150-130	18.3-24.4
	ცივი		2-5	0.04-0.2
ოზექ-სუატის საბადოს ნავთობი	თბილი	2300	8-12	0.3-0.7
	ცივი		10-14	0.5-0.8

2.7.1. ორფაზიანი ტვირთების ჩამოსხმის მეთოდები და მოწყობილობები

რთულ ოპერაციას წარმოადგენს ცისტერნიდან ორფაზიანი ტვირთის ჩამოსხმისას მყარი ნარჩენის მოშორება, რომელიც საკმაოდ დიდ რაოდენობას აღწევს. გამოყენებული მეთოდებიდან უფრო ეფექტურად ითვლება საცირკულაციო ჩამორეცხვის ხერხი, როცა ცხელი სითხე წნევით მიწოდება ჩამოსარეცხი მოწყობილობას, განლაგებულს ცისტერნაში. ცხელი სითხის ჭავლი მიეწოდება ცისტერნის ტორსის კედლებზე ან პირდაპირ ნალექში. ნაკადი ჩამორეცხავს ცისტერნის კედლებს, მოედინება ნალექის ზედაპირზე ჩამორეცხავს ნალექის ფენას და მიემართება ცისტერნის ქვედა ჩამოსასხმელ მოწყობილობამდე. ასე ცხელდება ნალექის ზედაპირის თხელი ფენები, რომლებიც თანდათანობით ირეცხება და შორდება ცისტერნას.

პროდუქტის თვითდინებით ჩამოსხმისას (ნახ.2.20. ა) იღება ზედა ლუქი, ცისტერნის ქვედა ჩამოსასხმელი მოწყობილობის სახურავი და სარქველი. ნალექის სისქეს ხვრიტავენ სპეციალური ლითონის ღეროთი ჩამოსასხმელი სარქველის ზონაში და თხევადი ტვირთი თვითდინებით ჩამოდის ცისტერნიდან რელსთაშორის ღარში 6, რომელიც დაქანებულია შუალედური მიწისქვეშა რეზერვუარისკენ 7.



ნახ. 2.20. მაღალი სიბლანტის პროდუქტების რკინიგზის ცისტერნებიდან ჩამოსხმის ტექნოლოგიური სქემები მყარი ნალექის გატანის ცირკულაციის ხერხით:

ა - თავისუფალი ჩამოსხმა თვითღინძობით: 4 - გადასაქაჩი ტუმბო; 5 - რეზერვუარი; 6 - რელსთაშორისო ღარი; 7 - შუალედური მიწისქვეშა რეზერვუარი; ბ - ჰერმეტიკული ჩამოსხმა პროდუქტის თხევადი ფაზის წინასწარი ჩამოსხმით: 1 - ჩამოსარეცხი მოწყობილობა; 2 - თბომცვლელი; 3 - გადასაქაჩი ტუმბო; 4 - საცირკულაციო ტუმბო; 5 - რეზერვუარი; 6 - ჰერმეტიკული ამოსხმის მოწყობილობა; გ - ჰერმეტიკული ჩამოსხმა პროდუქტის თხევადი ფაზის წინასწარი ჩამოსხმის გარეშე: 1 - ჩამოსარეცხი მოწყობილობა; 2 - თბომცვლელი; 3 - საცირკულაციო ტუმბო; 4,5 - ჩამკეტები; 6 - რეზერვუარი; 7 - ჰერმეტიკული ამოსხმის მოწყობილობა.

თხევადი ფაზის ჩამოსხმის შემდეგ ცისტერნაში უშვებენ ჩამრეცხ მოწყობილობას და იწყება ნალექისგან ცისტერნის გაწმენდის პროცესი. ტუმბოს 3 მეშვეობით თხევადი პროდუქტი მიეწოდება თბომცვლელს 2, სადაც ის თბება 100-200 °C და ჭარბი წნევით მიეწოდება ჩამრეცხ მოწყობილობას. ცხელი პროდუქტის ჭავლი გამოდის ჩამრეცხი მოწყობილობიდან, ათბობს და შლის ნალექს, რომელიც ჩამოედინება ღია ჩამოსასხმელი მოწყობილობიდან რელსთაშორის ღარში და შემდეგ მიწისქვეშა რეზერვურში, საიდანაც ზედმეტი პროდუქტი ტუმბოს 4 საშუალებით გადაიტუმბება საცავში 5. იმის შემდეგ როცა დარწმუნდებიან, რომ ცისტერნის ქვედა ნაწილი მთელ სიგრძეზე და განსაკუთრებით მისი ტორსები საკმაოდ გაცხელებულია წყდება ცირკულაციის პროცესი და ცისტერნიდან იღებენ ჩამრეცხ მოწყობილობას.

ჰერმეტიკული ჩამოსხმისას, პროდუქტის თხევადი ფაზის წინასწარი გადატუმბვით (ნახ. 2.20. ბ), იღება ჩამოსასხმელი მოწყობილობის ქვედა სახურავი, ცისტერნის ხუფის ზედა ლუქი.

ცისტერნის ჩამოსასხმელ მილყელთან აერთებენ ჰერმეტიულად ჩამოსასხმელ მოწყობილობას 6, აღებენ ჩამოსასხმელი მოწყობილობის სარქველს, სპეციალური ლითონის ღეროთი ხვრეტენ ნალექს და პროდუქტის თხევად ფაზას ტუმბოთი 3 გადატუმბავენ საცავში 5. შემდეგ ზედა სარქველის საშუალებით ცისტერნაში შეჰყავთ ჩამრეცხი მოწყობილობა 1 და იწყება ნალექის მოშორების პროცესი. ამისათვის ტუმბოთი 4 საცავიდან 5 თხევადი პროდუქტი მიეწოდება ორთქლის თბომცვლელს 2, სადაც ის ცხელდება და ჭარბი წნევით მიეწოდება ჩამრეცხ მოწყობილობას.

ჩამრეცხი მოწყობილობიდან გამოსული ცხელი პროდუქტის ჭავლი ფენებად შლის და რეცხავს ნალექს, რომელიც მიედინება ჩამოსასხმელი მოწყობილობისკენ. ტუმბოები 3 და 4 მუშაობს ერთდროულად. გახურდება რა ცისტერნის ქვედა ნაწილი მთელ სიგრძეზე და განსაკუთრებით მისი ტორსი, გამოირთვება გამაცხელებელი ტუმბო 4. პროდუქტის ნარჩენები ცისტერნიდან გადაიტუმბება ტუმბოთი 3 და ამის შემდეგ გათიშავენ ჩამოსასხმელ მოწყობილობას და ჩამოსასხმელ დანადგარს.

ჰერმეტიული ჩამოსხმისას, პროდუქტის თხევადი ფაზის წინასწარი გადატუმბვის გარეშე (ნახ. 2.20. გ), აღებენ სარქველის ზედა ლუქს, ცისტერნის ქვედა მოწყობილობასთან აერთებენ ჰერმეტიული ჩამოსხმის მოწყობილობას 7. ლითონის ღეროთი ხვრეტენ ნალექს და აღებენ ჩამოსასხმელი მოწყობილობის სარქველს. ცისტერნაში ნალექის დონემდე უშვებენ ჩამომრეცხ მოწყობილობას 1, იკეტება ვენტილი 5 და ირთვება ტუმბო 3. პროდუქტის თხევადი ფაზა ცისტერნის ჩამოსასხმელი მოწყობილობის და ჰერმეტიული ჩამოსასხმელი დანადგარის 7 გავლით ტუმბოს 3 საშუალებით ვენტის 4-ს გავლით მიეწოდება თბომცვლელს 2, სადაც თება 100-200 °C და შემდეგ ჭარბი წნევით მიეწოდება ჩამრეცხ მოწყობილობას 1. ცხელი პროდუქტის ჭავლი გამოდის ჩამრეცხი მოწყობილობიდან, ათბობს და შლის ნალექს. პროდუქტის ცირკულაციით ხდება თხევადი ფაზის თანდათანობით გათბობა და მასში ნალექის გათბობა და დაშლა. გახურდება რა ცისტერნის ქვედა ნაწილი იღება ვენტილი 5, იხურება ვენტილი 4 და ტუმბოთი 3 ცისტერნიდან პროდუქტი გადაიტუმბება საცავში 6.

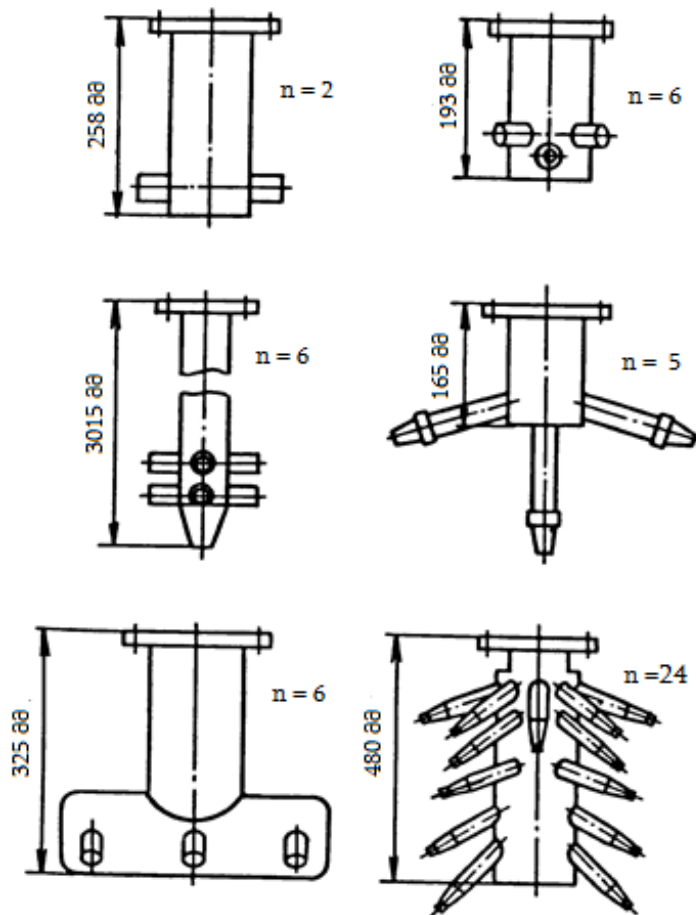
ამჟამად ორფაზა ტვირთების ჩამოსხმისას მყარი ნალექის მოსაშორებლად სხვადასხვა ჩამრეცხი მოწყობილობა გამოიყენება (ნახ. 2.21). ეს მოწყობილობები სხვადასხვაგვარია ზომით და კონსტრუქციით. ასევე განსხვავდება მიმართული (სასხურებელი თავის) ჭავლის რაოდენობათაც, ამიტომ ნალექზე მისი ჩამომრეცხი ჭავლის ზემოქმედების ეფექტიც განსხვავებულია.

თვითდინებითი ვარიანტის შემთხვევაში პროდუქტის ჩამოსხმა და ცისტერნიდან მყარი ნალექის მოშორება სწრაფად ხდება, რადგან ტვირთის თხევადი ფაზა თვისუფლად გამოდის ცისტერნიდან, ხოლო ნალექი ღია ცხელი ჩამრეცხი ჭავლისათვის.

მეორე ვარიანტის შემთხვევაში (ნახ. 2.20. ბ) ჩარეცხვისას ნალექზე არის თხევადი ფაზის ფენა და ჩამრეცხი ჭავლი არასაკმარისად ეფექტურად მოქმედებს ნალექზე. ამის გამო მთელი პროცესი სრულდება ნელა ვიდრე პირველ ვარიანტში.

მესამე შემთხვევაში (ნახ. 2.20. გ) ჩამრეცხი ჭავლი თითქმის არ მოქმედებს უშუალოდ ნალექზე, რადგან ჩამრეცხი მოწყობილობა მდებარეობს სითხის ფენის ქვეშ. პროდუქტის მიწოდება მთელ სისტემაში ერთი ტუმბოთი ხდება. ნალექი თანდათანობით ერევა პროდუქტის მასაში, ცისტერნაში თხევადი ფაზის ტურბულენტური მოძრაობის ხარჯზე. ამ შემთხვევაში

ნალექის გათბობის, ჩამორეცხვის და დაშლის დრო მეტად ადმატება ნალექის ჩამორეცხვის დროს პირველ ორ შემთხვევაში.



ნახ. 2.21. ჩამოსარეცხი მოწყობილობის სქემები დიდი სიბლანტის პროდუქტების ჩამოსხმისათვის: n - მიმართულების მიმცემი საქმენი.

პირველი ვარიანტის მიხედვით ცისტერნიდან ჩამოსხმა ხორციელდება თვითდინებით, სიმძიმის ძალის ხარჯზე. სხვა ორ ვარიანტში ჩამოსხმა ჰერმეტიულია. ამისათვის გამოიყენება ქვედა ჩამოსხმის მოწყობილობა ACH – 7B. მოწყობილობას გააჩნია 5 ბურთულა შეერთება, რომლებიც უწევენ მნიშვნელოვან ჰიდრავლიკურ წინაღობას პროდუქტის ჩამოსხმის ნაკადს. მოწყობილობი ქვედა ნაწილის განლაგებისას რკინიგზის განლაგების დონეზე წარმოიქმნება სირთულები მისი თავის მიერთებისა ცისტერნის ჩამოსასხმელ მოწყობილობასთან. ძალიან ხშირად საჭიროა ცისტერნას მოვაცილოთ გარე კიბის ორი კვანძი, რომლებიც დამაგრებულია ჭანჭიკებით. ამის შედეგად იზრდება ჩამოსხმის მოსამზადებელი ოპერაციების დრო და ცისტერნის დაზიანების საშიშროება.

ღია ჩამოსხმის თვითდინებითი ვარიანტის უარყოფით მხარეს უნდა მივაკუთვნოთ პროდუქტის ინტენსიური აორთქლება მიმდები ღარიდან. ამ თვალსაზრისით ჰერმეტიული ჩამოსხმა უფრო სრულყოფილია, მაგრამ ესტაკადაზე ACH – 7 და ACH – 7B მოწყობილობის გამოყენება მოითხოვს გამწოვი ტუმბოს, რომლის ნორმალური მუშაობა შესაძლებელია მხოლოდ თხევადი ფაზის არსებობისას ცისტერნაში, რაც ართულებს ნალექის გამორეცხვას თხევადი თბომატარებლით. დრო, დახარჯული მყარი ნარჩენის მოსაცილებლად ძირითადი ნაწილია

ჩამოსხმის საერთო ხანგრძლივობისა. ის დამოკიდებულია ნალექის სიმაღლეზე და ჩამოსხმის გამოყენებულ ხერხზე.

2.8. რკინიგზის ჩასხმისა და ჩამოსხმის ესტაკადები

ესტაკადებისა და ჩასხმა - ჩამოსხმის მოწყობილობის კონსტრუქციები უნდა უზრუნველყოფდეს ადვილად აალებადი საწვავი სითხეებისა და გათხევადებული ნახშირწყალბადის აირების ჩასხმა - ჩამოსხმის ტექნიკურ შესაძლებლობას ყველა ტიპის რკინიგზის ცისტერნებში, რომლებიც გამოიყენება მოცემული პროდუქტის გადასაზიდად.

რკინიგზის ესტაკადის ტექნიკური დახასიათების საფუძველია ერთროული ჩასხმა - ჩამოსხმის ოპერაციების მოცულობა. ეს არის პროდუქტის მაქსიმალური რაოდენობა, რომელიც ჩაისხმება (ჩამოსხმება) ერთ მარშრუტში. ერთროული ჩასხმა - ჩამოსხმის ოპერაციების მოცულობა არ უნდა აღემატებოდეს ნორმით დადგენილ რკინიგზის მარშრუტის წონით რაოდენობას.

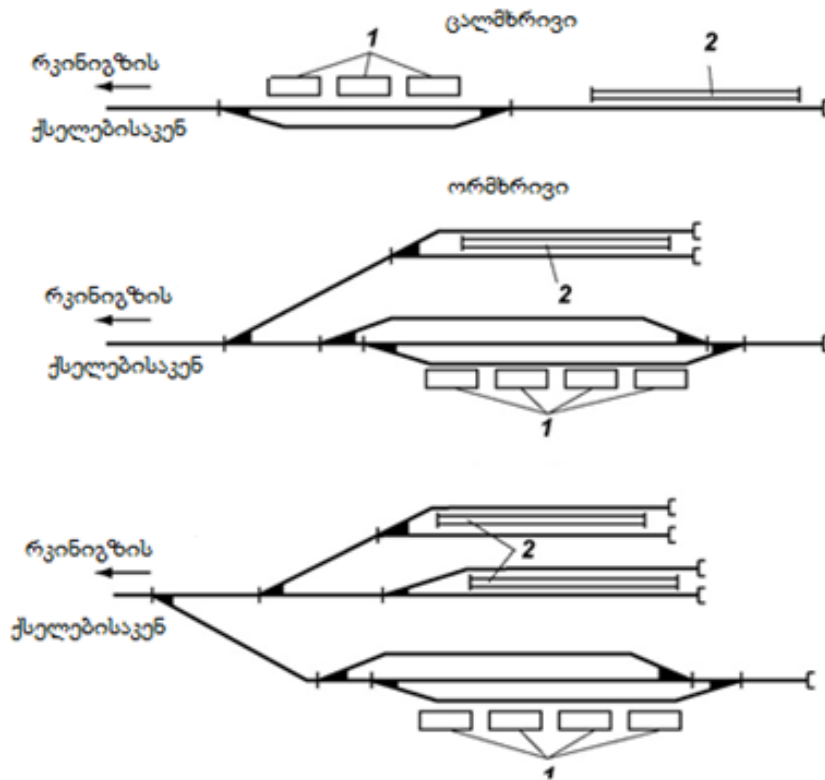
მარშრუტების მაქსიმალური ზომები სხვადასხვა რკინიგზებზე სხვადასხვანაირია და ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში დგინდება შესაბამისი რკინიგზის სამართველოს მიერ.

რკინიგზის ესტაკადები შეიძლება იყოს ცალხმრივი (ჩასხმა - ჩამოსხმის მოწყობილობის განლაგებით ლიანდაგის ცალი მხრიდან) და ორმხრივი (ესტაკადა განლაგებულია ორ ლიანდაგს შორის) ნახ. 2.22.

ესტაკადები, გათვალისწინებული ადვილადაალებადი და საწვავი სითხეების ჩასხმისათვის, ინდა იყოს აღჭურვილი წარმოების მიერ გამოშვებული ჩასხმის შემზღუდველებით, რომლებიც ავტომატურად წყვეტენ ჩასხმას ცისტერნის შევსებისას. ასეთი შემზღუდველები შეიძლება არ იყოს დაყენებული ჩასხმისას ჰერმეტიკულ რკინიგზის ცისტერნებში.

ორმხრივი ჩამოსხმის ესტაკადის დაპროექტებისას და მისი დღე - ღამური დატვირთვის განსაზღვრისას გათვალისწინებული უნდა იყოს ის, რომ აკრძალულია რკინიგზის შემადგენლობის მანევრების ჩატარება ერთ ლიანდაგზე, მეორე (პარალელურ) ლიანდაგზე ჩასხმა - ჩამოსხმის ოპერაციების სრულ დამთავრებამდე.

წნევის ქვეშ ტრანპორტირებადი სითხეების ცისტერნებისათვის უნდა იყოს გათვალისწინებული დამატებითი ესტაკადა ტექნიკური შემოწმებისათვის.



ნახ. 2.22. ნავთობბაზების რკინიგზის სქემები:

- ა - ცალმხრივი ჩამოსხმის ესტაკადის; ბ - ცალმხრივი ჩამოსხმის ესტაკადის;
 1 - საცალო ტვირთების საწყობები; 2 - ჩასხმა - ჩამოსხმის ესტაკადა.

2.8.1. ჩასხმა - ჩამოსხმის ესტაკადის აღჭურვის წესები

ყველა ჩასახსმელ - ჩამოსახსმელ მოწყობილობის შემადგენლობაში ადვილადაალებადი სითხეებისათვის, რომლების გადაიზიდება წნევის ქვეშ, უნდა შედიოდეს:

- თხევადი პროდუქტის მილსადენი (თხევადი ფაზის);
- აირგამათანაბრებელი (ორთქლის ფაზის მილსადენი);
- ჩირაღდანზე გამშვები ხაზი.

ყველა მილსადენის მიერთება ესტაკადის კოლექტორებთან ხორციელდება ჩამკეტი არმატურის გავლით.

ცისტერნაში ჭარბი წნევის 0,07 მპა - მდე (0,7 კგ/სმ²) უზრუნველყოფისათვის პროდუქტის ჩამოსხმის შემდეგ, ესტაკადებზე, რომლების ექსპლუატაცია ხორციელდება წნევის ქვეშ, უნდა იყოს გათვალისწინებული ინერტული აირის ან აზოტის დამატებითი მილსადენი ჩამკეტი არმატურით და უკუსარქველით. ინარტული აირის ან ორთქლის მიყვანა უნდა ხორციელდებოდეს მოსახსნელი მილსადენების ან დრეკადი შლანგების მეშვეობით. მოსახსნელი უბნის ორივე მხრიდან უნდა იყოს დაყენებული ჩამკეტი არმატურა. ინერტული აირის ან ორთქლის მიწოდების შეწყვეტის შემდეგ ეს მილები ან შლანგები უნდა იყოს მოხსნილი და ჩამკეტებზე დაყენებული იყოს საცობები.

ჩასხმა - ჩამოსხმის ესტაკადები ადვილადაალებადი და საწვავი სითხეებისათვის, გარდა ნავთობისა, მაზუტის, ბითუმის, გუდრონის და ზეთის, შეიძლება იყოს საერთო.

ნავთობის ესტაკადებზე დასაშვებია მაზუთის ჩასხმა - ჩამოსხმა. დაზიანებული ცისტერნების დასაცლელად, როგორც წესი, ითვალისწინებენ ცალკე განლაგებულ დგარებს ან ესტაკადებს ზედა და ქვედა ჩასხმა - ჩამოსხმით.

ესტაკადებს უნდა ჰქონდეს კიბეები არაწვადი მასალისაგან. ისი განლაგებული უნდა იყვნენ ესტაკადის თავში და ბოლოში ტორსზე და ესტაკადის სიგრძის მიხედვით მანძილზე არა ნაკლებ 100 მ-სა. კიბის სიფართოე უნდა იყოს არა ნაკლები 0,7 მ-სა, დაქანების კუთხით არა უმეტესი 45°. ესტაკადის კოლონების (მზიდი კონსტრუქციების) ბიჯი უნდა იყოს ტოლი 6 მ. ცალკეულ შემთხვევებში, შესაბამისი დასაბუთებისას, დასაშვებია ბიჯი 12 მ.

ესტაკადის ტერიტორიას უნდა ჰქონდეს მყარი წყალგაუმტარი საფარი, რომელიც გამლიერებული უნდა იყოს ლიანდაგების ქვეშ. საფარი კეთდება ბეტონისაგან. ესტაკადის გაბარიტები მიიღება არსებული ტერიტორიის მიხედვით.

2.8.2. მოთხოვნები ესტაკადის განლაგების მიმართ

ესტაკადები განლაგებული უნდა იყოს რკინიგზის სწორ და ჰორიზონტალურ უბანზე. ესტაკადების განლაგება 1,5 % დაგანებულ მონაკვეთებზე დასაშვებია განსაკუთრებულ შემთხვევებში, შესაბამისი დასაბუთების არსებობისას. მე - 3 კატეგორიის საწყობის ესტაკადა, რომლებიც აღჭურვილია ცალმხრივი ჩასხმა - ჩამოსხმის მოწყობილობით, დასაშვებია მათი განლაგება მოხვეულ უბანზე, რომლის რადიუსია არა ნაკლებ 200 მ-სა.

ესტაკადების რაოდენობა განისაზღვრება ჩასხმა - ჩამოსხმის ოპერაციების მოცულობით, ცისტერნების მიღებისა და გამგზავრების უთანაბრობის კოეფიციენტის გათვალისწინებით. რკინიგზის მონაკვეთს, რომელზეც განლაგებულია ესტაკადა, უნდა ჰქონდეს გასასვლელი პარალელურ ხაზზე, ესტაკადიდან ცისტერნების გამოსაყვანად, ორივე მხარიდან. თუ რეკონსტრუქციის დროს შეუძლებელია ასეთი გასასვლელის მოწყობა ცისტერნების პარალელურ ხაზზე გასაყვანად (მოქმედი სახანძრო უსაფრთხოების მანძილების ნორმების გამო), რკინიგზის ჩიხის სიგრძე უნდა იყოს გაზრდილი არა ნაკლებ 30 მ-ით, ესტაკადის ტორსიდან ჩიხის შემზღუდვამდე. ამ შემთხვევაში შემზღუდველზე უნდა დაყენდეს ჯალამბარი გვარლით, ცისტერნების გადასაადგილებლად. ესტაკადის გასწვრივ გათვალისწინებული უნდა იყოს სახანძრო გასასვლელი, რომელიც დაცილებული იქნება არა ნაკლებ 20 მ-ით ესტაკადის კიდურ რელსიდან. სახანძრო გასასვლელზე ყენდება შლაგბაუმი, რომელიც იმყოფება დაკეტილ მდგომარეობაში.

მანძილები ესტაკადიდან სხვა ობიექტებამდე უნდა იყოს არა ნაკლები ცხრილში 2.8 მოცემულ სიდიდეებზე.

მანძილი რკინიგზის ესტაკადებიდან

ობიექტი	მინიმალური მანძილი ჩასხმა- ჩამოსხმის რკინიგზის ესტაკადიდან, მ	
	ადვილად აალებადი სითხეები	საწვავი სითხეები
1. ადვილდაალებადი და საწვავი სითხეების მიწისზედა რეზერვუარები და მიწისქვეშა ნედლეულის პარკი, მიუხედავად პარკის მოცულობისა (შემონაყარის ღერძიდან)	30	30
2. ადვილდაალებადი და საწვავი სითხეების მიწისზედა რეზერვუარები და მიწისქვეშა სასაქონლო პარკი, მიუხედავად პარკის მოცულობისა (შემონაყარის ღერძიდან)	30	30
3. მიწისზედა ნედლეულის და სასაქონლო პარკების რეზერვუარები (შემონაყარის ღერძიდან)		
ა - პარკის საერთო მოცულობით 500 მ ³ ჩათვლით	110	110
ბ - პარკის მოცულობით 2000 მ ³ -მდე	300	300
4. სასაქონლო და ნედლეულის სატუმბო სადგურები, რომლებიც ემსახურება ჩასხმა - ჩამოსხმის ესტაკადებს	15	10
5. პარკის ქაფქრობის სატუმბო სადგურები	50	50
6. საყოფაცხოვრებო სათავსოები, ლაბორატორიები, პარკის გამშვები პუნქტები	60	40
7. ნაგებობები ღია ცეცხლის გამოყენებით	100	100
8. გუბე - სალექარები, ნავთობსაჭერები	100	100
9. პარკის სახანძრო რეზერვუარები	60	40
10. სახანძრო მაუწყებლები	20	20
11. ღობეები	30	30
12. ცისტერნების მომზადებისა და რემონტის პუნქტები	100	100
13. დაზიანებული ცისტერნების დაცლის ესტაკადა	30	30
14. ცალკე მდებარე დახურული მართვის განყოფილება, ტრანსფორმატორის პუნქტი და ა.შ.	60	30
15. პროექტორის ანძები გამანაწილებელი ფარების გარეშე	25	25
16. პარკის კაბელური ესტაკადები	20	20
17. საავტომობილო გზები და გადამსვლელები	20	20

შენიშვნა: 1) ცხრილში მითითებული მანძილები განისაზღვრება დახურული ესტაკადებისათვის გარე კედლიდან, ღია ესტაკადებისათვის - რკინიგზის ღერძიდან; 2) მანძილი ჩასხმა - ჩამოსხმის ესტაკადიდან ობიექტამდე, რომელიც არ მიეკუთვნება პარკს, მიიღება ისეთივე, როგორც ადვილდაალებადი და საწვავი სითხეების პარკებიდან; 3) ჩასხმა - ჩამოსხმის ოპერაციების მოცულობის ქვეშ იგულისხმება ერთდროულად ჩამოსასხამი ან ჩასასხამი პროდუქტის რაოდენობა (მ³) ჩასხმა - ჩამოსხმის დასაშვებ ვადებში.

მანძილი მეზობელი ესტაკადების (განლაგებულს პარალელურ გზებზე) უახლოესი რკინიგზების ღერძებს შორის უნდა იყოს არა ნაკლები 30 მ-სა. მანძილი მომიჯნავე საწარმოს რკინიგზის კიდური რელსიდან, რომელზეც გათვალისწინებულია ლოკომოტივის მოძრაობა, ესტაკადის რკინიგზის კიდურ რელსამდე უნდა იყოს არა ნაკლები 20 მ-სა, თუ სითხის ორთქლის აალების ტემპერატურა 393 K (120 °C) ნაკლებია და არა ნაკლები 10 მ-სა, თუ ორთქლის აალების ტემპერატურა ტოლია 393 K (120 °C) ან მეტია.

მანძილი რკინიგზიდან ესტაკადის გამოშვებულ ნაწილებამდე მიიღება ნაგებობების გაბარიტების მიხედვით თანახმად ГОСТ 9238 - 73. ესტაკადაზე მისასვლელად გათვალისწინებული უნდა იყოს საცალფეხო გზა ბეტონის საფარით, სიგანით არა ნაკლები 1 მ -სა. ამ გზას აპროექტებენ ყველა ესტაკადის ტორსისაკენ.

მსხვილტონაჟიანი პროდუქტებისათვის ესტაკადები უნდა დაპროექტდეს როგორც წესი 2-4 სახის პროდუქტის ჩასხმა - ჩამოსხმისათვის ერთ ესტაკადაზე. ერთ პროდუქტს შეიძლება მივაკუთნოთ ერთი პროდუქტის რამდენიმე ხარისხი, რომელთა გადაქაჩვა შეიძლება ვაწარმოოთ ერთი და იგივე კოლექტორით.

3. ტუმბოები

3.1. სხვადასხვა ტიპის ტუმბოს დანიშნულება, მოქმედების პრინციპი და გამოყენების სფერო

3.1.1. ტუმბოების ძირითადი პარამეტრები და კლასიფიკაცია.

ტუმბო არის ჰიდრავლიკური მანქანა, რომელიც განკუთვნილია სითხის გადასაქაჩად. იგი გარდაქმნის ამძრავის მექანიკურ ენერგიას სითხის მოძრაობის მექანიკურ ენერგიად.

ტუმბოს საშუალებით შესაძლებელია სითხის აწევა გარკვეულ სიმაღლეზე, მისი გადაადგილება საჭირო მანძილზე ჰორიზონტალურ სიბრტყეში ან მოძრაობა ჩაკეტილ სისტემაში (სითხის ცირკულირება).

ზემოთ ჩამოთვლილი ერთი ან რამოდენიმე ფუნქციის შესრულებისას, ტუმბოები ნებისმიერ შემთხვევაში შედიან სატუმბო სადგურის მოწყობილობის შემადგენლობაში, რომლის მარტივი სქემა მოყვანილია ნახ. 1-ზე. ამ სქემის მიხედვით ამძრავად გამოიყენება ელექტროძრავა, მიერთებული ელექტროქსელთან. სითხე ამოიღება ტუმბოს მიერ ქვედა რეზერვუარიდან (აუზიდან) და მიეწოდება საწნეო მილსადენით ზედა რეზერვუარს (აუზს) ელექტროძრავის ენერგიის სითხის ენერგიაში გარდაქმნის ხარჯზე. სითხის ენერგია ტუმბოს გავლის შემდეგ მუდამ მეტია, ვიდრე სითხის ენერგია ტუმბომდე. ტუმბოს ძირითადი პარამეტრები, რომლებიც განსაზღვრავს სატუმბო სადგურის მუშაობის (მუშაობის ცვალებადობის) რეჟიმს, მისი მოწყობილობის შემადგენლობასა და კონსტრუქციულ თავისებურებას, არის **წნევა (დაწნევა), წარმადობა, სიმძლავრე და მარგი ქმედების კოეფიციენტი**.

წნევა (დაწნევა) წარმოადგენს სითხის კუთრი ენერგიის სხვაობას კვეთებში ტუმბომდე და ტუმბოს შემდეგ, გამოსახულს მეტრებში. წნევა, რომელსაც ანვითარებს ტუმბო, განსაზღვრავს სითხის აწევის ზღვრულ სიმაღლეს ან გადატუმბვის მანძილს (შესაბამისად H და L; იხ. ნახ 3.1).

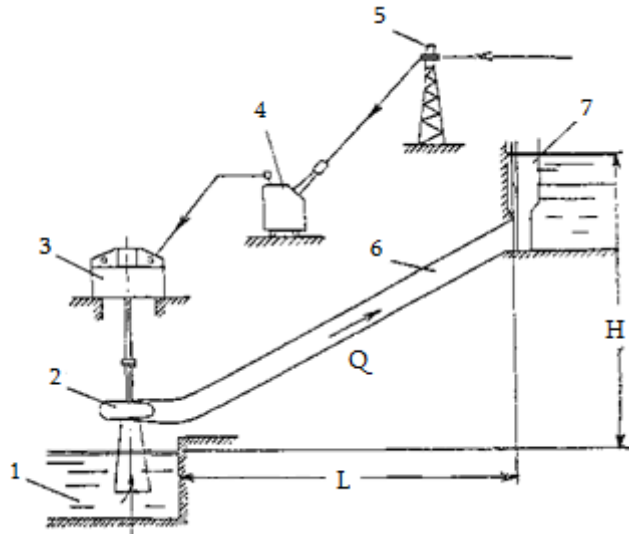
წარმადობა - სითხის მოცულობაა, რომელსაც აწვდის ტუმბო საწნეო მილსადენს დროის ერთეულში, იზომება ლ/წმ ან მ³/სთ.

სიმძლავრე, რომელიც სჭირდება ტუმბოს, იხარჯება საჭირო წნევის შესაქმნელად და ყველა სახის წინაღობის გადასალახად. ეს წინაღობები წარმოიშობა ტუმბოზე მიწოდებული ენერგიის გარდაქმნისას სითხის მოძრაობის ენერგიაში, შემწოვ და და საწნეო მილსადენებში. ის იზომება კვტ-ში. ტუმბოს სიმძლავრე განსაზღვრავს ამძრავის სიმძლავრეს და სატუმბო სადგურის ჯამურ (დასაყენებელ) სიმძლავრეს.

მარგი ქმედების კოეფიციენტი ითვალისწინებს ყველა სახის დანაკარგს, რომელიც დაკავშირებულია ამძრავის მექანიკური ენერგიის სითხის მოძრაობის ენერგიად გარდაქმნასთან. მეკ განსაზღვრავს ტუმბოს ექსპლუატაციის ეკონომიურობას მისი სხვა პარამეტრების (წნევა, მიწოდება, სიმძლავრე) ცვლილების დროს.

ტუმბოს წარმოშობის და განვითარების ისტორია გვიჩვენებს, რომ დასაწყისში ის განკუთვნილი იყო მხოლოდ წყლის ამოსაღებად. დღეისათვის ტუმბო ფართოდ გამოიყენება მრეწველობის ყველა სფეროში. ქალაქისა და საწარმოების წყალმომარაგება და წყალარინება, მედიორაცია, ენერგიის ჰიდროაკუმულირება, მასალების ტრანსპორტირება ტუმბოს გარეშე წარმოუდ-

გენელია. არსებობს თბოელექტროსადგურების საქვაბე დანადგარების საკვები ტუმბოები, სპეციალური ტუმბოები ნავთობის, ქიმიური, და სხვა მრეწველობისათვის.



ნახ.3.1. სატუმბო სადგურის პრინციპული სქემა:

1- წყალმიმღები; 2 - ტუმბო; 3 – ელექტროამძრავი; 4 - ძალოვანი დამწვევი ტრანსფორმატორი; 5 - ელექტრო გადამცემი ხაზი; 6 - საწნეო მილსადენი; 7 -წყალგამშვები

ტუმბოები გამოიყენება სამშენებლო სამუშაოების შესრულებისას (ქვაბულებიდან წყლის ამოღება, ბეტონის ჩასხმა, გრუნტის წყლის დონის დადაბლებადა სხვა), საბადოების დამუშავება და წიაღისეულის ტრანსპორტირება ჰიდრავლიკური ხერხით.

ტუმბო არის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მექანიზმის სახე კონსტრუქციების მრავალფეროვნებით. ამიტომ მათი კლასიფიკაცია დანიშნულების მიხედვით პრაქტიკულად შეუძლებელია. უფრო ლოგიკურია კლასიფიკაცია ვაწარმოთ მოქმედების პრინციპის მიხედვით. ამ თვალსაზრისით ტუმბოები დაყოფილია შემდეგ ჯგუფებად: მოცულობითი ტუმბოები, ფრთოვანა ტუმბოები და ჭავლის ტუმბოები. ცალკე ჯგუფს წარმოადგენენ სპეციალური ტიპის სითხის ამწეები.

მოცულობითი ტუმბოები მუშაობენ გამოდევნის (გამოწნების) პრინციპით.თუ ამ მოცულობას შევავსებთ სითხით და შემდეგ მოცულობას შევამცირებთ, სითხე გამოიწნება საწნეო მილსადენში.

ფრთოვანა ტუმბოები გარდაქმნის ენერგიას გადასატუმბი სითხის და მბრუნავი ბორბლის ფრთების დინამიკური ურთიერთქმედების ხარჯზე. ბორბალი არის ფრთოვანა ტუმბოს ძირითადი ორგანო.

ჭავლის ტუმბოები მუშაობენ გადასატუმბი სითხის და სხვა სითხის, ორთქლის, გაზის ჭავლთან (რომელსაც გააჩნია კინეტიკური ენერგიის დიდი მარაგი) შერევის პრინციპით.

მიუხედავად დიდი სხვაობისა მოქმედების პრინციპებში, ყველა ტიპის ტუმბოს კონსტრუქცია უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

- მუშაობის ხანგრძლივობა და საიმედოობა;
- მუშაობის ეკონომიურობა და მოხერხებულობა ექსპლუატაციაში;
- მუშა პარამეტრების ცვლილება ფართო დიაპაზონში მაღალი მქ-ის შენარჩუნების პირობით;

- მინიმალური გაბარიტები და წონა;
- კონსტრუქციის სიმარტივე, დეტალების მინიმალური რიცხვი და მათი ურიერთშეცვლადობა;
- მონტაჟისა და დემონტაჟის მოხერხებულობა.

ტუმბოს ტიპის შერჩევა ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში უნდა ვაწარმოოდ მისი საექსპლუატაციო და კონსტრუქციული თვისებების გათვალისწინებით, ისე რომ დაკმაყოფილებული იქნას ტექნოლოგიური პროცესის მოთხოვნები.

3.1.2. მოცულობით ტუმბოების მოქმედების პრინციპი და მოწყობის სქემა

მუშაობის პირობების, დანიშნულების და კონსტრუქციის მიხედვით მოცულობითი ტუმბოები კლასიფიცირებულია შემდეგნაირად:

- ტუმბოები მუშა ორგანოს უკუქცევით-წინსვლითი მოძრაობით;
- ტუმბოები მუშა ორგანოს ბრუნვითი მოძრაობით.

პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება დგუშიანი, ყვინთიანი (პლუნჟერული) და დიაფრაგმული ტუმბოები. მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება კბილანა და ხრახნული ტუმბოები.

ერთმოქმედიანი დგუშიანი ტუმბო შედგება კორპუსისაგან, რომელშიც მოთავსებულია მუშა კამერა შემწოვი და საწნეო სარქველებით და ცილინდრი დგუშით (ნახ. 3.2). კორპუსს უერთდება შემწოვი და საწნეო მილსადენი. ამძრავის ლილვის ბრუნვითი მოძრაობა მრუდმხარა-ბარბაცა მექანიზმის დახმარებით გარდაიქმნება დგუშის უკუქცევითი-წინსვლის მოძრაობაში.

დგუშის მოძრაობისას მარჯვნივ ცილინდრში შეიწოვება სითხე მოცულობით

$$V = FS \quad (3.1)$$

სადაც F - დგუშის განიკვეთის ფართობი;

S - დგუშის სვლა.

დგუშის სვლისას მარცხნივ ეს მოცულობა გამოიწნეხება (გამოიდევენება) საწნეო მილსადენში. აქედან გამომდინარე ერთმოქმედიანი ტუმბო მრუდმხარას ერთი ბრუნვისას აწარმოებს შეწოვის ერთ ციკლს და დაწნევის (მუშა) ერთ ციკლს. ტუმბოს იდეალური მიწოდება ამ შემთხვევაში შეადგენს:

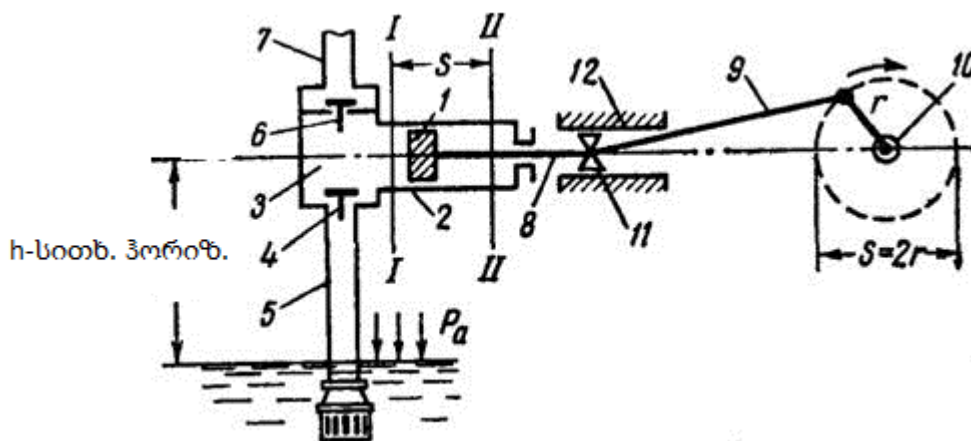
$$Q_{ოდ} = FSn \quad (3.2)$$

სადაც n - მრუდმხარას ბრუნვის სიხშირე, წთ⁻¹.

რეალური მიწოდება ნაკლებია იდეალურ მიწოდებაზე. ეს შედეგია სარქველების დახურვის დაგვიანებისა, გაჟონვებისა სარქველებში, ჩობალის და დგუშის შემჭიდროვებებში და ასევე გადასატუმბი სითხიდან ჰაერის ან გაზის გამოყოფის გამო. ამიტომ რეალური მიწოდება

$$Q = FSn\eta_{მოგ} \quad (3.3)$$

სადაც $\eta_{მოგ}$ - ტუმბოს მოცულობითი მქკ ან შევსების კოეფიციენტი. შევსების კოეფიციენტის სიდიდე დამოკიდებულია ტუმბოს ზომებზე და იცვლება ფარგლებში 0,9-0,99.



ნახ. 3.2. ერთმოქმედებიანი დგუშიანი ტუმბოს სქემა მრუდმხარა-ბარბაცა მექანიზმით:

1-დგუში; 2-ცილინდრი; 3- სარქველის კოლოფი (მუშა კამერა); 4- შემწოვი სარქველი; 5- შემწოვი მილი; 6- საწნეო სარქველი; 7- საწნეო მილი; 8- ჭოკი; 9- ბარბაცა; 10- ლილვი; 11- ცოცია; 12- სიბრტყე.

თეორიულად დგუშიან ტუმბოს შეუძლია განავითაროს ნებისმიერი წნევა. თუმცა პრაქტიკულად წნევა იზღუდება ცალკეული დეტალების სიმტკიცით და ასევე ამძრავის სიმძლავრით.

ერთმოქმედებიანი დგუშიანი ტუმბოს მიწოდება, გაანგარიშებული ფორმულით (3.2.), წარმოადგენს დროის მიხედვით გასაშუალებულ სიდიდეს. სითხის მომენტალური (წამიერი) მოცულობა, რომელსაც აწვდის ტუმბო ტოლია დგუშის ფართობის F -სა და მისი მოძრაობის სიჩქარის v -ს ნამრავლისა. ვინაიდან დგუშის უკუქცევითი-წინსვლის მოძრაობა ხორციელდება მრუდმხარა - ბარბაცა მექანიზმის მეშვეობით, დგუშის მოძრაობის სიჩქარე იცვლება ნულიდან (მრუდმხარას მკვედარ მდომარეობაში ყოფნისას) მაქსიმუმამდე (მრუდმხარას საშუალო მდომარეობაში ყოფნისას). ანალოგიურად იცვლება ტუმბოს მიწოდება. შეწოვის ციკლთან ერთად (როცა სითხე საერთოდ არ მიეწოდება) ეს განაპირობებს ერთმოქმედებიანი დგუშიანი ტუმბოს ძირითად უარყოფით მხარეს - წყვეტილ და არათანაბარ მიწოდებას.

დგუშიანი ტუმბოს მიწოდება შეიძლება გამოსახული იყოს გრაფიკულად. თანახმად მრუდმხარა-ბარბაცა მექანიზმების თეორიისა შეიძლება ჩაითვალოს, რომ დგუშის მომენტალური (წამიერი) სიჩქარის ცვლილება დროში მიახლოების საკმარისი ხარისხით ემორჩილება სინუსოიდურ კანონს:

$$v = r\omega \sin\alpha \quad (3.4)$$

სადაც $r = S/2$ - მრუდმხარას რადიუსი;

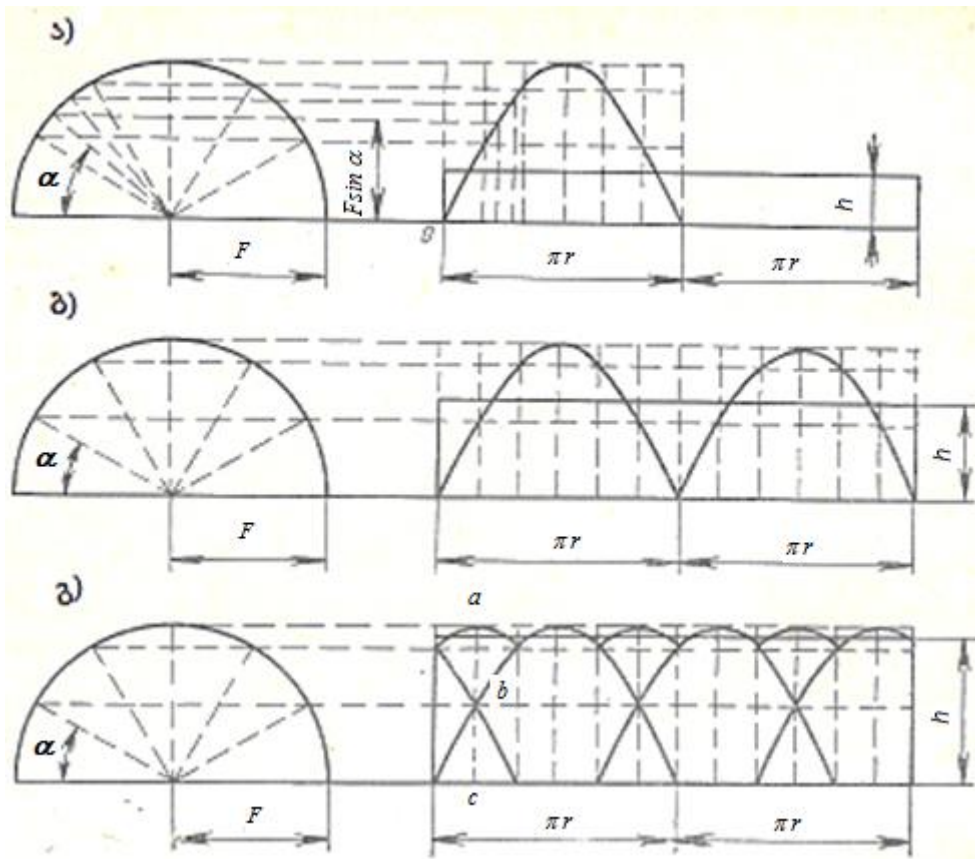
$\omega = 2\pi n/60$ - კუთხური სიჩქარე;

$\alpha = f(t)$ - მრუდმხარას მობრუნების კუთხე, წარმოადგენს დროს t -ს ფუნქციას.

შესაბამისად ტუმბოს მომენტალური მიწოდება

$$Q = Fv = Fr\omega \sin\alpha \quad (3.5)$$

ფუნქციის (3.5)-ს ცვლილება მრუდმხარა - ბარბაცა მექანიზმის ერთ მობრუნებაზე ნაჩვენებია ნახ. 3.3. ა -ზე.



ნახ. 3.3. დგუშინი ტუმბოების მიწოდების მრუდები

შევცვალოთ ფართობი, შემოხაზული სინუსოიდი და აბსცისის (x - ღერძით) ღერძით, ახალი ტოლდინი მართკუთხა ფართობით, რომელიც აგებულია წრფის მონაკვეთზე სიგრძით $2\pi r$. ორივე ეს ფართობი გამოსახავენ სითხის მოცულობას, რომელსაც აწვდის ტუმბო საწნეო მილსადენში მრუდმხარას ერთი მობრუნებისას. მართკუთხედის სიმაღლე h ამ შემთხვევაში წარმოადგენს მიღებულ მასშტაბში სითხის მიწოდების საშუალო სიდიდეს, სინუსოიდის მაქსიმალური სიმაღლე კი - სითხის მიწოდების მაქსიმალურ სიდიდეს. ფარდობა მაქსიმალური სიდიდისა საშუალოსთან (მიწოდების უთანაბრობის ხარისხი) იქნება:

$$\frac{Q_{მეფ}}{Q_{საშ}} = \frac{F}{h} \quad (3.6)$$

მართკუთხედის ფართობი, თანახმად აგებისა ტოლია,

$$2\pi r h = FS = F \cdot 2r$$

აქედან

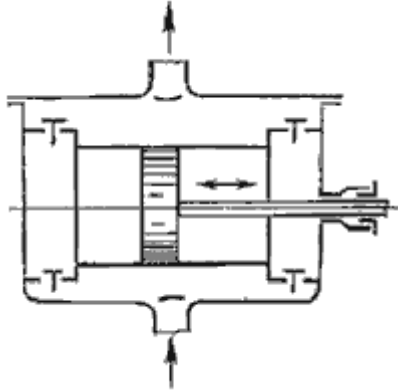
$$h = \frac{F}{\pi}$$

მაშინ

$$\frac{Q_{მეფ}}{Q_{საშ}} = \frac{F}{F/\pi} = \pi = 3,14, \quad (3.7)$$

ე.ი. ერთმოქმედებიანი დგუშიანი ტუმბოს მაქსიმალური მიწოდების სიდიდე ჭარბობს საშუალოს 3,14-ჯერ.

მიწოდების უთანაბრობის შემცირება შეიძლება რამდენიმე ხერხით. ერთ-ერთი არის ორმხრივი მოქმედების დგუშიანი ტუმბოს გამოყენება (ნახ. 3.4). ორმხრივი მოქმედების დგუშიანი ტუმბოებში შემწოვი და საწნეო სარქველები განლაგებულია ცილინდრის ორივე მხრიდან. ამიტომ დგუშის მოძრაობა ნებისმიერ მხარეს არის მუშა: მარცხენა კამერაში შეწოვის ციკლს შეესაბამება დაწნევის (მიწოდების) ციკლი მარჯვენა კამერაში და პირიქით.



ნახ. 3.4. ორმხრივი მოქმედების დგუშიანი ტუმბო

ორმხრივი მოქმედების დგუშიანი ტუმბოს მიწოდება თითქმის ორჯერ მეტია იგივე გეომეტრიულ ზომების ერთმოქმედიანი დგუშიანი ტუმბოზე. ის შეიძლება გაანგარიშებული იყოს ფორმულით:

$$Q = \eta_{\text{მოც}}(2F - f)Sn \quad (3.8)$$

სადაც f - ჭოკის განიკვეთის ფართი.

ორმხრივი მოქმედების დგუშიანი ტუმბოს მიწოდების გრაფიკის აგებისას იგივე მეთოდების გამოყენებით მივიღებთ ორ სინუსოიდას (ნახ. 3.3 ბ).

ამ შემთხვევაში

$$2\pi r h = 2FS = 2F \cdot 2r,$$

აქედან

$$h = \frac{2F}{\pi}.$$

მაშინ

$$\frac{Q_{\text{დაქ}}}{Q_{\text{საშ}}} = \frac{F}{2F/\pi} = \frac{\pi}{2} = 1,57 \quad (3.9)$$

ე.ი. მაქსიმალური მიწოდება ჭარბობს საშუალოს 1,57-ჯერ.

მეორე, საკმაოდ ეფექტური მეთოდი არის მრავალ დგუშიანი ტუმბოს გამოყენება. მისი ცილინდრები პარალელურად არის ჩართული და დგუშების მოძრაობა ხორციელდება საერთო მუხლილივით მეშვეობით. სამაგალითოდ განვიხილოთ სამ დგუშიანი ტუმბოს მიწოდების დიაგრამა. ტუმბო შედგება სამი ერთმხრივი მოქმედების დგუშიანი ტუმბოსაგან, რომლის მრუდმხარები ერთმანეთის მიმართ განლაგებული არიან 120° კუთხით. ჯამური მრუდის მიღებისათვის ასაგებია სამი სინუსოიდა გადაადგილებული ერთმანეთის მიმართ 120°-თ და

შემდეგ შესაჯამებელია მათი ორდინატები (ნახ. 3.3 ვ). დიაგრამის ფართობი, რომელიც შემოხაზულია ზემოდან ჯამური მრუდით, გამოსახავს სითხის მიწოდებას სამივე ცილინდრით (სამი ერთმოქმედებიანი დგუშიანი ტუმბოთი). გრაფიკის უდიდესი ორდინატა ტოლი იქნება F - სა, ვინაიდან ის მიღებულია ორი მონაკვეთების ab და bc - ს დაჯამებით. თითოეული მათგანი იანგარიშება

$$F \cdot \sin 30^\circ = 0,5F.$$

ამ შემთხვევაში გვექნება:

$$2\pi r h = 3FS = 3F \cdot 2r$$

აქედან

$$h = \frac{3F}{\pi}.$$

მიწოდების უთანაბრობის ხარისხი

$$\frac{Q_{abj}}{Q_{sa\theta}} = \frac{F}{3F/\pi} = \frac{\pi}{3} = 1,047 \quad (3.10)$$

დგუშიანი ტუმბოს უფრო თანაბარი მიწოდების უზრუნველსაყოფად და სითხის მასის ინერციული მოქმედების თავიდან აცილების მიზნით, პრაქტიკაში ასევე იყენებენ ჰაერის (პნევმატიურ) რეზერვუარებს. ჰაერის დრეკადობის გამო დაწნეხისას ჰაერი იკუმშება და სითხის ნაწილი გროვდება რეზერვუარში. შეწოვის დროს ჰაერი ფართოვდება და სითხე მიეწოდება საწნეო მილსადენს (ნახ. 3.5).

ყვინთიანი (პლუნჟერული) ტუმბოები განსხვავდებიან დგუშიანისაგან გამოსაჭირხნი სხეულის კონსტრუქციით. დგუშის ნაცვლად მათ აქვთ პლუნჟერი, რომელიც წარმოადგენს შემამჭიდროებელ ჩოხალებში მოძრავ ღრუ ცილინდრს. ჰიდრაულიკური პარამეტრების მიხედვით დგუშიანი და პლუნჟერული ტუმბოები ერთნაირია. ექსპლუატაციაში პლუნჟერული ტუმბოები შედარებით მარტივია ვინაიდან აქვს ნაკლები ცვეთადი ნაწილები (მანჟეტები, დგუშის რგოლები და სხვა) (ნახ. 3.5).

დიაფრაგმული ტუმბოს დგუშის ნაცვლად აქვს დრეკადი დიაფრაგმა (მემბრანა) დამზადებული ტყავის, რეზინით გაჟღენთილი ქსოვილის, რეზინის ან სინთეტიკური მასალისაგან (ნახ. 3.6).

სერიულად დამზადებული დგუშიანი ტუმბოების მიწოდება (წარმადობა) იცვლება 1-დან 150 მ³/სთ, წნევისას 2000 მ - მდე.

კბილანა ტუმბო სქემატურად ნაჩვენებია ნახ. 3.7 - ზე. ტუმბოს მუშა ორგანო არის ორი კბილანა: წამყვანი და ამყოლი, რომლებიც განლაგებულია კორპუსში. კბილანების ბრუნვის დროს, ისრის მიმართულებით, სითხე შეწოვის სივრციდან მიედინება კბილანებს შორის სივრცეში და გადაადგილდება საწნეო სივრცეში.

ორ ერთნაირი ზომის კბილანა ტუმბოს მიწოდება (წარმადობა) იანგარიშება ფორმულით:

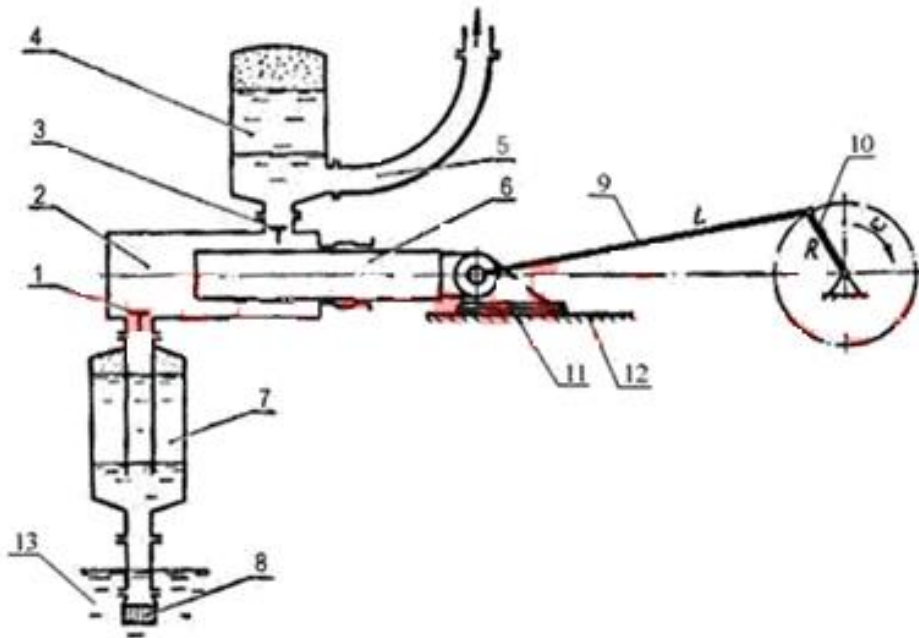
$$Q = 2flz\eta_{\theta} \quad (3.11)$$

სადაც f – კბილანებს შორის განიკვეთის ფართობი;

l - კბილანას კბილის სიგრძე;

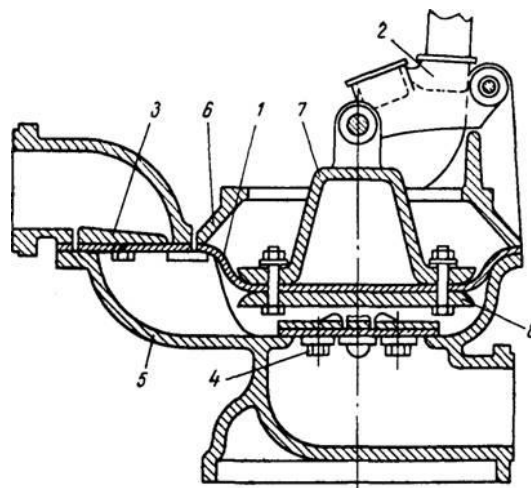
z - კბილების რიცხვი.

კბილანა ტუმბოს მოცულობითი მარგი ქმედების კოეფიციენტი ითვალისწინებს სითხის უკან გადადინებას შემწოვ სივრცეში კბილებსა და კბილანის კორპუსის კედელს შორის არსებულ ღრეჩოში. საშუალოდ იგი 0,7 – 0,9-ის ტოლია. კბილანა ტუმბოებს ახასიათებთ რევერსიულობა. ისინი იცვლიან სითხის მიწოდების მიმართულებას კბილანების ბრუნვის მიმართულების შეცვლისას.



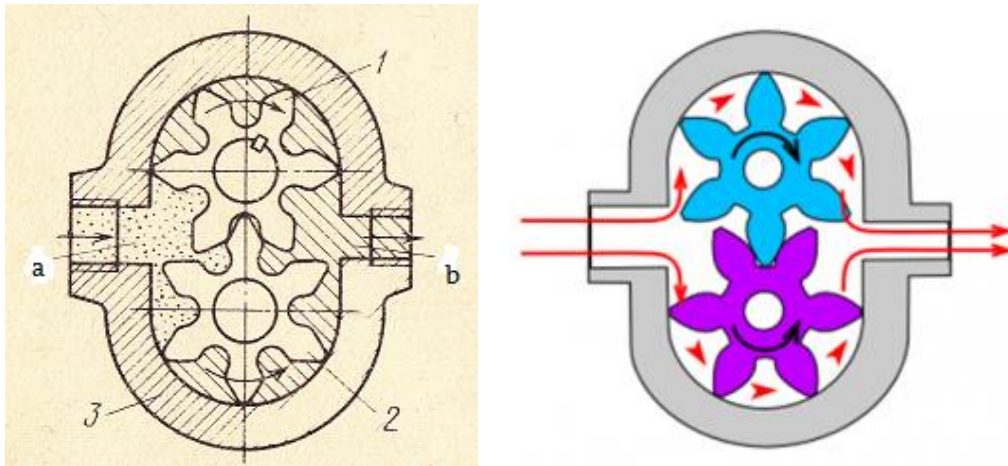
ნახ. 3.5 ყვინთიანი (პლუნჟერული) ტუმბოები

1 - შემწოვი სარქველი; 2 - მუშა კამერა; 3 - საწნეო სარქველი; 4,7 - საჰაერო რეზერვუარები; 5 - საწნეო მილსადენი; 6 - ტუმბოს ყვინთა (პლუნჟერი); 8 - ფილტრი; 9 - ბარბაცა; 10 - მრუდმზარი; 11 - ცოცია; 12 - ცოციას მიმართულების მიმცემი; 13 - რეზერვუარი



ნახ. 3.6 დიაფრაგმული ტუმბო (ბაყაყი)

1 - დიაფრაგმა; 2 - ბერკეტი; 3 - საწნეო სარქველი; 4 - შემწოვი სარქველი; 5 - კორპუსი; 6 - სახურავი; 7 - დგარი (ბიგი); 8 - დისკი.



ნახ. 3.7. კბილანა ტუმბო

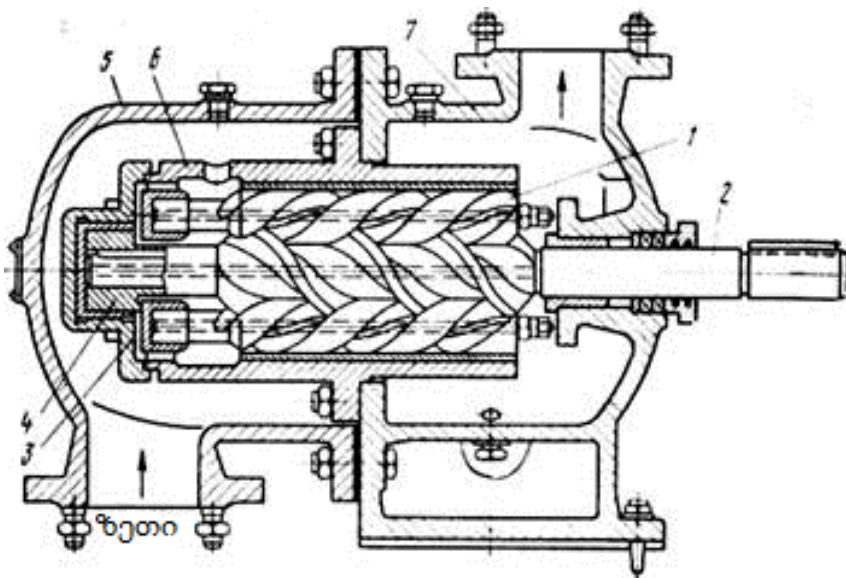
1,2 - წამყვანი და ამყოლი კბილანები; 3 - კორპუსი; a - შემწოვი სივრცე; b - საწნეო სივრცე

ხრახნულ ტუმბოს აქვს სპეციალური პროფილის ხრახნები, რომლების შეკავშირების ხაზი უზრუნველყოფს საწნეო და შემწოვი არეების სრულ ჰერმეტიულობას (ნახ. 3.8). ბრუნვის დროს ეს ხაზი გადაადგილდება ღერძის გასწვრივ. სითხე, მოთავსებული (არსებული) ხრახნის კბილანებს შორის და შეზღუდული შეკავშირების ხაზითა და კორპუსით, ხრახნების ბრუნვისას გაიდევნება საწნეო არეში. უმრავლეს შემთხვევაში ხრახნული ტუმბო მზადდება სამი ხრახნით: შუაში - წამყვანი და გვერდებზე - ამყოლი. ხრახნული ტუმბოს მიწოდება (წარმადობა) განისაზღვრება ფორმულით

$$Q = 0,0691nd_g^3 \quad (3.12)$$

სადაც d_g - ხრახნების გარე დიამეტრი.

ხრახნული ტუმბოები უზრუნველყოფენ სითხის დროში თანაბარი მიწოდების გრაფიკს.



ნახ. 3.8. ხრახნული ტუმბო

1 - ამყოლო ხრახნი; 2 - წამყვანი ხრახნი; 3, 4 - ხრახნების საქუსლები; 5 - კორპუსის სახურავი; 6 - გარსაკრი, შევსებული ბაბიტით; 7 - ხრახნის კორპუსი

3.1.3. ჭავლის ტუმბოს და სითხის ამწეების მოწყობის სქემები და მოქმედების პრინციპები

ჰიდროელევატორი (ჭავლის ტუმბო). ჰიდროელევატორის მოქმედება დამყარებულია სითხის ერთი ნაკადიდან მეორეზე (რომელსაც ნაკლები კინეტიკური ენერგია გააჩნია) კინეტიკური ენერგიის გადაცემის პრინციპზე.

ჰიდროელევატორში (ნახ. 3.9) სითხე წნევის ქვეშ მიეწოდება მილით 1, გადის შევიწროებას 2 და მიედინება შემრევ კამერაში 3, რომელშიც ნაკადის დიდი სიჩქარისა და შევიწროების გამო წარმოიქმნება წნევა ატმოსფერულზე ნაკლები (ვაკუუმი). ამის შედეგად სითხე რეზერვუარიდან 4, სითხის ზედაპირზე ატმოსფერული წნევის მოქმედების გამო, მიედინება მილით 5 კამერა 3-ში, საიდანაც მიემართება დიფუზორში. დიფუზორში ნაკადის სიჩქარე მცირდება და იზრდება სტატიკური დაწნევა, რის ხარჯზე სითხე გადაადგილდება საწნეო მილსადენში 6.

ჰიდროელევატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტი განისაზღვრება დამოკიდებულებიდან

$$\eta = \frac{Q_0 H_g}{Q_1 h} \quad (3.13)$$

სადაც, Q_1 – წყლის ხარჯი, რომელსაც შეიწოვს ჰიდროელევატორი, მ³/წმ;

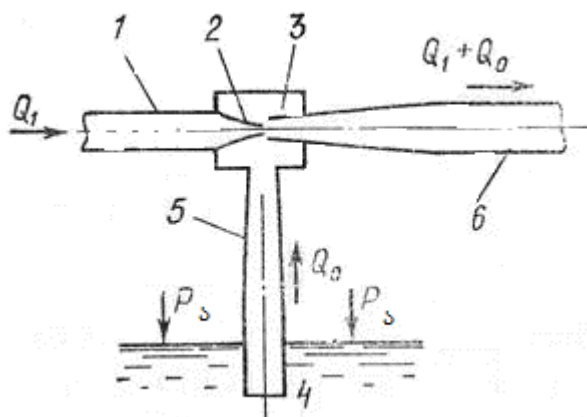
H_g – მიწოდების სრული გეომეტრიული (გეოდეზიური) მიწოდების სიმაღლე, მ;

Q_0 – წყლის ხარჯი, რომელიც მიეწოდება ჰიდროელევატორს, მ³/წმ;

h – მუშა წნევა (წნევა, რომლის ქვეშ მიეწოდება სითხე ჰიდროელევატორს), მ;

ჰიდროელევატორი გამოიყენება წყლის ამოსაქაჩად ჭებიდან, ტრანშეებიდან, ჭაბურღილებიდან და ა. შ., და ასევე არაერთგვაროვანი სითხეების ტრანსპორტირებისათვის პულპის სახით.

გამოყენების სფეროს მიხედვით ჰიდროელევატორებს გააჩნიათ სხვადასხვა კონსტრუქციული ფორმა.



ნახ. 3.9. ჭავლური ტუმბოს (ჰიდროელევატორის) სქემა

ერლიფტი (ჰაერის სითხის ამწეები). ჭიდან სითხის ამოღებისათვის ზოგჯერ გამოიყენება ჰაერით წყლის ამწეები (ერლიფტები).

ნახ. 3.10 - ზე ნაჩვენებია ჭაბურღილში დაყენებული ერლიფტის სქემა. სითხის ამწევ მილში 1 ფქვევანას 2-ის მეშვეობით კომპრესორიდან მიეწოდება ჰაერი. სითხისა და ჰაერის ნარევი ადის სითხის ამწევ მილში და იღვრება მიმდებ რეზერვუარში. ერლიფტის მუშაობის დროს სითხის დონე ჭაბურღილში დაბლდება დონიდან ა-ა (სტატიკური დონე) ბ-ბ დონემდე (დინამიკური დონე). ერლიფტების გაანგარიშებისას ადგენენ ფრქვევანას დაყენების სიღრმეს $h_{ფ}$, ჰაერის რაოდენობას, რომელიც საჭიროა სასურველი სითხის ხარჯის მისაწოდებლად, კომპრესორის წარმადობას და სიმძლავრეს. ფრქვევანას დაყენების სიღრმე, რომელიც დამოკიდებულია სითხის მიწოდების გეომეტრიულ სიმაღლეზე, უნდა უზრუნველყოფდეს ერლიფტის მყარ მუშაობას (ცხრ. 3.1).

ცხრილი 3.1

მაჩვენებლები ერლიფტის დანადგარის მყარი მუშაობისათვის

მიწოდების გეომეტრიული სიმაღლე, h_g , მ	ჩაშვების საჭირო კოეფიციენტი, $K = H/h_g$	მარგი ქმედების კოეფიციენტი	ფრქვევანას ჩაშვების საჭირო სიღრმე $h_{ფ}$, მ
15-მდე	3,0	0,59	30
30	2,5	0,54	45
60	2,2	0,50	72
90	2,0	0,41	90
120	1,75	0,40	90

ჰიდრავლიკური ტარანი. ჰიდრავლიკურ ტარანში სითხის (წყლის) აწევა ხორციელდება ჰიდრავლიკური დარტყმის ხარჯზე, რომელიც პერიოდულად მეორდება სარქველის მკვეთრი დაკეტვის შედეგად. ჰიდრავლიკური ტარანის მუშაობის აუცილებელი პირობაა, მისი განლაგების უფრო დაბალი დონე წყლის წყაროს დონესთან შედარებით.

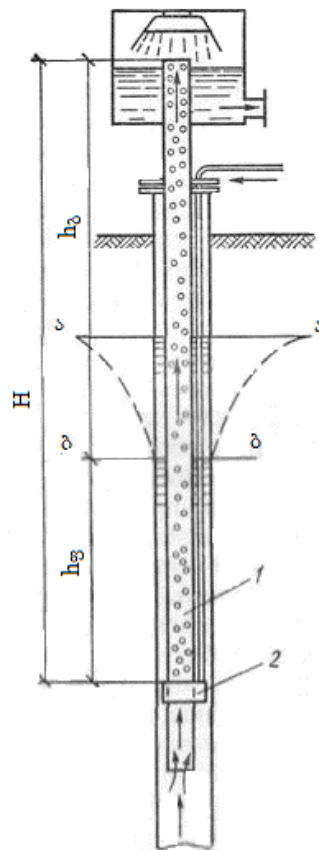
ჰიდრავლიკური ტარანის დანადგარი (ნახ. 3.11), შედგება საკვები მილის, დარტყმითი და მიმწოდებელ სარქველების, ჰაერის ხუფის, საწნეო მილსადენისა და საწნეო ავზისაგან. ტარანის დანადგარის გაშვებისას წყალი სათავიდან (წყაროდან) მიეწოდება საკვები მილით დარტყმის სარქველს და წნევით H_1 გადმოედინება გარეთ. წყლის გადმოედინების სიჩქარის გარკვეულ სიდიდემდე მიღწევისას, წნევა სარქველზე ქვემოდან იზრდება, აჭარბებს სარქველის წონას და სარქველი მკვეთრად იხურება. სითხეს (წყალს) გარეთ გამოსვლის საშუალება უქრება. ეს იწვევს ჰიდრავლიკურ დარტყმას რის შედეგად წნევა საკვებ მილში მკაფიოდ იზრდება (დროის მოკლე პერიოდში) და აჭარბებს წნევას ჰაერის ხუფში. მიმწოდებელი სარქველი იხსნება და სითხე მიეწოდება ჰაერის ხუფში, შემდეგ კი საწნეო მილსადენით საწნეო ავზაში სიმაღლეზე H_2 . ჰიდრავლიკური დარტყმის შემდეგ ფაზაში, საკვებ მილში წნევა ვარდება, დარტყმითი სარქველი ატმოსფერული წნევის, საკუთარი სიმძიმის ან ზამბარას მოქმედების შედეგად იხსნება. ამავდროულად მიმწოდებელი სარქველი წნევის გამო ჰაერის ხუფში იკეტება და ჰიდრავლიკური ტარანის დანადგარი ბრუნდება საწყის მდგომარეობაში. ამის შემდეგ ციკლი მეორდება ავტომატურად. ჰიდრავლიკური დარტყმების რიცხვი დამოკიდებულია ტარანის დანადგარის რეგულირებაზე და მერყეობს 20-დან 100 -მდე წუთში.

წნევა H_1 -ს ირჩევენ ადგილობრივი ტოპოგრაფიული პირობების გათვალისწინებით - 1-დან 20 მეტრამდე. საკვები მილის სიგრძეს აიღება ტოლი (5 – 8) H_1 -სა. სითხის აწევის მაქსიმალური სიმაღლე H_2 აღწევს 100 – 120 მ.

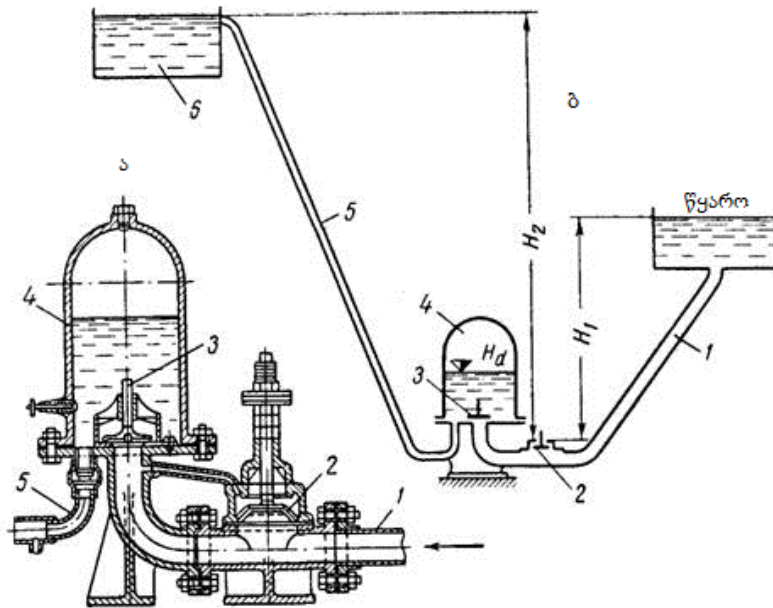
შნეკური ტუმბო. (ნახ. 3.12). ასეთი სითხის ამწეების ძირითადი მუშა ორგანო არის შნეკი. ის წარმოადგენს ლილვს, რომელზეც დახვეულია (დაღარულია) სპირალი. შნეკი, დაყენებული დახრილად, ბრუნავს ბეტონის ღარში. შნეკის წრიული სიჩქარე 2 – 5 მ/წმ შეესაბამება ბრუნვის სიხშირეს 20 – 100 წუთი⁻¹ შნეკის დიამეტრის მიხედვით. ასეთი ბრუნვის სიხშირის მისაღებად ძრავა უკავშირდება შნეკის ლილვს რედუქტორის ან ღვედის მეშვეობით.

შნეკის დახრის კუთხეს დებულობენ 25 - 30°-ს, რაც შნეკის სიგრძისას 10 – 15 მ უზრუნველყოფს აწევის სიმაღლეს 5-8 მ. რაც უფრო მეტია სითხის ამწეს მიწოდება, მით უფრო მეტი უნდა იყოს შნეკის განივკვეთი, რაც მის სიხისტეს ზრდის. ამიტომ მეტი სითხის მიწოდებისას, შეიძლება გავზარდოთ შნეკის სიგრძე და ამით გავადიდოთ მიწოდების სიმაღლე.

სერიულად გამოშვებული შნეკური ტუმბოების წარმადობა (მიწოდება) მერყეობს 15-დან 5000 ლ/წმ, აწევის სიმაღლე 6 – 7 მ. შნეკური ტუმბოს მქვ არის 0,7 – 0,75 და რჩება პრაქტიკულად მუდმივი სითხის მიწოდების დიდ დიაპაზონში.

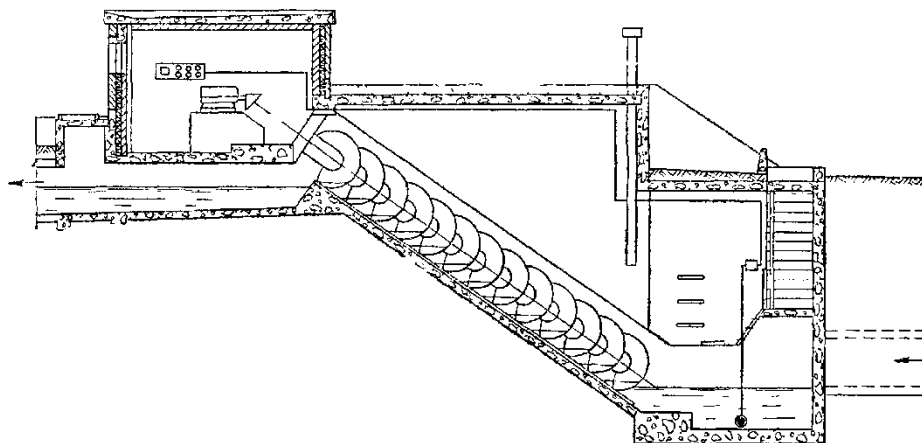


ნახ. 3.10. ჰაერის სითხის ამწეს (ერლიფტის) სქემა



ნახ. 3.11. ჰიდრაულიკური ტარანი (ა) და მისი დაყენების სქემა (ბ):

1 - მკვებავი მილი; 2 - დარტყმითი სარქველი; 3 - მიმწოდებელი სარქველი; 4 - ჰაერის ხუფი; 5 - საწნეო მილი; 6 - საწნეო ავზა.



ნახ. 3.12. შნეკური ტუმბოს დაყენება კანალიზაციის კოლექტორზე

3.1.4. ფრთიანი ტუმბოების მოქმედების პრინციპი და მოწყობის სქემები

ფრთიან ტუმბოებს მიეკუთვნება ცენტრიდანული, ღერძული და გრიგალური ტუმბოები. როგორც ადრე იყო აღნიშნული ამ ტუმბოების მუშაობა დამყარებულია ერთ ზოგად პრინციპზე - ტუმბოს მუშა ბორბლის ფრთებისა და სითხის ნაკადის ძალურ ურთიერთქმედებაზე. მაგრამ ამ ურთიერთქმედების მექანიზმი ჩამოთვლილი ტიპის ტუმბოებისთვის სხვადასხვანაირია, რაც ბუნებრივია იწვევს მნიშვნელოვან სხვაობას კონსტრუქციებში და საექსპლუატაციო მაჩვენებლებში.

ცენტრიდანული ტუმბოები. ცენტრიდანული ტუმბოს ძირითადი ორგანო არის მუშა ბორბალი, რომელიც დამაგრებულია ტუმბოს ლილვზე და თავისუფლად მოძრაობს კორპუსში (ნახ. 3.13). მუშა ბორბალი შედგება ორი დისკოსაგან (წინა და უკანა), რომლებიც დაცილებულია

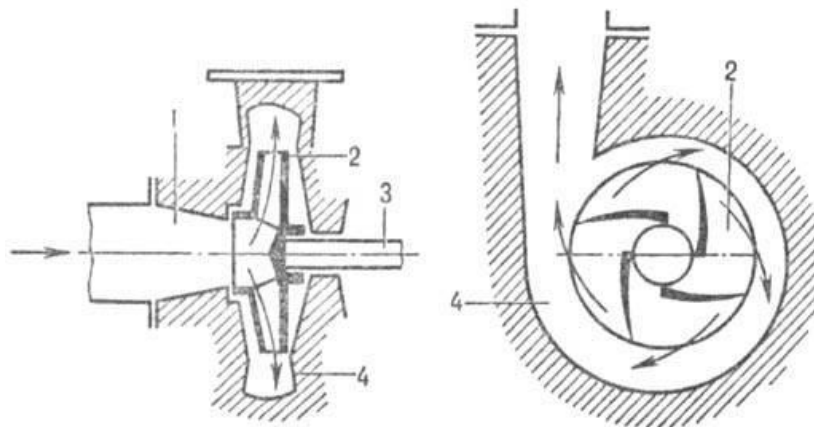
ერთმანეთისაგან გარკვეული მანძილით. დისკებს შორის მოთავსებულია ფრთები, მდორედ გადახრილი ბრუნვის საწინააღმდეგოდ. ფრთები და დისკოები ქმნიან ერთ მთლიან კონსტრუქციას. ფრთებისა და დისკოების შიგა ზედაპირები ქმნიან ბორბლის ფრთათაშორის არხებს, რომელიც ტუმბოს ნორმალური მუშაობისათვის უნდა იყოს შევსებული გადასატუმბი სითხით.

მუშა ბორბლის ბრუნვის დროს სითხის ყოველ მოცულობაზე მასით m , რომელიც იმყოფება ფრთათაშორის არხში ლილვის ღერძიდან r მანძილზე იმოქმედებს ცენტრიდანული ძალა, რომელიც გამოითვლება დამოკიდებულებით

$$F_g = m\omega^2 r \quad (3.14)$$

სადაც, ω - ლილვის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე.

ამ ძალის მოქმედების შედეგად სითხე გამოიძევნება მუშა ბორბლიდან. ამის გამო მუშა ბორბლის ცენტრში წარმოიქმნება გაუხშოება (ვაკუუმი), მის პერიფერიულ ნაწილში კი წნევა მატულობს. მუდმივი ნაკადის არსებობისათვის საჭიროა მუშა ბორბლის ცენტრში ნაკადის მიწოდება და პერიფერიიდან გაყვანა. სითხე მიეწოდება მუშა ბორბლის წინა დისკოს ხვრეტში საწნეო მილყელის და საწნეო მილსადენის დახმარებით. სითხის ნაკადის მოძრაობა ხორციელდება სითხის თავისუფალ ზედაპირზე (ატმოსფერული წნევა) და მუშა ბორბლის ცენტრალურ არეში (გაუხშოება) სხვაობის ხარჯზე.



ნახ. 3.13. ცენტრიდანული ტუმბო:

1 - შემწოვი მილყელი; 2 - მუშა ბორბალი; 3 - ლილვი; 4 - საწნეო მილყელი (გამყვანი)

სითხის გაყვანისათვის ტუმბოს კორპუსს გააჩნია სპირალისებური არხი, რომელშიც მიეწოდება მუშა ბორბლიდან გამოსროლილი სითხე. სპირალისებური არხი გადადის მოკლე დიფუზორში, რომელიც წარმოადგენს საწნეო მილყელს და უერთდება საწნეო მილსადენს.

განტოლების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ რაც უფრო მეტია ბრუნვათა რიცხვი და მუშა ბორბლის დიამეტრი, მით უფრო მეტია ცენტრიდანული ძალა და შესაბამისად წნევა. ტუმბოების ამძრავად შეიძლება გამოყენებული იყოს ნებისმიერი მაღალსიხშირიანი ამძრავი. უმრავლეს შემთხვევებში იყენებენ ელექტრომძრავებს. საჭირო პარამეტრების, დანიშნულებისა და მუშაობის პირობების მიხედვით დამუშავებულია ცენტრიდანული ტუმბოების კონსტრუქციების დიდი რიცხვი. რომლების შეიძლება კლასიფიცირებული იყოს რიგი ნიშნების მიხედვით.

მუშა ბორბლების რაოდენობის მიხედვით განასხვავებენ ერთსაფეხურიან (ნახ. 3.13) და მრავალსაფეხურიან ტუმბოებს (ნახ. 3.14).

მრავალსაფეხურიან ტუმბოებში გადასაქაჩი სითხე თანმიმდევრობით გადის რიგ მუშა ბორბლებში, რომლებიც დამაგრებულნი არიან ერთ ლილვზე. წნევა, რომელსაც ავითარებს ასეთი ტუმბო, ტოლია თითოეული მუშა ბორბლის მიერ განვითარებულ წნევათა ჯამისა. მუშა ბორბლის რიცხვის (საფეხურის) მიხედვით ტუმბო შეიძლება იყოს ორსაფეხურიანი, სამ საფეხურიანი და ა.შ.

შექმნილი წნევის სიდიდის მიხედვით ცენტრიდანული ტუმბოები შეიძლება იყოს დაბალ წნევანი (წნევა 20 მ-დე), საშუალო წნევის (წნევა 20-დან 60 მ-დე) და მაღალი წნევის (60 მ-ზე მეტი).

მუშა ბორბალზე სითხის მიწოდების მიხედვით განასხვავებენ ტუმბოებს ცალმხრივი მიწოდებით (ნახ. 3.13) და ორმხრივი მიწოდებით (ნახ. 3.15)

მუშა ბორბლიდან სითხის გაყვანის მიხედვით განასხვავებენ სპირალურ და ტურბინულ ტუმბოებს. სპირალურ ტუმბოებში გადასატუმბი სითხე მუშა ბორბლის შემდეგ მიედინება უშუალოდ კორპუსის სპირალურ კამერაში და შემდეგ ან საწნეო მილსადენში ან გადასადგრელი არხების მეშვეობით მეორე მუშა ბორბალში. ტურბინულ ტუმბოებში სითხე მუშა ბორბლის შემდეგ მიედინება უძრავი ფრთების სისტემაში, რომელსაც ეწოდება მიმართულების აპარატი და შემდეგ სპირალურ გამყვანში.

ლილვის განლაგების მიხედვით ტუმბო შეიძლება იყოს ჰორიზონტალური და ვერტიკალური.

ძრავასთან მიერთების ხერხის მიხედვით ტუმბო შეიძლება იყოს ამძრავიანი (შკივით ან რედუქტორით), მიერთებული ძრავასთან მუფტის მეშვეობით, და მონობლოკი (მუშა ბორბალი დამაგრებულია ელექტროძრავის ლილვის გაგრძელებაზე).

გადასატუმბი სითხის სახის მიხედვით ტუმბო შეიძლება იყოს წყალმომარაგების, ფეკალური, ნავთობური, ქიმიური, გრუნტის, და ა.შ.

ღერძული ტუმბოები. ღერძული ტუმბოს (ნახ. 3.16, ა) მუშა ბორბალი შედგება მილისაგან, რომელზეც დამაგრებულია ფრთები. ისინი წარმოადგენენ რთული ფორმის ფრთას. ტუმბოს მუშა ბორბალი ბრუნავს მილის კამერაში, რის გამო სითხის ნაკადი მიედინება ღერძის მიმართულებით. ამან განაპირობა ტუმბოს დასახელება.

სითხის ნაკადი მუშა ბორბლის შემდეგ გარდა პირდაპირი მოძრაობისა იწყებს ბრუნვით მოძრაობას. ბრუნვითი მოძრაობის თავიდან ასაცილებლად ის გადის მიმართულების აპარატში და შემდეგ მიედინება საწნეო მილსადენში.

ღერძული ტუმბოები არის ორი სახის, უძრავად დამაგრებული ფრთებით და მოძრავი ფრთებით. ფრთების მობრუნება გარკვეული კუთხით საშუალებას იძლევა შევინარჩუნოთ ტუმბოს მაღალი მქკ მუშა პარამეტრების ცვლილებისას ფართო დიაპაზონში.

ტუმბოს ამძრავებად გამოიყენება სინქრონული და ასინქრონული ტიპის ელექტროძრავები, რომლებიც მუფტის მეშვეობით უშუალოდ არიან დაკავშირებული ტუმბოსთან. ღერძული ტუმბოების აგრეგატები მზადდება ვერტიკალური, ჰორიზონტალური ან დახრილი ლილვით.

გრიგალური ტუმბო (ნახ. 3.17). გრიგალური ტუმბოს მუშა ბორბალი წარმოადგენს ბრტყელ დისკს, რომლის პერიფერიაზე ამოდარულია ორმხრივი რადიალური სწორხაზოვანი ფრთები. ტუმბოს კორპუსში არის ღრუ რგოლური სივრცე, რომელშიც შედის მუშა ბორბლის

ფრთები.შემწოვი და საწნეო კამერები გაყოფილია შემჭიდროებით, რომელიც მჭიდროდ ეხება ფრთების ტორსს და გვერდით ზედაპირებს.

მუშა ბორბლის ბრუნვისას სითხე წარიტაცება ბორბლის ფრთის მიერ და ცენტრიდანული ძალების გავლენის შედეგად იწყებს წრიულ მოძრაობას. ამის შედეგად კორპუსის ღრუ რგოლურ სივრცეში წარმოიქმნება წყვილი რგოლური გრიგალისებური მოძრაობა. აქედან იღებს ტუმბო თავის დასახელებას.



ნახ. 3.14. ფირმა Grundfos -ის მრავალსაფეხურიანი ტუმბოები:

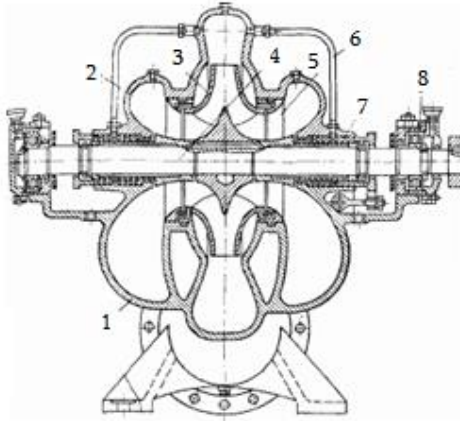
ა - ვერტიკალური; ბ - ჰორიზონტალური

გრიგალური ტუმბოს განმასხვავებელი თვისება არის ის, რომ სითხის ნაწილაკი ღრუ კამერაში მოძრაობს ხრახნისებრი ტრაექტორიის მიხედვით და მოძრაობისას შემწოვი ღრუ არხის დასაწყისიდან მის ბოლომდე მრავალჯერ ხდება მუშა ბორბლის ფრთებზე. აქედან გამომდინარე წყლის ნაწილაკს მრავალჯერ ემატება ენერგია, ე.ი წნევა იზრდება. შედეგად გრიგალურ ტუმბოს შეუძლია განავითაროს 2-4 ჯერ მეტი წნევა ვიდრე ცენტრიდანულმა ტუმბომ ისეთივე დიამეტრის მუშა ბორბლით. შედეგად კი შესაძლებელია გრიგალური ტუმბოს გაბარიტული ზომების შემცირება ცენტრიდანულთან შედარებით.

გრიგარულ ტუმბოს დადებით თვისებად ითვლება მისი თვითშეწოვის უნარი, რაც გამორიცხავს დამატებითი მოწყობილობის გამოყენებას მისი გაშვებისათვის.

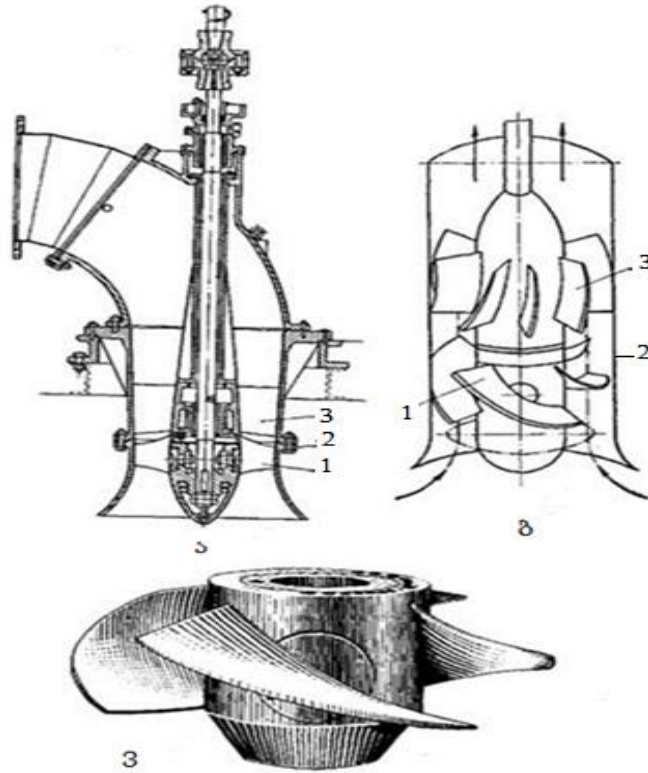
ამ ტუმბოების უარყოფით თვისებებია შედარებით დაბალი მქკ (0,25 – 0,5) და დეტალების სწრაფი ცვეთა მყარი შეწონილი ნაწილაკების შემცველი სითხეების გადატუმბვისას.

დიაგონალური ტუმბო (ნახ. 3.18). დიაგონალურ ტუმბოს მუშა ბორბალში სითხის ნაკადი გადის არა რადიალურად ლილვის (ღერძის) მიმართ, როგორც ცენტრიდანულ ტუმბოებში და არა ღერძის გასწვრივ, როგორც ღერძულ ტუმბოებში არამედ დახრილად მართკუთხედის დიაგონალის მიმართულებით, რომელიც წარმოქმნილია რადიალური და ღერძული მიმართულებით. სითხის ნაკადის დახრილი მიმართულება განაპირობებს დიაგონალური ტუმბოს ძირითად კონსტრუქციულ თავისებურებას - მუშა ბორბალის ფრთების განლაგებას მართობულად მერიდიანული ნაკადის მიმართ და დახრილად ტუმბოს ღერძის მიმართ. ეს გარემოება საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ წნევის შექმნის დროს ამწე და ცენტრიდანული ძალების ერთობლივი მოქმედება.



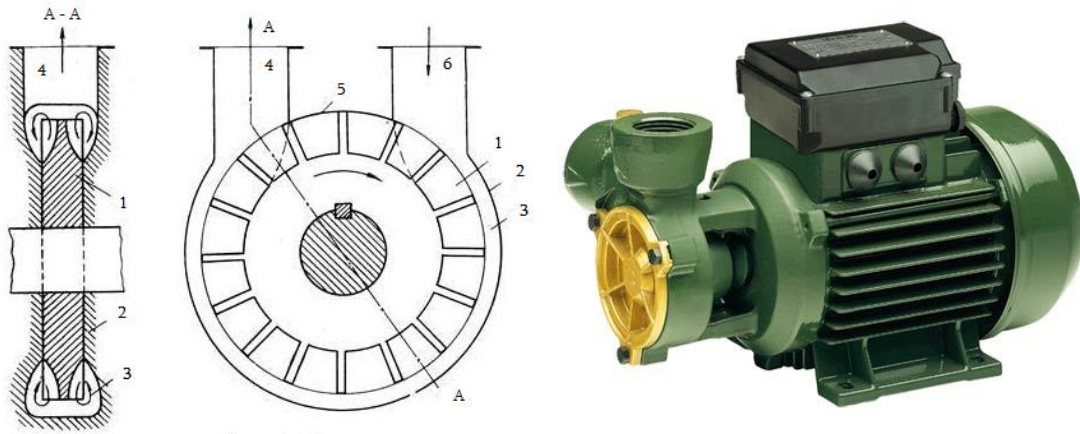
ნახ. 3.15. ცენტრიდანული ტუმბო სითხის ორმხრივი მიწოდებით (ტიპი **A)**

1 - კორპუსი; 2 - სახურავი; 3 - მუშა ბორბალი; 4 - ლილვი; 5 - დამცავი შემჭიდროების რგოლი; 6 - მილაკები სითხის მისაწოდებლად ჩოხალებთან; 7 - ოხალი; 8 - საკისარი.



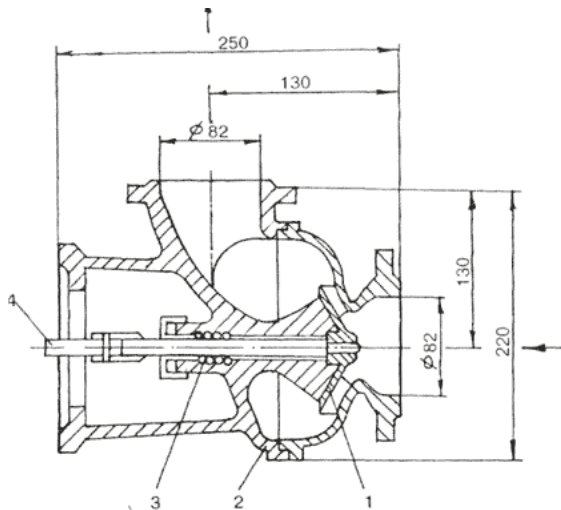
ნახ. 3.16. დერძული ტუმბო:

ა - ტუმბოს სქემა; ბ - ზოგადი ხედი; ვ - მუშა ბორბალი (ზოგადი ხედი); 1 - მუშა ბორბალი; 2 - კორპუსი; 3 - მიმართულების აპარატი



ნახ. 3.17 გრიგალური ტუმბო:

1 - მუშა ბორბალი; 2 - კორპუსი; 3 - ღრუ; 4,6 - საწნეო და შემწოვი მილყელი; 5 - შემჭიდროება.



ნახ. 3.18. დიაგონალური ტუმბო:

ა - საცირკულაციო ЦНИПС ტიპის (სქემა); ბ - ჰოლანდიური Pentair Nijhuis ტიპის, SATURN-ის ტიპის მუშა ბორბლით (ზოგადი ხედი); 1 - მუშა ბორბალი; 2 - კორპუსი; 3 - ჩოხალის შემჭიდროება; 4 - ელექტროძრავის ლილვი.

დიაგონალური ტუმბოს მუშა ბორბალი შეიძლება იყოს დახურული (წინა დისკოთი) ან ღია (წინა დისკოს გარეშე) ტიპის. პირველ შემთხვევაში ტუმბოს კონსტრუქცია უახლოვდება ცენტრიდანული ტუმბოს კონსტრუქციას, მეორე შემთხვევაში კი ღერძული ტუმბოს კონსტრუქციას. ღია ტიპის ზოგიერთ ტუმბოს უკეთდება მუშა ბორბლის მბრუნავი ფრთები რაც მიეკუთვნება ტუმბოს დადებით მხარეს.

სითხე დიაგონალური ტუმბოს მუშა ბორბლიდან გაყავთ სპირალური კამერის მეშვეობით, როგორც ცენტრიდანულ ტუმბოში ან მილისებური მუხლით, როგორც ღერძულ ტუმბოში. თავისი მუშა პარამეტრების მიხედვით დიაგონალურ ტუმბოს უკავია შუალედური მდგომარეობა ცენტრიდანულ და ღერძულ ტუმბოებს შორის.

3.1.5. სხვადასვა ტიპის ტუმბოების დადებითი და უარყოფითი მხარე

თუ მხედველობაში მივიღებთ სითხის გადატუმბვის ხარჯს, მაშინ მისი ზრდის მიხედვით ტუმბოები განლაგდებიან შემდეგი თანმიმდევრობით (ნახ. 3.19): მოცულობითი ტუმბოები, ცენტრიდანული ტუმბოები და ღერძული ტუმბოები. თუ ძირითად განსახილველ პარამეტრად მივიღებთ წნევის შესაძლო მაქსიმალურ მნიშვნელობებს ტუმბოები განლაგდება შებრუნებული თანმიმდევრობით. რაც შეეხება სპეციალური ტიპის სითხის ამწეებს, ყველა ისინი ჭავლის ტუმბოს ჩათვლით, H – Q ველში იკავებენ კოორდინატთა ღერძების მიმდებარე არეს და ხასიათდებიან ან წნევის ან ხარჯის მცირე მნიშვნელობებით. აქედან გამომდინარე, პრაქტიკულად წნევის 1-2 დან 10 000 მ-მდე და ხარჯის რამდენიმე ლიტრიდან 150 000 მ³/სთ -ში დიაპაზონი იფარება ტუმბოების ტიპების დიდი რაოდენობით, რომლებიც ფართოდ გამოიყენებიან მრეწველობაში.

ამავდროულად ამა თუ იმ ტუმბოს ან ტექნოლოგიური დანადგარის შერჩევისას, გარდა მუშა პარამეტრების გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება მის საექსპლუატაციო მახასიათებლებს.

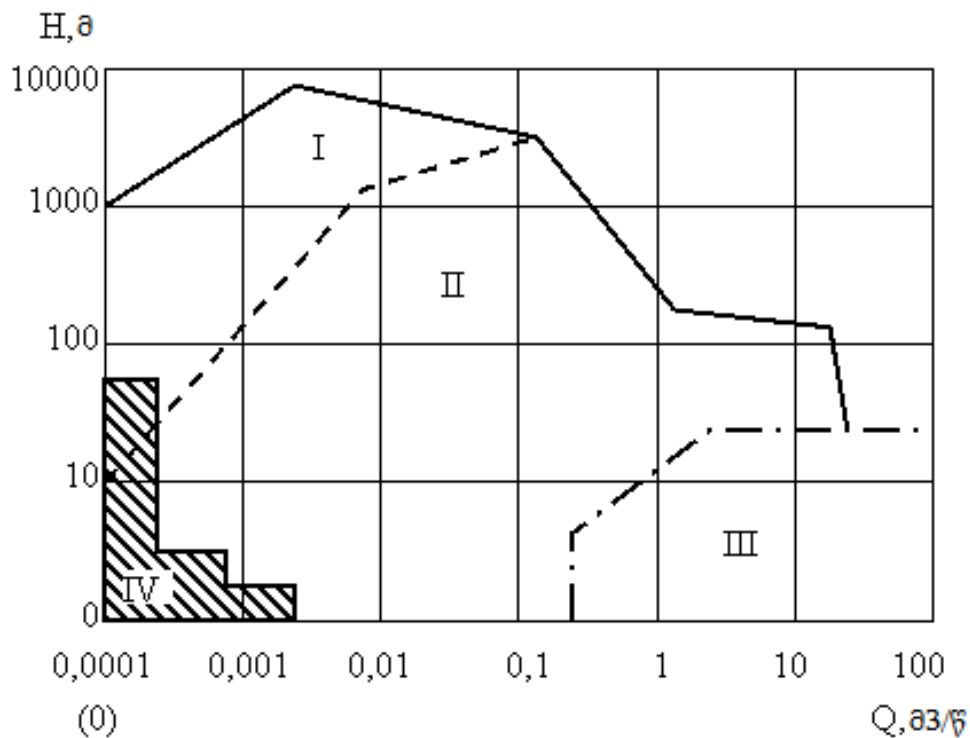
ამასთან დაკავშირებით განვიხილოთ მოყვანილი ტუმბოების დადებითი და უარყოფითი მხარეები და შესაძლო გამოყენების არე.

ფრთიანი ტუმბოები. ცენტრიდანული და ღერძული ტუმბოები უზრუნველყოფენ გადასატუმბი სითხის მდორე და უწყვეტ მიწოდებას მარგი ქმედების კოეფიციენტის (მქკ) მაღალი მნიშვნელობებისას. შედარებით მარტივი მოწყობილობა უზრუნველყოფს საიმედოობას და ხანგრძლივ მუშაობას. ფრთიანი ტუმბოების გამდინარე ნაწილის კონსტრუქცია და ხახუნის ზედაპირების არარსებობა საშუალებას იძლევა გაჭუჭყიანებული (შეწონილი მყარი ნივთიერებებით) სითხის გადატუმბვისა. მაღალბრუნვიან ამძრავებთან უშუალო მიერთების სიმარტივე ხელს უწყობს სატუმბო აგრეგატის კომპაქტურობასა და მისი მარგი ქმედების კოეფიციენტის ამაღლებას.

ყველა ჩამოთვლილმა დადებითმა თვისებამ განაპირობა ის, რომ ცენტრიდანული და ღერძული ტუმბოები არის თითქმის ყველა სითხის გადამქაჩი ნაგებობების ძირითადი მოწყობილობა. ამ ტიპის ტუმბოები ასევე ფართოდ გამოიყენება სითხის ბრუნვით, სითხის ამწევ და მელიორაციის სისტემებში.

ცენტრიდანული ტუმბოების უარყოფით მხარეს მიეკუთვნება ის, რომ ისინი შეზღუდულად გამოყენება მცირე ხარჯისა და მაღალი წნევის არეში, რაც აიხსნება მქკ-ს შემცირებით საფეხურების რიცხვის მომატებისას. გარკვეული სირთულეები წამოიჭრება ცენტრიდანული ტუმბოების ექსპლუატაციისას ასევე იმის გამო, რომ მუშაობაში გაშვების წინ ისინი უნდა იყოს შევსებული გადასატუმბი სითხით.

ეს უარყოფითი მხარე არ გააჩნია გრიგალისებურ და ცენტრიდანულ-გრიგალისებურ ტუმბოებს. მაგრამ დაბალი მქკ-ის გამო მათ ჰპოვეს გამოყენება მხოლოდ მცირე ავტონომიურ სისტემებში და ისინი ასევე გამოიყენება, როგორც დამხმარე მოწყობილობა მსხვილ სატუმბო სადგურებში.



ნახ. 3.19. სხვადასხვა ტიპის ტუმბოების პარამეტრების ცვლილების ზღვრები:

I - მოცულობითი; II - ცენტრიდანული; III - ღერძული; IV - სხვადასხვა ტიპის სითხის ამწეები.

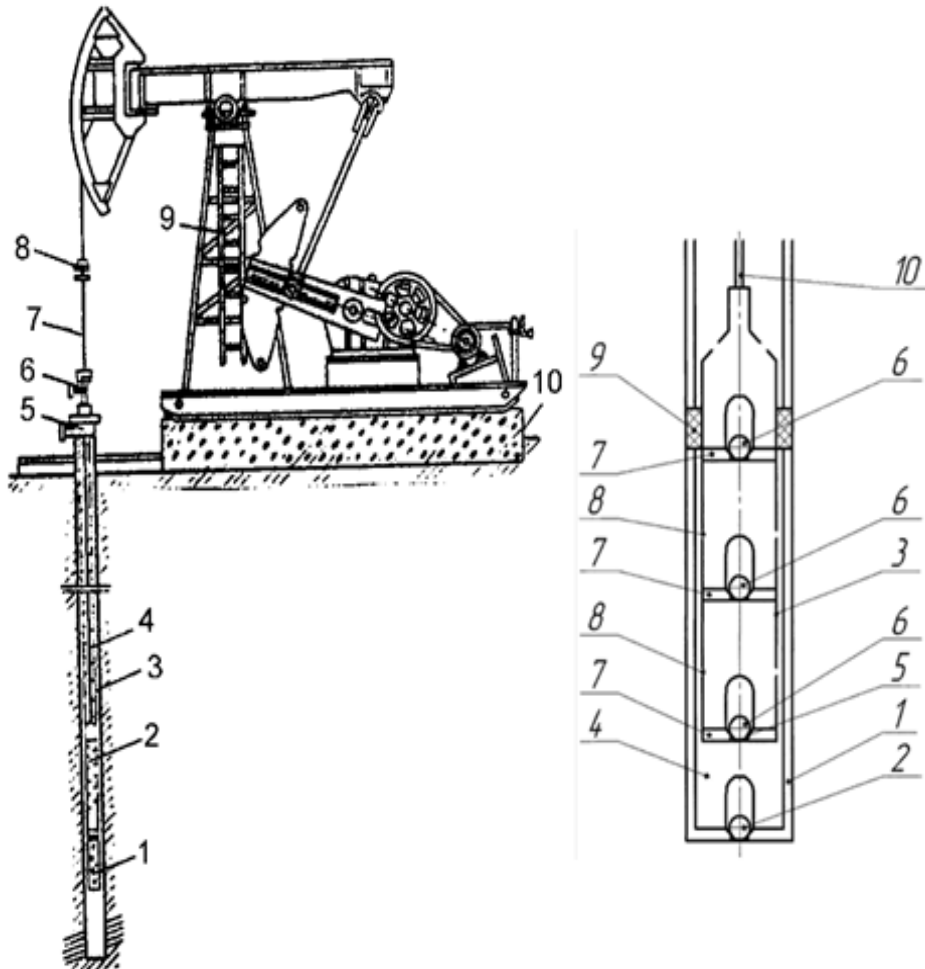
მოცულობითი ტუმბოები.

დგუშიანი და ყვინთიანი (პლუნჟერული) ტუმბოს დადებით მხარედ ითვლება მაღალი მქც და შესაძლებლობა მიაწოდოს მცირე მოცულობის სითხე ნებისმიერი დიდი წნევის ქვეშ. ამავდროულად სითხის არათანაბარი მიწოდება, ამძრავთან შეერთების სირთულე, ადვილად ცვეთადი სარქველების არსებობა, დაბალსვლიანობა და აქედან გამომდინარე დიდი ზომები და მასა ზღუდავს მათ გამოყენებას თანამედროვე მაღალი წარმადობის სატუმბო სადგურებში და დანადგარებში. ვერტიკალური დგუშიანი ტუმბოები გამოიყენება მცირე დიამეტრის (200 მმ - დე) ჭაბურღილებიდან სითხის ამოსაღებად (ნახ. 3.20). მოდიფიცირებული დგუშიანი ტუმბო განკუთვნილია ბეტონისა და სამშენებლო ხსნარების მისაწოდებლად სამშენებლო სამუშაოების წარმოებისას (ნახ. 3.21).

მოცულობითი ტუმბოები მუშა ორგანოს ბრუნვითი მოძრაობით, კონსტრუქციულად უფრო მარტივი არიან და უზრუნველყოფენ გადასატუმბი სითხის მდორე მიწოდებას. კბილანა და ხრახნული ტუმბოების ძალიან მცირე მიწოდების და ბლანტი სითხეების გადატუმბვის უნარმა განსაზღვრა მათი გამოყენების არე. მათ იყენებენ მკვებავ ტუმბოებად ჰიდროამძრავების, ავტომატიკის და შეზეთვის სისტემებში.

ჭავლის ტუმბო. ჰიდროელევატორის დადებით მხარედ მიეკუთვნება მცირე ზომები, კონსტრუქციის სიმარტივე, შესაძლებლობა გადატუმბოს სითხე შეწონილი ნივთიერების დიდი შემცველობით და მუშაობის დიდი საიმედოობა. ჭავლის ტუმბო ფართოდ გამოიყენება მიწის სამუშაოების წარმოებისას ჰიდრომექანიზაციის ხერხით. ისინი გამოიყენება სითხის ამოსაღებად ღრმა ჭებიდან, ჭაბურღილებიდან, ქვაბულებიდან, გრუნტის წყლების დონის დასადაბლებლად ნემსფილტრების დანადგარებში. საკანალიზაციო გამწმენ ნაგებობებზე ჰიდროელევატორები

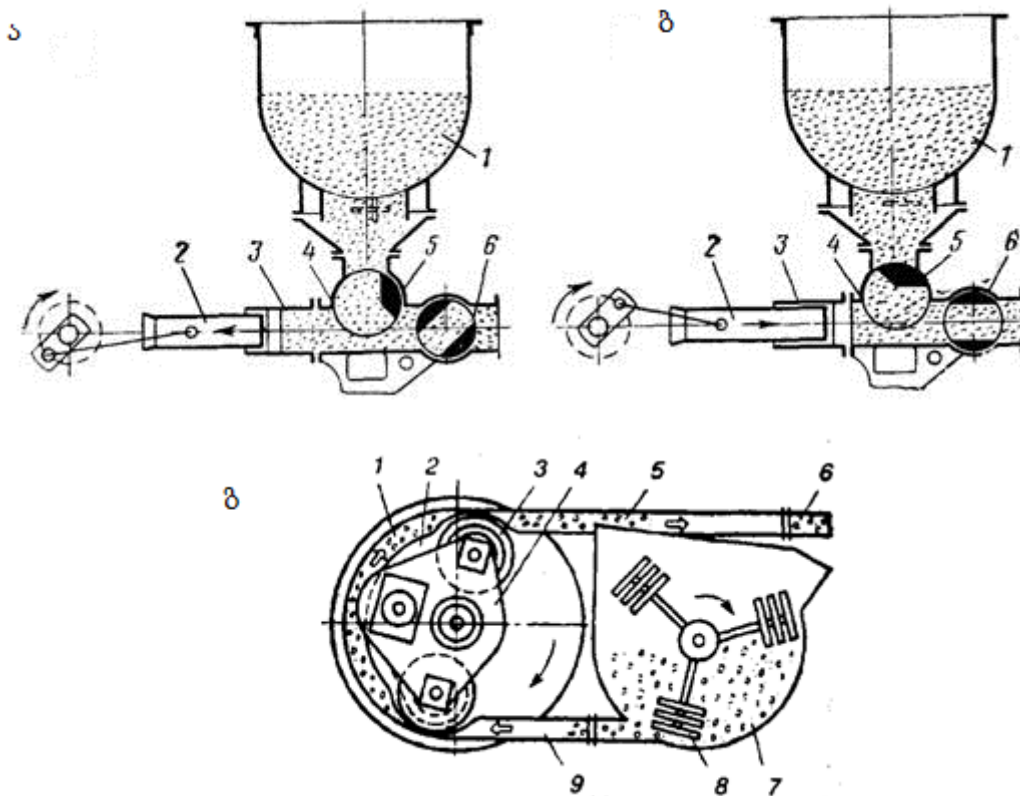
გამოიყენება შლამის, ქვიშასაჭერში დალექილი ქვიშის ამოსაღებად და მეთანთენკებში ლამის ასარებად. მსხვილ სატუმბო სადგურებში ისინი გამოიყენება როგორც დამხმარე ხელსაწყო ჰაერის ამოსატუმბად ძირითად ტუმბოებიდან მათი გაშვების წინ.



ნახ. 3.20. ა). სიღრმის შტანგური ტუმბოს დანადგარი:

- 1 - აირის ან ქვიშის ფილტრი; 2 - ჭაბურღილის ტუმბო; 3 - სატუმბო-საკომპრესორო მილები; 4 - ტუმბოს შტანგა; 5 - სამკაპი; 6 - ჩობალის შემჭიდროება; 7 - ჩობალის ჩასადინარი; 8 - საკიდი (ჩამოსაკიდი); 9 - სადგამი-საქანელა; 10 - ფუნდამენტი. ბ - ჭაბურღილის ტუმბო: 1 - ცილინდრი; 2 - შემწოვი სარქველი; 3 - დრუტანიანი ყვინთა (პლუნჟერი); 4 - შემწოვი კამერა; 5 - საწნეო სარქველი; 6 - ბურთულა; 7 - უნაგირი (седло); 8 - ხვრეტი; 9 - შემჭიდროება; 10 - ჭოკი.

უარყოფით თვისებებს მიეკუთვნება მქკ-ს სიმცირე და მუშა სითხის მიწოდების დიდი რაოდენობა. ამიტომ ჰიდროელევატორის გამოყენება ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში უნდა იყოს დასაბუთებული ეკონომიკური გათვლებით.



ნახ. 3.21. ორსარქველიანი (ა, ბ) და როტორული (გ) ბეტონის ტუმბო: ა - შეწოვა; ბ - მიწოდება;

ა, ბ: 1- მიმღები ბუნკერი; 2 - დგუში; 3 - ცილინდრი; 4 - მუშა კამერა; 5 - შემწოვი სარქველი; 6 - საწნეო სარქველი. გ: 1 - ელასტიური შლანგი; 2 - ნახევარგოლური ტუმბოს კამერა; 3 - რეზინით დაფარული გორგოლაჭები; 4 - როტორი; 5 - საწნეო სახელო; 6 - ბეტონის მისაწოდებელი მილი; 7 - მიმღები ბუნკერი; 8 - ამრევი; 9 - შემწოვი სახელო.

ერლიფტი (ჰაერის სითხის ამწეები). ერლიფტების მარტივი მოწყობა, მსუბუქი მომსახურება და მუშაობის საიმედოობა საშუალებას აძლევს მას გარკვეულ პირობებში კონკურენცია გაუწიოს ცენტრიდანულ ტუმბოს სითხის ამოდებისას ღრმა ჭაბურღილებიდან, ქიმიური რეაგენტების და ლამის მიწოდებისას წყლის და კანალიზაციის გამწმენდ ნაგებობებზე, მაგრამ საჭიროება ფრქვევანას ღრმად ჩაშვებისა და დანადგარის მცირე მქკ ყოველთვის მოითხოვს დასაბუთებული გადაწყვეტილების მიღებას, ტექნიკურ - ეკონომიკური შედარების გაკეთებას სხვადასხვა ტიპის ტუმბოებთან დაკავშირებით.

ჰიდრავლიკური ტარანი. ხასიათდება მცირე მიწოდებით და გამოიყენება ავტონომიური წყალმომარაგების მცირე დანადგარებში, როგორც წესი სეზონური მუშაობის რეჟიმით.

შნეკური ტუმბო შეიძლება იყოს საკმაოდ ეფექტური სითხისა და ლამის გადაქაჩვისას მცირე სიმაღლეზე (5-8 მ).

3.2. ფრთოვანა ტუმბოების მუშა პროცესი

3.2.1. ტუმბოს წნევა.

ზემოთ მოცემული განმარტების შესაბამისად ტუმბოს წნევა ეწოდება გადასატუმბი სითხის კუთრი ენერგიის გაზრდას უბანზე ტუმბოს შესასვლელიდან გამოსასვლელამდე, გამოსახულს მეტრებში.

ბერნულის განტოლების თანახმად, გადასატუმბი სითხის სრული კუთრი ენერგია ტუმბოში შესვლისას (კვეთა 1-1 (ნ-ნ) ნახ. 3.22) ტოლია

$$E_n = z_n g + \frac{p_n}{\rho} + \frac{v_n^2}{2} \quad (3.15)$$

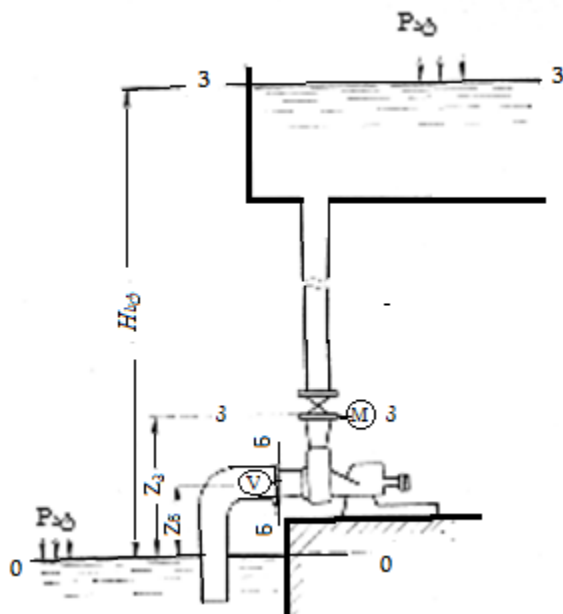
სადაც z_n - ნ-ნ კვეთის სიმძიმის ცენტრის სიმაღლე, მ;

p_n - წნევა ტუმბოს შესასვლელში, პა;

v_n - სითხის მოძრაობის სიჩქარე ტუმბოში შესვლისას, მ/წმ;

g - სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წმ²;

ρ - სითხის სიმკვრივე, კგ/მ³.



ნახ. 3.22. ტუმბოს წნევის საანგარიშო სქემა.

სითხის სრული კუთრი ენერგია ტუმბოდან გამოსვლისას (კვეთა კ-კ) ტოლი იქნება

$$E_k = z_k g + \frac{p_k}{\rho} + \frac{v_k^2}{2} \quad (3.16)$$

სადაც z_k - კ-კ კვეთის სიმძიმის ცენტრის სიმაღლე, მ;

p_k და v_k - შესაბამისად აბსოლუტური წნევა და სითხის ნაკადის სიჩქარე ამ კვეთაში, პა, მ/წმ;

აქედან გამომდინარე გადასატუმბი სითხის კუთრი ენერგიის მატება უბანზე ნ-ნ კვეთიდან კ - კ კვეთამდე, ან რაც იგივეა, ტუმბოს მიერ განვითარებული წნევა ტოლი იქნება

$$H = \frac{1}{g}(E_3 - E_6) = (z_3 - z_6) + \frac{p_3 - p_6}{\rho g} + \frac{v_3^2 - v_6^2}{2g} \quad (3.17)$$

განტოლების (3.17) ორი პირველი წევრის ჯამი წამოადგენს კვეთების 3-3 და 6-6 ჭარბი წნევების სხვაობას, დაყვანილს ტუმბოს ღერძის მიმართ და მას ეწოდება მანომეტრული წნევა:

$$H_{\partial 6} = (z_3 - z_6) + \frac{p_3 - p_6}{\rho g} \quad (3.18)$$

მაშინ ტუმბოს წნევა გამოისახება განტოლებით

$$H = H_{\partial 6} + \frac{v_3^2 - v_6^2}{2g} \quad (3.19)$$

მაშასადამე, ტუმბოს წნევა ტოლია მონომეტრიულ წნევისა დამატებული საწნეო და შემწოვ მილყელებში კინეტიკური დაწნევების სხვაობის. შემწოვი და საწნეო მილყელის დამეტრების ტოლობისას $v_6 = v_3$ და ტუმბოს წნევა ტოლია მანომეტრული წნევისა.

პრაქტიკაში, ტუმბოს ღერძი განლაგებულია სითხის ზედაპირის დონის ზემოდ, მანომეტრიული წნევა განისაზღვრება დამოკიდებულებით

$$H_{\partial 6} = M_{\ell} + V_{\ell} \quad (3.20)$$

სადაც M_{ℓ} და V_{ℓ} - მანომეტრის და ვაკუუმეტრის ჩვენება დაყვანილი ტუმბოს ღერძის მიმართ, მ; თუ ტუმბოს ღერძი განლაგებულია ქვედა აუზის სითხის დონის ქვემოთ, მანომეტრული წნევა იანგარიშება სხვაობით

$$H_{\partial 6} = M_{\ell}^{\partial} - M_{\ell}^{\text{შეწ}} \quad (3.21)$$

სადაც M_{ℓ}^{∂} და $M_{\ell}^{\text{შეწ}}$ - მანომეტრების ჩვენებაა საწნეო და შემწოვ მილყელებზე, დაყვანილი ტუმბოს ღერძის მიმართ, მ;

(3.17) ან (3.19) დამოკიდებულების მიხედვით ტუმბოს წნევა H განისაზღვრება მხოლოდ მოქმედი სატუმბო დანადგარებისათვის. მათი გამოყენება დასაპროექტებელი დანადგარებისათვის შეუძლებელია, ვინაიდან ამ შემთხვევაში წნევები p_6 , p_3 და ასევე მანომეტრული წნევა არის საძიებელი სიდიდეები.

გამოვიყენოთ ბერნულის განტოლება სითხის ნაკადისათვის, მონაკვეთზე კვეთებს შორის 0-0 და 6-6:

$$\frac{p_{\partial 6}}{\rho} = z_6 \cdot g + \frac{p_6}{\rho} + \frac{v_6^2}{2} + h_{w_{0-6}} \cdot g \quad (3.22)$$

ან

$$\frac{p_6}{\rho} = \frac{p_{\partial 6}}{\rho} - z_6 \cdot g - \frac{v_6^2}{2} - h_{w_{0-6}} \cdot g \quad (3.23)$$

3-3 და 3-3 კვეთებს შორის:

$$z_3 \cdot g + \frac{p_3}{\rho} + \frac{v_3^2}{2} = H_{\partial 3} \cdot g + \frac{p_{\partial 3}}{\rho} + h_{w_{3-3}} \cdot g \quad (3.24)$$

ან

$$\frac{p_j}{\rho} = H_{bc} \cdot g - z_j \cdot g + \frac{p_{ატ}}{\rho} - \frac{v_j^2}{2} + h_{w_{j-3}} \cdot g \quad (3.25)$$

(3.23) და (3.25) განტოლებების დამოკიდებულებაში (3.17) ჩასმის და გამარტივების შემდეგ მივიღებთ:

$$H = H_{bc} + h_{w_{0-5}} + h_{w_{j-3}} \quad (3.26)$$

სადაც H_{bc} - სტატიკური დაწნევა ან ქვედა და ზედა აუზების სითხის თავისუფალი ზედაპირის დონეების სხვაობა, მ;

$h_{w_{0-5}}$ - წნევის დანაკარგები ნაკადის უბანზე 0-0 და 5-5 კვეთებს შორის (ტუმბოს შემწოვი ხაზი), მ;

$h_{w_{j-3}}$ - წნევის დანაკარგები ნაკადის უბანზე 3-3 და 3-3 კვეთებს შორის (ტუმბოს საწნეო ხაზი), მ;

აქედან გამომდინარე ტუმბოს წნევა წარმოადგენს სტატიკური წნევისა და წნევის დანაკარგების (ადგილობრივი და სიგრძეზე) ჯამს, რომლებიც წარმოიქმნება სითხის მოძრაობისას შემწოვ და საწნეო მილსადენების სისტემაში ქვედა აუზიდან ზედა ავზამდე.

ქვედა და ზედა აუზების თავისუფალი ზედაპირის დონეები და, შესაბამისად სტატიკური წნევა შედის სატუმბო დანადგარების საპროექტო საწყის მონაცემებში. წნევის დანაკარგები $h_{w_{0-5}}$ და $h_{w_{j-3}}$ ტუმბოს მოცემული Q ხარჯისათვის დგინდება გაანგარიშებით პროექტში მიღებული კონსტრუქციული პარამეტრების მიხედვით (მილსადენის დიამეტრი, სიგრძე, მასალა, არმატურა, დანადგარები და ა.შ.).

ტუმბოს წნევა p , პა, განისაზღვრება დამოკიდებულებით

$$p = p_j - p_5 + \rho \cdot \frac{v_j^2 - v_5^2}{2} + \rho \cdot g \cdot (z_j - z_5) \quad (3.27)$$

3.2.2. ტუმბოს სიმძლავრე, მარგი ქმედების კოეფიციენტი

სასარგებლო სიმძლავრე. თუ ტუმბო ქვედა აუზიდან ზედაში აწვდის 1 წამში m მასის სითხის მოცულობას, მაშინ მის მიერ შესრულებული სასარგებლო მუშაობა ტოლი იქნება mgH , ჯოული. Q , მ³/წ მიწოდებისას $m = \rho \cdot Q$, ტუმბოს სასარგებლო სიმძლავრე (1 წამში შესრულებული მუშაობა) კი იქნება:

$$N_{bsb} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \text{ ვტ (ჯოული/წ)} \quad (3.28)$$

(3.27) განტოლების გამოყენებით, ტუმბოს სასარგებლო სიმძლავრის ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$N_{bsb} = Qp \quad (3.29)$$

(MKFCC სიტემაში ტუმბოს სასარგებლო სიმძლავრე იანგარიშება ფორმულით: $N_{bsb} = \gamma \cdot Q \cdot H$ კვძ/წ ან $N_{bsb} = \frac{\gamma QH}{102}$ კვტ).

ტუმბოს სიმძლავრე. თვით ტუმბოში ენერჯის დანაკარგების შედეგად ტუმბოს მიერ მოხმარებული სიმძლავრე უნდა იყოს სასარგებლო სიმძლავრეზე მეტი. ეს დანაკარგები გაითვალისწინება მარგი ქმედების კოეფიციენტით, რომელიც წარმოადგენს სასარგებლო N_{bsb} და ტუმბოს სიმძლავრის N -სთანაფარდობას:

$$\eta = N_{bsb}/N. \quad (3.30)$$

შესაბამისად ტუმბოს სიმძლავრე $N = N_{bsb}/\eta$. ფორმულა (3.28)-ს გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H / \eta = Q \cdot p / \eta \quad (3.31)$$

ტუმბოს მარგი ქმედების კოეფიციენტი (მქკ) ითვალისწინებს ყველა დანაკარგს, დაკავშირებულს ტუმბოს მიერ გადასატუმბი სითხისათვის ენერჯის გადაცემასთან. ეს დანაკარგები შეიძლება წარმოვიდგინოდ როგორც ჯამი სამი ძირითადი დანაკარგისა: ჰიდრავლიკური, მოცულობისა და მექანიკურის.

ჰიდრავლიკური დანაკარგები. ჰიდრავლიკური დანაკარგები ტუმბოში სითხის მოძრაობის მთელ უბანზე (შესვლიდან გამოსვლამდე) შედგება დანაკარგებისაგან სითხის ხახუნისა მოძრაობის ზედაპირზე და გრიგალური დანაკარგებისაგან. პირველი სახის დანაკარგები დამოკიდებულია კედლების ხორკლიანობაზე და გასასვლელი (სადენი) არხების ზომებზე. ეს დანაკარგები დინების საშუალო სიჩქარის კვადრატის პროპორციულია. გრიგალური დანაკარგების წარმოქმნა ბევრ ფაქტორზეა დამოკიდებული. განსაკუთრებით დიდი გრიგალური დანაკარგები წარმოიქმნება ნაკადის მოხვევისას და დინების კვეთის უეცარი გაფართოებისას (ეგრეთ წოდებული დანაკარგები დარტყმაზე). მნიშვნელოვანი გრიგალური დანაკარგები წარმოიქმნება სითხის ნაკადის მოწყვეტისას მუშა ბორბლის ფრთების შემავალი წიბოებიდან, როცა ტუმბო მუშაობს გაანგარიშებულისაგან განსხვავებულ რეჟიმებზე.

ჰიდრავლიკური დანაკარგები h_3 ფასდება ჰიდრავლიკური მქკ-ით

$$\eta_3 = \frac{H}{H+h_3} \quad (3.32)$$

მოცულობის დანაკარგები. ისინი განპირობებული არიან სითხის შიგა გადადინებით ღრიჭოებში მბრუნავი მუშა ბორბლისა და ტუმბოს კორპუსის უძრავ ნაწილებს შორის, მაღალი წნევის ზონიდან დაბალში.

თუ ტუმბო აწვდის საწნეო მილსადენში Q ხარჯს და ღრიჭოებში გადაედინება ΔQ ხარჯი, მაშინ მუშა ბორბლის ფაქტიური მიწოდება შეადგენს $Q + \Delta Q$. ტუმბოს მოცულობითი მქკ ხასიათდება ფარდობით

$$\eta_{მოც} = \frac{Q}{Q+\Delta Q} \quad (3.33)$$

მექანიკური დანაკარგები გამოწვეულია ხახუნით, რომელიც წარმოიქმნება ლილვისა და მუშა ბორბლის ბრუნვის შედეგად. მათ მიეკუთვნება დანაკარგები საკისრებში და ჩობალებში და ეგრეთ წოდებული დისკური დანაკარგები, რომლებიც წარმოიშობა მბრუნავი ნაწილების სითხესთან ხახუნის შედეგად. მექანიკური მქკ გამოისახება ფარდობით:

$$\eta_{მექ} = \frac{N-N_{მოც}}{N} \quad (3.34)$$

სადაც $N_{მოც}$ - სიმძლავრის მექანიკური დანაკარგებია;

$N - N_{მოც}$ - ჰიდრავლიკური სიმძლავრეა, რომელსაც გადასცემს ტუმბოს მუშა ბორბალი სითხის ნაკადს.

თუ ცნობილია ყველა დანაკარგის შედგენილობა (სახე), შეიძლება მათი გათვალისწინებით დავადგინოთ ტუმბოს სიმძლავრე და ვიპოვოთ მქკ (η). ტუმბოში ენერჯის დანაკარგების ანალიზის საფუძველზე მივიღებთ:

$$N - N_{მოც} = \rho \cdot g \cdot (Q + \Delta Q) \cdot (H + h_3) \quad (3.35)$$

ფორმულა (3.31)-ს გათვალისწინებით

$$\eta = \frac{H}{H-h_3} \cdot \frac{Q}{Q-\Delta Q} \cdot \frac{N-N_{მოც}}{N} \quad (3.36)$$

ან საბოლოოდ

$$\eta = \eta_3 \cdot \eta_{მოც} \cdot \eta_{მექ} \quad (3.37)$$

ტუმბოს მქვ წარმოადგენს ჰიდრავლიკური, მოცულობის და მექანიკური მარგი ქმედების კოეფიციენტების ნამრავლს. მქვ განსაზღვრავს ტუმბოს კონსტრუქციის სრულყოფას, როგორც ჰიდრავლიკური ასევე მექანიკური თვალსაზრისით. თანამედროვე ტუმბოების $\eta_3 = 0.9...0.95$, $\eta_{მოც} = 0.95...0.98$ და $\eta_{მექ} = 0.9...0.97$. η -ს მნიშვნელობა თითოეული ტუმბოსათვის იცვლება მისი მუშაობის რეჟიმის მიხედვით. მქვ მაქსიმალური მნიშვნელობა სერიულად გამოშვებული მსხვილი ტუმბოებისათვის აღწევს 0,9 – 0,92-ს, მცირე ტუმბოებისათვის კი 0,6 – 0,75-ს.

3.2.3. ტუმბოს ძირითადი განტოლება. თეორიული დაწნევა

ფრთოვანა ტუმბოს მუშა ორგანოებში სითხის მოძრაობის კინემატიკური პარამეტრები გადამწყვეტ გავლენას ახდენს მის ენერგეტიკულ მაჩვენებლებზე. წნევა, რომელსაც ავითარებს ტუმბო, და მარგი ქმედების კოეფიციენტი მჭიდრო კავშირშია მუშა ბორბლის ფრთებს შორის არხებში გამავალი სითხის ნაკადის სიჩქარეების მიმართულებასა და მნიშვნელობასთან. ამ კავშირების დასადგენად ვისარგებლოთ მოძრაობის რაოდენობის მომენტის M -ის ცვლილების კლასიკური თეორემით, რომელიც შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგნაირად; რომელიმე ღერძის მიმართ მატერიალურ წერტილთა სისტემის მოძრაობის რაოდენობის მთავარი მომენტის წარმოებული დროის მიხედვით ტოლია ამ სისტემაზე მოქმედი ყველა გარე ძალის მომენტების ჯამის. თეორემა მათემატიკურად გამოისახება შემდეგნაირად:

$$\frac{d[(mv)t]}{dt} = \sum_{i=1}^n M \quad (3.38)$$

სადაც m - განსახილველ მატერიალურ წერტილთა სისტემის მასა;

v - მათი მოძრაობის აბსოლუტური სიჩქარე;

r - მანძილი ღერძამდე.

გამოვიყენოთ თეორემა სითხის დამყარებული მოძრაობისათვის, რომელიც გადის ცენტრიდანული ტუმბოს მუშა ბორბალში, კვეთებს შორის ბორბალში შესვლიდან გამოსვლამდე. დავუშვათ, რომ დინების ჭავლური ხასიათის დროს ამ უბანზე ენერჯის მატება ხდება ჰიდრავლიკური დანაკარგების გარეშე. ამის გარდა, განტოლებაში (3.38) დიფერენცირება შევცვალოთ სითხის მასის მოძრაობის რაოდენობის მომენტის ცვლილების განხილვით 1 წამში.

ტუმბოს მოცულობითი წარმადობისას Q , სითხის მასა, რომელიც მონაწილეობს მოძრაობაში შეადგენს:

$$m = \rho \cdot Q \quad (3.39)$$

თუ ტუმბოს მუშა ბორბალში შესვლისას სითხის დინების სიჩქარე არის v_1 , მაშინ ამ კვეთში მოძრაობის რაოდენობის მომენტი ტუმბოს ღერძის მიმართ (იხ. ნახ. 3.23) ტოლი იქნება:

$$M_1 = \rho \cdot Q \cdot v_1 \cdot R_1 \quad (3.40)$$

ბორბლიდან გამოსვლისას მოძრაობის რაოდენობის მომენტი

$$M_2 = \rho \cdot Q \cdot v_2 \cdot R_2 \quad (3.41)$$

გაკეთებული დაშვებების გათვალისწინებით განტოლება (3.41) შეიძლება გადაწერილი იყოს შემდეგი სახით:

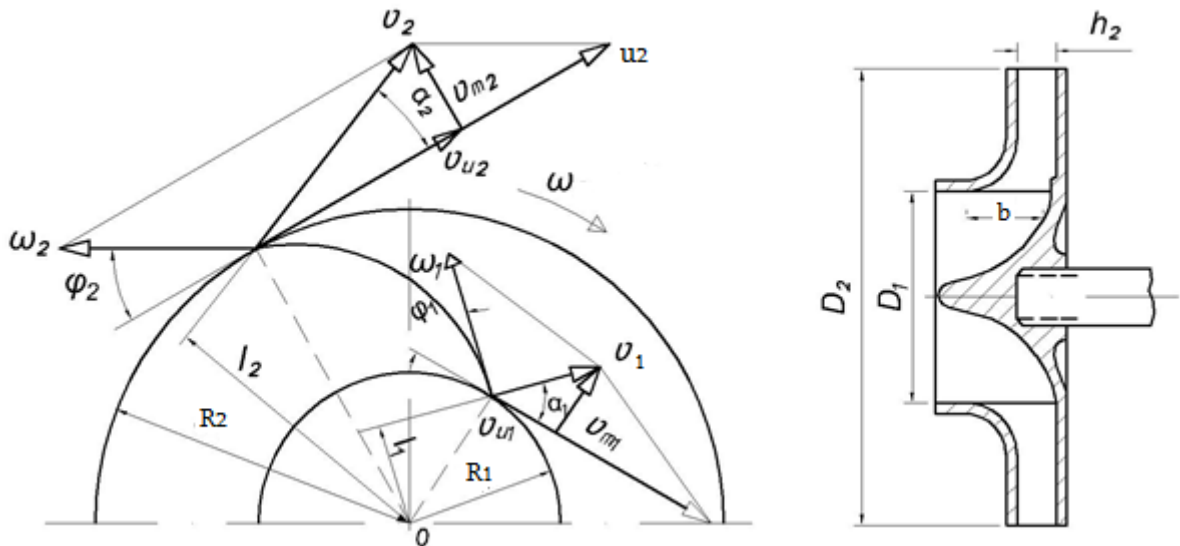
$$M = M_2 - M_1 = \rho \cdot Q \cdot (v_2 \cdot l_2 - v_1 \cdot l_1) \quad (3.42)$$

სიჩქარეების სამკუთხედიდან გამომდინარეობს (იხ. ნახ. 3.23):

$$l_1 = \frac{D_1}{2} \cdot \cos\alpha_1 \text{ და } l_2 = \frac{D_2}{2} \cdot \cos\alpha_2. \quad (3.43)$$

l_1 და l_2 ნაპოვნი მნიშვნელობების (3.43) განტოლებაში ჩასმის შემდეგ მივიღებთ:

$$M = \rho \cdot Q \cdot \left(v_2 \cdot \frac{D_2}{2} \cdot \cos\alpha_2 - v_1 \cdot \frac{D_1}{2} \cdot \cos\alpha_1 \right) \quad (3.44)$$



ნახ. 3.23. ცენტრიდანული ტუმბოს მუშა ბორბალში შესვლის და გამოსვლისას ნაკადის სიჩქარეების პარალელოგრამები (ძირითადი განტოლების გამოყვანისათვის)

ყველა გარე ძალა, რომელიც მოქმედებს მუშა ბორბლის ფრთებს შორის არხებში გამავალ სითხის მასაზე, შეიძლება დავყოთ სამ ჯგუფად:

1. სიმძიმის ძალა. როგორც არ უნდა იყოს განლაგებული ტუმბოს მუშა ბორბალი, მათი მომენტი ბრუნვის ღერძის მიმართ მუდამ ნულის ტოლი იქნება. ეს გამოწვეულია იმით, რომ განხილული მოცულობა წარმოადგენს ბრუნვის სხეულს და მისი სიმძიმის ცენტრი ემთხვევა ბორბლის ღერძს, ე.ი. ამ ძალების მხები ნულის ტოლია;
2. დაწნევა საკონტროლო კვეთების ზედაპირზე. ამ დაწნევისაგან წარმოშობილი ძალები გადის ბრუნვის ღერძზე და შესაბამისად მათი მომენტები ასევე ნულის ტოლია;
3. ძალები, რომლებიც წარმოიქმნება მუშა ბორბლის შემომავალ ზედაპირებზე; ძირითადად ეს არის გამდინარე სითხეზე მუშა ბორბლის ფრთების მხრიდან დაწოლის ძალების მოქმედება; აქ მონაწილეობენ ასევე ხახუნის ძალები სითხის შემომავალ ზედაპირებზე. ეს ძალები შედარებით მცირეა და მიღებული დაშვებების გათვალისწინებით მათი მომენტები შეიძლება იყოს უგულვებელყოფილი.

აქედან გამომდინარე ყველა გარე ძალის მომენტი ბრუნვის ღერძის მიმართ უტოლდება ბორბალში გამდინარე სითხეზე მუშა ბორბლის დინამიკური მოქმედების (ძალების) მომენტს $M_{აბ}$

$$M = M_{აბ}. \quad (3.45)$$

ცნობილია, რომ სიმძლავრე, რომელსაც გადასცემს სითხეს მუშა ბორბალი, ტოლია ნამრავლისა $M_{აბ} \cdot \omega$. მეორეს მხრივ, იგივე სიმძლავრე განისაზღვრება მიწოდებით Q და დაწნევით H_{σ} , შესაბამისად, მუდამ უნდა სრულდებოდეს ტოლობა

$$M_{აბ} \cdot \omega = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{\sigma} \quad (3.46)$$

სადაც, H_{σ} - დაწნევაა, რომელსაც ავითარებს ტუმბოს მუშა ბორბალი. ვინაიდან დამოკიდებულება (3.46) გამოყვანილია ენერგიის დანაკარგების გათვალისწინების გარეშე, H_{σ} -ს უწოდებენ თეორიულ დაწნევას.

(3.44) განტოლების გარდაქმნის შემდეგ, გამოსახულებების (3.45) და (3.46) გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$\omega \cdot \rho \cdot Q \cdot \left(v_2 \cdot \frac{D_2}{2} \cdot \text{Cos} \alpha_2 - v_1 \cdot \frac{D_1}{2} \cdot \text{Cos} \alpha_1 \right) = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{\sigma}$$

ვინაიდან $\omega \cdot \frac{D_1}{2} = u_1$ და $\omega \cdot \frac{D_2}{2} = u_2$, სადაც u_1 და u_2 - მოძრაობის გადატანითი სიჩქარეებია განხილულ კვეთებში მუშა ბორბალში შესვლისას და გამოსვლისას, განტოლების ორივე მხარის $\rho \cdot Q$ -ზე გაყოფისას საბოლოოდ მივიღებთ:

$$H_{\sigma} = \frac{u_2 \cdot v_2 \cdot \text{Cos} \alpha_2 - u_1 \cdot v_1 \cdot \text{Cos} \alpha_1}{g} \quad (3.47)$$

(3.47) დამოკიდებულება პირველად გამოყვანილი იყო XVIII საუკუნის შუალედში, გამოჩენილი მათემატიკოსის და მექანიკოსის ლეონარდო ეილერის მიერ (1707 – 1783). მას ეწოდება ეილერის განტოლება ან ფრთოვანა ტუმბოს ძირითადი განტოლება.

ძირითადი განტოლების ანალიზი საშუალებას იძლევა დავადგინოთ, რომ ცენტრიდანული ტუმბოს დაწნევა მით უფრო მეტია, რაც უფრო მეტია გადატანითი სიჩქარე u_2 მუშა ბორბლიდან გამოსვლისას. ეს კი მიუთითებს წნევის ამალღების ორ პრინციპულად განსხვავებულ შესაძლებლობაზე: მუშა ბორბლის დიამეტრის დიამეტრის D_2 გადიდების ან ბრუნვათა რიცხვის n -ს მომატების ხარჯზე.

წნევის მომატება შეიძლება მიღწეული იყოს კუთხე α_2 -ს შემცირებით. თეორიულად ნამრავლს $u_2 \cdot v_2 \cdot \text{Cos}$ გააჩნია მაქსიმუმი როცა $\alpha_2 = 0$. პრაქტიკულად ეს ნიშნავს მიწოდების შეწყვეტას. ამიტომ ცენტრიდანული ტუმბოს მუშა ბორბლის კონსტრუირების დროს ჩვეულებრივად ღებულობენ $\alpha_2 = 8 \dots 12^\circ$.

თანახმად ძირითადი განტოლებისა მუშა ბორბლიდან გამოსვლისას ნაკადის პარამეტრების მუდმივობისას, ტუმბოს წნევა მიაღწევს მაქსიმუმს შემდეგი პირობების დროს

$$u_1 \cdot v_1 \cdot \text{Cos} \alpha_1 = 0 \quad (3.48)$$

პრაქტიკულად ეს ნიშნავს, რომ $\text{Cos} \alpha_1 = 0$ ან $\text{Cos} \alpha_1 = 90^\circ$. სიჩქარეების პარალელოგრამიდან ჩანს (ნახ. 3.23), რომ სითხის აბსოლუტური სიჩქარე v_1 , ამ შემთხვევაში, უნდა იყოს მიმართული რადიუსის მიხედვით. ამიტომ პირობას (3.48)-ს უწოდებენ რადიალური შესვლის პირობას. ვინაიდან $\alpha_1 = 90^\circ$ -ს დროს აბსოლუტური სიჩქარის პროექცია გადატანითი სიჩქარის მიმართულებაზე ნულის ტოლია ($v_{1u} = 0$), მაშინ რადიალური შესვლის პირობის თანახმად ეს ნიშნავს, რომ სითხე მიყვანილია მუშა ბორბალთან წინასწარი დახვევის (ბრუნვის) გარეშე. ეილერის განტოლება ამ შემთხვევაში მიიღებს სახეს:

$$H_{\sigma} = \frac{u_2 \cdot v_2 \cdot \text{Cos} \alpha_2}{g} \quad (3.49)$$

ღერძულ ტუმბოებთან მიმართებაში, იმის გათვალისწინებით, რომ ნებისმიერ რადიუსზე გადატანითი სიჩქარეები შესვლისას და გამოსვლისას ერთნაირია ($u_1 = u_2 = u$), ამიტომ შეიძლება დავწეროთ:

$$H_{\sigma} = \frac{u(v_2 \cdot \text{Cos} \alpha_2 - v_1 \cdot \text{Cos} \alpha_1)}{g} = \frac{u(v_{2u} - v_{1u})}{g} \quad (3.50)$$

(3.50) განტოლება გვიჩვენებს, რომ ღერძული ტუმბოს თეორიული დაწნევა პროპორციულია ბრუნვის წრეწირული (წრეხაზული) სიჩქარის და აბსოლუტური სიჩქარის გადატანითი სიჩქარის მიმართულებაზე პროექციების სხვაობის ნამრავლისა.

თუ არ გვაქვს წინასწარი დახვევა, სითხე მიეწოდება მუშა ბორბლის ფრთების შორის არხებში ღერძის მიმართულებით, და შესაბამისად

$$v_1 \cdot \cos \alpha_1 = v_{1u} = 0 \quad (3.51)$$

ამ შემთხვევაში ღერძული ტუმბოს ძირითადი განტოლება მიიღებს სახეს:

$$H_{\sigma} = \frac{u \cdot v_{2u}}{g} \quad (3.52)$$

ეილერის განტოლების ყველა ფორმა არის ფრთოვანა ტუმბოს თეორიის ფუნდამენტალური საფუძველი და გააჩნია უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა. ისინი საშუალებას იძლევა დავადგინოთ კავშირი დანადგარის ენერგეტიკული მაჩვენებლებსა და მუშა ბორბალში სითხის მოძრაობის პირობებს შორის.

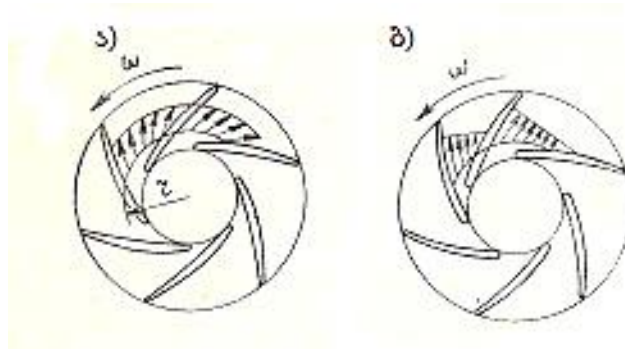
3.2.4. მუშა ბორბალში სითხის მოძრაობის რეალური სახის გავლენა თეორიული წნევის მნიშვნელობაზე

ზემოდ განხილული იყო ცენტრიდანული და ღერძული ტუმბოების მუშა ბორბლების ფრთებს შორის არხებში სითხის მოძრაობის იდეალიზირებული სქემები. მაგრამ პრაქტიკაში წნევა, რომელსაც ავითარებს ტუმბო, გაცილებით უფრო მცირეა თეორიული წნევაზე. ეს აიხსნება იმით, რომ რეალური სითხის მოძრაობის ფორმები განსხვავდება იდეალურისაგან.

უსასრულოდ დიდი რაოდენობის წვრილი ფრთების არსებობის დაშვება ცენტრიდანული ტუმბოს მუშა ბორბალში, ნიშნავს, რომ ნაკადი ფრთებს შორის არხებში სიმეტრიულია ღერძის მიმართ (ნახ. 3.24 ა) და ფარდობითი სიჩქარე, რომელიც განისაზღვრება განტოლების უწყვეტობით განსაზღვრული ცილინდრული კვეთის ყოველი წერტილისათვის, მიმართულია ფრთის ზედაპირის მხების მიმართულებით.

ზღვრული ზომების მქონე მუშა ბორბლის არხებში ფარდობითი სიჩქარეების რეალური განაწილება არ შეიძლება იყოს სიმეტრიული ღერძის მიმართ, ფრთისა და ნაკადის ძალური ურთიერთქმედების არსებობის გამო. სითხისათვის ენერგიის გადასაცემად საჭიროა, რომ დაწნევა ფრთების მუშა (ამობურცულ) ზედაპირებზე იყოს მეტი ვიდრე მეორეზე (ჩაზნექილზე). ეს კი შესაძლებელია მაშინ, როცა ფარდობითი სიჩქარეები ფრთების მუშა მხრიდან ნაკლებია, ვიდრე მეორე მხრიდან (ნახ. 3.24, ბ). აქედან გამომდინარე, მუშა ბორბლის ფრთების სრული რაოდენობის დროს სითხის ყველა ნაწილაკი ვერ ღებულობს ერთი და იგივე ენერგიის მატებას. ამით გამოწვეული წნევის შემცირება გაითვალისწინება შემასწორებელი კოეფიციენტის k შემოტანით ბორბლიდან გამომავალი აბსოლუტური სიჩქარის მნიშვნელობის მიმართ. კოეფიციენტის წინასწარი განსაზღვრისათვის ლიტერატურაში მოყვანილია რიგი ნახევრად იმპერიული ფორმულები. მაგრამ მისი დაზუსტებული მნიშვნელობები შეიძლება მიღებული იყოს მხოლოდ ექსპერიმენტული გზით. ჩვეულებრივ, თუ მუშა ბორბლის ფრთების რიცხვი არის $z = 6 \dots 12$ კოეფიციენტის მნიშვნელობა იცვლება 0,75 - დან 0,9 - მდე.

მეორე მიზეზი წნევის შემცირებისა ეილერის განტოლებით მიღებულ მნიშვნელობასთან შედარებით, არის ჰიდრავლიკური წინაღობა, რომელიც თან ახლავს რეალური სითხის გადინებას ტუმბოს მუშა ბორბალში. როგორც ადრე იყო აღნიშნული, თეორიული დაწნევის შემცირება ჰიდრავლიკური დანაკარგების გამო ფასდება ჰიდრავლიკური მქკ η_3 - ის შეყვანით, რომელიც ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში განისაზღვრება მხოლოდ ექსპერიმენტების საფუძველზე.



ნახ. 3.24. სითხის მოძრაობა ცენტრიდანულ ტუმბოს მუშა ბორბალში

ტუმბოს მუშა ბორბალში რეალური სითხის დინების ხასიათის თავისებურებების გათვალისწინებით, რადიალური შესვლის პირობებისათვის ძირითადი განტოლება მიიღებს სახეს:

$$H = k \cdot \eta_3 \cdot \frac{u_2 \cdot v_2 \cdot \cos \alpha_2}{g} \quad (3.53)$$

სადაც H – ტუმბოს წნევა ფრთების სასრული რიცხვის დროს.

3.2.5. ტუმბოების მსგავსება, გადათვლის ფორმულები, სწრაფი სვლის კოეფიციენტი

დასაპროექტებელი მანქანების (მექანიზმების) საანგარიშო პარამეტრების წინასწარი დადგენა, მოდელზე მუშა რეჟიმების გამოკვლევა და მიღებული შედეგების საწარმოო ტუმბოებზე გავრცელება შესაძლებელია რეალური სითხის მოძრაობის მექანიკური მსგავსობის (მოდელირების) თეორიის საფუძველზე. ამ თეორიის მთავარი დებულება საჭიროებს გეომეტრიული, კინემატიკური და დინამიკური მსგავსების (მოდელირების) შესრულებას.

გეომეტრიული მსგავსება ჰიდრომექანიკაში გულისხმობს ყველა ზედაპირის (რომელიც ზღუდავს და მიმართავს ნაკადს) მსგავსებას. ჰიდრავლიკური მანქანების მოდელირებისას ორი ტუმბო შეიძლება იყოს მსგავსი, თუ ყველა ზომა ერთი მათგანის (მოდელის) ერთი და იგივე ჯერ იქნება მეტი ან ნაკლები მეორის (ნატურალურის) შესაბამის ზომებზე. მათემატიკურად შესადარებელი ტუმბოების გეომეტრიული მსგავსება დგინდება მსგავსების წრფივი კოეფიციენტის მუდმივობით:

$$M_i = \frac{D_\delta}{D_\theta} = \frac{b_\delta}{b_\theta} = \dots = const \quad (3.54)$$

სადაც D_θ, b_θ და D_δ, b_δ - შესაბამისად მოდელური და ნატურალური ტუმბოების მუშა ბორბლების დიამეტრი და სიმაღლეა.

გეომეტრიული მსგავსება ნიშნავს ასევე მოდელისა და ნატურალურის ყველა სხვა ზომების შეფარდების მუდმივობას:

$$\frac{b_\theta}{D_\theta} = \frac{b_\delta}{D_\delta} = \dots = const \quad (3.55)$$

ღერძული ტუმბოს შემთხვევაში გეომეტრიული მსგავსება გულისხმობს ასევე მუშა ბორბლის ფრთების დაყენების კუთხეების ტოლობას: $\varphi_\theta = \varphi_\delta$.

გეომეტრიული მსგავსება ასევე ნიშნავს ყველა ხორკლისა და ღრეჩოს მსგავსებას. აქედან გამომდინარე მისი (გეომეტრიული მსგავსების) დაცვისათვის საჭიროა, რომ ფარდობითი ხორკლიანობა Δ/D და ფარდობითი ღრეჩიანობა δ/D იყოს ერთნაირი. აქ Δ და δ შესაბამისად არის ეკვივანტური აბსოლუტური ხორკლიანობა და ღრეჩო. მაგრამ ამ მოთხოვნის შესრულება ჰიდრავლიკური მანქანების მოდელირების პრაქტიკაში ყოველთვის შესაძლებელი არ არის. მაგალითად, $M_i = 20 \dots 300$ მნიშვნელობებისას რომელიმე შვერილი ან უსწორობა ზომებით 1-2 მმ მოდელზე ზუსტად ვერ გამოისახება.

კინემატიკური მსგავსება ზოგადად ნიშნავს იმას, რომ განხილულ ნაკადებში უგანზომილო სიჩქარეების ველები უნდა იყოს ერთნაირი, ე. ი. მოძრაობაში მონაწილე სითხის ყველა შესაბამისი ნაწილაკების სიჩქარეების თანაფარდობა უნდა იყოს ერთმანეთის ტოლი, მოძრაობის ტრაექტორია კი შესაძარებელ ჰიდრავლიკურ სისტემებში - გეომეტრიულად მსგავსი. ტუმბოებთან მიმართებაში ეს ნიშნავს სიჩქარეების პარალელოგრამების მსგავსებას ნაკადის შესაბამის წერტილებში ერთნაირ რეჟიმში მომუშავე ორ გეომეტრიულად მსგავსი მანქანების ყველა გამდინარე ნაწილების ელემენტებში. კინემატიკური მსგავსების მათემატიკური პირობა შეიძლება გამოსახული იყოს ფარდობის სახით:

$$\frac{v_\theta}{v_\theta} = \frac{w_\theta}{w_\theta} = \frac{u_\theta}{u_\theta} = \frac{n_\theta D_\theta}{n_\theta D_\theta} = \dots = const \quad (3.56)$$

კინემატიკური მსგავსების მოთხოვნების შესრულებისათვის საჭიროა ასევე დავიცვათ სითხის გადინების სიჩქარისა და მზრუნავი ნაწილების მოძრაობის სიჩქარის შეფარდების მუდმივობა, ე.ი.

$$\frac{v_\theta}{u_\theta} = \frac{v_\theta}{u_\theta} = const. \quad (3.57)$$

გეომეტრიული მსგავსებიდან გამომდინარეობს, რომ $v \sim Q/D^2$ და $u \sim n/D$. ამ დამოკიდებულებების გამოყენებით ვღებულობთ კინემატიკური მსგავსების კიდევ ერთ პირობას, რომელსაც გააჩნია ძალიან დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა ტუმბოების მოდელირებისათვის:

$$\frac{Q_\theta}{n_\theta D_\theta^3} = \frac{Q_\theta}{n_\theta D_\theta^3} = const \quad (3.58)$$

დინამიკური მსგავსება გარდა გეომეტრიული და კინემატიკური მსგავსების პირობების დაცვისა გულისხმობს ნაკადის შესაბამის წერტილებში მოქმედი ძალების პროპორციულობას. თუ ამ ძალებში განვიხილავთ წნევის, სიბლანტის, სიმძიმის და ინერციის ძალებს დინამიკური მსგავსება, როგორც ცნობილია განპირობებულია ეილერის, რეინოლდსის, ფრუდეს და სტრუხალის რიცხვებით:

$$Eu = \frac{p}{\rho v^2}; \quad Re = \frac{vl}{\nu}; \quad Fr = \frac{v^2}{gl}; \quad St = \frac{vt}{l} \quad (3.59)$$

აქ l წარმოადგენს მახასიათებელ წრფივ ზომას,

t - დრო.

ყველა ეს კრიტერიუმი განსაზღვრულია მხოლოდ მაშინ, როცა ისინი გამოსახულნი არიან საწყისი მონაცემებით მოცემულ საწყის ან სასაზღვრო პირობებში. სხვა შემთხვევებში თითოეული მათგანი გადავა განუსაზღვრელო ან დამოკიდებულ კრიტერიუმებში. ჰიდრომექანიკის კერძო ამოცანებში გამსაზღვრელი კრიტერიუმების რიცხვი, როგორც წესი მითითებულ ოთხზე ნაკლებია.

ჰიდრავლიკური მანქანების მოდელირებაში ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს ეილერის მსგავსების კრიტერიუმს. განხილულ პირობებთან მიმართებაში ის შეიძლება გამოსახული იყოს შემდეგნაირად:

$$Eu = \frac{p}{\rho v^2} = \frac{gH}{v^2} \quad (3.60)$$

შევცვალოთ სიჩქარე პროპორციული ფარდობით სითხის მიწოდებისა მუშა ბორბლის დიამეტრთან. ამ შემთხვევაში მივიღებთ:

$$Eu = gHD^4/Q^2 \quad (3.61)$$

ზემოდ მოყვანილის გათვალისწინებით მსგავსების პირობა შეიძლება ჩაწერილი იყოს შემდეგი სახით:

$$\frac{Q_{\delta}}{D_{\delta}^2 \sqrt{H_{\delta}}} = \frac{Q_{\theta}}{D_{\theta}^2 \sqrt{H_{\theta}}} \quad (3.62)$$

განტოლება (2.54) ამყარებს დამოკიდებულებას მოდელის და ნატურალური ტუმბოების ორ ძირითად ენერგეტიკულ პარამეტრს (მიწოდება, წნევა) შორის.

გადათვლის ფორმულები. მივიღოთ, რომ გეომეტრიულად მსგავსი ერთი ტიპის ტუმბოების მუშა ბორბლები დიამეტრებით D_{θ} და D_{δ} ბრუნავენ n_{θ} და n_{δ} სიხშირით, ავითარებენ წნევას H_{θ} და H_{δ} , უზრუნველყოფენ სითხის მიწოდებას Q_{θ} და Q_{δ} .

დარტყმის გარეშე შესვლის პირობებისათვის ძირითადი განტოლებიდან გამომდინარე ვღებულობთ, რომ n_{θ} და D_{θ} - ს დროს ტუმბოს წნევა უდრის:

$$H_{\theta} = k_{\theta} \cdot \frac{u_{2\theta} v_{2\theta} \cos \alpha_{2\theta}}{g} \cdot \eta_{\theta} \quad (3.63)$$

და შესაბამისად n_{δ} და D_{δ} - ს დროს

$$H_{\delta} = k_{\delta} \cdot \frac{u_{2\delta} v_{2\delta} \cos \alpha_{2\delta}}{g} \cdot \eta_{\delta} \quad (3.64)$$

ამ წნევების შეფარდება გვაძლევს

$$\frac{H_{\delta}}{H_{\theta}} = \frac{k_{\delta}}{k_{\theta}} \cdot \frac{u_{2\delta} v_{2\delta} \cos \alpha_{2\delta}}{u_{2\theta} v_{2\theta} \cos \alpha_{2\theta}} \cdot \frac{\eta_{\delta}}{\eta_{\theta}} \quad (3.65)$$

გეომეტრიული მსგავსობის პირობებიდან გამომდინარე შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ $k_{\delta} = k_{\theta}$ სიჩქარეების პარალელოგრამიდან გამომდინარე კი ვღებულობთ კუთხეების ტოლობას $\alpha_{2\delta} = \alpha_{2\theta}$. სიჩქარეების u_2 და v_2 თანაფარდობა, კინემატიკური მსგავსების მათემატიკური გამოსახულების თანახმად, პროპორციულია ნამრავლის nD .

$$\frac{H_{\delta}}{H_{\theta}} = \frac{(n_{\delta} D_{\delta})^2}{(n_{\theta} D_{\theta})^2} \cdot \frac{\eta_{\delta}}{\eta_{\theta}} \quad (3.66)$$

ტუმბოს მიწოდება (წარმადობა) იცვლება მუშა ბორბლის გამოსავალი კვეთის ფართობის და გამოსვლის აბსოლუტური სიჩქარის რადიალური შემადგენელის პროპორციულად:

$$\frac{Q_{\delta}}{Q_{\theta}} = \frac{\pi b_{2\delta} D_{2\delta} v_{2\delta} \sin \alpha_{2\delta} \eta_{\theta \theta, \delta}}{\pi b_{2\theta} D_{2\theta} v_{2\theta} \sin \alpha_{2\theta} \eta_{\theta \theta, \theta}} \quad (3.67)$$

ვინაიდან განხილული ტუმბოების მუშა ბორბლები გეომეტრიულად მსგავსია, ე.ი.

$$\frac{b_{2\delta}}{b_{2\theta}} = \frac{D_{2\delta}}{D_{2\theta}} \quad (3.68)$$

მაშინ, ზოგად შემთხვევაში კინემატიკური მსგავსების პირობების

$$\alpha_{\delta} = \alpha_{\theta}; \text{ და } \frac{v_{2\delta}}{v_{2\theta}} = \frac{u_{\delta}}{u_{\theta}} = \frac{n_{\delta} D_{\delta}}{n_{\theta} D_{\theta}}$$

გათვალისწინებით შეიძლება ჩაიწეროს:

$$\frac{Q_{\delta}}{Q_{\theta}} = \frac{n_{\delta}}{n_{\theta}} \cdot \left(\frac{D_{\delta}}{D_{\theta}}\right)^3 \cdot \frac{\eta_{\text{მოც.}\delta}}{\eta_{\text{მოც.}\theta}} \quad (3.69)$$

ტუმბოს სიმძლავრე იცვლება პროპორციულად ნამრავლისა $QH\eta$. თუ ჩავსვამთ Q და H -ს ნაცვლად შესაბამის სიდიდეებს განტოლებებიდან (3.66) და (3.69) მივიღებთ:

$$\frac{N_{\delta}}{N_{\theta}} = \left(\frac{n_{\delta}}{n_{\theta}}\right)^3 \cdot \left(\frac{D_{\delta}}{D_{\theta}}\right)^5 \cdot \frac{\eta_{\delta} \eta_{\text{მოც.}\delta} \eta_{\text{მექ.}\delta}}{\eta_{\theta} \eta_{\text{მოც.}\theta} \eta_{\text{მექ.}\theta}} \quad (3.70)$$

განტოლებებს (3.66) – (3.70), რომლებიც მიღებულია ფრთოვანა ტუმბოების მსგავსების საფუძველზე, უწოდებენ გადათვლის ფორმულებს. ეს ფორმულები იძლევა საშუალებას დიდი სიზუსტით გავითვალთ საპროექტო ტუმბოს ძირითადი პარამეტრები, თუ ცნობილია მისთვის გეომეტრიულად მსგავსი ტუმბოს პარამეტრები. ამის გარდა, გადათვლის ფორმულები საშუალებას იძლევა გამოვცადოთ ტუმბო ერთი ბრუნვის სიხშირის დროს და გამოვთვალოთ პარამეტრები სხვა სიხშირის დროს.

მოდელიდან ნატურალურზე ტუმბოს მქვ გადათვლისათვის შემოთავაზებული იყო რიგი ფორმულები, რომლებმაც ვერ ჰპოვეს ფართო გავრცელება. ამის მიზეზი მდებარეობს იმაში, რომ ფრთოვანა ტუმბოების მქვ -ს მნიშვნელოვანი წილი მოდის მოცულობით და მექანიკურ დანაკარგებზე. ამიტომ მქვ-ს გადათვლამ მოდელიდან ნატურალურზე მისი განცალკევების გარეშე შემაღენელ ნაწილებად ვერ გაამართლა.

n_{θ} - ს n_{δ} - საგან და D_{θ} - ს D_{δ} - საგან მცირე განსხვავებისას, და აგრეთვე წინასწარი გათვლების დროს, პირველი მიახლოებისას, შეიძლება ტოლად მივიღოთ η_{δ} და η_{θ} - ს ყველა მნიშვნელობა. აქედან გამომდინარე გადათვლის ფორმულები შეიძლება წარმოვადგინოთ უფრო მოხერხებული სახით პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისათვის:

$$\frac{H_{\delta}}{H_{\theta}} = \left(\frac{n_{\delta}}{n_{\theta}}\right)^2 \left(\frac{D_{\delta}}{D_{\theta}}\right)^2; \frac{Q_{\delta}}{Q_{\theta}} = \left(\frac{n_{\delta}}{n_{\theta}}\right) \left(\frac{D_{\delta}}{D_{\theta}}\right)^3; \frac{N_{\delta}}{N_{\theta}} = \left(\frac{n_{\delta}}{n_{\theta}}\right)^3 \left(\frac{D_{\delta}}{D_{\theta}}\right)^5 \quad (3.71)$$

იმ შემთხვევაში, როცა ერთი და იგივე ტუმბო, რომელიც ტუმბავს ერთ და იგივე სითხეს გამოიცდება ბრუნვის სხვადასხვა n_1 და n_2 სიხშირეზე, გადათვლის ფორმულები კიდევ უფრო მარტივდება:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right); \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (3.72)$$

სწრაფი სვლის კოეფიციენტი. ერთი და იგივე მიწოდების და წნევის მნიშვნელობები შეიძლება მიღებული იყოს სხვადასხვა ბრუნვის სიხშირის ტუმბოებით. ამ შემთხვევაში მუშა ბორბლის და ტუმბოს გამდინარე ნაწილის ყველა ელემენტების კონსტრუქცია და მათი ზომები შეიცვლება. ამიტომ სხვადასხვა ტიპის ფრთოვანა ტუმბოების შესადარებლად იყენებენ სწრაფი სვლის კოეფიციენტს. მუშა ბორბლების დაჯგუფებას ახორციელებენ მათი გეომეტრიული და კინემატიკური მსგავსების პრინციპის მიხედვით.

ტუმბოს სწრაფი სვლის კოეფიციენტი n_s ეწოდება სხვა ტუმბოს ბრუნვის სიხშირეს, რომელიც ყველა დეტალში გეომეტრიულად მსგავსია განსახილველი ტუმბოსი, მაგრამ ისეთი ზომებისაა, რომლის დროსაც იმავე რეჟიმში მუშაობისას სასარგებლო სიმძლავრით 1 ცხენის ძალა (746 ვტ), ქმნის 1 მ - ს ტოლ დაწნევას.

ერთნაირი ტიპის ტუმბოებისათვის, სხვადასხვა დიამეტრის მუშა ბორბლებით, რომლებიც მუშაობენ სხვადასხვა ბრუნვის სიხშირით, სწრაფი სვლის კოეფიციენტის რიცხობრივი მნიშვნელობა შეიძლება განვსაზღვროთ გადათვლის ფორმულების (2.60) გამოყენებით. თუ

გამოვიყენებთ ამ ფორმულებს მოცემული ტუმბოსათვის და მისთვის გეომეტრიულად მსგავსისათვის მუშა ბორბლის დიამეტრით D_s და ბრუნვის სიხშირით n_s მივიღებთ:

$$\frac{1}{H} = \left(\frac{n_s}{n}\right)^2 \left(\frac{D_s}{D}\right)^3 \text{ და } \frac{1}{N} = \left(\frac{n_s}{n}\right)^3 \left(\frac{D_s}{D}\right)^5 \quad (3.73)$$

ამ დამოკიდებულებებში თანაფარდობის D_s/D -ს გამორიცხვის შემდეგ, მივიღებთ:

$$n_s = \frac{n\sqrt{N}}{H^4\sqrt{H}} \quad (3.74)$$

სიმძლავრის N -ს ნაცვლად მისი მნიშვნელობის $\rho gQH/736$ -ს ჩასმისას ტუმბოებისათვის, რომლებიც გადატუმბავენ წყალს ($\rho = 1000$ კგ/მ³), სწრაფი სვლის კოეფიციენტის დასადგენად მივიღებთ შემდეგ ფორმულას:

$$n_s = 3,65 \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (3.75)$$

ორმხრივი შესვლის ტუმბოებისათვის ფორმულაში (2.63) Q - ს ნაცვლად უნდა გამოვიყენოთ $Q/2$.

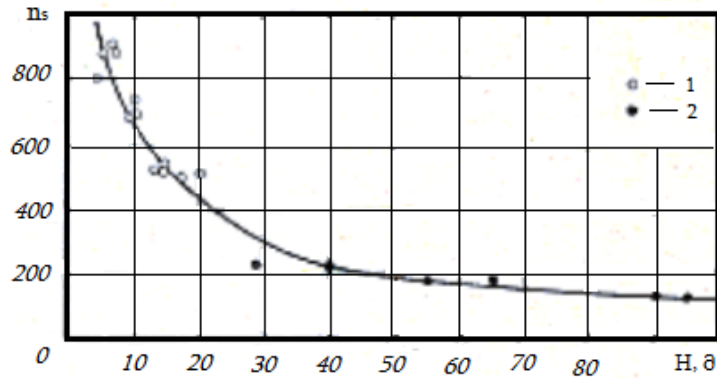
თუ ფორმულებში (3.74) და (3.75) შევცვლით მოცემული ტუმბოს მუშა ბორბლის ბრუნვის სიხშირეს n -ს, მაშინ თანახმად განტოლებებისა (3.72) უნდა გადაითვალოს სიმძლავრე N , მიწოდება Q და დაწნევა H . ადვილად შეგვიძლია დავადგინოთ, რომ ამ პარამეტრების ახალი მნიშვნელობების ჩასმისას ფორმულებში (3.74) და (3.75) ვღებულობთ n_s -ს რიცხობრივ მნიშვნელობებს. გამოდის, რომ სწრაფი სვლის კოეფიციენტი რჩება მუდმივი ტუმბოს მუშაობის ყველა რეჟიმისათვის და დამოკიდებულია მხოლოდ მის კონსტრუქციაზე. ეს იქნებოდა სამართლიანი, თუ ჩვენ n_s -ს ფორმულის გამოყვანის დროს არ გავაკეთებდით ტუმბოს მოცულობითი და ჰიდრავლიკური მქ-ს ცვლილების უგულვებელყოფას, მისი მუშაობის რეჟიმების ცვლილებისას. სინამდვილეში სწრაფი სვლის კოეფიციენტის მნიშვნელობა იცვლება ფართო დიაპაზონში. კოეფიციენტი $n_s = 0$, როცა $Q = 0$, ხოლო იზრდება მიწოდების ზრდასთან ერთად, მისწრაფის უსასრულოებისაკენ როცა $Q = Q_{max}$ და $H = 0$. ამიტომ სწრაფი სვლის კოეფიციენტის ცნებაში გარკვეულობის შეტანისათვის, შეთანხმდენ ფორმულებში (3.74) და (3.75) ჩაისვას სიმძლავრის, მიწოდების და წნევის ოპტიმალური მნიშვნელობები.

(3.74) ფორმულის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ წნევის ამალეებისას ტუმბოს სწრაფი სვლის კოეფიციენტი მცირდება. ეს დასკვნა დასტურდება ნახ. 3.25 მოყვანილი რიგი მაღალი წარმადობის ტუმბოების n_s -ის მნიშვნელობების მონაცემებით. (3.75) ფორმულიდან, თავის მხრივ, გამომდინარეობს, რომ მიწოდების გაზრდა, სხვა თანაბარ პირობებში, იწვევს სწრაფი სვლის კოეფიციენტის მნიშვნელობის ზრდას.

მაშასადამე, ნელი სვლის ტუმბოები (ტუმბოები მცირე სწრაფი სვლის კოეფიციენტით) – ეს არის ტუმბოები, რომლებსაც გააჩნია მაღალი დაწნევა და შედარებით მცირე წარმადობა: სწრაფსვლიან ტუმბოებს აქვს დაბალი წნევა, მაგრამ დიდი წარმადობა.

სწრაფი სვლის კოეფიციენტი n_s მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია, რომელიც ფართოდ გამოიყენება როგორც ტუმბოს ტიპის მახასიათებელი. ამ მაჩვენებლის უნივერსალობა მდგომარეობს იმაში, რომ ის ითვალისწინებს ნებისმიერი ტუმბოს სამ, ყველაზე მნიშვნელოვან პარამეტრს: ბრუნვის სიხშირეს, სიმძლავრეს (ან მიწოდებას) და დაწნევას. ამიტომ, სწრაფი სვლის კოეფიციენტი საკმაოდ სრულად ახასიათებს ტუმბოს. მაგალითად, გამდინარე ნაწილის ფორმით და კონსტრუქციულად განსხვავებული ტუმბოების შედარებისას, რომლებსაც გააჩნიათ n_s -სთან ახლო მნიშვნელობები, ჩანს, რომ თითქმის ემთხვევა ამ ტუმბოების ბევრი სხვა თვისე-

ბებიც. მიუხედავად ტიპისა ან კონსტრუქციისა მცირე სწრაფი სვლის კოეფიციენტის ($n_s=50...80$) მქონე ტუმბოებს გამოიყენებენ მაღალი დაწნევისას და სწრაფი სვლის კოეფიციენტის დიდ მნიშვნელობების მქონე ტუმბოებს ($n_s=400...1000$) – დაბალი დაწნევისას.



ნახ. 3.25. სწრაფი სვლის კოეფიციენტის ცვლილება ტუმბოს წნევის მიხედვით.

n_s -ს სიდიდე გარკვეულ წილად ახასიათებს ტუმბოს მუშა ბორბლის ფორმას. ცხრილში 3.2 მოცემულია სხვადასხვა სწრაფი სვლის ტუმბოს მუშა ბორბლების ესკიზები. მაღალი დაწნევა, რომელსაც ავითარებს მცირე სვლის ($50 < n_s < 80$) ცენტრიდანული ტუმბო, იქმნება მუშა ბორბლის გამოსავალი დიამეტრის D_2 გაზრდის ხარჯზე. მცირე მიწოდება, თავის მხრივ, განპირობებულია მუშა ბორბლის გამოსავალი ადგილის მცირე სიმაღლით b_2 და შესვლის ადგილის პატარა დიამეტრით D_1 . ამიტომ წელი სვლის ბორბლებს გააჩნიათ D_2/D_1 -ს დიდი და b_2/D_2 – ს მცირე მნიშვნელობები. სწრაფი სვლის კოეფიციენტის ზრდისას სხვაობა გამოსვლის და შესვლის დიამეტრებს შორის მცირდება, სიმაღლე კი მატულობს.

ასევე საჭიროა ყურადღება მივაქციოთ ერთ გარემოებას, რომელსაც გააჩნია პრაქტიკული მნიშვნელობა. სწრაფი სვლის კოეფიციენტი პროპორციულია ტუმბოს ბრუნვის n სიხშირისა. ბრუნვის სიხშირის მატება იწვევს ტუმბოს და ამძრავის ზომებისა და მასის შემცირებას. აქედან გამომდინარე, ტუმბოს სწრაფი სვლის კოეფიციენტის მომატება წარმადობისა და დაწნევის მოცემული მნიშვნელობებისათვის ეკონომიურად გამოსადეგია.

მაგალითი: დეპული ტუმბო ОП6–145 ბრუნვის სიხშირისას $n = 290$ წთ⁻¹ და დაწნევისას $H = 4,5$ მ აქვს მიწოდება $Q = 6,5$ მ³/წ და სიმძლავრე $N = 340$ კვტ. საჭიროა დავადგინოთ Q, H და N ტუმბოს მუშაობის იმავე რეჟიმისათვის როცა $n = 365$ წთ⁻¹.

ამოხსნა:

ვინაიდან ტუმბო იგივეა, მაშინ (3.72) ფორმულის მიხედვით ვპოულობთ:

$$Q = 6,5 \frac{365}{290} = 8,18 \text{მ}^3/\text{წ};$$

$$H = 4,5 \left(\frac{365}{290} \right)^2 = 7,12 \text{მ};$$

$$N = 340 \left(\frac{365}{290} \right)^3 = 680 \text{კვტ};$$

3.2.6. ტუმბოს შეწოვის სიმაღლე

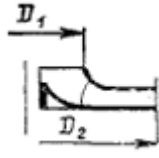
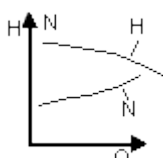
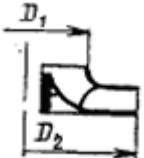
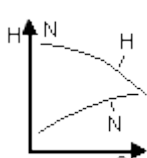
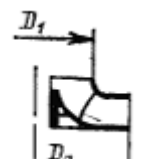
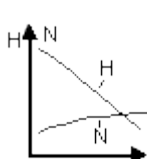
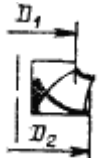
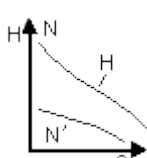

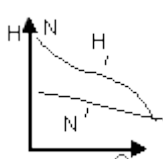
სითხის მოძრაობა შემწოვ მილსადენში და მისი მიყვანა მუშა ბორბალთან ხორციელდება მიმდებ რეზერვუარში სითხის თავისუფალ ზედაპირზე არსებული წნევის და ბორბალში შესვლის ადგილზე ნაკადში არსებული აბსოლუტური წნევის სხვაობის ხარჯზე. მაგრამ წნევა ამ

არეში არ არის მუდმივი. ის განისაზღვრება ტუმბოს განლაგებით სითხის თავისუფალი ზედაპირის მიმართ მიმღებ რეზერვუარში, ტუმბოს მუშაობის რეჟიმით და ზოგიერთი სხვა ფაქტორით.

ყველა ამ პარამეტრებს შორის ზუსტი დამოკიდებულების დასადგენად განვიხილოთ ცენტრიდანული ტუმბოს მუშაობის სამი ძირითადი სქემა.

ცხრილი 3.2

სწრაფი სვლის კოეფიციენტის და მუშა ბორბლის ფორმა

ტუმბო	სწრაფ სვლის კოეფიციენტი	მუშა ბორბლის კვეთის სქემა	D_2/D_1	მახასიათებლის ფორმა
ნელი სვლის	50-80		2.5-3	
ნორმალური	80-150		2	
სწრაფი სვლის	150-350		1.4-1.8	
დიაგონალური ნახევრად ღერძული	350-500		1.1-1.2	
ღერძული	500-1500		1	

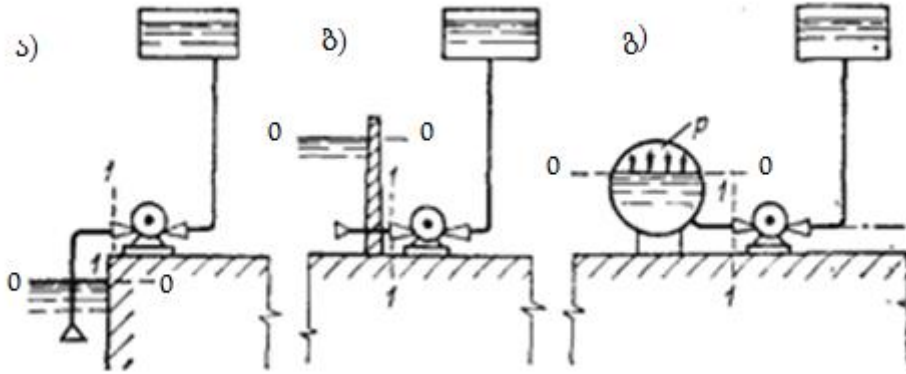
სქემა I. ტუმბოს მიერ სითხის ამოღება ღია რეზერვუარიდან. სითხის თავისუფალი ზედაპირის დონე განლაგებულია ტუმბოს მუშა ბორბლის ღელძის ქვემოთ (ნახ.3.26 2,7, ა).

გამოვიყენოთ ბერნულის განტოლება ორი კვეთისათვის (0-0, სითხის თავისუფალი ზედაპირი მიმღებ რეზერვუარში და კვეთაში 1-1, ტუმბოში შესვლა). თუ არ გავითვალისწინებთ სიჩქარის დაწნევას (დინამიკურ დაწნევას) 0-0 კვეთაში (ის ძალიან მცირეა), მივიღებთ განტოლებას აბსოლუტური წნევის დასადგენად 1-1 კვეთაში:

$$\frac{p_{\text{ტ}}}{\rho} = \frac{p_{\text{ატ}}}{\rho} - H_s g - \frac{v_{\text{ტ}}^2}{2} - h_{w_{0-1}} g \quad (3.76)$$

სადაც H_s – ტუმბოს მუშა ბორბლის ღერძისა და რეზერვუარში სითხის თავისუფალი ზედაპირის ნიშნულების სხვაობაა, მ;

$h_{w_{0-1}}$ - ენერგიის (წნევის) დანაკარგია ტუმბოს შემწვოვ ხაზში (დანაკარგების ჯამი შესვლისას, დანაკარგები ხახუნზე მილის სიგრძეზე და ა.შ.).



ნახ. 3.26. ცენტრიდანული ტუმბოს დაყენების სქემა.

(3.76) განტოლებიდან ჩანს, რომ დაწნევა 1 სქემის მიხედვით მომუშავე ტუმბოში შესვლის ადგილზე განისაზღვრება სიდიდით:

$$H_s = \frac{p_{\text{ატ}}}{\rho g} - \frac{p_{\text{ტ}}}{\rho g} - \frac{v_{\text{ტ}}^2}{2g} - h_{w_{0-1}} \quad (3.77)$$

ამ სიდიდეს ეწოდება **შეწოვის გეომეტრიული სიმაღლე**. შესვლის ადგილის კვეთაში ვაკუუმის სიდიდეს

$$H_{\text{ვკვ}} = \frac{p_{\text{ატ}} - p_{\text{ტ}}}{\rho g} - \frac{v_{\text{ტ}}^2}{2g} \quad (3.78)$$

ეწოდება **შეწოვის ვაკუუმმეტრიული სიმაღლე**. დამოკიდებულება შეწოვის გეომეტრიულ და ვაკუუმმეტრიულ სიმაღლეებს შორის განისაზღვრება განტოლებით (3.79):

$$H_s = H_{\text{ვკვ}} - h_{w_{0-1}} \quad (3.79)$$

ან

$$H_{\text{ვკვ}} = H_s + h_{w_{0-1}} \quad (3.80)$$

სქემა II. ტუმბოს მიერ სითხის ამოღება ღია რეზერვუარიდან. სითხის თავისუფალი ზედაპირის დონე განლაგებულია ტუმბოს მუშა ბორბლის ღერძს ზემოთ (ნახ. 3.26 ბ).

თუ ათვლის დონედ მივიღებთ 0-0 კვეთას, მაშინ ამ სქემის განსხვავება პირველი სქემისაგან იქნება ის, რომ სიდიდეს H_s ექნება უარყოფითი მნიშვნელობა. ამ შემთხვევაში განტოლებები (3.79) და (3.80) მიიღებს სახეს:

$$H_s = h_{w_{0-1}} - H_{გაკ} \quad (3.81)$$

და

$$H_{გაკ} = h_{w_{0-1}} - H_s \quad (3.82)$$

შეწოვის გეომეტრიული სიმაღლის უარყოფით მნიშვნელობებს უწოდებენ შეტბორვას. შეტბორვის საკმარისი სიდიდის შემთხვევაში ტუმბოში შესვლის არეში წნევა შეიძლება იყოს ატმოსფერულზე მეტი ტუმბოს მუშაობის ყველა რეჟიმისათვის.

სქემა III. სითხის ამოტუმბვა ჩაკეტილი რეზერვუარიდან (ნახ. 3.26 გ) ტუმბოს მუშაობის ამ სქემის პრინციპული განსხვავება II სქემისაგან მდგომარეობს იმაში, რომ შეწოვის ვაკუუმ-მეტრული სიმაღლე ამ შემთხვევაში იანგარიშება ფორმულით:

$$H_{გაკ} = \frac{p_{ატმ} + p_{ჭარ} - p_{ტ}}{\rho g} - \frac{v_{ტ}^2}{2g} \quad (3.83)$$

სადაც $p_{ჭარ}$ არის ჭარბი წნევა, რომელიც სატუმბო დანადგარის ტექნოლოგიური დანიშნულების, კონსტრუქციული შესრულების და მუშაობის რეჟიმის მიხედვით შეიძლება იყოს დადებითი, უარყოფითი ან იცვლიდეს ნიშანს. H_s , $p_{ატმ}$ და $p_{ჭარ}$ მნიშვნელობების სხვადასხვა თანაფარდობის დროს დაწნევა ტუმბოში შესვლისას შეიძლება იყოს ატმოსფერულ წნევაზე მეტი ან ნაკლები.

ცენტრიდანული ტუმბოს კონსტრუქციული შესრულების მიხედვით შეწოვის გეომეტრიული სიმაღლის გაანგარიშება მიმდინარეობს სხვადასხვანაირად. ჰორიზონტალური ტუმბოებისათვის ის ტოლია მუშა ბორბლის ღერძისა და მიმდებ რეზერვუარში სითხის თავისუფალი ზედაპირის ნიშნულების სხვაობისა. ვერტიკალური ტუმბოებისათვის ის აითვლება მუშა ბორბლის (პირველი საფეხურიდან, მრავალსაფეხურიანი ტუმბოებისათვის) ფრთების შემავალი პირის შუალედიდან, რეზერვუარში სითხის თავისუფალ ზედაპირამდე.

საჭიროა ყურადღება მივაქციოთ იმას, რომ ტუმბოს შეწოვის სიმაღლე მიეკუთვნება პარამეტრებს, რომელსაც ძალიან დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს სატუმბო სადგურების პროექტირებისას. H_s პარამეტრი განსაზღვრავს ტუმბოს ადგილმდებარეობას სითხის თავისუფალი ზედაპირის დონის მიმართ. ამით განისაზღვრება სამანქანო დარბაზის ფუნდამენტის ჩალრმავება. მიწის სამუშაოების მოცულობის და აქედან გამომდინარე კაპიტალდაბანდების შემცირების თვალსაზრისით სასურველია H_s -ს გაზრდა.

სხვადასხვა ტიპის ტუმბოებისათვის შეწოვის გეომეტრიული სიმაღლე ერთნაირი არ არის. ის არ რჩება მუდმივი ერთი და იგივე ტუმბოს ექსპლუატაციის პროცესში. (3.77) განტოლება საშუალებას იძლევა დავადგინოთ მისი ფუნქციონალური დამოკიდებულება ყველა პარამეტრის მიმართ, რომლების ახასიათებენ სატუმბო დანადგარის კონსტრუქციულ და საექსპლუატაციო თავისებურებებს.

ატმოსფერული წნევა $p_{ატმ}$, რომელიც არის H_s -ს დადებითი შემადგენელი ნაწილი და განსაზღვრავს ტუმბოს განლაგების სიმაღლეს სითხის თავისუფალი ზედაპირის დონიდან,

მნიშვნელოვნად იცვლება ზღვის დონიდან სატუმბო სადგურის განლაგების სიმაღლის მიხედვით. ანალოგიური სიტუაცია არის დახურული მოცულობიდან ტუმბოთი სითხის ამოტუმბვის შემთხვევაში (სქემა III). ჭარბი წნევის $p_{ჭარ}$ უარყოფითი მნიშვნელობა სითხის თავისუფალი ზედაპირის ზემოთ არსობრივად იგივეა, რაც გეოდეზიური ნიშნულის ცვლილება.

სატუმბო სადგურის შემწოვი ხაზის კონსტრუქცია, რომელიც ხასიათდება წნევის ჰიდრაულიკური დანაკარგებით $h_{w_{0-1}}$, ასევე მნიშვნელოვანი ფაქტორია შეწოვის გეოდეზიური სიმაღლის დადგენის დროს. (3.77) ფორმულის სტრუქტურა მიუთითებს, რომ უმჯობესია მოკლე შემწოვი მილები გადინების მცირე სიჩქარით და ადგილობრივი წინააღობების მინიმალური რაოდენობით.

ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ სატუმბო დანადგარის მიმღებ რეზერვუარში, ექსპლუატაციის პროცესში, სითხის თავისუფალი ზედაპირის დონის ნიშნული მუდმივად იცვლება. ეს გარემოება ასევე უნდა იყოს გათვალისწინებული H_s -ს განსაზღვრის დროს.

3.2.7. კავიტაცია ტუმბოებში. შეწოვის სიმაღლეს დასაშვები მნიშვნელობა

კავიტაცია წარმოადგენს სითხის დინების ერთიანობის (მთლიანობის) დარღვევის პროცესს, რომელიც წარმოიშობა ნაკადის იმ უბნებზე, სადაც წნევა მცირდება და აღწევს რაღაც კრიტიკულ მნიშვნელობას. ამ პროცესს თან ახლავს დიდი რაოდენობის ბუშტულების წარმოქმნა, რომელიც შევსებულია ძირითადად სითხის ორთქლით და ასევე სითხიდან გამოყოფილი აირებით. დაბალი წნევის არეში ყოფნისას ბუშტულები იზრდება და გადაიქცევა დიდ ბუშტულად - კავერნებად. შემდეგ ბუშტულები ნაკადს გადააქვს მაღალი წნევის არეში, სადაც იმლებიან მათში არსებული ორთქლის კონდენსაციის გამო. მაშასადამე ნაკადში წარმოიქმნება საკმაოდ მკაფიოდ შემოფარგლური კავიტაციური ზონა, რომელიც შევსებულია მოძრავი ბუშტულებით.

კავიტაციის წარმოშობის თვალსაზრისით კრიტიკული წნევა განისაზღვრება სითხის ფიზიკური თვისებებით და მისი ფიზიკური მდგომარეობის მიხედვით იცვლება საკმაოდ დიდ ფარგლებში. მიუხედავად ამისა, პრაქტიკულ გაანგარიშებებში, რომლებიც დაკავშირებულია ტუმბოების მუშაობის კავიტაციურ რეჟიმებთან, კრიტიკულ წნევად მიიჩნევენ გადასატუმბი სითხის ნაჯერი ორთქლის წნევას მოცემული ტემპერატურის დროს.

ნაკადის ხარისხობრივი ცვლილება, რომელიც გამოწვეულია კავიტაციით, იწვევს ჰიდრაულიკური მანქანების ან სისტემების მუშაობის რეჟიმის ცვლილებას. ამ ცვლილებებს უწოდებენ კავიტაციის შედეგს.

ზოგადად ჰიდრაულიკური მანქანების და კერძოდ ფრთოვანა ტუმბოების გამდინარე ნაწილის ელემენტები წარმოადგენენ მიმართულების მიმცემ ზედაპირებს, რომლებიც მართავენ ნაკადს. თუ კავიტაციის ზონა წარმოიქმნება ასეთ ზედაპირზე, ის ცვლის ზედაპირის ეფექტურ ფორმას და შესაბამისად ნაკადის გზას. ასეთი ცვლილება სასურველი არ არის, ვინაიდან იწვევს დამატებით ენერჯის მნიშვნელოვან ხარჯს. ნებისმიერ ჰიდრაულიკურ მანქანაში კავიტაციის წარმოქმნის შედეგია ენერგეტიკული პარამეტრების (მიწოდება, დაწნევა) და აქედან გამომდინარე მარგი ქმედების კოეფიციენტის შემცირება.

კავიტაციური ზონა არამყარია. ასეთი ზონის არსებობა წარმოქმნის სითხის მეორად დინებას, რაც იწვევს ნაკადში წნევის პულსაციას, ის დინამიკურ ზემოქმედებას ახდენს ნაკადის

მიმართავ ზედაპირზე. მრავალრიცხოვანმა ექსპერიმენტმა და ჰიდრავლიკური მოწყობილობის ექსპლუატაციის გამოცდილებამ აჩვენა, რომ იმ შემთხვევაში როცა კავიტაციის განვითარება ერთადერთი მიზეზია ნაკადის მახასიათებლების ცვლილებისა, წარმოიშობა (ჩნდება) ძლიერი ვიბრაცია.

კავიტაციური ბუშტულების დაშლა ან როგორც ამ პროცესს უწოდებენ „ჩახურვა“, ნაკადის მეშვეობით ბუშტულების მაღალი წნევის (კრიტიკულზე მაღალი) არეში გადატანა ძალიან სწრაფად ხდება და იწვევს ჰიდრავლიკურ დარტყმას. ასეთი დარტყმების დიდი რიცხვის ერთმანეთზე დადება წარმოქმნის მახასიათებელი შიშინის ხმას, რომელიც მუდამ თან ერთვის კავიტაციას. უმრავლეს შემთხვევაში კავიტაციას თან ახლავს იმ ზედაპირის დაზიანება, რომელზეც წარმოიშობა და გარკვეულ დროის განმავლობაში არსებობენ კავიტაციის ბუშტულები. ეს დაზიანება არის კავიტაციის მოვლენის ყველაზე სახიფათო შედეგი. კავიტაციური ეროზიის შედეგად ძალიან მოკლე დროში ჰიდრავლიკური მანქანების მუშა ორგანოების ისეთი ზომის დაზიანებებს იწვევს, რომ მათი ნორმალური ექსპლუატაცია რთულდება ან საერთოდ შეუძლებელი ხდება.

თუ ვიცით წნევის შემცირების ზოგადი და კონკრეტული მიზეზი შეიძლება თავიდან ავიცილოთ კავიტაციის წარმოქმნა ტუმბოს გამავალი ნაწილის ელემენტებში. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ დასაშვები შეწოვის სიმაღლის დადგენა, ტუმბოს განლაგების გეოდეზიური ნიშნულისა გადასატუმბი სითხის ტემპერატურის გათვალისწინებით, არის პირველი და ყველაზე საიმედო ხერხი კავიტაციის შემცირების ან თავიდან აცილებისა. წნევის მარაგის შექმნა, შეწოვის სიმაღლის შემცირების ან შეტბორვის წარმოქმნის გზით, კავიტაციის გარეშე ტუმბოს მუშაობის რეჟიმის გარანტიას იძლევა.

შეწოვის გეომეტრიულ სიმაღლეს უდიდესი მნიშვნელობა გააჩნია. ის შეიძლება გამოვთვალოთ (3.77) განტოლებიდან, იმ პირობით, რომ კავიტაციის წარმოქმნის მომენტში $p_{\text{ტ}} = p_{\text{ორთქ}}$:

$$H_{s, \text{მაქ}} = \frac{p_{\text{ატმ}}}{\rho g} - \frac{p_{\text{ორთქ}}}{\rho g} - \frac{v_{\text{ტ}}^2}{2g} - h_{w0-1} \quad (3.84)$$

ტუმბოს შეწოვის სიმაღლე ერთ-ერთი ძირითადი პარამეტრია, რომელიც განსაზღვრავს გადაწყვეტილებას სატუმბი სადგურის ან დანადგარის ვერტიკალურ განლაგებაზე. ამავდროულად ის არ იძლევა შესაძლებლობას რიცხობრივად შევაფასოდ კავიტაციის განვითარების ხარისხი და ერთმანეთს შევადაროთ ტუმბოს კავიტაციური მახასიათებლები. ისინი მუდმივად იცვლება ტუმბოს ექსპლუატაციის პროცესში. აღნიშნული მიზნებისათვის შეწოვის გეომეტრიული სიმაღლის გამოყენება შეუძლებელია იმიტომ, რომ ის მოიცავს ჰიდრავლიკურ დანაკარგებს. ეს დანაკარგები კი კონკრეტული დანადგარის კონსტრუქციულ თავისებურებას ახასიათებს. ამიტომ, ტუმბოების კონსტრუირებაში ტუმბოს კავიტაციური ხარისხის შედარებისათვის, კავიტაციის განვითარების ხარისხის რაოდენობრივი შეფასებისათვის და შეწოვის დასაშვები სიმაღლის შერჩევის საკითხის ანალიზისათვის იყენებენ კრიტერიუმს, რომლის არსი გამომდინარეობს შემდეგი მსჯელობიდან.

ტუმბოს ნორმალური, კავიტაციის გარეშე, მუშაობისათვის საჭიროა, რომ $p_{\text{ტ}}$ წნევატუმბოში შესვლისას იყოს კრიტიკულზე მეტი. კრიტიკულ წნევად მიიჩნევენ გადასატუმბი სითხის ნაჯერი ორთქლის წნევას $p_{\text{ორთქ}}$ ($p_{\text{ტ}} > p_{\text{ორთქ}}$). სხვა შემთხვევაში იმ ადგილებში, სადაც წნევა ვარდება $p_{\text{ორთქ}}$ -ზე ქვემოთ იწყება კავიტაცია და ტუმბოს მუშაობა უარესდება. ეს რომ არ მოხდეს, ნაკადის კუთრი ენერგია $E_{\text{ტ}}$ ტუმბოში შესვლისას, ტუმბოს ღერძის მიმართ,

უნდა იყოს საკმარისი ნაკადში სიჩქარისა და აჩქარების უზრუნველყოფისათვის და წინაღობების გადასალახად, ისე, რომ ადგილი არ ჰქონდეს წნევის კრიტიკულ დონემდე ვარდნას. ამასთან დაკავშირებით მნიშვნელოვანია არა ნაკადის კუთრი ენერგიის აბსოლუტური სიდიდის ცოდნა, არამედ მისი გადამეტება ენერგიაზე, რომელიც შეესაბამება გადასატუმბი სითხე ნაჯერი ორთქლის წარმოქმნის წნევას:

$$\Delta h = E_1 - \frac{p_{ორთქ}}{\rho g} = \frac{p_{ტ}}{\rho g} + \frac{v_{ტ}^2}{2g} - \frac{p_{ორთქ}}{\rho g} \quad (3.85)$$

Δh სიდიდეს კავიტაციურ მარაგს უწოდებენ. ნაკადში იგი მექანიკური ენერგიის მარაგს წარმოადგენს. ამ მარაგით იგი აღემატება ნაჯერი ორთქლის წნევას. ზოგჯერ ამ სიდიდეს შეწოვის ჭარბ წნევასაც (დაწნევას) უწოდებენ.

(3.77) და (3.85) განტოლებების გამოყენებით შეიძლება დავადგინოთ კავშირი კავიტაციურ Δh მარაგსა და შეწოვის გეომეტრიულ სიმაღლეს შორის

$$H_s = \frac{p_{ატმ}}{\rho g} - \frac{p_{ორთქ}}{\rho g} - \Delta h - h_{w_{0-1}} \quad (3.86)$$

ყველა ტუმბოს გააჩნია კავიტაციური მარაგის მინიმალური მნიშვნელობა $\Delta h_{მინ}$. ამ მნიშვნელობაზე ქვემოთ კავიტაციური მარაგის შემცირების შემთხვევაში ტუმბოში კავიტაციის განვითარება იწყება. (2.74) განტოლების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ $\Delta h_{მინ}$ -ის მინიმალურ მნიშვნელობას შეესაბამება შეწოვის გეომეტრიული სიმაღლის უდიდესი მნიშვნელობა:

$$H_{s,მაქ} = \frac{p_{ატმ}}{\rho g} - \frac{p_{ორთქ}}{\rho g} - \Delta h_{მინ} - h_{w_{0-1}} \quad (3.87)$$

ამ სიდიდეს შეწოვის კრიტიკულ სიმაღლეს უწოდებენ.

ტუმბოების საიმედო მუშაობისათვის ექსპლუატაციაში დასაშვები შეწოვის სიმაღლეს $H_{s,დას}$ უნდა გააჩნდეს მარაგი, რასაც ითვალისწინებს ფორმულაში მარაგის კოეფიციენტის φ .

$$H_{s,დას} = \frac{p_{ატმ}}{\rho g} - \frac{p_{ორთქ}}{\rho g} - \Delta h_{დას} - h_{w_{0-1}} \quad (3.88)$$

სადაც $\Delta h_{დას} = \varphi \Delta h_{მინ}$. ტუმბოს მუშაობის პირობების მიხედვით მარაგის კოეფიციენტის მნიშვნელობებია 1,1 – 1,5.

ტუმბოების კავიტაციის გარეშე მუშაობის რეჟიმის დადგენისას წარმოიშობა რიგი პრაქტიკული სიძნელეები, რომელთა შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია მინიმალური დასაშვები კავიტაციური მარაგის განსაზღვრა. კვლევების დიდი რიცხვის და ცდების მონაცემების განზოგადების საფუძველზე რუდნევის მიერ მინიმალური კავიტაციური მარაგის დასადგენად მიღებულია შემდეგი ფორმულა:

$$\Delta h_{მინ} = \left(\frac{n_s \sqrt{Q}}{C} \right)^{3/4} \quad (3.89)$$

სადაც C მუდმივაა. იგი დამოკიდებულია ტუმბოს კონსტრუქციულ თავისებურებაზე (ცხრ. 3.3).

ცხრილი 3.3

C მუდმივას მნიშვნელობები

n_s	50 - 70	70 - 80	80 - 150	150-250
C	600 - 750	800	800 - 1000	1000 -1200

$\Delta h_{\text{გონ}}$ - ს განსაზღვრისას ორმხრივი მიწოდების ტუმბოებისათვის ფორმულაში (3.89) უნდა ჩაისვას მისაწოდებელი ხარჯის ნახევარი.

3.3. ფრთოვანა ტუმბოების მახასიათებლები და მუშაობის რეჟიმი

3.3.1. ტუმბოების თეორიული მახასიათებლები

ფრთოვანა ტუმბოების ძირითადი პარამეტრები (მიწოდება, წნევა, სიმძლავრე, მარგი ქმედების კოეფიციენტი და ბრუნვის სიხშირე) ერთმანეთთან გარკვეულ დამოკიდებულებაში იმყოფებიან. ეს დამოკიდებულება უფრო ნათელია ხდება მახასიათებელი მრუდების განხილვის დროს.

მიწოდების სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის წნევის, სიმძლავრის და მქვ მნიშვნელობები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს წერტილთა სისტემით კოორდინატებში $Q - H$, $Q - N$ და $Q - \eta$. წერტილების მდორე მრუდით შეერთების შემდეგ მივიღებთ დამოკიდებულების უწყვეტ მახასიათებელს, მოყვანილ პარამეტრებსა და ტუმბოს მიწოდებას შორის, ბრუნვის მუდმივი სიხშირის დროს. ტუმბოს ძირითადი მახასიათებელი მრუდი გრაფიკა, რომელიც გამოსახავს დამოკიდებულებას წნევასა და მიწოდებას (ხარჯს) შორის $H = f(Q)$, ბრუნვის მუდმივი სიხშირის დროს $n = const$.

თეორიული მახასიათებლის $Q - H$ -ს ასაგებად გამოვიყენოთ ცენტრიდანული ტუმბოს ძირითადი განტოლება. თუ ბორბალში ნაკადი შედის ბრუნვის გარეშე (ჩახვევის გარეშე), მაშინ

$$H_{\text{თ}} = \frac{u_2 v_{2u}}{g} \quad (3.90)$$

ტუმბოს იდეალური მიწოდება

$$Q_{\text{თ}} = \pi D_2 b_2 v_{2r} \quad (3.91)$$

აქედან

$$v_{2r} = \frac{Q_{\text{თ}}}{\pi D_2 b_2} \quad (3.92)$$

სადაც D_2 - მუშა ბორბლის დიამეტრია;

b_2 - მუშა ბორბლის სიგანე.

ნახ. 3.27 - დან გამომდინარეობს, რომ

$$v_{2u} = u_2 - \frac{v_{2r}}{tg \beta_2} \quad \text{ან} \quad v_{2u} = u_2 - \frac{Q_{\text{თ}}}{\pi D_2 b_2 tg \beta_2} \quad (3.93)$$

ჩავსვათ მიღებული მნიშვნელობა v_{2u} თეორიული დაწნევის ძირითად განტოლებაში:

$$H_{\text{თ}} = \frac{u_2}{g} \left(u_2 - \frac{Q_{\text{თ}}}{\pi D_2 b_2 tg \beta_2} \right) \quad (3.94)$$

ან

$$H_{\text{თ}} = \frac{u_2^2}{g} - \frac{u_2 Q_{\text{თ}}}{\pi g D_2 b_2} \cdot \frac{1}{tg \beta_2} \quad (3.95)$$

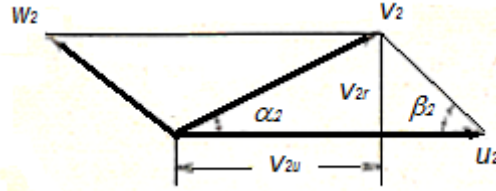
$n = const$ დროს წრიული სიჩქარე u_2 იქნება მუდმივი. ცხადია, რომ განსახილველი ტუმბოსათვის D_2 , b_2 და $tg \beta_2$ ასევე მუდმივი სიდიდეებია. აღვნიშნოთ მუდმივი სიდიდეები კოეფიციენტებით A და B :

$$\frac{u_2^2}{g} = A; \frac{u_2}{\pi g D_2 b_2} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \beta_2} = B \quad (3.96)$$

მაშინ

$$H_{\sigma} = A - B Q_{\sigma} \quad (3.97)$$

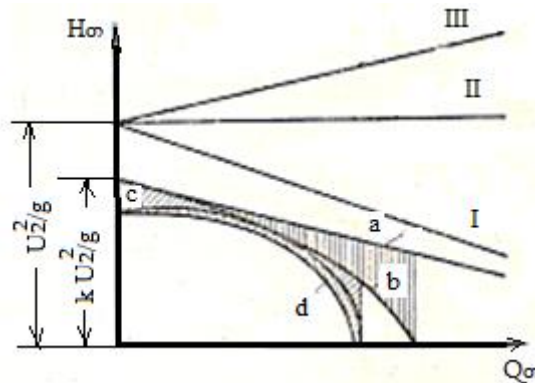
აქედან გამომდინარე H_{σ} -ისა და Q_{σ} -ის დამოკიდებულება გამოისახება პირველი ხარისხის განტოლებით, რომელიც კოორდინატებში $H_{\sigma} - Q_{\sigma}$ გრაფიკულად გამოისახება წრფე-ბით. ამ წრფეების დახრის კუთხე დამოკიდებულია კუთხის კოეფიციენტის მნიშვნელობაზე, კუთხის კოეფიციენტი კი კუთხის β_2 ფუნქციაა.



ნახ. 3.27. წყლის მოძრაობის სიჩქარეების პარალელოგრამი ბორბლიდან გამოსვლისას

ნახ. 3.28 მოცემულია განტოლება (3.97)-ის გრაფიკული ინტერპრეტაცია კუთხის კოეფიციენტის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის. გავანალიზოთ წრფივი ხაზების მდებარეობა როცა $\beta_2 < 90^\circ$, $\beta_2 = 90^\circ$ და $\beta_2 > 90^\circ$.

$H_{\sigma} - Q_{\sigma}$ დამოკიდებულების გრაფიკების აგებისათვის დავუშვათ რომ, თუ $Q_{\sigma} = 0$, მაშინ $H_{\sigma} = u_2^2/g$; როცა $H_{\sigma} = 0$, $Q_{\sigma} = u_2 \pi D_2 b_2 \operatorname{tg} \beta_2$.



ნახ. 3.28. ტუმბოს თეორიული მახასიათებელი $H - Q$.

თუ $\beta_2 > 90^\circ$ (ფრთები გადახრილია უკან) $\operatorname{tg} \beta_2 > 0$, ამიტომ Q_{σ} - ს მომატების დროს H_{σ} , რომელსაც ავითარებს ტუმბო, მცირდება. აქედან გამომდინარე თეორიულ წნევის მიწოდებაზე დამოკიდებულების წრფე (იხ. ნახ. 3.28, წრფე I) დახრილია ქვემოთ. რაც უფრო ნაკლებია $\operatorname{tg} \beta_2$, ე.ი. კუთხე β_2 , მით უფრო მეტია წრფე I-ის დახრა.

თუ $\beta_2 = 90^\circ$ (ფრთები მიმართულია რადიალურად) $\operatorname{tg} \beta_2 = \infty$, ამიტომ განტოლების მეორე წევრი იქნება ნულის ტოლი და $H_{\sigma} = u_2^2/g$, ე.ი. $H_{\sigma} - Q_{\sigma}$ დამოკიდებულების გრაფიკი სწორი ხაზით II გამოისახება, რომელიც პარალელურია Q_{σ} ღერძისა და H_{σ} ღერძს კვეთს წერტილში $H_{\sigma} = u_2^2/g$.

თუ $\beta_2 < 90^\circ$ (ფრთები გადახრილია წინ) $\operatorname{tg} \beta_2 < 0$ - (3.97) განტოლების მეორე წევრი იცვლის ნიშანს მინუსიდან პლიუსზე. ამ შემთხვევაში მიწოდების მომატებისას იზრდება წნევა, თანაც, რაც უფრო მეტია β_2 , მით უფრო მეტია წნევა. $H_{\sigma} - Q_{\sigma}$ დამოკიდებულების გრაფიკი

გამოისახება ზემოთ მიმართული სწორი ხაზით III. $Q_{\sigma} = 0$ დროს წრფივი III - ს საწყისი ორდინატა ტოლი იქნება $H_{\sigma} = u_2^2/g$.

როგორც გრაფიკიდან ჩანს (ნახ. 3.28) მუშა ბორბალი წინ გადახრილი ფრთებით ქმნის გაცილებით უფრო მეტ დაწნევას, ვიდრე ბორბალი უკან გადახრილი ფრთებით და ამამია მისი უპირატესობა. მაგრამ ბორბლების მიერ შექმნილი დინამიკური დაწნევის გადაყვანა სტატიკურში, ბორბლიდან გამოსული ნაკადის აბსოლუტური სიჩქარის შემცირების ხარჯზე, დაკავშირებულია ენერჯის დიდ დანაკარგებთან. ამიტომ სითხეების გადატუმბვისათვის გათვალისწინებული ცენტრიდანული ტუმბოების მუშა ბორბლებს ამზადებენ უკან გადახრილი ფრთებით. აქედან გამომდინარე პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ამ წრფეებიდან მხოლოდ ერთს (წრფე I), რომელიც შეესაბამება ტუმბოს მუშაობას, მასში დანაკარგების გათვალისწინების გარეშე.

ტუმბოს რეალური (ნამდვილი) მახასიათებლის მისაღებად საჭიროა შევიტანოთ შესწორება ჰიდრაულიკურ, მოცულობით, მექანიკურ დანაკარგებზე და ფრთების რიცხვის სასრულ რაოდენობაზე.

თეორიული დაწნევა ფრთების სასრული რაოდენობისას H'_{σ} ნაკლები იქნება თეორიული დაწნევაზე ფრთების უსასრულო რიცხვისას H_{σ} . თეორიული დაწნევის შემცირებას ითვალისწინებს ფრთების სასრული რიცხვის შესწორების k კოეფიციენტი. ამიტომ $H'_{\sigma} - Q'_{\sigma}$ თეორიული მახასიათებლების წრფე (წრფე a), რომელიც ითვალისწინებს შესწორებას ფრთების სასრულ რიცხვზე, დადაბლდება და გადაკვეთს ღერძს H_{σ} -ს სიმაღლეზე

$$H'_{\sigma} = kH_{\sigma} \quad (3.98)$$

ან

$$H'_{\sigma} = ku_2^2/g. \quad (3.99)$$

წრფე I და წრფე a (იხ. ნახ. 3.28) იკვეთებიან ღერძზე Q_{σ} , თუ მივიღებთ, რომ კოეფიციენტი k არ არის დამოკიდებული მიწოდებაზე. ხოლო, თუ ის დამოკიდებულია მიწოდებაზე გადაკვეთა მოხდება Q_{σ} ღერძის ქვემოთ. დანაკარგები წინააღმდეგობაზე, ნაკადის გადინებისას ტურბულენტური რეჟიმის დროს პრაქტიკულად შეიძლება ჩავთვალოთ ხარჯის (მიწოდების) კვადრატის პროპორციულად, ე.ი. $h_{\text{დაწ}} = SQ^2$. ამ შემთხვევაში არხებში ხახუნზე დანაკარგები გრაფიკულად გამოისახება პარაბოლით, რომლის წვერო მდებარეობს კოორდინატთა სათავეში. ამ დანაკარგების გამოკლებით წრფე a - დან მოგვეცემს მრუდს b -ს. (იხ. ნახ. 3.28, მრუდი b).

დანაკარგები დარტყმაზე სითხის შესვლისას ფრთებზე ან მიმართულების განმსაზღვრელ აპარატში, გამოწვეულია საშუალო სიჩქარის მიმართულების მკვეთრ ცვლილებასთან. $Q_{\text{საანგ}}$ საანგარიშო მიწოდებისათვის ფრთების დახრის კუთხე ბორბალში ან მიმართულების აპარატში შესვლისას და გამოსვლისას შერჩეული უნდა იყოს ისე, რომ არ წარმოიშვას დანაკარგები დარტყმაზე, ე.ი. $h_{\text{დარტ}} = 0$. მიწოდების მიმართულების შეცვლისას წარმოიქმნება დანაკარგები დარტყმაზე, რომლებიც იზრდება მიწოდების გადახრის კვადრატის პროპორციულად:

$$h_{\text{დარტ}} = k'(Q_x - Q_{\text{საანგ}})^2 \quad (3.100)$$

გრაფიკულად ეს განტოლება შეესაბამება პარაბოლურ მრუდს რომლის წვერი განლაგებულია წერტილში, რომელიც შეესაბამება შესვლას დარტყმის გარეშე $h_{\text{დარტ}} = 0$ როცა $Q_x = Q_{\text{საანგ}}$. (იხ. ნახ. 3.28, მრუდი c).

ბერნულის განტოლების თანახმად სტატიკური (სასარგებლო) წნევის ამალეებისათვის საჭიროა მნიშვნელოვნად შევამციროთ გამოსაყვან მილყელში ნაკადის სიჩქარე. სითხის ჰიდროდინამიკის კანონების თანახმად, ნაკადის სიჩქარის ნებისმიერ ცვლილებას თან ახლავს დანაკარგები, რომლებიც პირდაპირპროპორციულია სიჩქარის ცვლილების კვადრატისა.

C მრუდის აგებისას მხედველობაში არ იყო მიღებული ღრიჭობებიდან წყლის დაკარგვა. თუ გავითვალისწინებთ ამ დანაკარგებს, მაშინ მიღებული დაწნევა H შეესაბამება ტუმბოს ნაკლებ მიწოდებას (ხარჯს). აქედან გამომდინარე რეალური (ნამდვილი) მახასიათებელი $H - Q$ (მრუდი d) ოდნავ გადაინაცვლებს მარცხნივ. ვინაიდან თანამედროვე ცენტრიდანულ ტუმბოს კონსტრუქციებიდან გადინება (წყლის დანაკარგები) არ აღემატება 2-5 %, მისი გავლენა იძლევა მახასიათებლის უმნიშვნელო გადაადგილებას.

მექანიკურ დანაკარგებს მიეკუთვნება დანაკარგები ბორბლის დისკების სითხესთან ხახუნზე, დანაკარგები ხახუნზე საკისარში და ჩოხალში. ამ დანაკარგებს თითქმის არა აქვს გავლენა ტუმბოს მახასიათებლებზე, ამიტომ ისინი აქ არ განიხილება.

3.3.2. ტუმბოს მუშა მახასიათებლები და მათი აგების ხერხები

გაანგარიშების გზით ტუმბოს მუშა მახასიათებლის მიღების ძირითად სირთულეს წარმოადგენს დანაკარგების კოეფიციენტების შერჩევა, რომლებსაც გავლენა აქვთ ტუმბოს დაწნევაზე და მიწოდებაზე. ამიტომ ტუმბოების მუშაობის რეჟიმის გაანგარიშებისას სარგებლობენ ტუმბოს გამოცდის დროს მიღებული მუშა მახასიათებლებით. მცირე და საშუალო სიდიდის ტუმბოები გამოიცდება ქარხნის საცდელ სტენდზე. მსხვილი (დიდი) ტუმბოების გამოცდა დასაშვებია ექსპლუატაციის ადგილზე, ბრუნვის სიხშირისას რომელიც განსხვავებულია ნომინალური სიხშირისაგან არა უმეტეს 5 %-ით.

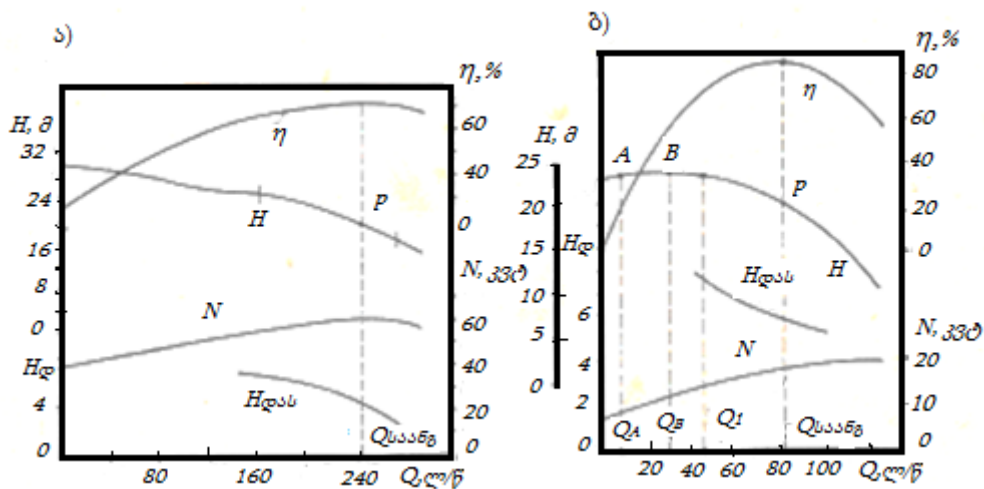
ცდების გაზომვების საფუძველზე ფორმულებით (3.18) და (3.10) შესაბამისი მიწოდებისათვის მუდმივი ბრუნვის სიხშირისათვის ანგარიშობენ დაწნევას და ტუმბოს მარგი ქმედების კოეფიციენტს. მიწოდების რიგი მნიშვნელობებისათვის მიღებული დაწნევის, სიმძლავრის, მარგი ქმედების კოეფიციენტის და შეწოვის დასაშვები სიმაღლის მნიშვნელობები შეიძლება წარმოვადგინოთ როგორც წერტილების სისტემა კოორდინატებში $H, N, \eta, H_{დას}$ და Q (ნახ. 3.29). შესაბამისი წერტილების მდორე მრუდით შეერთებით, მივიღებთ განხილული პარამეტრების მიწოდებაზე დამოკიდებულების მრუდებს მუდმივი ბრუნვის სიხშირის და მოცემული მუშა ბორბლის დიამეტრის დროს.

$H - Q, N - Q, \eta - Q$ და $H_{დას} - Q$ მიღებულ მრუდებს უწოდებენ ცენტრიდანული ტუმბოს მახასიათებლებს და შეაქვთ ტუმბოს პასპორტში. ნახ. 3.29 – დან ჩანს, რომ მქკ-ის მაქსიმალურ მნიშვნელობას შეესაბამება მიწოდება $Q_{საანგ}$ და დაწნევა $H_{საანგ}$. $H - Q$ მახასიათებლის P წერტილი, რომელიც შეესაბამება მქკ-ის მაქსიმალურ მნიშვნელობას ეწოდება **რეჟიმის ოპტიმალური წერტილი**. $H - Q$ თეორიული დამოკიდებულებებიდან გამომდინარეობს, რომ მიწოდების შემცირების დროს დაწნევა მატულობს და აღწევს თავის მაქსიმალურ მნიშვნელობას, როცა მიწოდება უდრის ნულს, ე.ი. საწნეო მოლსადენზე დაკეტილი ურდულის დროს. მაგრამ ტუმბოების გამოცდამ გვიჩვენა, რომ ზოგიერთი ტუმბო ავითარებს მაქსიმალურ დაწნევას ურდულის გახსნის შემდეგ (ნახ. 3.29, ბ), ე.ი. საწყის პერიოდში მიწოდების გაზრდასთან ერთად დაწნევა იზრდება, შემდეგ კი მცირდება. ნახ. 3.29 ბ ჩანს, რომ დაწნევა H_A შეესაბამება ორ მიწოდებას: Q_A

და Q_1 . ტუმბოს მიწოდება იცვლება უეცრად, თან ახლავს ძლიერი ხმაური და ჰიდრავლიკური დარტყმები, რომლის ძალა დამოკიდებულია მიწოდების ცვლილების დიაპაზონზე და მილსადენის სიგრძეზე.

$H - Q$ მახასიათებელ მრუდებს, რომლებსაც აქვს მაქსიმალური დაწნევა რომელიმე შუალედური მიწოდების დროს, უწოდებენ აღმავალს. ტუმბოს მუშაობის რეჟიმს მიწოდების ფარგლებში $0 - Q_1$, უწოდებენ მუშაობის არამყარ არეს. მახასიათებლებს, რომლებსაც არ გააჩნია აღმავალი მონაკვეთი, ეწოდება სტაბილური.

$H - Q$ მახასიათებლის ფორმა დამოკიდებულია ტუმბოს სწრაფი სვლის კოეფიციენტზე n_s . რაც უფრო მეტია სწრაფი სვლის კოეფიციენტის მნიშვნელობა, მით უფრო დამრეცია მრუდი $H - Q$. იმ ტუმბოს, რომელსაც გააჩნია სტაბილური მუშა მახასიათებელი, მისი მუშაობის რეჟიმი მყარად მიმდინარეობს მრუდის ნებისმიერ წერტილში.



ნახ. 3.29. ცენტრიდანული ტუმბოს მახასიათებლები

სტაბილურ, მდორედ დახრილი მახასიათებლის დროს მიწოდების მნიშვნელოვანი ცვლილებისას ტუმბოს დაწნევა იცვლება უმნიშვნელოდ. ასეთი მახასიათებლის მქონე ტუმბოები მიზანშეწონილია გამოყენებული იყოს იქ, სადაც საჭიროა მიწოდების ფართო დიაპაზონში ცვლილება დაწნევის მუდმივობის დროს.

სტაბილური მკაფიოდ დამრეცი მახასიათებლის მქონე ტუმბო ჩვეულებრივ გამოიყენება სისტემებში, სადაც საჭიროა მიწოდების შენარჩუნება დაწნევის მნიშვნელოვანი გადახრისას. აღმავალი მახასიათებლის ტუმბოები გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როცა მიწოდება არ მცირდება Q_1 .

$H - Q$ მრუდის დახრილობა შეიძლება შევაფასოთ თანაფარდობით

$$k = \frac{H_0 - H_x}{H_x} \cdot 100 \% \quad (3.101)$$

სადაც H_0 - ტუმბოს დაწნევა ღია ურდულის დროს;

H_x - ტუმბოს დაწნევა მაქსიმალური მქც დროს.

მდორე მახასიათებლის დახრილობა ჩვეულებრივ არის 8 - 12 %, მკაფიოდ დამრეცი მახასიათებლის დახრილობა კი 25 - 30 %-ს შეადგენს.

3.3.3. ტუმბოს მახასიათებლების ცვლილება ბრუნვის სიხშირის და მუშა ბორბლის გეომეტრიული ზომების ცვლილებისას

საწარმოო პირობებში ხშირად აუცილებელია მუშა მახასიათებლების გადათვლა, რომლებიც განსაზღვრულია n ბრუნვის სიხშირის დროს მუშა ბორბლის ბრუნვის სხვა n_1 სიხშირეზე გადასვლისათვის, როცა $D_2 = \text{const}$. ვინაიდან მუშა ბორბლის გარე დიამეტრი რჩება უცვლელი მაშინ თანაფარდობა D_2/D'_2 ერთის ტოლი იქნება. ცენტრიდანული ტუმბოების მსგავსების კანონებიდან გამომდინარე კი გვექნება:

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1} \quad (3.102)$$

$$\frac{H}{H_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^2 \quad (3.103)$$

$$\frac{N}{N_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^3 \quad (3.104)$$

მიღებულ გამოსახულებებს უწოდებენ პროპორციულობის კანონს.

ტუმბოს შეწოვის სიმაღლე n_1 ბრუნვის სიხშირისას განისაზღვრება განტოლებით

$$H'_{\text{დას}} = 10 - \left[10 - H_{\text{დას}} \left(\frac{n_1}{n}\right)^2\right] \quad (3.105)$$

სადაც $H'_{\text{დას}}$ - შეწოვის დასაშვები ვაკუუმეტრიული სიმაღლეა, რიცა ბრუნვის სიხშირე არის n_1 ;

$H_{\text{დას}}$ - იგივე, როცა ბრუნვის სიხშირე არის n .

დადგენილი პროპორციულობის კანონი საშუალებას იძლევა ცდებით მიღებული ერთი მახასიათებლიდან $H - Q$ ავაგოთ ტუმბოს რიგი მახასიათებლები ბრუნვათა სიხშირის დიდ დიაპაზონში ცვლილებისას.

თუ გამოვრიცხავთ (3.102) და (3.103) განტოლებებიდან ბრუნვის სიხშირეს, მივიღებთ:

$$H_1 = \frac{H}{Q^2} \cdot Q_1^2 = \text{const} Q_1^2 \quad (3.106)$$

ე.ი. მივიღებთ პარაბოლას განტოლებას წვეროთი კოორდინატთა სათავეში. იგი გადის წერტილში A , კოორდინატებით Q_A და H_A . პარაბოლა $0A_i A_2 A_1 A$ (ნახ. 3.30) წარმოადგენს წერტილების გეომეტრიულ ერთობლიობას, რომლებიც განსაზღვრავენ ტუმბოს მუშაობის რეჟიმს, მსგავსს მუშაობის რეჟიმისა წერტილში A და მას უწოდებენ მსგავსი რეჟიმების პარაბოლას.

ცხადია, რომ წერტილი A - ს კოორდინატების გადათვლა ნებისმიერი სხვა სიხშირისათვის (3.102) და (3.103) ფორმულების მეშვეობით მოგვცემს წერტილებს, რომლებიც განლაგებულნი იქნებიან მსგავსი რეჟიმების პარაბოლებზე. აქედან გამომდინარე, $H - Q$ მახასიათებლის ნებისმიერი სხვა წერტილის კოორდინატების გადათვლისას n ბრუნვის სიხშირიდან n_1, n_2, \dots, n_i ბრუნვის სიხშირეზე, მივიღებთ წერტილებს $B_1, B_2, \dots, B_i; C_1, C_2, \dots, C_i$ და ა.შ., რომლებიც განლაგდებიან პარაბოლებზე $0B_i, \dots, B; 0C_i, \dots, C$. $A_1, B_1, C_1 \dots$ წერტილების მდოვრე მრუდით შეერთებით მივიღებთ ტუმბოს $H_1 - Q_1$ მახასიათებელს n_1 ბრუნვის სიხშირისათვის. იგივე ოპერაციების განმეორებით $A_2, B_2, C_2, \dots, A_i, B_i, C_i \dots$ წერტილებისათვის, შესაბამისად მივიღებთ მახასიათებლებს $H_2 - Q, \dots, H_i - Q$ (იხ. ნახ. 3.30, ა).

მსგავსი რეჟიმების პარაბოლა არის ასევე მუდმივი მქკ-ს ხაზი. სინამდვილეში ტუმბო ვერ ინარჩუნებს მუდმივ მქკ-ს, ვინაიდან n გაზრდასთან ერთად მატულობს ნაკადის სიჩქარე და პროპორციულად სიჩქარის კვადრატისა მატულობს ჰიდრავლიკური დანაკარგები. მეორე მხრივ მექანიკური დანაკარგები უფრო მეტია n -ის მცირე მნიშვნელობებისას, ე.ი. მაშინ როცა ტუმბოს სიმძლავრე მცირეა. მქკ ოპტიმალურ მნიშვნელობას აღწევს საანგარიშო ბრუნვის სიხშირის $n_{საანგ}$ -ს დროს. n -ის სხვა მნიშვნელობებისათვის, $n_{საანგ}$ -ზე მეტი ან ნაკლები მნიშვნელობებისას, მქკ მცირდება, n და $n_{საანგ}$ შორის სხვაობის ზრდის მიხედვით.

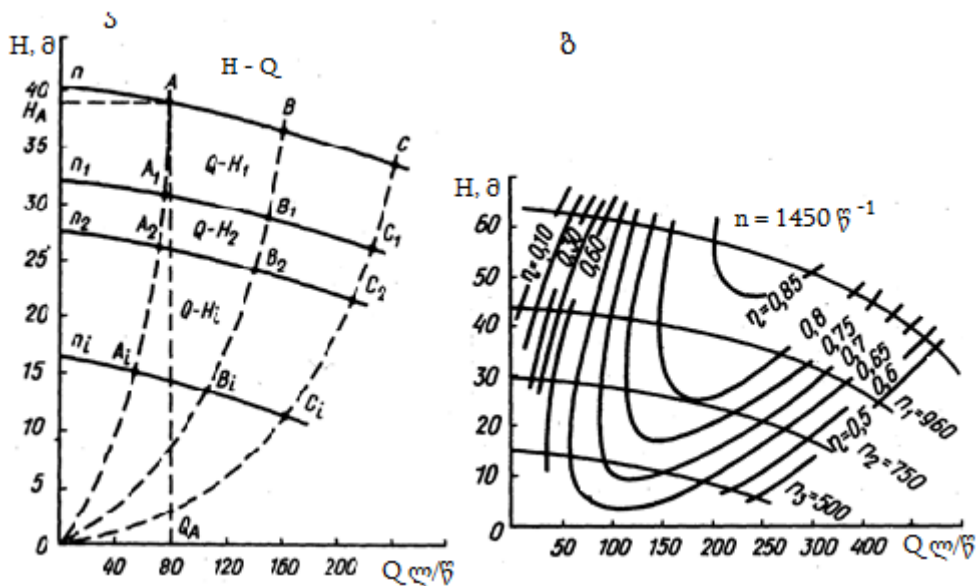
თუ მიღებულ მახასიათებლებზე $H - Q$, $H_2 - Q$, ..., $H_i - Q$ ავლნიშნავთ ტოლი მქკ-ს მნიშვნელობების წერტილებს და შევადრთებთ მდორე მრუდებით, მივიღებთ ეგრეთ წოდებულ უნივერსალურ მახასიათებლებს (იხ. ნახ. 3.30, ბ). ამ მახასიათებლიდან ჩანს, რომ მქკ-ს უდიდეს მნიშვნელობას უზრუნველყოფს პრაგა ბრუნვის სიხშირით 1450 წუთი^{-1} . უნივერსალური მახასიათებელი საშუალებას იძლევა სრულად გამოვიკვლიოთ ტუმბოს მუშაობა ბრუნვის სიხშირის, მქკ, სიმძლავრის ცვლილებისას ნებისმიერი რეჟიმული წერტილისათვის. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ტუმბოს მუშაობის რეჟიმი შემცირებული ბრუნვის სიხშირით დასაშვებია, მაგრამ ბრუნვის სიხშირის მომატება უნდა იყოს შეთანხმებული ტუმბოს დამამზადებელ ქარხანასთან.

სატუმბო სადგურების პროექტირების და ექსპლუატაციის პრაქტიკაში ხშირად, ტუმბოს მუშაობის ველის გასაფართოებლად, აწარმოებენ მუშა ბორბლის გადაჭრას, ე.ი. ბორბლის დიამეტრის D_2 -ს შემცირებას, ისე, რომ შენარჩუნდეს $b_2 = const$.

$D_{მოჭ}$ დიამეტრის მოჭრილი მუშა ბორბლის მქონე ტუმბოს მიწოდება $Q_{მოჭ}$ და დაწნევა $H_{მოჭ}$ შეიძლება დავადგინოთ ცენტრიდანული ტუმბოს მსგავსების კანონის განტოლებების მიხედვით, თუ ვიცით ნომინალური (მოუჭრელი) D_2 დიამეტრის ტუმბოს მიწოდება Q და H .

მსგავსების კანონიდან, იმ პირობით, რომ ბრუნვის სიხშირე $n = const$ და ბორბლის სიგანე $b_2 = const$, მივიღებთ:

$$\frac{H_{მოჭ}}{H} = \left(\frac{D_{მოჭ}}{D}\right)^2; \quad \frac{Q_{მოჭ}}{Q} = \left(\frac{D_{მოჭ}}{D}\right)^2 \quad (3.107)$$



ნახ. 3.30. ცენტრიდანული ტუმბოების მახასიათებლები:

ა - ბრუნვის ცვლილებისას; ბ - უნივერსალური

მიღებული ტოლობის ექსპერიმენტულმა შემოწმებამ უჩვენა, რომ ცენტრიდანულ ტუმბოებს, სწრაფ სვლის კოეფიციენტით $n_s < 150$, უკეთესი მსგავსება საანგარიშო $Q_{მოჭ}$, $H_{მოჭ}$ და ცდებიდან მიღებულ სიდიდეებს შორის მიიღება როცა ბორბლის გადაჭრა იანგარიშება ფორმულებით:

$$\frac{H_{მოჭ}}{H} = \left(\frac{D_{მოჭ}}{D}\right)^2; \frac{Q_{მოჭ}}{Q} = \frac{D_{მოჭ}}{D} \quad (3.108)$$

გამოვიკვლიოთ ტუმბოს მუშაობის რეჟიმული წერტილების ცვლილება, ტუმბოს მუშა ბორბლის გადაჭრის დროს. (3.6) განტოლებებიდან გამომდინარეობს, რომ

$$\frac{D^2}{H} = \frac{D_{მოჭ}^2}{H_{მოჭ}} = k_1 = const; \quad (3.109)$$

$$\frac{D^2}{Q} = \frac{D_{მოჭ}^2}{Q_{მოჭ}} = k_2 = const. \quad (3.109)$$

აქედან

$$k_1 H = k_2 Q$$

მივიღოთ

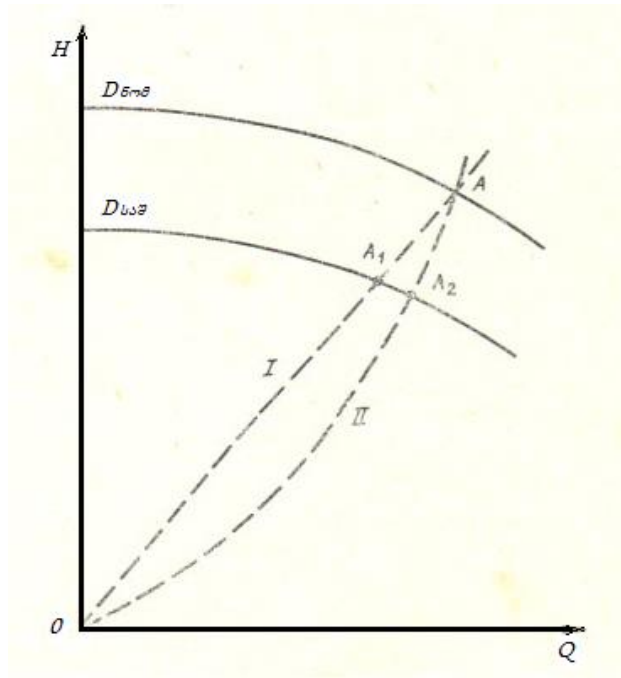
$$\frac{k_2}{k_1} = k$$

მაშინ მივიღებთ

$$H = kQ. \quad (3.110)$$

აქედან გამომდინარე რეჟიმული წერტილების გადაადგილება კოორდინატებში $H - Q$, მუშა ბორბლის დიამეტრის შემცირებისას, ხდება სწორი ხაზის I მიხედვით, რომელიც გადის კოორდინატა დასაწყისში, ე.ი. წერტილი A , მდებარე $H - Q$ მახასიათებელზე, რომელიც შეესაბამება $D_{ნომინ}$ გადაინაცვლებს A_1 წერტილში (ნახ. 3.31).

(3.108) ტოლობის ანალოგიური გამოკვლევის ჩატარებისას, მივიღებთ: $H = kQ^2$. მაშასადამე, მუშა ბორბლის გადაჭრის გაანგარიშება (3.108) განტოლების მიხედვით, რეჟიმული წერტილები გადაადგილდებიან კვადრატული პარაბოლების II მიხედვით, რომლის წვერი მდებარეობს კოორდინატა სათავეში (ნახ. 3.31), ე.ი. წერტილი A გადაინაცვლებს A_2 წერტილში.



ნახ. 3.31. რეჟიმული წერტილის ადგილმდებარეობის ცვლილება მუშა ბორბლის გადაჭრისას

ტუმბოს მქც-ის ცვლილება შეიძლება გავიანგარიშოთ მრუდის ფორმულების მიხედვით, რომლებიც გამოიყენება ჰიდროტურბინულ მშენებლობაში სრული მქც η_B (იზრდება) ოპტიმალური მნიშვნელობის გამოთვლისათვის მოდელის η_B მნიშვნელობის მიხედვით:

$$\eta_{მოჭ} = 1 - (1 - \eta) \cdot \left(\frac{D}{D_{მოჭ}}\right)^{0,25} \quad (3.111)$$

$\eta_{მოჭ}$ ექსპერიმენტალური გამოკვლევა გვიჩვენებს, რომ ბორბლის გადაჭრისას მქც იცვლება უმნიშვნელოდ და დამოკიდებულია სწრაფი სვლის კოეფიციენტზე. სიზუსტის საკმარისი ხარისხით შეიძლება მივიღოთ, რომ მქც მცირდება 1 %-ით ბორბლის გადაჭრის ყოველ 10 %-ზე, როცა სწრაფი სვლის კოეფიციენტი $n_s = 60 \dots 200$ და 1 %-ით გადაჭრის ყოველ 4 %-ზე, როცა $n_s = 200 \dots 300$.

სწრაფი სვლის კოეფიციენტის მიხედვით რეკომენდაციას უწევენ ბორბლის გადაჭრის შემდეგ ზღვრებს:

$60 < n_s < 120$	20 – 15 %
$120 < n_s < 200$	15 – 11 %
$200 < n_s < 300$	11 – 7 %

ტუმბოს ტექნიკურ პასპორტში მოყვანილია ტუმბოს მახასიათებელი $H - Q$, ნორმალური მუშა ბორბლისათვის. მაგალითად ტუმბოსათვის $10D - 9D=336$ მმ და მისი გადაჭრის რეკომენდირებული სიდიდის $D_{გაქს.მოჭ}=325$ მმ შტრიხწერტილოვანი ხაზი (ნახ. 3.6). მაგრამ რეჟიმული წერტილი b (დავუშვათ მისი პარამეტრებია $Q = 150$ ლ/წმ და $H = 35$ მ) შეიძლება არ დაემთხვას მოცემულ მახასიათებლებს. ამ შემთხვევაში საჭიროა ჩავატაროთ ბორბლის გადაჭრის გაანგარიშება ისეთ ფარგლებში, რომ გადაჭრილი ბორბლის $H - Q$ მახასიათებელმა გაიაროს b წერტილში.

მაგალითი. ავაგოთ მახასიათებელი $H_{მოჭ}-Q_{მოჭ}$ იმის გათვალისწინებით, რომ ტუმბოს 10Д-9 სწრაფი სვლის კოეფიციენტი $n_s \approx 90$.

გაანგარიშება. ვისარგებლოდ (3.7) ფორმულით და ავაგოთ მსგავსების რეჟიმების პარაბოლა, რომელიც გაივლის B წერტილში:

$$\frac{Q}{Q_{მოჭ}} = \frac{D}{D_{მოჭ}}; \frac{H}{H_{მოჭ}} = \left(\frac{D}{D_{მოჭ}}\right)^2; \frac{Q}{150} = \frac{366}{D_{მოჭ}}; \frac{H}{35} = \left(\frac{366}{D_{მოჭ}}\right)^2$$

$$\left(\frac{Q}{150}\right)^2 = \frac{H}{35}; H = 35 \left(\frac{Q}{150}\right)^2.$$

H -ის გამოსათვლელად ვიღებთ Q მიწოდების რამდენიმე სიდიდეს (გაანგარიშების შედეგები მოყვანილია ცხრ. 3.4)

ცხრილის 3.4 მონაცემების მიხედვით ვაგებთ მსგავსების რეჟიმის პარაბოლას (ნახ. 3.32. მრუდი 1-3). პარაბოლის მიერ $H - Q$ მრუდის გადაკვეთის B წერტილი, რომელიც შეესაბამება ბორბალს $D=336$ მმ, არის ის წერტილი, რომელიც ბორბლის გადაჭრის შემდეგ გადაინაცვლებს A წერტილში. (ნახ. 3.32) ვიღებთ B წერტილის კოორდინატებს: $Q = 156,7$ ლ/წმ. აქედან კი

$$\frac{156,7}{150} = \frac{366}{D_{მოჭ}}; D_{მოჭ} = \frac{366 \cdot 150}{156,7} = 350,3 \text{ მმ}$$

ცხრილი 3.4

გაანგარიშების შედეგები

წერტილების # (ნახ.3.6)	Q	$Q/150$	$(Q/150)^2$	H
1	140	0,933	0,87	30,45
2	145	0,966	0,933	32,65
3	160	1,066	1,136	39,76

ბორბლის გადაჭრა შეადგენს 4,3 %-ს. აქედან გამომდინარე ტუმბოს მკვ მცირდება დაახლოებით 0,5 %-ით. გადაჭრილი ბორბლის დიამეტრის დადგენის შემდეგ, შეიძლება ავაგოთ $H_{მოჭ}-Q_{მოჭ}$ მახასიათებელი:

$$Q_{მოჭ} = Q \frac{D_{მოჭ}}{D} \text{ და } H_{მოჭ} = H \left(\frac{D_{მოჭ}}{D}\right)^2;$$

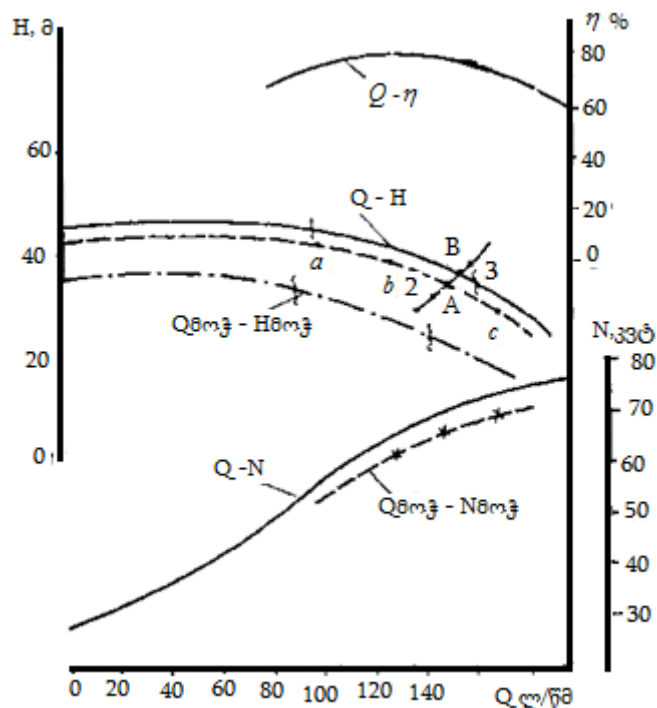
$$\frac{D_{მოჭ}}{D} = \frac{350,3}{366} = 0,957; \left(\frac{D_{მოჭ}}{D}\right)^2 = 0,957^2 = 0,916$$

ავირჩიოთ ნებისმიერი Q და მრუდზე $H - Q$ დავადგინოთ მისი შესაბამისი H (როცა $D=336$ მმ), გამოვთვალოთ კოორდინატები $H_{მოჭ}$ და $Q_{მოჭ}$ (გამოთვლის შედეგები მოცემულია ცხრ. 3.5.

ცხრილი 3.5

$H_{მოჭ}$ და $Q_{მოჭ}$ გამოთვლის შედეგები

წერტილების # ნახ. 3.6	Q	$Q_{მოჭ}$	H	$H_{მოჭ}$
a	100	95,7	45	41,2
b	130	124,4	41,8	38,3
A	156,7	150	38,21	35
c	170	162,7	33	30,2



ნახ. 3.32. 10Д-9 ტუმბოს მახასიათებელი მუშა ბორბლის შემოჭრისას ($n=1459 \text{ წ}^{-1}$)
 3.5 ცხრილის მონაცემების მიხედვით ვაგებთ $H_{მოჭ} - Q_{მოჭ}$ მახასიათებელს (მრუდი $a b A c$).

ტუმბო შერჩეული უნდა იყოს ისე, რომ საჭირო მიწოდება ემთხვეოდეს მქკ-ის მაქსიმალურ ან მაქსიმალურთან ახლო მდებარე მნიშვნელობას. სასურველია, რომ ტუმბოს მქკ-ის მნიშვნელობის გადახრა არ აღემატებოდეს მქკ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობის 5 – 10 %-ს. არეს, რომელიც მოთავსებულია სრული ბორბლის $H - Q$, მაქსიმალურად გადაჭრილი ბორბლის $H_{მოჭ} - Q_{მოჭ}$ მახასიათებლებსა და ტალღისებურ ხაზებს შორის, ეწოდება **ტუმბოს ველი**.

კატალოგ-ცნობარებში მოყვანილია სხვადასხვა ტიპის ტუმბოების ველის გაერთიანებული გრაფიკები. ამ გრაფიკების მეშვეობით მოსახერხებელია ტუმბოების შერჩევა მოცემული რეჟიმისათვის.

3.4. ტუმბოებისა და ქსელის ერთობლივი მუშაობა

3.4.1. მილსადენის მახასიათებელი და ტუმბოს ფაქტიური მიწოდება

ტუმბოსა და მილსადენის მუშაობა ერთმანეთთან დაკავშირებულია შემდეგი დამოკიდებულებებით:

$$H = f(Q); \quad (3.112)$$

$$h_{\sigma} = f(Q - q); \quad (3.113)$$

$$h_w = f(Q). \quad (3.114)$$

სადაც H - ტუმბოს დაწნევა;

Q - ტუმბოს ხარჯი;

h_{σ} - სითხის დონე შემნახველ რეზერვუარში;

q - სითხის ხარჯი სისტემაში;

h_w - სატუმბო საგურის კომუნიკაციების, მილსადენის და ქსელის ჰიდრავლიკური წინაღობა.

ტუმბოს მუშაობის რეჟიმული წერტილის ანალიტიკური გაანგარიშება საკმაოდ შრომატევადი პროცესია. ოპერირება უნდა ვაწარმოოთ ოთხი ცვლადი სიდიდისა, რომლებიც ერთმანეთთან იმყოფებიან ფუნქციონალურ დამოკიდებულებაში.

„ტუმბო-მილსადენის“ სისტემის გაანგარიშებისას გამოიყენებენ თანმიმდევრობით მიახლოების მეთოდს ან აწარმოებენ გამოთვლებს კომპიუტერების მეშვეობით. მაგრამ ეს გამოთვლები არ არის თვალსაჩინო და ტუმბოების მუშაობის ანალიზი საკმაოდ გართულებულია.

ტუმბოების მუშაობის რეჟიმების პროექტირებისა და ანალიზის პრაქტიკაში ფართოდ არის გავრცელებული „ტუმბო-მილსადენის“ სისტემის ერთობლივი მუშაობის გრაფიკ-ანალიტიკური მეთოდი.

სითხის მიწოდებისათვის საჭირო დაწნევა განისაზღვრება ფორმულით

$$H = H_{სტ} + h_w_{შეწ} + h_w_{საწ} + h_w_{მილ} \quad (3.115)$$

სადაც $h_w_{შეწ}$ - წნევის დანაკარგებია შემწვოვ მილში;

$h_w_{საწ}$ - წნევის დანაკარგებია საწნეო შემაერთებელ მილებში სატუმბო სადგურში;

$h_w_{მილ}$ - წნევის დანაკარგებია საწნეო მილსადენში;

$H_{სტ}$ - სითხის აწევის გეომეტრიული (გეოდეზიური) სიმაღლე.

ტუმბოს მუშაობის გრაფიკი განისაზღვრება მისი მუშა მახასიათებლის $H - Q$ მიხედვით. სითხის მიწოდების სისტემის გრაფიკული მახასიათებლის $H_{მილ} - Q$ აგებისათვის ვისარგებლოთ ჰიდრავლიკის ცნობილი განტოლებებით.

წნევის დანაკარგები მილსადენში მიიღება მილსადენში სითხის მოძრაობის დროს ხახუნის გადალახვის წნევის დანაკარგების h_i -სა და მის ფასონურ ნაწილებში წინაღობის გადალახვის (ადგილობრივი წინაღობა) $h_{ად}$ -ს დაჯამებით

$$h_w = h_i + h_{ად} \quad (3.116)$$

ცხრილი 3.6

ფოლადისა და თუჯის მილების კუთრი წინაღობის მნიშვნელობები, გაანგარიშებული შეველევის ფორმულების მიედევით

პირობითი გასასვლელის დიამეტრი d_i , მმ	Q , მ ³ /წმ	პირობითი გასასვლელის დიამეტრი d_i , მმ	Q , მ ³ /წმ
100	119,8	600	0,01859
125	53,88	700	0,009119
150	22,04	800	0,004622
175	15,09	900	0,002504
200	5,149	1000	0,001447
250	1,653	1200	0,0005651
300	0,6619	1400	0,0002547

350	0,2948	1500	0,0001776
400	0,1483	1600	0,0001268
500	0,04692		

შენიშვნა: კუთრი წინაღობა განსაზღვრულია ფორმულით $S_0 = 0,001478/d_{საანგ}^{5,226}$ სადაც $d_{საანგ}$ არის მილის შიდა საანგარიშო დიამეტრი, მ.

მილის სიგრძეზე ჰიდრავლიკური დანაკარგები შეიძლება დავადგინოთ შემდეგი ფორმულით

$$h_i = \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ ან } h_i = k \frac{Q^2 l}{D^5} \quad (3.117)$$

სადაც l - მილსადენის სიგრძეა;

D - მილის შიდა საანგარიშო დიამეტრი;

v - სითხის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე;

Q - სითხის ხარჯი მილსადენში;

g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება;

λ და k - წნევის დანაკარგების კოეფიციენტები.

$H_{მოლ} - Q$ მახასიათებლის აგებისათვის, მილსადენის სიგრძეზე წნევის დანაკარგების დასადგენად მოსახერხებელია ვისარგებლოთ ფორმულით

$$h_i = S Q^2 \quad (3.118)$$

სადაც S - მილსადენის წინაღობა;

$S = S_0 l$ (S_0 - კუთრი წინაღობა. ცხრ. 3.6).

სითხის მოძრაობის სიჩქარე მიიღება მილის დიამეტრის მიხედვით (ცხრ. 3.7)

ცხრილი 3.7

სითხის მოძრაობის სიჩქარე მიიღება მილის დიამეტრის მიხედვით

მილის დიამეტრი, მმ	სითხის სიჩქარე მილში, მ/წმ	
	შემწოვში	საწნეოში
250 - მდე	0,7 – 1,0	1,0 – 1,5
250 – 800	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0
800 -ზე მეტი	1,5 – 2,0	1,8 – 3,0

ადგილობრივი წინაღობა გამოითვლება ფორმულით

$$h_{ად} = \sum \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (3.119)$$

სადაც ζ - ადგილობრივი წინაღობის კოეფიციენტია (§ 1.5.2.3. ცხრ.1.10);

v - მილსადენში სითხის მოძრაობის საშუალო სიჩქარეა.

წნევის დანაკარგების მნიშვნელობები კომუნიკაციებში, გამოთვლილი (3.116) ფორმულის მიხედვით, განსხვავდებიან ექსპერიმენტალური მონაცემებისაგან. სატუმბო სადგურების

კომუნიკაციებში ჰიდრავლიკური წინაღობების გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ ფაქტიური წნევის დანაკარგების მნიშვნელობების გადახრა გაანგარიშებულისაგან დამოკიდებულია ადგილობრივი წინაღობის სახეობაზე და ურთიერთგანლაგებაზე, ასევე მათ შორის მანძილზე. რეკომენდირებულია წნევის დანაკარგები ადგილობრივ წინაღობაში მივიღოთ მარაგის კოეფიციენტით, რომელიც შემწოვი კომუნიკაციებისათვის მიიღება 1,5 მ, საწნეო კომუნიკაციებისათვის კი 3 მ.

საწნეო მილსადენებში და გარე ქსელებში განსაზღვრავენ მხოლოდ წნევის დანაკარგებს ხახუნზე მილსადენის სიგრძის მიხედვით. ასეთ მილსადენებში წნევის დანაკარგები ადგილობრივ წინაღობებში ძალიან მცირეა. მაგრამ ბოლო გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ ისინი უნდა იყოს გათვალისწინებული და მიიღება სიგრძეზე წნევის დანაკარგების 5 – 10 %.

რთული სისტემის „ საწნეო მილსადენი - ქსელი“ $H_{\text{ბოლო}} - Q$ გრაფიკული მახასიათებლის აგებისას მოსახერხებელია ვისარგებლოთ ფორმულით

$$H = H_{\text{სტ}} + (S_{\text{საწნეო}} + S_{\text{ქსელი}})Q^2 \quad (3.120)$$

სადაც $S_{\text{საწნეო}}$ და $S_{\text{ქსელი}}$ შესაბამისად საწნეო მილსადენისა და ქსელის დაყვანილი წინაღობაა.

საწნეო მილსადენის დაყვანილი წინაღობა

$$S_{\text{საწნეო}} = \frac{S_{0l}}{m^2} \quad (3.121)$$

სადაც m – საწნეო მილსადენების რიცხვი.

ქსელის დაყვანილი წინაღობა

$$S_{\text{ქსელი}} = \frac{\sum h_{\text{ქსელი}}}{Q^2} \quad (3.122)$$

სადაც $\sum h_{\text{ქსელი}}$ - ქსელში წნევის დანაკარგების ჯამია;

Q - ქსელში სითხის ხარჯი, რომლის დროსაც განსაზღვრულია $\sum h_{\text{ქსელი}}$.

(3.120) ფორმულის საფუძველზე ტუმბოს დაწნევა შეიძლება გამოვსახოთ, როგორც ხარჯის ფუნქცია:

$$H = H_{\text{სტ}} + S_{\text{შემწოვი}}Q^2 + S_{\text{საწნეო}}Q^2 \quad (3.123)$$

$$H - S_{\text{შემწოვი}}Q^2 = H_{\text{სტ}} + S_{\text{საწნეო}}Q^2 \quad (3.124)$$

სადაც $S_{\text{შემწოვი}}$ და $S_{\text{საწნეო}}$ - შემწოვი და საწნეო მილსადენების დაყვანილი წინაღობებია.

(3,124) ფორმულიდან გამომდინარეობს, რომ წნევა საწნეო მილსადენში ტოლია დაწნევისა, რომელსაც ავითარებს ტუმბო, შემცირებული შემწოვი მილის წნევის სიდიდით.

ტუმბოს გრაფიკული მახასიათებელს $H' - Q$ (ნახ. 3.33), აგებულს შემწოვი მილსადენში წნევის დანაკარგების გათვალისწინებით, ეწოდება დაყვანილი მახასიათებელი. შემწოვი მილსადენის მახასიათებლის ასაგებად ვისარგებლოთ (3.116) განტოლებით. მოცემული $Q_{\text{საანგ}}$ საანგარიშო ხარჯისთვის დავადგინოთ h_w შემწოვი საანგ წნევის დანაკარგები, რომელიც შეიძლება გამოვსახოთ როგორც ხარჯის ფუნქცია:

$$h_w \text{ შემწოვი საანგ} = S_{\text{შემწოვი}}Q_{\text{საანგ}}^2 \quad (3.125)$$

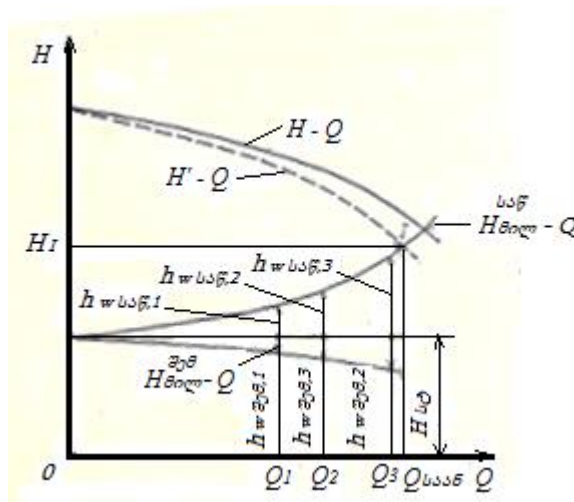
Q_x მიწოდებისათვის მივიღებთ:

$$h_w \text{ შეფ } x = S_{\text{შეფ}} Q_x^2 \quad (3.126)$$

(3.125) და (3.126) განტოლებების ერთმანეთთან შეფარების შემდეგ ვპოულობთ:

$$h_w \text{ შეფ } x = h_w \text{ შეფ საანგ } \left(\frac{Q_x}{Q_{\text{საანგ}}} \right)^2 \quad (3.127)$$

რიგი მნიშვნელობების Q_1, Q_2, \dots, Q_i მიღების შემდეგ განტოლებიდან (4.9) ვპოულობთ $h_w \text{ შეფ } 1, h_w \text{ შეფ } 2, \dots, h_w \text{ შეფ } i$ -ს მნიშვნელობებს. შესაბამისი მიწოდებისათვის კოორდინატა ბადეში $H - Q$ ავიღოთ $h_w \text{ შეფ } 1, h_w \text{ შეფ } 2, \dots, h_w \text{ შეფ } i$ ორდინატები. წერტილების მდორედ შეერთების შემდეგ, მივიღებთ პარაბოლურ მრუდს, ე.ი. შემწოვი მილსადენის $H_{\text{მოლ}}^{\text{შეფ}} - Q$ გრაფიკულ მახასიათებელს (იხ. ნახ. 3.33).



ნახ. 3.33. სისტემის „ტუმბო - ქსელის“ რეჟიმის მუშა წერტილის განსაზღვრა

$H - Q$ მრუდის ორდინატებიდან $H_{\text{მოლ}}^{\text{შეფ}} - Q$ მრუდის ორდინატების გამოკლების შედეგად მიღებული წერტილების მდორედ შეერთების შემდეგ, მივიღებთ $H' - Q$ დაყვანილ მახასიათებელს.

ანალოგიურად შეიძლება ავაგოთ საწნეო მილსადენის გრაფიკული მახასიათებელი:

$$h_w \text{ საწ } x = h_w \text{ საწ საანგ } \left(\frac{Q_x}{Q_{\text{საანგ}}} \right)^2 \quad (3.128)$$

რიგი Q_1, Q_2, \dots, Q_i მნიშვნელობებისათვის მიღებული $h_w \text{ საწ } 1, h_w \text{ საწ } 2, \dots, h_w \text{ საწ } i$ მნიშვნელობების სტატიკურ დაწნევასთან შეკრების შემდეგ მივიღებთ საწნეო მილსადენის $H_{\text{მოლ}}^{\text{საწ}} - Q$ გრაფიკულ მახასიათებელს, რომელსაც აქვს პარაბოლის ფორმა წვეროთი ორდინატა ღერძზე. პარაბოლას წვეროს კოორდინატებია $Q = 0$ და $H = H_{\text{საწ}}$. $H' - Q$ ტუმბოს მახასიათებლის $H_{\text{მოლ}}^{\text{საწ}} - Q$ საწნეო მილსადენის მახასიათებელთან გადაკვეთის წერტილი I (იხ. ნახ. 3.33) არის ტუმბოს მუშაობის რეჟიმული წერტილი. ამ წერტილის კოორდინატები $Q = Q_I$ და $H = H_I$

შეესაბამება ტუმბოს ფაქტიურ მიწოდებას და წნევას, ტუმბოსა და მოცემული საწნეო მილსადენის ერთობლივი მუშაობის დროს.

მაგალითი. განვსაზღვროთ წნევის დანაკარგები სატუმბო სადგურის შემწოვ და საწნეო კომუნიკაციებში და საწნეო მილსადენში სიგრძით 1200 მ (ნახ. 3.34). ერთი ტუმბოს ხარჯი (მიწოდება) 160 ლ/წმ; შემწოვი მილის სიგრძე 30 მ; ტუმბოს შემწოვი და საწნეო მილყელის დიამეტრი 350 მმ; საწნეო კომუნიკაციების სიგრძე (ტუმბოდან საწნეო მილსადენის მიერთებამდე) 6 მ.

განგარიშება. შეველევს ცხრილების მიხედვით რეკომენდირებული სიჩქარეების თანახმად ვღებულობთ:

შემწოვ მილსადენისათვის

$$d = 400 \text{ მმ}; v = 1,24 \text{ მ/წმ}; 1000i = 5,41 \text{ მ};$$

საწნეო მილსადენისათვის

$$d = 350 \text{ მმ}; v = 1,55 \text{ მ/წმ}; 1000i = 9,55 \text{ მ};$$

დანაკარგები სიგრძეზე:

$$h_{wშემწ} = 1000i \cdot l = 5,41 \cdot 0,03 = 0,16 \text{ მ};$$

$$h_{wსაწ} = 1000i \cdot l = 9,55 \cdot 0,006 = 0,06 \text{ მ};$$

წნევის დანაკარგებს ადგილობრივ წინაღობებში ვანგარიშობთ ცხრილი 3.8 -ს დახმარებით.

საერთო დანაკარგები შემწოვ და საწნეო კომუნიკაციებში

$$h_{wშემწ} = 0,16 + 0,38 + 1,5 = 2,04 \text{ მ};$$

$$h_{wსაწ} = 0,06 + 0,63 + 3,0 = 3,69 \text{ მ};$$

(3.116) ფორმულაში $h_{ადგ} = 0,1 \text{ hl}$ ჩასმის შემდეგ ვანგარიშობთ დანაკარგებს საწნეო მილსადენში, როცა მისი დიამეტრი 350 მმ:

$$h_{საწ მილ} = 9,55 \cdot 1,2 + 0,1(9,55 \cdot 1,2) = 12,61 \text{ მ}$$

ცხრილი 3.8

ადგილობრივ წინაღობებში წნევის დანაკარგების ანგარიში

ადგილობრივი წინაღობა	ζ	v , მ/წმ	$\frac{v^2}{2g}$, მ	$\zeta \frac{v^2}{2g}$, მ
შემწოვ ხაზში				
მიმღები ბადე				
სარქველის გარეშე	3,0	1,24	0,08	0,24
მუხლი 90° (3 ცალი)	0,5 · 3	1,24	0,08	0,12
გადასვლა 400 x 350	0,1	1,55	0,16	0,02
სულ				0,38
საწნეო ხაზში				
მუხლი 90° (2 ცალი)	0,5 · 2	1,55	0,12	0,12
უკუსარქველი	1,7	1,55	0,12	0,15
სამკაპი განშტოების	1,5 · 2			

მიმართულებით (2 ცალი)		1,55	0,12	0,36
სულ				0,63

3.4.2. ტუმბოების პარალელური მუშაობა

ტუმბოების პარალელური მუშაობა ეწოდება რამდენიმე ტუმბოს მიერ გადასატუმბი სითხის ერთდროულ მიწოდებას ერთ საწნეო მილში (ნახ. 3.34). რამდენიმე ერთნაირი ან განსხვავებული ტუმბოს პარალელური მუშაობის საჭიროება წარმოიშობა იმ შემთხვევაში, როცა შეუძლებელია უზრუნველყოთ სითხის საჭირო ხარჯის მიწოდება ერთი ტუმბოთი.

ტუმბოებისა და მილსადენების ერთობლივი მუშაობის პროექტირებისას კარგად უნდა ვიცოდეთ ცენტრიდანული ტუმბოს მახასიათებელი. ტუმბოები უნდა შეირჩეს მილსადენის მახასიათებლის გათვალისწინებით.

ცენტრიდანული ტუმბოები პარალელურად საიმედოდ იმუშავენ მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მათი დაწნევა იქნება ერთნაირი. თუ ერთ ტუმბოს ექნება მეტი მიწოდება (ხარჯი) და მეტი დაწნევა, მას შეუძლია „ჩაახშოს“ მეორე ტუმბოს მუშაობა და მისი მიწოდება საერთო მილსადენში ნულის ტოლი იქნება. ამის გარდა, შეიძლება ისე მოხდეს, რომ სითხე უფრო მძლავრი ტუმბოსაგან მეორე ტუმბოს გავლით დაბრუნდება უკან საწყის რეზერვუარში.

ამიტომ პარალელური მუშაობისათვის უნდა შეირჩეს ერთი ტიპის ან, უკიდურეს შემთხვევაში, დაწნევისა და ხარჯის მცირე განსხვავების მქონე ტუმბოები. მიღებული სქემების მიხედვით მუშაობის რეჟიმის გაანგარიშება შეიძლება ანალიტიკური ან გრაფიკული (გრაფიკული ანალიტიკური) ხერხით. სატუმბო სადგურების პროექტირების პრაქტიკაში მეტი გავრცელება ჰპოვა გრაფიკულმა ხერხმა.

ტუმბოების პარალელური მუშაობისას ქსელში (მილსადენებში) შესაძლებელია სისტემის „ტუმბოები - ქსელი“ დაკომპლექტების შემდეგი ვარიანტები:

- 1) სიტემაში მუშაობს რამდენიმე ტუმბო ერთნაირი მახასიათებლებით;
- 2) სისტემაში მუშაობს რამდენიმე ტუმბო სხვადასხვა მახასიათებლებით;
- 3) ტუმბოები მიერთებულია საერთო მილსადენთან ერთმანეთისაგან მცირე დაცილებით (იხ. ნახ. 3.34), ე.ი. წნევის დანაკარგები ტუმბოდან საწნეო მილსადენამდე ყველა დაყენებული ტუმბოსათვის ერთნაირია (ტოლია) ან ტუმბოები დაცილებული არიან ერთმანეთისაგან დიდი მანძილით, ე.ი. წნევის დანაკარგების სხვაობა ტუმბოებიდან საწნეო მილსადენამდე უნდა იყოს გათვალისწინებული.

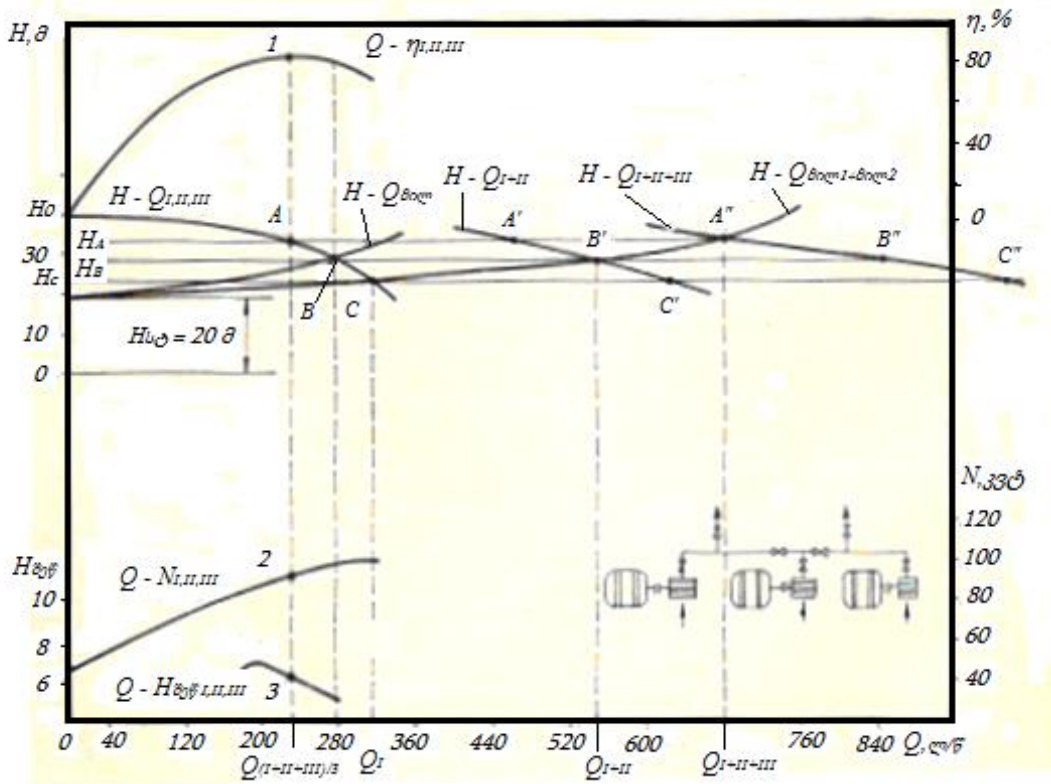
3.4.2.1. ერთნაირი მახასიათებლის მქონე რამდენიმე ტუმბოს პარალელური მუშაობა

საერთო საწნეო მილში მომუშავე რამდენიმე ტუმბოს $H - Q_{I,II,III}$ ჯამური მახასიათებლის აგებისათვის აჯამებენ ტუმბოების მიწოდებებს (ხარჯი) ერთნაირი წნევისას. ნახ. 3.34 -ზე წარმოდგენილია სამი ტუმბოს $12A-13$ -ს პარალელური მუშაობა ორ პარალელურ მილსადენში. ვინაიდან ყველა ტუმბო ერთნაირია, მათი მახასიათებლები $H - Q$ ემთხვევა ერთმანეთს.

$H - Q_{I+II+III}$ ჯამური მახასიათებლის ასაგებად სამჯერ ვზრდით მახასიათებლის აბსცისას ნებისმიერი არჩეული დაწნევის მნიშვნელობებისას H_A, H_B და H_C . მიღებული ოთხი წერტილის მიხედვით H_0, A'', B'' და C'' ვაგებთ მახასიათებელს სამი ტუმბოს პარალელური

მუშაობისას. H_0 , A' , B' და C' წერტილების მიხედვით შეიძლება ავაგოთ მრუდი $H - Q_{I+II}$ - ორი ტუმბოს პარალელურად მუშაობისას.

ანალოგიური აგებით ვპოულობთ ორი პარალელურად მომუშავე საწნეო მილსადენის მახასიათებელს $H - Q_{მილ1+მილ2}$.



ნახ. 3.34. სამი ერთნაირი ტუმბოს ორ მილსადენზე პარალელური მუშაობის მახასიათებელი

სამი ტუმბოს ჯამურ ფაქტიურ მიწოდებას ვსაზღვრავთ A'' რეჟიმული წერტილის მიხედვით, ე.ი. მახასიათებლების $H - Q_{I+II+III}$ და $H - Q_{მილ1+მილ2}$ გადაკვეთის წერტილის მიხედვით. თითოეული ტუმბოს მიწოდების დასადგენად, მათი ერთდროული მუშაობის დროს, საჭიროა წერტილიდან A'' გავავლოთ აბსცისთა დერძის პარალელური ხაზი $H - Q_{I,II,III}$ მახასიათებლის გადაკვეთამდე (წერტილი A). A წერტილის კოორდინატები განსაზღვრავენ თითოეული ტუმბოს მიწოდებას $\frac{Q_{I+II+III}}{3}$ და წნევას H_A , მათი ერთდროული მუშაობისას სისტემაზე მახასიათებლით $H - Q_{მილ1+მილ2}$. ტუმბოს მქკ-ს პოვნისათვის A წერტილიდან ვაგებთ მართობულს მრუდთან $\eta - Q$ გადაკვეთამდე წერტილში 1. ამ წერტილის კოორდინატები განსაზღვრავენ ტუმბოს მქკ-ს სამი ტუმბოს პარალელურად მუშაობის დროს. სიმძლავრის და დასაშვები შეწოვის სიმაღლის დასადგენად ვატარებთ მართობულს მრუდების $Q - N_{I,II,III}$ და $Q - H_{შეწ1,II,III}$ გადაკვეთამდე წერტილებში 2 და 3. ამ წერტილების კოორდინატები შესაბამისად განსაზღვრავენ მოხმარებული სიმძლავრის და დასაშვები შეწოვის სიმაღლეს სამი ტუმბოს ერთობლივი მუშაობისას. ნახ. 3.33 - დან გამომდინარეობს, რომ თითოეული ტუმბოს მუშაობა პარალელური მუშაობისას ტოლია საერთო მიწოდების $1/3$ -სა, ე.ი. $Q_1 = Q_{I+II+III}/3$.

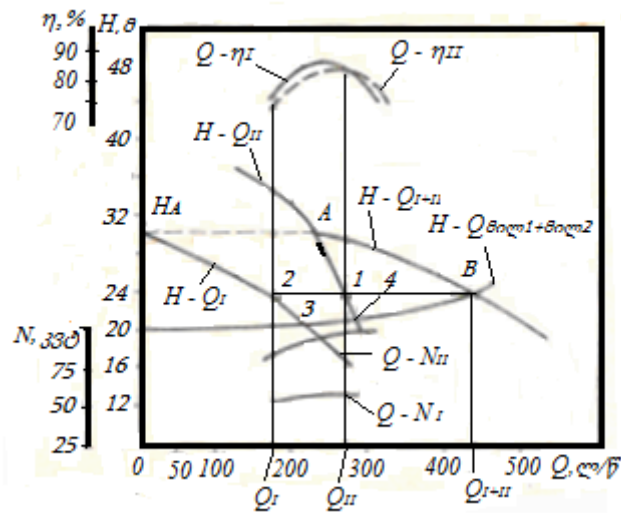
განხილული ტუმბოებიდან ორი ტუმბოს პარალელური მუშაობისას მათი მიწოდება, დაწნევა, მოხმარებული სიმძლავრე და დასაშვები შეწოვის სიმაღლე განისაზღვრება რეჟიმული B წერტილის მიხედვით. განხილული ტუმბოებიდან ერთი ტუმბოს მუშაობის დროს მისი მუშაობის რეჟიმი განისაზღვრება C წერტილით. ნახ. 3.33 - დან ჩანს, რომ პარალელურად მომუშავე ორი და სამი ტუმბოს ჯამური მიწოდება ნაკლებია მათი ამავე საწნეო მილსადენების სისტემაზე დამოუკიდებლად მუშაობის ჯამისა, ე.ი $Q_{I+II+III} < 3Q_I$ და $Q_{I+II} < 2Q_I$.

ჯამური მიწოდების შემცირება აიხსნება იმით, რომ მიწოდების მომატებისას იზრდება დაწნევა მილსადენში ($H_A > H_c$ და $H_B > H_c$), რაც იწვევს თითოეული ტუმბოს მიწოდების შემცირებას ერთობლივი მუშაობის დროს, ამავე სისტემაზე ერთმანეთთან დამოუკიდებლად მუშაობასთან შედარებით.

მიწოდების შემცირება დამოკიდებულია, როგორც მილსადენში დაწნევის მომატებასთან, ასევე ტუმბოს $H - Q$ მრუდის დახრასთან. ამიტომ ტუმბოების პარალელური მუშაობა იქნება უფრო ეფექტური მდორე მილსადენის გამოყენების დროს.

3.4.2.2. სხვადასხვა მახასიათებლების მქონე რამდენიმე ტუმბოს პარალელური მუშაობა.

სხვადასხვა მახასიათებლების მქონე ტუმბოების პარალელური მუშაობა შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა ტუმბოების მიერ განვითარებული დაწნევები ტოლი იქნება. ნახ. 3.35 მოყვანილია ტუმბოების 12Д-19 ($H - Q_I$) და 12Д-13a ($H - Q_{II}$) მახასიათებლები.



ნახ. 3.35. პარალელურად მომუშავე სხვადასხვა ტუმბოების მახასიათებლები

მეორე ტუმბო ავითარებს უფრო მეტ წნევას. პირველ ტუმბოს შეუძლია პარალელურად იმუშაოს მეორესთან მხოლოდ მას შემდეგ, რაც მიწოდების მომატებასთან დაკავშირებით მეორე ტუმბოს დაწნევა შემცირდება H_A - მდე, პირველი ტუმბოს მაქსიმალურ დაწნევამდე, რომელსაც ის ავითარებს დაკეტილი ურდულის შემთხვევაში. A წერტილიდან უნდა დაიწყოს $H - Q_{I+II}$ ჯამური მახასიათებლის აგება, ორივე ტუმბოს მახასიათებლების აბსცისების შეკრებით, რომლებიც შეესაბამება ერთნაირი წნევის წერტილებს. B წერტილი, მიღებული $H - Q_{I+II}$ მრუდისა და $H - Q_{ბოლ1+ბოლ2}$ მილსადენის მახასიათებლის გადაკვეთით, არის ერთობლივად მომუშავე ტუმბოს რეჟიმული წერტილი. თუ ტუმბოსა და მილსადენის მახასიათებლები იკვეთებიან A

წერტილის ზემოთ, მაშინ მათი ერთობლივი მუშაობა შეუძლებელი გახდება. თითოეული ტუმბოს მუშაობის რეჟიმი მათი ერთობლივი მუშაობის დროს განისაზღვრება შემდეგნაირად: B წერტილიდან გავავლოთ წრფე აბსცისთა ღერძის პარალელურად, $H - Q_{II}$ და $H - Q_I$ მახასიათებლების გადაკვეთამდე წერტილებში 1 და 2. ამ წერტილებზე გავავლოთ ვერტიკალური ხაზები, რომელთა მრუდებთან გადაკვეთის $\eta - Q$ და $N - Q$ წერტილები განსაზღვრავენ თითოეული ტუმბოს მქკ-ს და სიმძლავრეს, მათი ერთობლივი მუშაობის დროს. $H - Q_I$ და $H - Q_{II}$ ტუმბოს მახასიათებლების $H - Q_{\text{მილ}1+\text{მილ}2}$ მილის მახასიათებელთან გადაკვეთის წერტილები 3 და 4 განსაზღვრავენ თითოეული ტუმბოს მუშაობის რეჟიმს მათი დამოუკიდებელი მუშაობის დროს. ტუმბოების პარალელურად მუშაობის მდგრადობისათვის საჭიროა, რომ მათი მახასიათებლები დაბლდებოდეს მდორედ.

3.4.3. ტუმბოების თანმიმდევრული მუშაობა

თანმიმდევრული ეწოდება ტუმბოს მუშაობას, რომლის დროსაც ერთი ტუმბო (პირველი საფეხური) აწვდის გადასატუმბ სითხეს მეორე ტუმბოს (მეორე საფეხური) შემწოვ მილყელში (ზოგჯერ შემწოვ მილსადენში), უკანასკნელი კი აწვდის სითხეს საწნეო მილსადენში (ნახ. 3.36).

სატუმბო სადგურების დაპროექტებასა და მშენებლობაში ტუმბოების თანმიმდევრულ მუშაობას გამოიყენებენ იმ შემთხვევაში, როცა სითხე მილსადენებით მიეწოდება დიდ მანძილზე ან სიმაღლეზე. ზოგჯერ პროექტირების პირობები აყენებენ ისეთ ამოცანებს, რომლის გადაწყვეტა შეიძლება მხოლოდ თანმიმდევრულად მომუშავე ტუმბოების მეშვეობით. მაგალითად, სატუმბო სადგურებში, რომლებიც გადატუმბავენ ლამს (ნალექს), ტუმბოს გაშვების მომენტში საჭიროა დაწნევის შექმნა. აღნიშნული დაწნევა უფრო მეტია უნდა იყოს, ვიდრე ის დაწნევა, რომელიც საჭიროა ტუმბოს მუშაობის დროს. თანმიმდევრული შეერთება გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როცა საჭიროა მუდმივი (ან თითქმის მუდმივი) ხარჯისას გავზარდოთ დაწნევა. ამასთან ეს დაწნევა ერთი ტუმბოთი ვერ მიიღწევა.

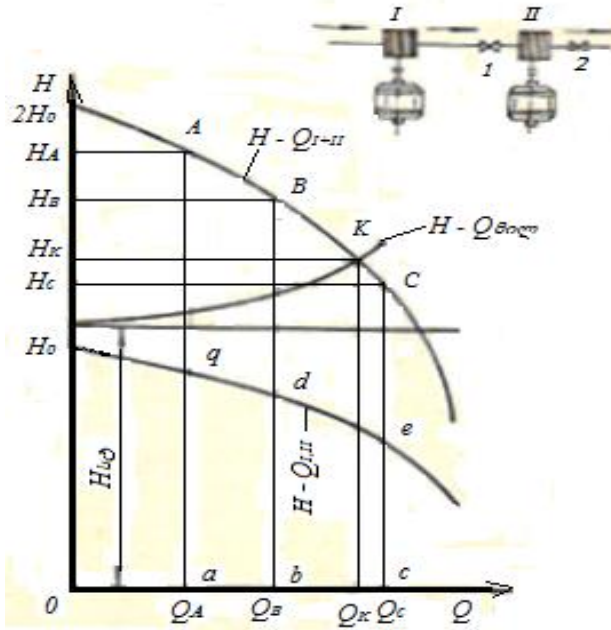
განვიხილოთ გვერდიგვერდ თანმიმდევრულად დაყენებული ორი ერთნაირი ტუმბოს მუშაობა (იხ. ნახ. 3.36). ორი ერთნაირი თანმიმდევრულად მომუშავე ტუმბოს $H - Q_{I+II}$ ჯამური მახასიათებლის ასაგებად საჭიროა შევკრიბოთ $H - Q_{I,II}$ მახასიათებლის ორდინატები ერთნაირი დაწნევის დროს. ავიღოთ ნებისმიერი მიწოდება Q_A, Q_B და Q_C

და შევკრიბოთ დაწნევები. ჩაკეტილი ურდულის დროს დაწნევა $H = 2H_0$, მიწოდებისას Q_A დაწნევა არის $H_A = 2ag$, შესაბამისად $H_B = 2bd$ და $H_C = 2ce$. მიღებულ წერტილებს A, B, C - ს აერთიანებენ მდორე მრუდით, რომელიც წარმოადგენს ცენტრიდანული ტუმბოს თანმიმდევრული მუშაობის ჯამურ მახასიათებელს.

ნახ. 3.36 – დან ჩანს, ერთი ტუმბოს დაწნევა არ არის საკმარისი იმისათვისაც კი, რომ ავწიოთ სითხე გეომეტრიულ სიმაღლეზე $H_{სტ}$. მეორე ანალოგიური ტუმბოს ჩართვისას იმავე მახასიათებლით გამოდის, რომ ტუმბოები ავითარებენ დაწნევას H_k . ეს დაწნევა საკმარისია იმისათვის, რომ ავწიოთ სითხე $H_{სტ}$ სიმაღლეზე და გადავლახოდ საწნეო მილსადენის წინაღობა მოცემული მიწოდებისას (ხარჯისას).

თანმიმდევრულად შეერთებული ტუმბოების მუშაობის რეჟიმული წერტილი განისაზღვრება K წერტილით, რომელიც მიიღება $H - Q_{I+II}$ ჯამური და მილსადენის მახასიათებლების გადაკვეთით. თუ თანმიმდევრულად შეერთებული ტუმბოები განლაგებულია ერთი

სატუმბო სადგურის შენობაში, მაშინ მილსადენის მახასიათებლის აგების დროს საჭიროა გავითვალისწინოთ დანაკარგები უბანზე I ტუმბოს საწნეო მილყელიდან II ტუმბოს შემწოვ მილყელამდე, და შევიტანოთ შესწორება $H - Q_{II}$ მახასიათებელში. დანაკარგების გაუთვალისწინებლობა დაუშვებელია, ვინაიდან ჩვეულებრივ არმატურა და ტუმბოების შემაერთებელი მილსადენების დიამეტრი მიიღება ტოლი II ტუმბოს შემწოვი მილყელისა. სითხის დიდი სიჩქარის მოძრაობის გამო წნევის დანაკარგები ამ უბანზე საკმაოდ დიდია. ამ მიზეზის გამო უნდა ვეცადოთ მაქსიმალურად გავამარტივოთ შემაერთებელი მილსადენების სქემა, შეძლებისდაგვარად თავიდან ავიცილოთ სითხის ნაკადის მოხვევები.



ნახ. 3.36. თანმიმდევრულად მომუშავე ორი ერთნაირი ტუმბოს მახასიათებლები

უნდა აღინიშნოს, რომ ტუმბოების თანმიმდევრული შეერთება ნაკლებად ეკონომიურია, ვიდრე ერთი ტუმბოს გამოყენება საჭირო დაწნევით.

ორ თანმიმდევრულად შეერთებულ ტუმბოს აამოქმედებენ შემდეგნაირად. 1 და 2 ჩაკეტილი ურდულებისას (იხ. ნახ. 3.36) რთავენ I ტუმბოს. მას შემდეგ, რაც I ტუმბო განავითარებს დაწნევას, რომელიც ტოლია დაწნევისა ჩაკეტილი ურდულის დროს, ადებენ 1 ურდულს და ჩართავენ II ტუმბოს. როცა II ტუმბო განავითარებს $2H_0$ -ის ტოლ დაწნევას, გააღებენ მე-2 ურდულს.

ტუმბოების თანმიმდევრულ მუშაობისას ყურადღება უნდა მივაქციოთ ტუმბოების შერჩევას, ვინაიდან ყველა მათგანი არ გამოიყენება თანმიმდევრული მუშაობისათვის კორპუსის გამძლეობის თვალსაზრისით. ეს პირობები მოყვანილია ტუმბოს ტექნიკურ პასპორტში. ჩვეულებრივ დაუშვებელია ორზე მეტი ტუმბოს თანმიმდევრული მუშაობა.

4. რეზერვუარები ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების შენახვისათვის

4.1. ნავთობბაზების კლასიფიკაცია

ნავთობბაზები წარმოადგენენ საინჟინრო - ტექნიკური ნაგებობების რთულ, მრავალი ფუნქციების მქონე კომპლექსს და მოიცავენ სხვადასხვა საწარმოო-სამეურნეო დანიშნულების ობიექტებს. ამ ობიექტების ძირითადი ამოცანებია: მომხმარებლის საიმედო და შეუფერხებელი მომარაგება ნავთობითა და ნავთობპროდუქტებით; ნავთობპროდუქტების მიღებისა და გაცემის პირობების უზრუნველყოფა, გამოყენებული ზეთების შეკრება გადატვირთვა და რეგენერაცია.

საპროექტო ნორმების მიხედვით ყველა ნავთობბაზა დაყოფილია ორ ჯგუფად. პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება ნავთობბაზები, რომლებიც არიან დამოუკიდებელი საწარმოო ობიექტები (სასაქონლო - სატრანსპორტო, ნავთობსაბადოებისა და ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნების ნედლეულის საამქროები) და გააჩნიათ სარეზერვუარო პარკი მოცულობით 2000 მ³-ზე მეტი ადვილად აალებადი და 10 000 მ³ საწვავი სითხეების შესანახად. მე-2 ჯგუფს მიეკუთვნება ნავთობბაზები, რომლებიც შედიან წარმოების შემადგენლობაში და გააჩნიათ სარეზერვუარო პარკი მოცულობით 2000 მ³-ზე ნაკლები ადვილად აალებადი და 10 000 მ³ -ზე ნაკლები საწვავი სითხეების შესანახად. (ნაკლებად აალებადს მიეკუთვნება ნავთობპროდუქტები ორთქლის აფეთქების ტემპერატურით 45 °C ნაკლები; საწვავ სითხეებს მიეკუთვნება ნავთობპროდუქტები ორთქლის აფეთქების ტემპერატურით 45 °C მეტი).

მიწისქვეშა რეზერვუარებში შენახვის დროს სარეზერვუარო პარკის ზემოდ მოყვანილი მოცულობები ორმაგდება.

ნავთობბაზების კლასიფიკაციას ახდენენ:

- სატრანსპორტო კავშირების მიხედვით: სარკინიგზო, მილსადენურ, წყლის (საზღვაო, სამდინარე), საავტომობილო, და ასევე შერეული - საზღვაო-სარკინიგზო (ბათუმის ნავთობტერმინალი), სარკინიგზო - მილსადენური, საზღვაო - მილსადენური (სუფსის ნავთობ ტერმინალი) და ა.შ.
- ფუნქციონალური დანიშნულების მიხედვით: გადასატვირთი (ბათუმის, სუფსის), სარიგებელი და გადასატვირთ-სარიგებელი.
- სარეზერვუარო პარკისა და ერთი რეზერვუარის მაქსიმალური მოცულობის მიხედვით (ყოფენ კატეგორიებად):
 - 1 კატეგორიის ნავთობბაზა - გააჩნია რეზერვუარების საერთო მოცულობა 100 ათასი მ³-ზე მეტი;
 - 2 კატეგორიის ნავთობბაზა - გააჩნია რეზერვუარების საერთო მოცულობა 20-დან - 100 ათასი მ³-მდე;
 - 3ა კატეგორიის ნავთობბაზა - საერთო მოცულობა 10-დან -20 ათასი მ³-მდე, ერთი რეზერვუარის მაქსიმალური მოცულობით 50 ათასი მ³ ჩათვლით;
 - 3ბ კატეგორიის ნავთობბაზა - საერთო მოცულობა 2-დან - 10 ათასი მ³-მდე, ერთი რეზერვუარის მაქსიმალური მოცულობით 2000 მ³ ჩათვლით;

- 3გ კატეგორიის ნავთობბაზა - საერთო მოცულობა 2000-ათასი მ³-დან, ერთი რეზერვუარის მაქსიმალური მოცულობით 700 მ³ ჩათვლით;
- შესანახი პროდუქტების სახის მიხედვით: ადვილად აალებადი, საწვავი და ასევე ზოგადი შენახვის ნავთობპროდუქტები.
- წლიური ტვირთბრუნვის მიხედვით - დაყოფილია 5 კლასად:
 - პირველი კლასი - ტვირთბრუნვა 500 ათასი ტ/წელ და მეტი;
 - მეორე კლასი - ტვირთბრუნვა 100-დან 500 ათასი ტ/წელ ჩათვლით;
 - მესამე კლასი - ტვირთბრუნვა 50-დან 100 ათასი ტ/წელ ჩათვლით;
 - მეოთხე კლასი - ტვირთბრუნვა 20-დან 50 ათასი ტ/წელ ჩათვლით;
 - მეხუთე კლასი - ტვირთბრუნვა 20-ათასი ტ/წელ დან და ნაკლები.

4.2. ნავთობბაზის ძირითადი ნაგებობები

ნავთობბაზის ტერიტორიაზე ნაგებობებისა და ობიექტების რაციონალური განლაგება ხელს უწყობს ხელსაყრელი პირობების შექმნას, რომლებიც უზრუნველყოფენ ყველა ოპერაციის შეუწყვეტლივ და საიმედო ჩატარებას, სანიტარულ - ჰიგიენური და ხანძარსაწინააღმდეგო მოთხოვნების დაცვას და ბოლოს განსაზღვრავს მთელი კომპლექსის მუშაობის ეკონომიურ ეფექტიანობას. ნავთობბაზის ობიექტები მიზანშეწონილია გავაერთიანოდ მათი ტექნოლოგიური ან ფუნქციონალური მიკუთვნების მიხედვით და განვალაგოთ ტერიტორიაზე ზონებად. ჩვეულებრივ გამოყოფენ 6-7 ასეთ ზონას:

- რკინიგზიდან მიღებისა და გაცემის ზონა - მოიცავს ჩასხმისა და ჩამოსხმის მოწყობილობებს (ესტაკადა), სატუმბი და საკომპრესორო სადგურებს, ტარაში ჩასხმული სითხეების საცავს, დასატვირთ-დასაცლელ მოედნებს, ლაბორატორიებს, სხვადასხვა დანიშნულების ტექნოლოგიურ მილსადენებს, საოპერატორო შენობებს (ოთახებს), და სხვა ობიექტებს, რომლების დაკავშირებულია ჩასატარებელ ოპერაციებთან;
- წყლის მიღებისა და გაცემის ზონა - მოიცავს საზღვაო და/ან სამდინარე ნავმისადგომებს, სატუმბო სადგურებს, ტექნოლოგიურ მილსადენებს, საოპერატოროებს, მანიფოლდებს და სხვა ნაგებობებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ ჩასხმა-ჩამოსხმითი ოპერაციებს სატრანსპორტო მოცულობებში;
- სარეზერვუარო შენახვის ზონა - მოიცავს რეზერვუარებს, ტექნოლოგიურ მილსადენებს, აირშემკრებებს, გაზის მილსადენებს, სატუმბოებს საოპერატოროებს, მანიფოლდებს და სხვა;
- საცალო გაცემის ზონა - მოიცავს ავტოესტაკადებს, ავტოცისტერნებში ჩასასხმელ მოწყობილობებს, სარიგებლებს, ტარაში დაფასოებული ნავთობპროდუქტების საცავებს, ტარაში ჩასასხმელ ნავთობპროდუქტების საამქროებს, ნამუშევარი ზეთების რეგენერაციის საამქროებს, სატუმბო დანადგარებს, სუფთა და გაჭუჭყიანებული ტარის ოპერატიულ მოედნებს, ლაბორატორიებს და ა.შ.;
- გამწმენდი ნაგებობების ზონა - მოიცავს ბუფერულ რეზერვუარებს, ქვიშის საჭერებს, ნავთობსაჭერებს, ფლოტატორებს, ფილტრებს, ბიოფილტრებს, საქლორატორებს, საა-

ზონატოროს, გუბარებს-სალექარებს, გუბარებს - ამორთქლებლებს, ლამის მოედნებს (შლამდამაგროველებს);

- დამხმარე ნაგებობებისა და შენობების ზონა - მოიცავს სარემონტო-მექანიკურ სახელოსნოებს, დასაორთქლ დანადგარებს, საქვაბეებს, სამღებრო საამქროებს, ელექტრო და ტრანსფორმატურ ქვესადგურებს, გამანაწილებელ პუნქტებს, წყალსადენს, ტარისა და მასალების საწყობებს, დანადგარების სარემონტო საამქროებს;
- ადმინისტრაციულ-სამეურნეო ზონას - მოიცავს სახანძრო სამსახურის ობიექტებს, ადმინისტრაციულ შენობებს, სასადილოებს, გასასვლელებს, ავტოფარეხებს, დაცვის სამსახურის ობიექტებს (დაცვის განხორციელებისათვის) და ა.შ.

ნავთობბაზის დაყოფას ზონებად აქვს პირობითი ხასიათი. მაგალითად, ნავთობბაზებს, რომლებიც ინახავენ მხოლოდ ნათელ ნავთობპროდუქტებს არ სჭირდებათ შეთბობის ოპერაციები. ყველა ნავთობბაზაზე შეუძლებელია ხორციელდებოდეს ნავთობის გაუწყობა და ზეთების გაწმენდა, როცა საჭიროა ორთქლისა და შეკუმშული ჰაერის მნიშვნელოვანი რაოდენობა. ბევრ ნავთობბაზაზე არ გააჩნიათ საქვაბეები, შეიძლება არ იყოს რამდენიმე ზონა, ზოგიერთი ზონები იყოს გაერთიანებული, შეიძლება გამოყოფილი იყოს დამატებით ახალი ზონები, რომლებიც დასაბუთებულია ან ჩასატარებელი ტექნოლოგიური ოპერაციებით, ან ეკონომიკური მაჩვენებლების მიხედვით.

4.3. რეზერვუარები ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების შენახვისათვის

რეზერვუარებს უწოდებენ სხვადასხვა ფორმისა და ზომის სტაციონარულ და გადასატან ჭურჭელს. რეზერვუარი (თარგმანი ლათინურიდან ნიშნავს ვიცავ, ვინახავ) არის მოცულობა, რომლის დანიშნულებაცაა მიიღოს შეინახოს და გასცეს სითხე ან აირი. რეზერვუარები წარმოადგენენ საპასუხისმგებლო ნაგებობებს, რომელშიც ინახება დიდი რაოდენობით საკმაოდ ძვირად ღირებული სითხეები.

მასალის მიხედვით, რისგანაც ისინი მზადდება, ანსხვავენ ლითონის და არალითონის რეზერვუარებს. ლითონის რეზერვუარებს ძირითადად ამზადებენ ფოლადისაგან, ზოგჯერ ალუმინისაგან. არალითონს მიეკუთვნება რკინა-ბეტონის და პლასტმასის რეზერვუარები.

ფორმის მიხედვით რეზერვუარები შეიძლება იყოს ვერტიკალური ცილინდრიული, ჰორიზონტალური ცილინდრიული, მართკუთხა, სფერული, წვეთისებური და სხვა.

დაყენების სქემის მიხედვით რეზერვუარები იყოფა: მიწისზედა - როდესაც რეზერვუარის ფსკერი განლაგებულია მიმდებარე მოედნის დაგეგმარებული ნიშნულის დონეზე ან მაღლა; მიწისქვეშა - როცა სითხის მაქსიმალური დონე რეზერვუარში 0,2 მ უფრო დაბალზეა განლაგებული ვიდრე მიმდებარე მოედნის (3 მ ფარგლებში) მინიმალური დაგეგმარებული ნიშნული.

რეზერვუარებს აგებენ სხვადასხვა მოცულობის - 5 დან 120 000 მ³ მდე. ნათელი ნავთობპროდუქტების შესანახად ძირითადად გამოიყენებენ ფოლადის რეზერვუარებს, და ასევე რკინა-ბეტონის შიდა ბენზინმგრადი საფარით -ფურცლოვანი ფოლადის მოპირკეთებით და სხვა. ნავთობისა და მუქი ნავთობპროდუქტებისათვის გამოიყენება რკინაბეტონის რეზერვუარები. საპოხი ზეთების შენახვას ახორციელებენ ფოლადის რეზერვუარებში.

უსაფრთხო მანძილი რეზერვუარებს შორის მეტრებში მიიღება: რეზერვუარებისათვის მცურავი სახურავით არა ნაკლები 0,5 დიამეტრისა; რეზერვუარებისათვის სტაციონარული სახურავითა და პონტონით - 0,65 დიამეტრისა; რეზერვუარებისათვის სტაციონარული სახურავით პონტონის გარეშე - 0,75 დიამეტრისა.

მიწისზედა რეზერვუარების თითოეული ჯგუფი უნდა იყოს შემოღობილი მიწის ნაყარით ან კედლით, რომლის სიმაღლე მიიღება 0,2 მ უფრო მაღალი, ვიდრე დაღვრილი ნავთობის საანგარიშო დონე.

4.3.1. ფოლადის რეზერვუარები

თანამედროვე ფოლადის რეზერვუარები დაყოფილია ვერტიკალურ ცილინდრულ, წვეთისებურ, სფერულ, ჰორიზონტალურ (ცისტერნები) რეზერვუარებად. ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარები დაყოფილია: დაბალი წნევის (ატმოსფერულ) რეზერვუარებად, რეზერვუარებად პონტონით და მცურავი სახურავით. ატმოსფერული ტიპის რეზერვუარებს გამოიყენებენ ნაკლებად აორთქლადი პროდუქტების შენახვისათვის (ნავთი, დიზელის საწვავი და სხვა).

ადვილადაორთქლადი ნავთობპროდუქტების შესანახად უფრო ეფექტურია რეზერვუარები მცურავი სახურავით და პანტონით, ან მაღალი წნევის რეზერვუარები (წვეთისებური წნევით 0,07 მპა- მდე).

ჰორიზონტალურ რეზერვუარები (ცისტერნები) ინახავენ უმრავლესი სახის ნავთობპროდუქტებს.

4.3.1.1. ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარები

დაბალი წნევის (ატმოსფერული) რეზერვუარებს აკეთებენ კონუსური ან სფერული გადახურვით. რეზერვუარებს კონუსური გადახურვით აგებენ მოცულობით 100 დან 5 000 მ³ მდე. რეზერვუარის ცენტრში მონტაჟდება ცენტრალური დგარი, რომელსაც ეყრდნობა გადახურვის ფარები.

სფერული გადახურვით რეზერვუარები აიგება მოცულობით 10 000, 15 000 და 20 000 მ³. გადახურვის ფარები ეყრდნობა სიხისტის რგოლს, დაყენებულს რეზერვუარის კორპუსზე. რეზერვუარის კედლის სისქე მიღებულია 14-6 მმ (ითვლება ქვემოდან ზემოდ). გადახურვის ფურცლების სისქეზე - 3 მმ.

ბლანტი შესათბობი ნავთობპროდუქტების შენახვის დროს სითბო დიდი რაოდენობით იკარგება ატმოსფეროში (გარემოში). შესათბობი სითბოს რაოდენობის და შეთბობაზე დანახარჯების შემცირების მიზნით ახორციელებენ რეზერვუარის გარე ზედაპირის თბოიზოლაციას პენოპლასტით, პენოპოლიურეტანით და სხვა.

განასხვავებენ ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარების 4 ძირითად ტიპს:

- ვერტიკალური ფოლადის რეზერვუარი სტაციონალური სახურავით პონტონის გარეშე;
- ვერტიკალური ფოლადის რეზერვუარი სტაციონალური სახურავით და პონტონით;
- ვერტიკალური ფოლადის რეზერვუარი მცურავი სახურავით;
- რეზერვუარები დამცავი კედლით (ჭიქა ჭიქაში).

ვერტიკალური ფოლადის რეზერვუარები სტაციონალური სახურავით (ნახ. 4.1) გამოიყენება დაბალი აორთქლების მქონე ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების შესანახად. აორთქლადი და ადვილად აალებადი ნავთობპროდუქტების შენახვისას ასეთი რეზერვუარები უნდა იყოს ალჭურვილი აირის გამყვან მილებით ან სპეციალური მოწყობილობებით მსუბუქი ფრაქციების დასაკავებლად.

ვერტიკალური ფოლადის რეზერვუარები სტაციონალური სახურავით და პონტონით (ნახ.4.2) გამოიყენება ადვილად აორთქლადი პროდუქტების შესანახად. სპეციალური პონტონის არსებობა, რომელიც ტივტივებს სითხის ზედაპირზე, ამცირებს ნავთობპროდუქტის აორთქლების სიჩქარეს და აქედან გამომდინარე მის დანაკარგებს. PBCII ტიპის რეზერვუარის პონტონი წარმოადგენს დისკისებურ ხისტ მოწყობილობას ტივტივებით, რომელიც მოთავსებულია რეზერვუარის შიგნით ნავთობპროდუქტის ზედაპირზე, ისე რომ, პონტონი ფარავდეს 90% სითხის ზედაპირისა. ნავთობპროდუქტების დანაკარგები აორთქლებისაგან მცირდება 4-5 ჯერ ან 66% - ით უპონტონო რეზერვუარებთან შედარებით. პონტონსა და კედელს შორის ტოვებენ ღრეჩოს სიფართით 100 – 300 მმ, რათა არ მოხდეს პონტონის გაჭედვა (რეზერვუარის კედლის უსწორმასწორობის გამო). ღრეჩო იფარება შემამჭიდროებელი ჩამკეტით, რომელიც ამავდროულად ხელს უწყობს ღრეჩოს ჰერმეტიზაციას.

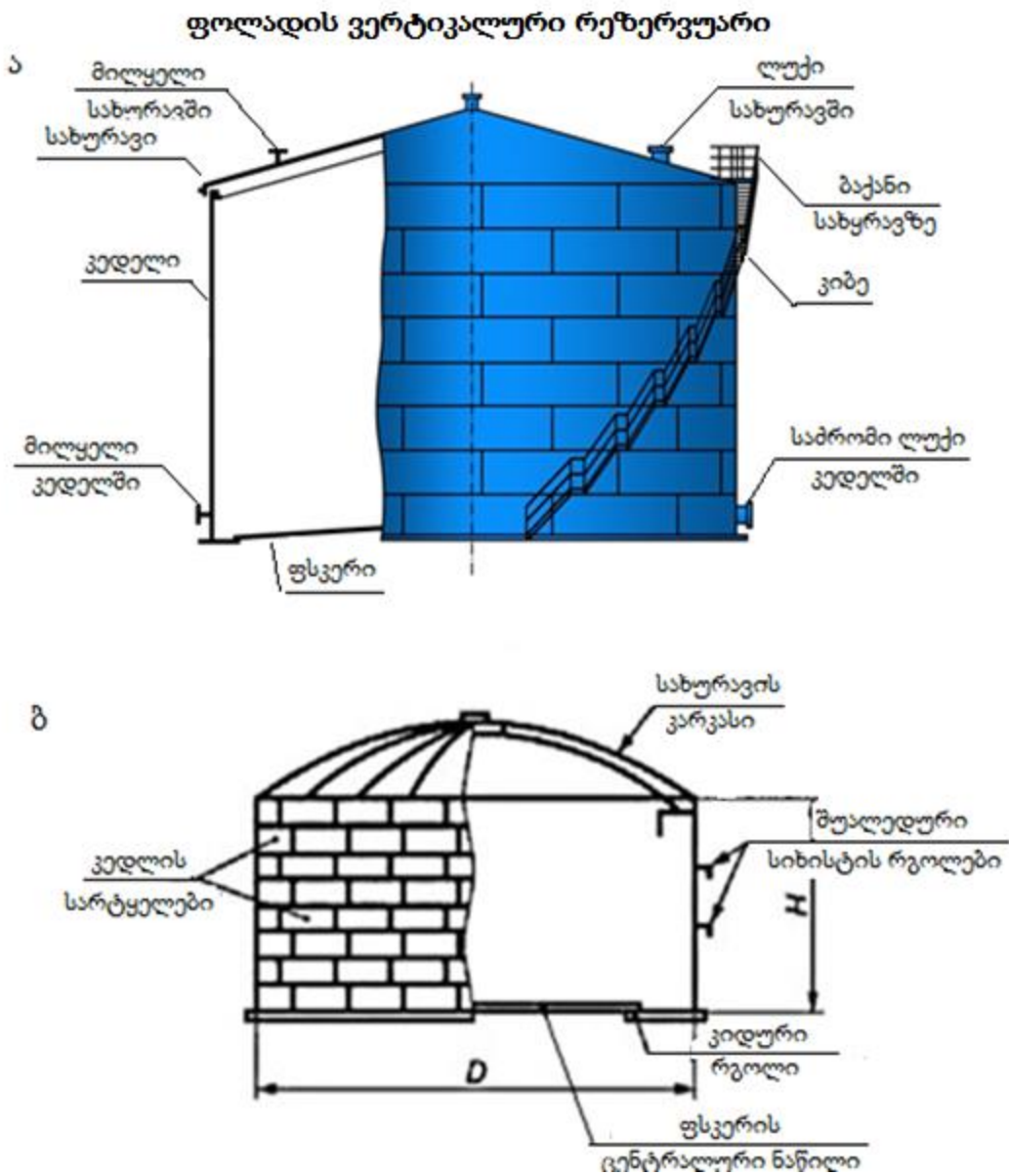
უპირატესობა გამოყენებაში გააჩნია ჩამკეტებს რეზინით გაქდენთილი ქსოვილისაგან, რომელსაც აქვს მარყუჟის ფორმა. მარყუჟი შევსებულია დრეკადი მასალით. ჩამკეტი პონტონის განუყოფელი ნაწილია, მის გარეშე პონტონის მუშაობა ნაკლებად ეფექტურია. ანსხვავებენ ლითონისა და პენოპლასტის პონტონებს. პონტონები ასევე ალჭურვილი არიან საყრდენებით, რომლებზეც ისინი ეყრდნობიან ქვედა მდგომარეობაში ყოფნის დროს.

რეზერვუარები პონტონით გავრცელებული არიან ჩრდილოეთ და შუა ზონის რაიონებში.

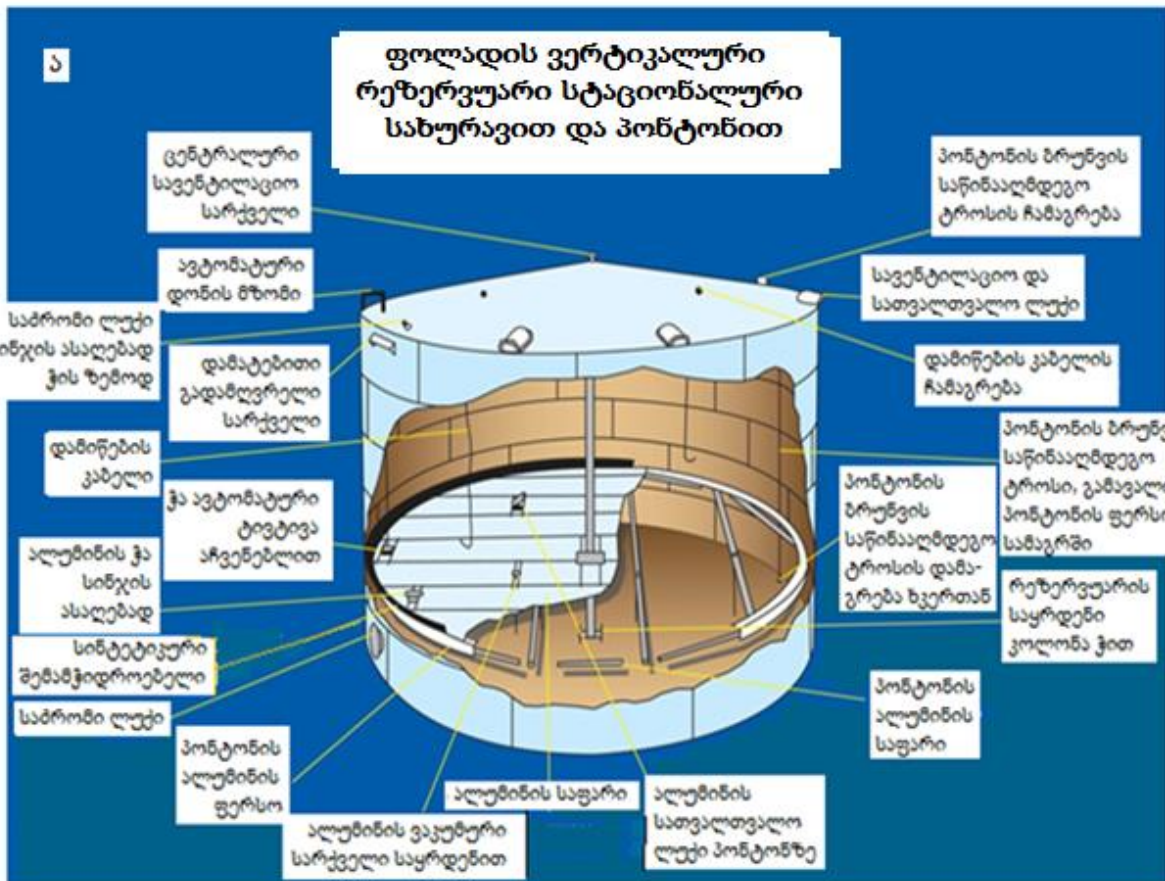
ვერტიკალურ ფოლადის რეზერვუარებს მცურავი სახურავით (ნახ.4.3) არ გააჩნიათ სტაციონალური სახურავი. სახურავის მოვალეობას ასრულებს სითხის ზედაპირზე მოტივტივე ფოლადის ფურცლებიდან შედუღებული დისკი. ტივტივობის უზრუნველყოფისათვის დისკის პერიმეტრზე ქვემოდან განლაგებულია პონტონი გაყოფილი რადიალური ტიხრებით ცალკეულ ჰერმეტულ სივრცეებად. ღრეჩო სახურავსა და კედელს შორის უკეთესი ჰერმეტიზაციისათვის შესრულებულია რეზინით გაზინთული ბაფთისაგან (მემბრანა), რომელიც მიეჭირება კედელს ბერკეტოვანი მოწყობილობით.

მცურავი სახურავის დასათვალიერებლად და გასაწმენდად გათვალისწინებულია სპეციალური მგორავი კიბე. ის ერთი ბოლოთი დამაგრებულია სახსროვანი შეერთებით რეზერვუარის ზედა ბაქანზე, მეორე ბოლო კი მოძრაობს მცურავ სახურავზე ჰორიზონტალურად გადებულ ლიანდაგებზე. მცურავ სახურავზე მოხვედრილი წვიმის წყალი მიედინება სახურავის ცენტრისაკენ და გამყვანი მილებით პროდუქტის ფენის გავლით გამოჰყავთ კანალიზაციის ქსელში რეზერვუარის ქვედა ნაწილიდან.

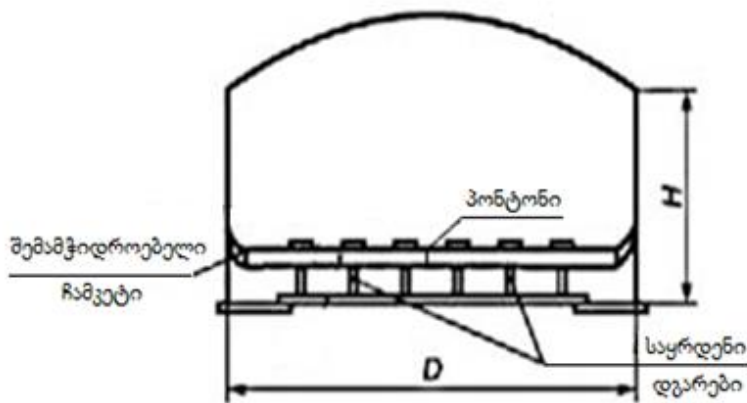
მცურავ სახურავზე დაყენებულია საჰაერო სარქველი, რომელიც განკუთვნილია ჰაერის გამოსაშვებად რეზერვუარის შევსების დროს სახურავის ქვედა მდგომარეობაში ყოფნისას მის ატივტივებამდე და ჰაერის მიწოდებისათვის სახურავის ქვემოდ რეზერვუარის დაცლისას, როცა სახურავი იმყოფება ქვედა მდგომარეობაში.



ნახ. 4.1. ფოლადის ვერტიკალური რეზერვუარები: ა - ხედი; ბ - სქემა



ბ



ნახ. 4.2. ვერტიკალური ფოლადის რეზერვუარი სტაციონალური სახურავით და პონტონით;

ა - ხედი; ბ - სქემა

რეზერვუარებს მცურავი სახურავით გამოიყენებენ მცირე თოვლიან და სამხრეთ რაიონებში, ვინაიდან თოვლის დაგროვება სახურავზე ხელს უშლის რეზერვუარების ექსპლუატაციას. მუშა მდგომარეობაში სახურავს (პონტონს) აქვს მუდმივი და სრული კონტაქტი პროდუქტის ზედაპირთან. რეზერვუარების მოწყობა მცურავი სახურავით ასევე ემსახურება აორთქლების შედეგად პროდუქტის დანაკარგების შემცირებას. ასეთ რეზერვუარებში ნავთობპროდუქტების დანაკარგები აორთქლების შედეგად მცირდება 85%-ით.

რეზერვუარების მცურავი სახურავით სადრენაჟო მოწყობილობა არის ერთერთი ძირითადი კონსტრუქციული კვანძი. ის ემსახურება სახურავიდან წვიმისა და გამდნარი თოვლის

წლის გაყვანას. მცურავი სახურავის 11 ცენტრში აყენებენ ნიაღვრის მიმღებს 9, რომელსაც უერთდება სადრენაჟო სისტემა (ნახ. 4.3, გ).

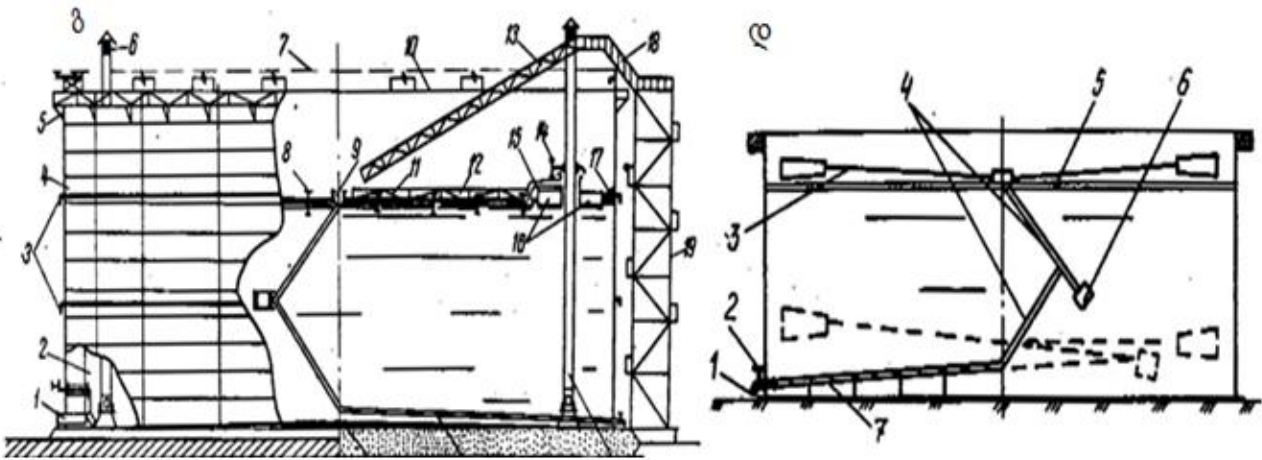
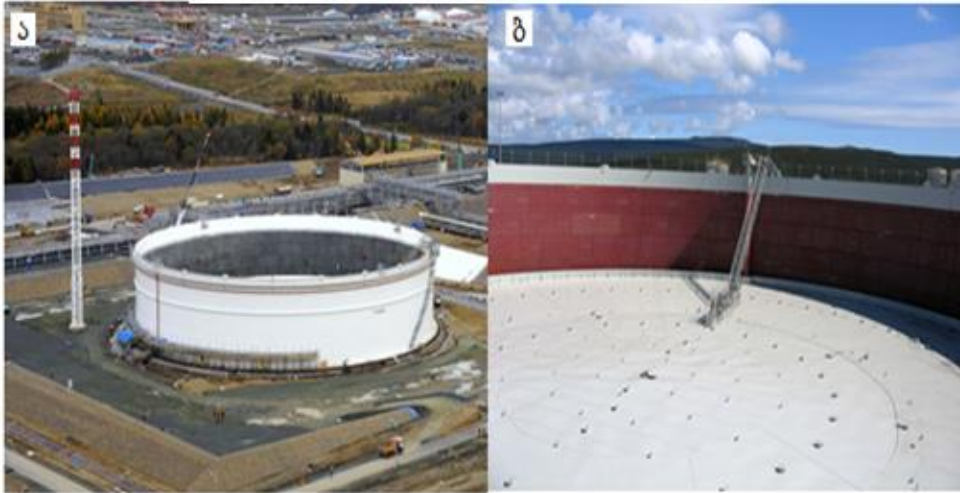
ტივტივა 6 (ნახ. 4.3, დ) ხელს უწყობს ღერძული ძალების შემცირებას წყალგამყვან მილებში 4 მცურავი სახურავის დაშვების ან აწევის დროს. წყლის გამომყვანი კოლექტორი 7 მონტაჟდება დგარებზე, რომლებიც მიდუღებულია რეზერვუარის ფსკერთან, და მთავრდება მილყელზე დაყენებული ჩამკეტი ურდულით. რეზერვუარის ექსპლუატაციის დროს ურდული უნდა იყოს ჩაკეტილი. მას ხსნიან მხოლოდ წვიმის დროს.

სადრენაჟო სიტემები კონსტრუქციულად შეიძლება იყოს სამი ტიპის: დრეკადი, დამზადებული გამძლე სქელკედლიანი სახელოსაგან (მასალა სინთეტიკური კაუჩუკის საფუძველზე); ხისტი, დამზადებული ფოლადის მილებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან შეერთებული არიან ჩოხალისებური სახსრებით; კომბინირებული, დამზადებული ფოლადის მილებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან არიან დაკავშირებული დრეკადი სახსრებით (შეერთებით). დრეკადი ტიპის სადრენაჟო სიტემა ძალიან მოსახერხებელია მონტაჟისათვის, მაგრამ არ არის გამძლე ექსპლუატაციის დროს.

იმ ადგილებში, სადაც მიმართულების მიმცემი მილისებური დგარი 20 გადის პონტონის სექციაში აყენებენ მიმართულების მიმცემ გორგოლაჭებს, რომლებიც ზღუდავენ სახურავის მინიმალურ გადაადგილებას და რეზინის შემამჭიდროებლები - დგარსა და სახურავის მილყელის შორის დარჩენილი ღრეჩოს ჰერმეტიზაციისათვის. ფოლადის რეზერვუარების დაგეგმარების ინსტრუქციის თანახმად ორი მიმართულების მიმცემის არსებობის დროს, ისინი უნდა განლაგდეს დიამეტრალურად საპირისპიროდ შახტურ 19 და მგორავ კიბებთან 13 (ნახ. 4.3, გ). სახურავზე მოხვედრა ხორციელდება რეზერვუარის გარე მხრიდან, შახტური კიბის 19, გადამსვლელის 18 და მგორავი კიბის 13 გავლით.

მცურავ სახურავს არა აქვს ხისტი კავშირები რეზერვუარის კორპუსთან (კედელთან და ფსკერთან და ის, როგორც დამოუკიდებელი ელემენტი მუშაობს, ადის და ჩამოდის რეზერვუარში სითხის დონის ცვლილებისას). მისი ზედა მდგომარეობა ფიქსირდება სითხის მაქსიმალური დონით, რომელიც უნდა იყოს 600 მმ ქვემოთ კედლის ზედა პირისაგან. მცურავი სახურავის ქვედა მდგომარეობა ფიქსირდება საყრდენი დგარების მიერ, რომლებიც მიმაგრებულია სახურავთან. დგარები მილისებური კვეთისაა, გარე დიამეტრით 89 მმ, განლაგებულნი არიან კონცენტრირებულ წრეხაზებზე (50 000 მ³ მოცულობის რეზერვუარში დაყენებულია 152 დგარი). დგარების სიმაღლე სხვადასხვანაირია. რეზერვუარის კედლის ახლოს განლაგებულ დგარების სიმაღლე 1,8 მ-ა. დგარების სიმაღლის შემცირება სახურავის ცენტრისაკენ უზრუნველყოფს სახურავის ქანობას (დაქანებას) 1:100. სიმაღლე სახურავსა და ფსკერს შორის საჭიროა მოწყობილობის განლაგებისათვის, ნავთობით რეზერვუარის შევსებისათვის ჭავლის რგოლური პონტონის ვერტიკალურ კედელზე დარტყმის გარეშე, სამონტაჟო და სარემონტო სამუშაოების ჩატარებისთვის.

**ფოლადის ვერტიკალური რეზერვუარი
მცურავი სახურავით**



ნახ. 4.3. ფოლადის ვერტიკალური რეზერვუარი მცურავი სახურავით:

ა- ზოგადი ხედი; ბ - ზედახედი; გ - მცურავი სახურავით რეზერვუარის სქემა: 1 - მიმღებ გასაცემი მილყელი ჭექუნით; 2 - ჭექუნის სათადარიგო გვარლი (ტროსი); 3 - სიხისტის რგოლი; 4 - რეზერვუარის კედელი; 5 - სიხისტის რგოლური ბაქანი; 6 - ცეცხლის დამცავი (ცეცხლგადამღობი); 7 - ქაფის ხსნარის მილსადენი; 8 - მცურავი სახურავის საყრდენი დგარები; 9 - ატმოსფერული ნალექების მიმღები; 10 - რეზერვუარის კედლის მოსარწყავი მშრალი მილსადენი; 11 - მცურავი სახურავი; 12 - საყრდენი ფერმა; 13 - მგორავი კიბე; 14 - ქაფის დამაკავებელი კიდე; 15 - საყრდენი ფერმა; 16 - მცურავი სახურავის პერიფერიული რგოლური პონტონი; 17 - მცურავი სახურავის შემამჭიდროებელი (ჩამკეტი); 18 - გადასასვლელი ბაქანი; 19 - შახტური კიბე; 20 - მცურავი სახურავის მილისებური მიმართულების მიმცემი; 21 - სადრენაჟო სისტემა; 22 - რეზერვუარის ფსკერი; დ - მცურავი სახურავის სადრენაჟო სისტემა: 1 - მილყელი; 2 - ურდული; 3 - სახურავი; 4 - მილი; 5 - გაზის (აირის) სივრცე; 6 - ტივტივა; 7 - გამყვანი კოლექტორი.

რეზერვუარების ტიპი „ჭიქა ჭიქაში“, დამცავი კედლით (ნახ. 4.4.) გამოიყენება საწარმოო მოედნებზე, სადაც არ არის საშუალება შემოზინვის ან შემონალობის მოწყობისა. ასევე ასეთი ტიპის რეზერვუარებს აგებენ წყალსატევებისა და დასახლებების ახლოს გარემოსა და მოსახლეობის უსაფრთხოების მიზნით. დამცავი კედლის არსებობა ძირითადი ვერტიკალური ცილინდრიული რეზერვუარების ირგვლივ საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ ნავთობპროდუქტების დაღვრა რეზერვუარის ჰერმეტიზაციის დარღვევისას. ავარიის შედეგად დაღვრილი

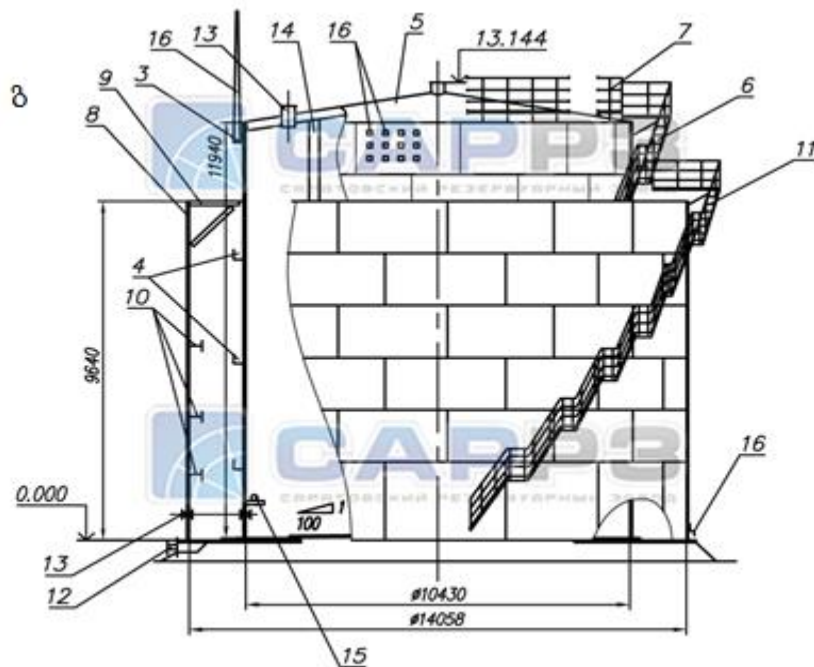
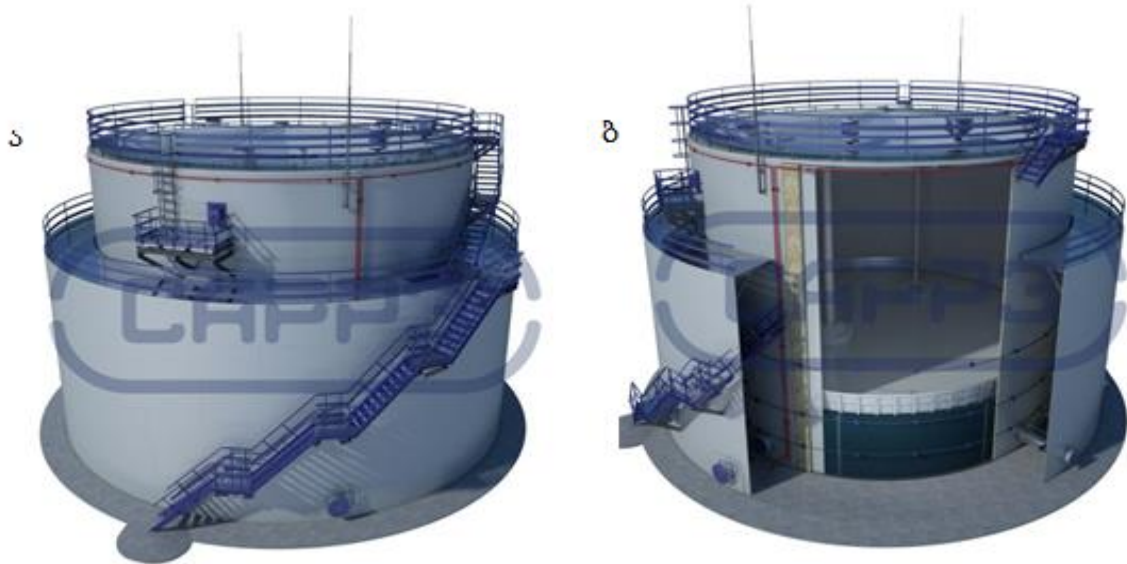
ნავთობპროდუქტი აღმოჩნდება არა შემოზვინულ ტერიტორიაზე, არამედ შიგა და გარე კედლებს შორის. ეს მნიშვნელოვნად ამცირებს ნავთობპროდუქტების აორთქლების ფართობს და საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ ეკოლოგიური და მატერიალური პრობლემები. ნავთობპროდუქტი არ ჭუჭყიანდება და შეიძლება გადატუმბული იყოს სხვა რეზერვუარში.

სახანძრო და ეკოლოგიური უსაფრთხოების მიზნით რეზერვუარის სიმაღლისა და დიამეტრის გაანგარიშებისას გათვალისწინებული უნდა იყოს შემდეგი მოთხოვნები:

- მანძილი ძირითად რეზერვუარისა და დამცავი კედლის შორის არ უნდა იყოს 1,8 მ-ზე ნაკლები;
- დამცავი რეზერვუარის სიმაღლე უნდა შეადგენდეს ძირითადი რეზერვუარის სიმაღლის 80% -ს;
- კედლებს შორის სივრცეში ნავთობპროდუქტების მოხვედრის შემთხვევაში სითხის მაქსიმალური დონე არ უნდა აღემატებოდეს 1 მ-ს გარე კედლის ზედა პირამდე.

ძირითადი რეზერვუარის ფსკერი შეიძლება ეყრდნობოდეს დამცავი რეზერვუარის ფსკერს ან ლითონის გისოსებს/ზადეს არმატურისაგან. ამდაგვარად წარმოიშობა კედელთა შორისო სივრცე შიგა რეზერვუარის ფსკერიდან დაღვრის 9 გამოჟონვის არსებობის თუ არ არსებობის კონტროლისათვის. დამცავი რეზერვუარის ფსკერს უნდა ჰქონდეს დაქანება მხოლოდ ცენტრიდან და არა პირიქით, რათა კედლებს შორის მოხვედრილი პროდუქტი არ გროვდებოდეს დამცავი რეზერვუარის ფსკერის და ძირითადი რეზერვუარის კედლის პირაპირს (იმ შემთხვევაში, თუ ძირითადი რეზერვუარის ფსკერი ეყრდნობა უშვალოდ დამცავი რეზერვუარის ფსკერს) ან არ გროვდებოდეს დამცავი რეზერვუარის ფსკერის ცენტრში (იმ შემთხვევაში, თუ ძირითადი რეზერვუარის ფსკერი ეყრდნობა ლითონის გისოსს).

დამცავი რეზერვუარის კონსტრუქციაში უნდა იყოს გათვალისწინებული სათვალთვალო და საძრომი ლუქები კედლებს შორისო სივრცეში შესაღწევად და დასათვალიერებლად. ორკედლიან ვერტიკალურ რეზერვუარებზე მონტაჟდება ორი კიბე: ერთი ძირითადი რეზერვუარის კედელზე, მეორე - დამცავი რეზერვუარის კედელზე. გარე (დამცავი) რეზერვუარი კეთდება ღია სახურავისა და პონტონის გარეშე. კედელშორისო სივრცის დასაცავად (ნაგვის, ნალექის, სხვა ნივთების მოხვედრისაგან დასაცავად) მას უკეთდება ქუდი. თუ PBC -ის კედლის კონსტრუქციაში გათვალისწინებულია ქუდი, მაშინ სივრცე შიგა და გარე რეზერვუარებს შორის უნდა იყოს უზრუნველყოფილი სავენტტილაციო მილყელებით.



ნახ. 3.4. „ჭიქა-ჭიქაში ტიპის რეზერვუარი:

- ა - ზოგადი ხედი; ბ - პონტონიანი რეზერვუარის ხედი ჭრილით; გ - 1000 მ3 რეზერვუარის სქემა; 1- ძირითადი ფსკერი; 2 - დამცავი ფსკერი; 3 - ძირითადი კედელი; 4 - ავარიული ბაგირები; 5 - სახურავი; 6 - ძირითადი კედლის რგოლური კიბე; 7 - ბაქნები სახურავზე; 8 - დამცავი კედელი; 9 - ქარდამცავი რგოლი; 10 - სიხისტის რგოლები; 11 - დამცავი კედლის რგოლური კიბე; 12 - კედლებს შორის სივრცის ღარისებური ზუმფი (საწრეტი); 13 - ლუქები და მილყელები კედლებში და სახურავში;
- 14 - ნავთობპროდუქტების შემკრები მცურავი მოწყობილობის ძელი; 15 - შიგა შემათბობელი;
- 16 - მეხამრიდი, დამიწება, თბოიზოლაციის სამაგრები.

ყველა ტიპის რეზერვუარები მზადდება ფურცლოვანი აკრებით, რულონირების მეთოდით ან კომბინირებული ხერხით. ჩვეულებრივ მცირე ზომის რეზერვუარებს ამზადებენ რულონირების მეთოდით, დიდი ზომის რეზერვუარებს - ფურცლოვანი აკრეფით.

რეზერვუარების ტიპის გამოყენება ნავთობპროდუქტის სახეობის მიხედვით მოცემულია ცხრილში 4.1, ხოლო ცხრილში 4.2 მოცემულია რეზერვუარის ტიპების კრებსითი ტექნიკური მახასიათებლები.

ცხრილი 4.1

ნავთობპროდუქტების განაწილება რეზერვუარების ტიპების მიხედვით

შესანახი პროდუქტების დასახელება	რეზერვუარის ტიპები				
	ფოლადის ვერტიკალური რეზერვუარი მცურავი სახურავით	ფოლადის ვერტიკალური რეზერვუარი პონტონით	ფოლადის ვერტიკალური რეზერვუარი		
			აირის გამყვან მილებით	მსუბუქი ფრაქციების დასაკავებელი მოწყობილობით	აირის გამყვანი და მსუბუქი ფრაქციების დასაკავებელი მოწყობილობის გარეშე
ნავთობი	+	+	+	+	-
ბენზინი საავტომობილო	+	+	+	+	-
ბენზინი საავიაციო	-	+	-	-	+
ბენზინი პირდაპირი გამოხდის	-	-	+	+	-
საწვავი რეაქტიული ძრავებისათვის	-	-	-	-	+
საწვავი დიზელისათვის	-	-	-	-	+
ლუმელის, ძრავის, ნავთობური საწვავი(მაზუთი)	-	-	-	-	+
ნავთი ტექნიკური განათებისათვის	-	-	-	-	+
ნავთობის გამხსნელები	+	+	+		+
ზეთები	-	-	-	-	+
ნავთობის ბითუმები	-	-	-	-	+
ფენის წყალი, ემულსია	-	-	-	-	+

რეზერვუარების კრებსითი ტექნიკური მახასიათებლები

მოცულობა, მ ³	100	200	400	500	1000	3000	5000		10000		20000	30000	50000
კედლის შიგა დიამეტრი, მმ	4730	6630	8530	8530	10430	18980	22800	20920	34200	28500	39900	45600	60700
კედლის სიმაღლე, მმ	6000	6000	7500	9000	12000	12000	12000	15000	12000	17880	18000	18000	18000
კედელი													
სარტყლების რაოდენობა, ცალ.	4	4	5	6	8	8	8	10	8	12	12	9	8
ზედა სარტყელის სისქე, მმ	5	5	5	5	5	6	6	7	8	8	12	12	11
ქვედა სარტყელის სისქე, მმ	5	5	5	5	6	8	10	12	10	13	18	22	25
ფსკერი													
ცენტრალური ნაწილ. სისქე, მმ	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	8
კიდურების სისქე, მმ	-	-	-	-	-	7	8	10	8	12	14	16	16
სახურავი													
საფენის სისქე, მმ	4	4	5	5	6	4	4	4	4	4	5	5	5
მასა, კგ													
კედელი	3638	5094	8187	9824	16410	36385	48426	62930	86450	126243	261122	299500	409480
ფსკერი	757	1467	2409	2409	3584	12903	19052	17577	40756	33206	62606	102400	220649
სახურავი	767	1549	2882	2882	5379	19350	31700	25340	78619	51611	110000	136200	325047
კიბე	950	950	950	950	1200	1200	1200	1200	1200	2300	5100	1830	20600

მოცულობა, მ³	100	200	400	500	1000	3000	5000		10000		20000	30000	50000
ბაქანი სახურავზე	788	1104	1421	1421	1737	3159	3795	3483	5692	5600	6642	8500	10102
დამაკომპლექტებელი კონსტრუქციები	1162	1162	1442	1442	1772	1772	2512	4238	4631	4852	5294	5294	5294
ლუქები და მილყელები	400	425	774	774	951	1447	2460	2968	2986	2986	3561	6100	12384
კარკასი და შეფუთვა	1100	1100	1100	1300	1700	3400	5100	9600	10200	17550	24000	29600	52800
სულ	9562	12851	19165	21002	33433	81359	113505	126792	230516	245835	477725	589424	1056356

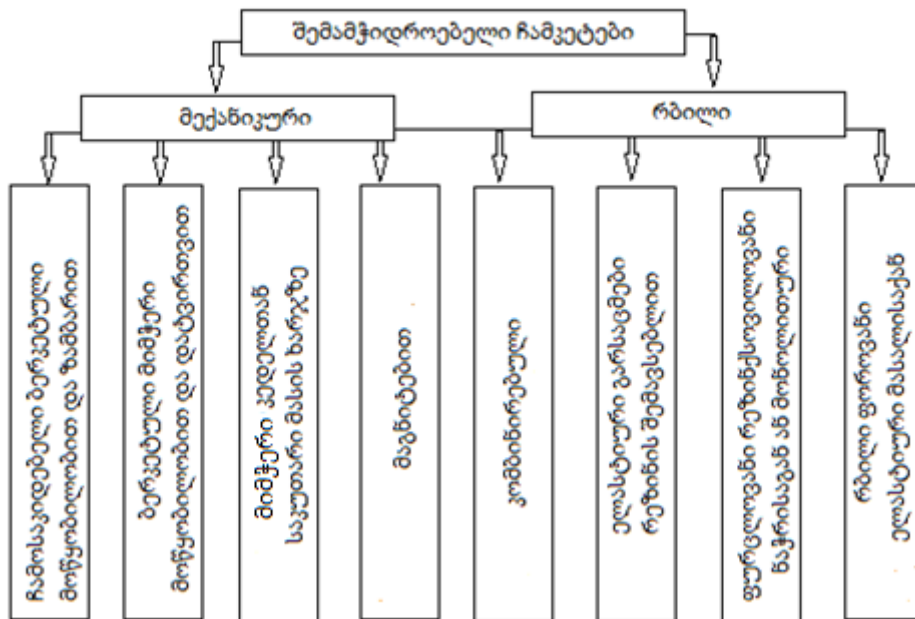
4.3.1.2. პონტონებისა და მცურავი სახურავის ჩამკეტები

მცურავ სახურავსა (პონტონსა) და რეზერვუარის კედელს შორის მუდამ რჩება ღრეჩო - რგოლური სივრცე, რომელიც რეზერვუარებში დიამეტრით 61 მ არ უნდა აღემატებოდეს 200 მმ-ს და უფრო დიდი დიამეტრის რეზერვუარებში 300 მმ. კედელსა და მცურავ სახურავს შორის რგოლური სივრცის შემჭიდროება ხორციელდება ჩამკეტებით, რომელიც არის მცურავი სახურავის კონსტრუქციის ერთ-ერთი ძირითადი კვანძი.

ჩამკეტების მიმართ წაყენებულია შემდეგი მოთხოვნები. ისინი უნდა იყოს:

- ✓ შეუღწევადი პროდუქტის და მისი ორთქლისათვის;
- ✓ ცვეთგამძლე;
- ✓ ცივ და თბომდეგი;
- ✓ მდგრადი ატმოსფერული ნალექების და პირდაპირი მზის სხივების გავლენის მიმართ;
- ✓ ქმნიდეს აირის (გაზის) მინიმალურ სივრცეს;
- ✓ ბენზინ- და კოროზიულ მდეგი;
- ✓ მარტივი ასაკრებად და მონტაჟისათვის;
- ✓ საიმედო ექსპლუატაციაში.

სახეების მიხედვით შემამჭიდროებელი ჩამკეტები დაყოფილია ხაზოვან და ღრეჩოსებურ, კონსტრუქციის მიხედვით კი მექანიკურ და რბილ ჩამკეტებად. ნახ. 4.5 - ზე მოცემულია რეზერვუარების მცურავი სახურავით ჩამკეტების ტიპების კლასიფიკაცია.



ნახ. 4.5. მცურავი სახურავის შემამჭიდროებელი ჩამკეტების კლასიფიკაცია

ჩამკეტების კონსტრუქციას მექანიკური მიმჭერი მოწყობილობით (ნახ. 4.6) აქვს ელემენტი (ჩვეულებრივ ლითონის ფირფიტა), რომელიც სრიალებს რეზერვუარის კედლის ზედაპირზე და ქმნის წნევას, რომელიც საკმარისია შემჭიდროების შესაქმნელად. ფირფიტის მჭიდრო მიჭერა რეზერვუარის კედელთან ხორციელდება სხვადასხვა ხერხებით: ჩამოსაკიდი ბერკეტული

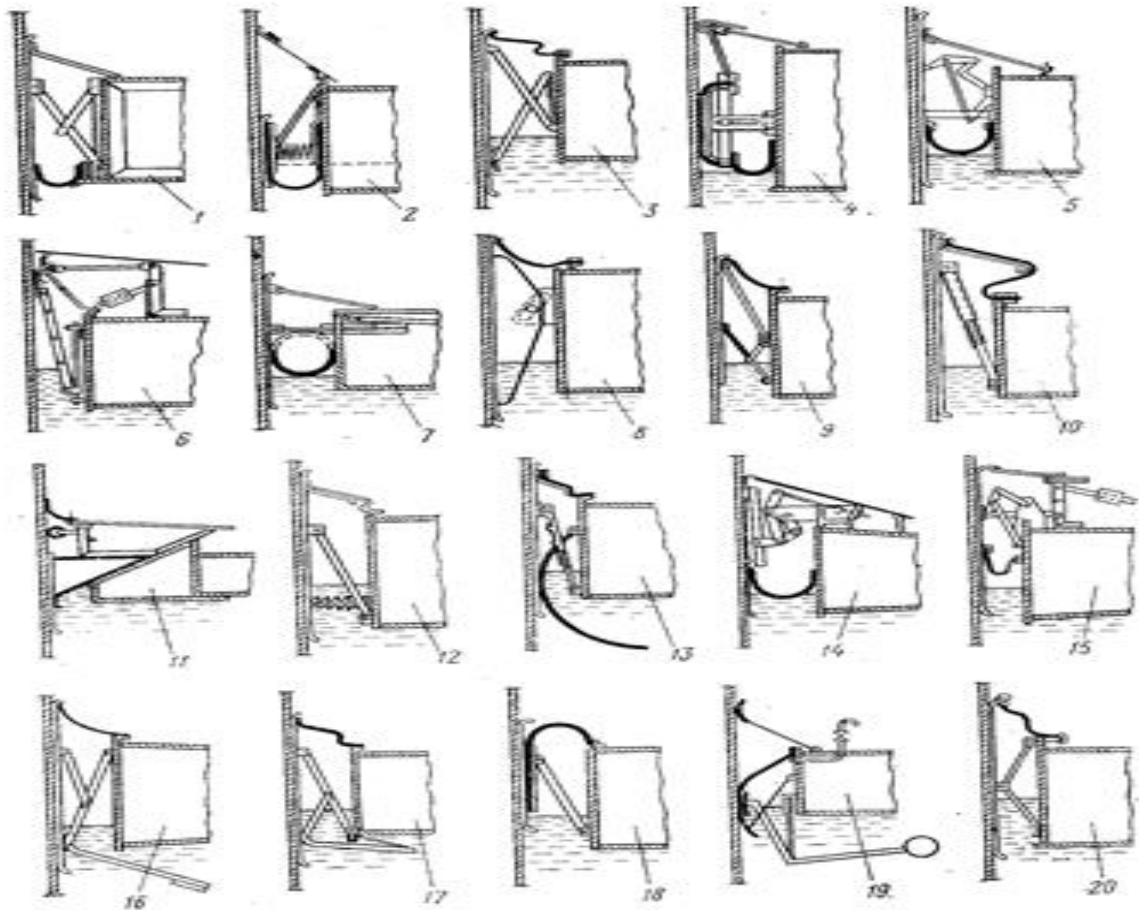
მოწყობილობით, ზამბარით და მის გარეშე; საკუთარი წონით; ფურცლოვანი ან სპირალური ზამბარით.

ჩამკეტები ჩამოსაკიდი ბერკეტული მოწყობილობით („ვიგინის“ ჩამკეტები -Wiggins Seal) ფართოდ გამოიყენება ინგლისში, აშშ, გერმანიაში, იაპონიაში, და რუსეთში 50 – 100 ათასი მ³ და მეტი მოცულობის რეზერვუარებისათვის. ამ ტიპის ჩამკეტების უარყოფითი მხარეა ნავთობპროდუქტის ზემოდ მნიშვნელოვანი აირის სივრცის არსებობა და მოუხერხებელი მომსახურება ექსპლუატაციის დროს.

გერმანიაში, ბულგარეთში და თურქეთში რეზერვუარებისათვის მოცულობით 10 – 50 ათასი მ³ გამოიყენება ჩამკეტები, რომლებშიც სრიალა ელემენტი მიეჭირება რეზერვუარის კედელს თავისი წონის ძალით. ჩამკეტი შედგება ცალკეული სეგმენტებისაგან, რომლებიც დახრილი გვერდით ეყრდნობიან მცურავი სახურავის პონტონის კონუსურ შემოგარენს (ჩარჩოს). სიმძიმის ძალის შედეგად სეგმენტი სრიალებს პონტონის ზედაპირზე რეზერვუარის კედელზე შემამჭიდროებელის მიჭერამდე. საფრანგეთში დამუშავებულია და წარმატებით გამოიყენება ჩამკეტი კრონშტეინზე ჩამოკიდებული სრიალა ელემენტით და მისი მიჭერით ზამბარას გამოყენებით. ლითონის სრიალა ელემენტის მიმჭერი მოწყობილობის კონსტრუქცია სპირალური ზამბარით იყენებენ გერმანიაში, ინგლისში, დანიაში და სხვა ქვეყნებში. ასეთი ჩამკეტების დადებით მხარეს წარმოადგენს მათი კონსტრუქციის სიმარტივე, უარყოფით მხარეს - ნაკლები საიმედოობა ექსპლუატაციის დროს.

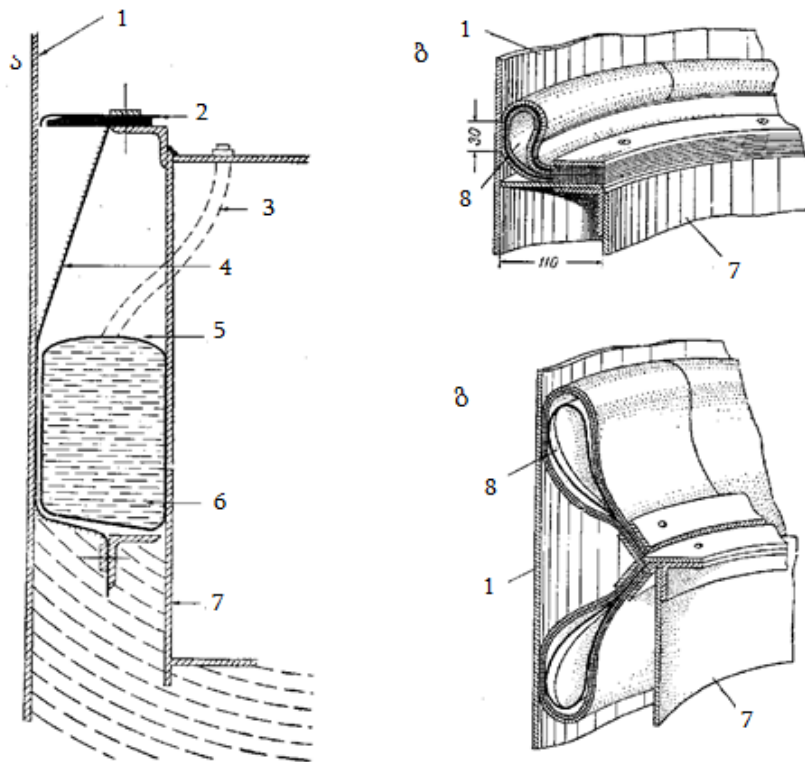
მიუხედავად ჩამკეტების მრავალფეროვნებისა და საკმაოდ ფართო ასორტიმენტისა, ყველა ფირმა იყენებს თავისი კონსტრუქციის ჩამკეტის ერთ ან ორ მოდელებს. მაგრამ ზოგიერთი ფირმები ამზადებენ ჩამკეტებს სხვა ფირმების ლიცენზიების მიხედვით. ჯერჯერობით არ არის გამომუშავებული კრიტერიუმები, რომლის მიხედვით შესაძლებელი იქნება ჩამკეტის შერჩევა, და ეს პრაქტიკულად შეუძლებელია. გათვალისწინებული უნდა იყოს მრავალი ფაქტორი: რეზერვუარის ზომები, შესანახი პროდუქტის მახასიათებლები, კლიმატური პირობები და ა.შ. განსაკუთრებით რთულია ჩამკეტის შერჩევა რაიონებისათვის საშუალო და ცივი კლიმატური პირობებით. ჰერმეტიზაციის მაღალი ხარისხი დღესაც მთავარი მოთხოვნაა ჩამკეტების მიმართ. ამის გარდა ჩამკეტი უნდა იყოს საიმედო მოქმედებაში, ჩქარად შეცვლადი და არ უნდა იწვოდეს. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება იმას, რომ ჩამკეტები არ მოითხოვდნენ სპეციალურ მოვლასა და მომსახურებას. ყველა ეს თვისება არ გააჩნია არც ერთ ჩამკეტს.

მაღალი ამორტიზირების უნარი, გამძლეობა, მედეგობა პროდუქტებისა და ატმოსფერული ნალექების გავლენის მიმართ არის უპირატესობა ჩამკეტების რბილი შემჭიდროებით (ნახ.4.7).



ნახ. 4.6. მექანიკური ჩამკეტების ტიპების სქემები:

- 1 - სრიალა ლითონის ელემენტი (ჩამოსაკიდი ბერკეტული მოწყობილობა ზამბარით); 2 - სრიალა ელემენტი მიმჭერი ზამბარიანი მოწყობილობით; 3 - ლითონის ან არალითონის სრიალა ელემენტი (საკიდი მოწყობილობა ზამბარით); 4 - სრიალა არალითონის ელემენტი (მიმჭერი მოწყობილობა - ფურცლოვანი ზამბარა); 5 - სრიალა ლითონის ელემენტი (საკიდი მოწყობილობა - ბერკეტული); 6 - კონტაქტური მიმჭერი ბერკეტული მოწყობილობა საპირწონით; 7 - სრიალა ლითონის ელემენტი (მიმჭერი მოწყობილობა - ჰორიზონტალური ჯოკი სპირალური ზამბარით); 8 - სრიალა ლითონის ელემენტი (მიჭერა - საკუთარი სიმძიმის ხარჯზე); 9 - სრიალა ლითონის ელემენტი (საკიდი მოწყობილობა - ბერკეტული); 10 - სრიალა ლითონის ელემენტი (საკიდი მოწყობილობა - ტელესკოპური); 11 - სრიალა ელემენტი - გორგოლაჭიანი მოწყობილობა თხილამურით; 12 - სრიალა ლითონის ელემენტი (საკიდი მოწყობილობა - ბერკეტული); 13 - სრიალა ლითონის ან არალითონის ელემენტი (საკიდი მოწყობილობა - ტელესკოპური); 14 - სრიალა ლითონის ელემენტი (საკიდი მოწყობილობა - ბერკეტული ზამბარით); 15 - სრიალა ლითონის ელემენტი (საკიდი მოწყობილობა - ბერკეტული საპირწონით, ზედა); 16 - სრიალა ლითონის ელემენტი (საკიდი მოწყობილობა - ბერკეტული საპირწონით, ქვედა); 17 - სრიალა ლითონის ელემენტი (საკიდი მოწყობილობა - ბერკეტული ზამბარით); 18 - სრიალა ლითონის ელემენტი (საკიდი მოწყობილობა - ბერკეტული); 19 - სრიალა არალითონის ელემენტი (საკიდი მოწყობილობა ტივტივით); 20 - სრიალა ლითონის ელემენტი.



ნახ. 4.7. რბილი შემამჭიდროებელი ჩამკეტები:

ა - საჰერმეტიზაციო ტომრით; ბ - მარყუქისებრი ერთრიგიანი; გ - მარყუქისებრი ორრიგიანი ზამბარით;
 1- რეზერვუარის კედელი; 2 - სამაგრი; 3 - ტომარას შესავსები მილი; 4 - სრიალა; 5 - საჰერმეტიზაციო
 ტომარა; 6 - ტომარას შემავსებელი; 7 - პონტონის კედელი; 8 - მარყუქისებური შემამჭიდროებელი.

განასხვავებენ შემდეგ რბილ შემამჭიდროებელ მოწყობილობებს:

- ელასტიური რეზინოქსოვილოვანი გარსაცმები სხვადასხვა შემავსებელით. შემავსებლად გამოიყენება ზეთი, ანტიფრიზი, მარილის ხსნარი, შეკუმშული ჰაერი, ფხვიერი მარცლოვანი მასალა ან ელასტიური პენოპოლიურეთანი (სინდიპონი);
- დამზადებული ფურცლოვანი რეზინოქსოვილოვანი მასისაგან ან მონოლითური. კონსტრუქციულად მზადდება რეზინით გაჟღენთილი ნაჭრისაგან (ბელტინგი) შეკრული მარყუქისებურად და რიგრიგობით შედობილს ერთი მეორეში. გამოიყენება ერთ და ორ რიგიანი სადებები. მაგრამ მარყუქისებური სადებები ვერ ფარავენ მთლიანად ღრეჩოს, ვინაიდან მოძრაობის დროს პონტონი არ ინარჩუნებს თავის პირველყოფილ ადგილს. ამის გარდა ისინი შეიძლება შევიდნენ კონტაქტში ნავთობპროდუქტებთან და შეიცვალონ თავისი სტრუქტურა (დაბზარვა, დანამცეცება და ა.შ.). ამცირებენ დანაკარგებს აორთქლებისაგან 70 – 75% - ით. დღეისათვის გამოიყენებიან სიიაფის და მარტივი მომსახურების გამო;
- დამზადებული რბილი ფოროვანი ელასტიური მასალისაგან. ძირითადი უპირატესობა - კონსტრუქციის სიმარტივე. მაგრამ სინთეტიკურ მასალას ყოველთვის არ შეუძლია დიდი კუმშვადი ძალების წინააღმდეგობა.

4.3.1.3. ვერტიკალური იზოთერმული რეზერვუარები

იზოთერმული რეზერვუარები გამოიყენება სხვადასხვა თხევადი აირების შენახვისათვის მუდმივ დაბალ ან უარყოფით ტემპერატურის დროს. მათი დაპროექტება და აგება ახალი მიმართულებაა რეზერვუარების მშენებლობაში. დამუშავებული არის სხვადასხვა ტიპის კონსტრუქციები თხევადი აირების შენახვისათვის მინუს 196 °C მაღალ ტემპერატურის დროს რეზერვუარებში მოცულობით 2, 5, 10 და 30 ათასი მ³. ყველაზე მეტად გავრცელებულია ორ ფენოვანი კონსტრუქციის იზოთერმული რეზერვუარები ღრეჩოთი კედლებს, სახურავებსა და ფსკერებს შორის.

ღრეჩოს სიდიდეს ადგენენ ტექნოლოგიური საკვლევ-საპროექტო ინსტიტუტები და ამის საფუძველზე გაიცემა დავალება გეგმარებისათვის. დავალება მოიცავს საწყის მონაცემებს რეზერვუარის პროექტირებისათვის: მოცულობას, შესანახი გათხევადებული აირის დასახელებას და ტემპერატურას, შიგა და გარე რეზერვუარებისათვის ფოლადის მარკას, ჭარბი და ჰიდროსტატიკური წნევის სიდიდეს, მშენებლობის რაიონს, ქარის და თოვლის დაწოლის სიდიდეს, მშენებლობის რაიონის სეისმურობას, თბოსაიზოლაციო მასალების დასახელებას, სპეციალური მარკის ფოლადის შესადულებელ მასალებსა და სხვა მონაცემებს.

თუ შენახვის ტემპერატურა არ არის - 65°C ნაკლები, მაშინ რეზერვუარის დაგეგმარებისა და მშენებლობის დროს გამოიყენება სამშენებლო ფოლადი. უფრო დაბალი ტემპერატურის შემთხვევაში გამოყენებული უნდა იყოს სპეციალური მარკის ფოლადები: ნიკელის შემცველი; უჟანგავი; ალუმინის შენადნობები.

იზოთერმული რეზერვუარების დაგეგმარება და აგება ბევრ რამეში ანალოგიურია დაბალი და მომატებული წნევის ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარების დაგეგმარებისა და აგებისა. ასევე ანალოგიურია საინჟინრო გათვლების მეთოდიკები, რაც საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ მათი დაგეგმარების მრავალწლიანი გამოცდილება. სიახლე იზოთერმულ რეზერვუარების დაგეგმარებაში არის ის, რომ მზიდი ელემენტების გაანგარიშებისას გათვალისწინებული უნდა იყოს დატვირთვები წარმოშობილი თბოსაიზოლაციო მასალებისაგან. ცარიელი რეზერვუარის შიდა კედლის გაანგარიშებისას მდგრადობაზე - სახურავებს შორის მოთავსებული იზოლაციის საკუთარი წონა, რომელიც იწვევს კედლის ღერძულ კუმშვას. იზოლაცია, რომელიც იმყოფება კედლებს შორის, იწვევს გვერდით დაწნევას რეზერვუარების შიდა და გარე კედელზე. ამის გარდა, კედლებზე ხახუნის გამო იწვევს ასევე ვერტიკალურ ძალებს.

მსოფლიო პრაქტიკაში გათხევადებული ბუნებრივი აირების (გბა) შესანახად გამოიყენება სხვადასხვა სახის რეზერვუარები. გამოიყენება განპირობებულია მათი მოცულობით, გეოლოგიური და გარემოს დაცვითი ფაქტორებით. ახალი საკონსტრუქტორო გადაწყვეტილებების გამოყენებით ბოლო წლებში შესაძლებელი გახდა მიწისზედა 200 ათას მ³ რეზერვუარების მშენებლობა.

ვერტიკალური ცილინდრული იზოთერმული რეზერვუარების კლასიფიკაციას აწარმოებენ შემდეგი თვისებების მიხედვით:

- რეზერვუარის კედლის კონსტრუქციული შესრულების მიხედვით - ერთკედლიანი, ორკედლიანი შიდა მემბრანით;
- შიგა სახურავის კონსტრუქციული შესრულების მიხედვით - თვითმზიდი და შეკიდული;

- იზოლაციის ტიპის მიხედვით - ეკრანული, ფორიანი, ჩანაყარი, ხისტი;
- გამოყენებული მასალის მიხედვით - ლითონის, რკინაბეტონის, კომბინირებული.

ბევრი ფორმა, რომელიც იყენებდა ერთკედლიან რეზერვუარებს, დღეისათვის უპირატესობას ანიჭებენ ორკედლიან კონსტრუქციებს. ეს განპირობებულია იმით, რომ ორკედლიანი რეზერვუარების მაღალი პირველადი დანახარჯების ამოღება ხდება საექსპლუატაციო დანახარჯების ეკონომიით.

გათხევადებული ბუნებრივი აირებისათვის (გბა) გამოიყენება მიწისზედა და მიწისქვეშა რეზერვუარები. ორივე სახის რეზერვუარებს გააჩნია უსაფრთხოების მაღალი დონე. გბა -ს შენახვის მიწისქვეშა რეზერვუარებს რა თქმა უნდა გააჩნია ზოგიერთი უპირატესობა გარემოს დაცვის თვალსაზრისით. ასეთი ტიპის რეზერვუარები აღიარებულია, რომ შეესაბამება ევროსტანდარტს EN 1473 და ითვლება გბა -ს შენახვის ყველაზე უსაფრთხო მეთოდით. მიწისძვრისას მიწისქვეშა რეზერვუარები ნაკლებად განიცდიან ნიადაგის გადაადგილების გავლენას, ვიდრე მიწისზედა რეზერვუარები, და ამიტომ სესმიურ ზონებში მიწისქვეშა რეზერვუარები უფრო უსაფრთხო არიან (ნახ. 4.8).

მიუხედავად ამისა დანახარჯები მიწისქვეშა რეზერვუარების მშენებლობაზე, გარკვეული გეოლოგიური პირობების გამო, შეიძლება იყოს საკმაოდ დიდი. ამიტომ, რისკის შეფასების საფუძველზე გბა -ს რეზერვუარული პარკის განლაგების ადგილის მიხედვით, უმრავლეს რეზერვუარებს აგებენ ზედაპირულად (ნახ. 4.9). ამ შემთხვევაში შესრულებული უნდა იყოს პირობა, რომ რეზერვუარების მშენებლობის დროს გამოიყენება შესაბამისი მასალები და გათვალისწინებული იქნება ნაგებობები გბა - ს დაღვრის ლოკალიზაციისათვის, მაგალითად ჯებირი, შემოზვინვა. ასეთ შემთხვევაში იზოთერმიული რეზერვუარების ექსპლუატაცია მიმდინარეობს ეფექტურად და უსაფრთხოდ, იმ შემთხვევაშიც კი, თუ იქნება ტერორისტული აქტის ჩატარების მცდელობა.

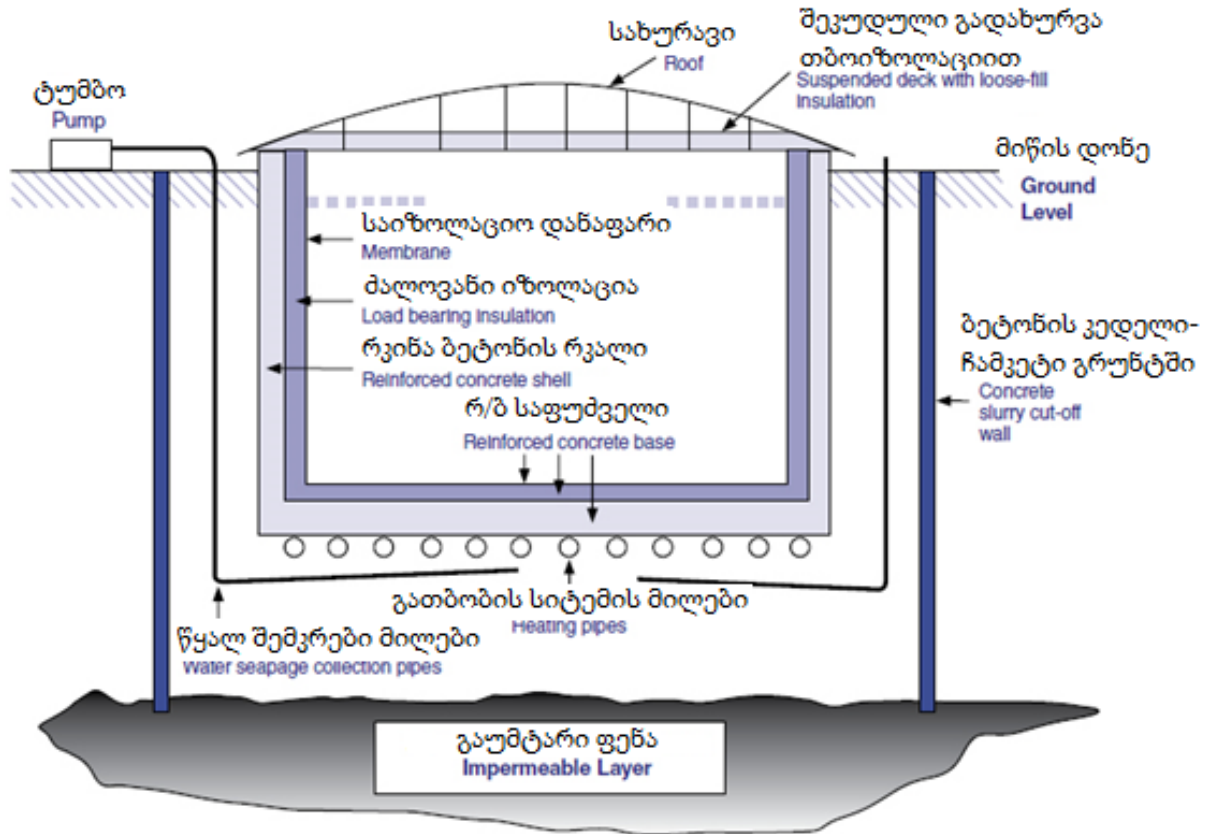
გბა-ს შესანახი რეზერვუარები აიგება ორმაგი კედლით. გარე კედელი განკუთვნილია გბა-ს ორთქლის დასაკავებლად, შიგა კედლის ირგვლივ არის იზოლაციის სისტემა, რომელიც შეიცავს კრიოგენულ სითხეს. რეზერვუარი კეთდება ლითონისაგან ან მისი ნარევისაგან (თბური გაფართოების დაბალი კოეფიციენტი) რომლებიც არ გახდება მყიფი კრიოგენული სითხეებთან შეხებისას (ალუმინისაგან ან ფოლადისაგან 9 %-ანი ნიკელის შემცველობით). თანამედროვე რეზერვუარების ირგვლივ აგებენ ყრილებს, ჯებირებს ან შემოზვინვას, რომლებიც გათვლილია ნებისმიერი დაღვრის მიღებაზე, უშუალოდ კი შესაბამისი რეზერვუარის მოცულობის 110 %-ზე.

გათხევადებული ბუნებრივი აირის შესანახი რეზერვუარები განსხვავდებიან გამოყენებული სახურავის კონსტრუქციის მიხედვით. საზღვარგარეთის პრაქტიკაში გავრცელდა სახურავის კონსტრუქცია, რომელსაც ადულებენ ცალკეული ელემენტებისაგან რეზერვუარის ფსკერზე და შემდგომი პნევმატიური აწევით საპროექტო მდგომარეობაში. კონსტრუქციებში თვითმზიდი სახურავით აირის ჭარბ წნევას დებულობს (ითვისებს) შიგა რეზერვუარი. კედლებშორისო სივრცეში მიეწოდება ინარტული აირი, მაგალითად აზოტი, რომელიც აშრობს თბოიზოლაციას ექსპლუატაციის დროს. აზოტის შესანახად გამოიყენება სპეციალური გაზგოლდერები.

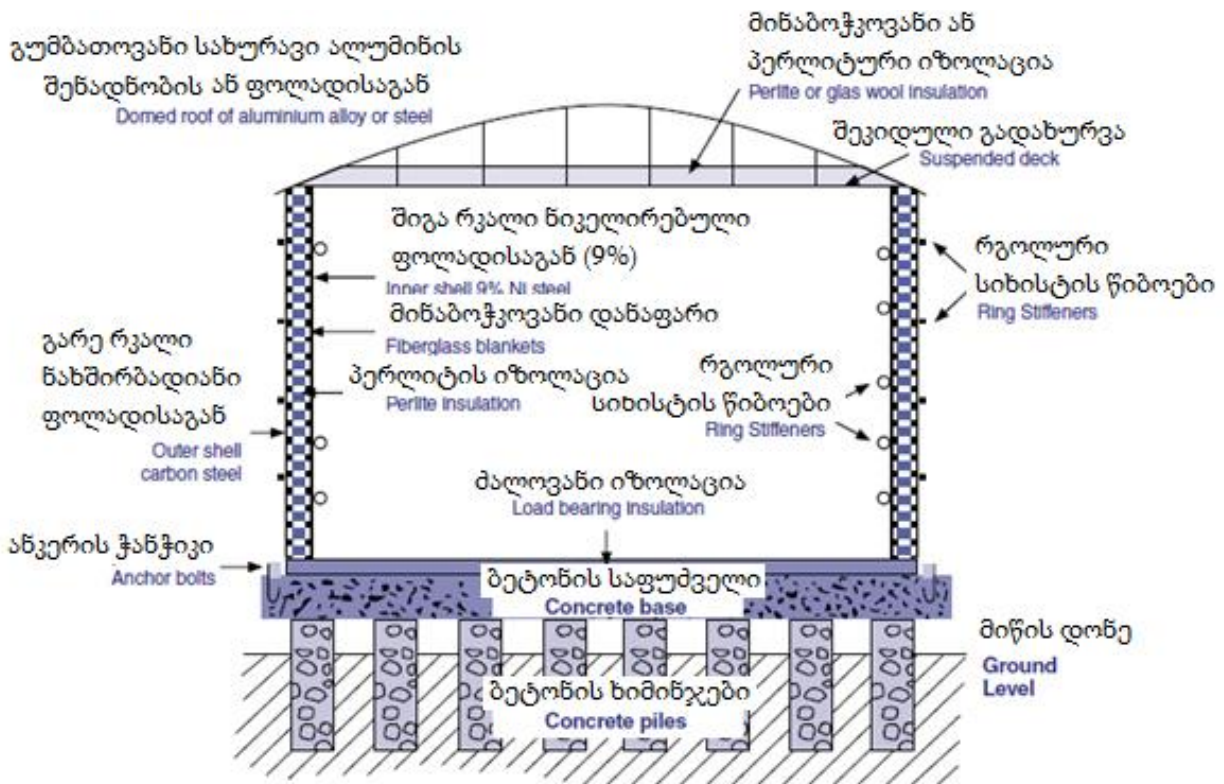
დღეისათვის ასევე ფართოდ გავრცელებულია შეკიდული ბრტყელი სახურავის კონსტრუქცია. პრინციპული სხვაობა თვითმზიდი შიგა სახურავის კონსტრუქციასთან მდგომარეობს იმაში, რომ, პროდუქტის ორთქლს შეუძლია თავისუფლად შეაღწიოს კედლებს შორისო სივრ-

ცეში ღრიჭოდან კედელსა და სახურავს შორის ან სპეციალურ ხვრეტებიდან შეკიდულ სახურავში (ნახ. 4.10).

ზედაპირული იზოთერმიული რეზერვუარების სახესხვაობას წარმოადგენს ლითონის ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარები ჩაღრმავებული გრუნტში. ჩვეულებრივ რეზერვუარს მარხავენ კორპუსის სიმაღლეზე. ეს კეთდება უსაფრთხოების თვალსაზრისით იმისათვის, რომ რეზერვუარში პროდუქტის მაქსიმალური დონე იყოს მიწის ზედაპირის დონეზე ქვემოთ.



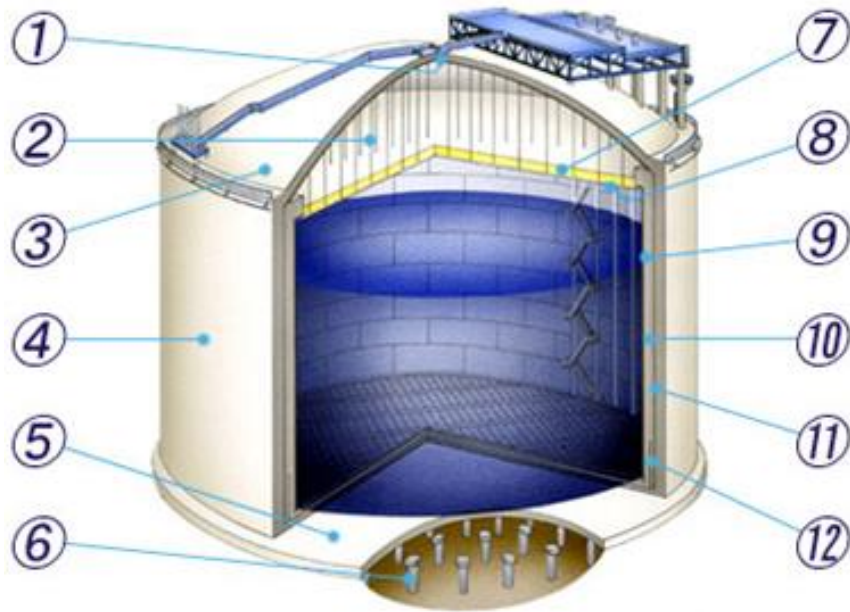
ნახ. 4.8. ტიპური მიწისქვეშა იზოთერმიული რეზერვუარის სქემა



ნახ. 4.9. ტიპური მიწისზედა იზოთერმული რეზერვუარის სქემა

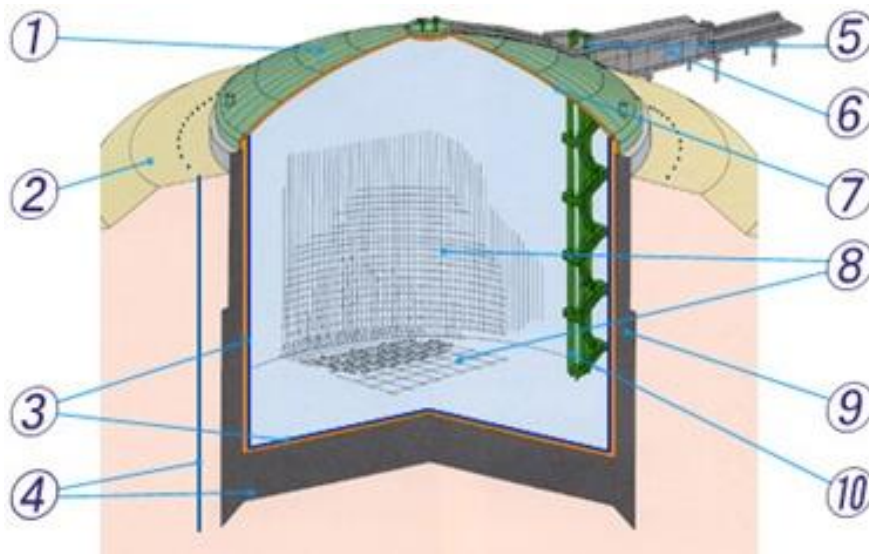
განასხვავებენ ჩაღრმავებული იზოთერმული რეზერვუარების ორი ტიპის კონსტრუქციას: შეკიდული პლათფორმით და სახურავით, რომელსაც გააჩნია შიგა იზოლაცია (ნახ. 4.9). ჩაღრმავებული რეზერვუარები პრინციპიალურად არ განსხვავდებიან ღიად დაყენებული მიწისზედა რეზერვუარებისაგან, მაგრამ შრომატევადი რთული მიწის სამუშაოების, დრენაჟითა და ჰიდროიზოლაციით სპეციალური ფუნდამენტების მოწყობის გამო უფრო ძვირია. თუმცა უფრო საიმედოა განსაკუთრებით სეისმურ რაიონებში. ჩაღრმავებული რეზერვუარებს არ სჭირდება ჯებირი ან შემოზვინვა, სავალდებულო დაცილება რეზერვუარებს შორის (უსაფრთხოებისათვის), რაც საშუალებას იძლევა ადგილის (ფართის) მოგებისა.

რეზერვუარი აგებულია ორმაგი კედლით. შიგა რეზერვუარი დამზადებულია ფოლადისაგან ნიკელის შემცველობით 9%, რომელიც გამოირჩევა მაღალი დრეკადობით. გარე რეზერვუარი დამზადებულია წინასწარ დამზადებული ბეტონისაგან, ფსკერი და სახურავი რკინა ბეტონისაგან. ბეტონის რეზერვუარი დამატებით შიგნიდან დაფარულია (მოპირკეთებულია) ნახშირბადოვანი ფოლადით, დაღვრის შემთხვევაში სითხის შესაგროვებლად. მოპირკეთების ქვედა ნაწილი შეიძლება გაკეთდეს ფოლადისაგან ნიკელის შემცველობით 9% (უსაფრთხოების გაძლიერებისათვის). თბოსაიზოლაციო ფენა კედლებს შორის თავიდან იცილებს ტემპერატურულ კომპენსაციას. ასეთი ნაგებობა გამძლეა, არის ეფექტური და უსაფრთხო.



ნახ. 4.10. იზოთერმიული რკინა ბეტონის რეზერვუარის სქემა ჩაკეტილი გარსაგმით:

1 - სახურავის ქვესადები; 2 - შესაკიდები; 3 - რკინა ბეტონის სახურავი; 4 - გვერდითი კედელი პორტლანდცემენტისაგან; 5 - რკინაბეტონის საფუძველი; 6 - რკინაბეტონის ხიმინჯები; 7 - სახურავის იზოლაცია; 8 - შვედიული პლათფორმა; 9 - შიგა კორპუსი; 10 - რეზერვუარის კედლის თბოიზოლაცია; 11 - ქვესადები; 12 - მეორადი ტიხარი.



ნახ. 4.11. ჩადრმავებული იზოთერმიული რეზერვუარის სქემა სახურავის შიგა იზოლაციით:

1 - გუმბათოვანი სახურავი; 2 - ჰორიზონტალური ბაქანი ფერდზე; 3 - კედლისა და ფსკერის იზოლაცია; 4 - გამათბობელი; 5 - ტუმბოების ბაქანი; 6 - მილსადენები და ესტაკადა; 7 - სახურავის იზოლაცია; 8 - მემბრანა; 9 - კედელი და საფუძველი; 10 - დგუშიანი ტუმბოს კარკასი.

4.3.1.4. სფერული რეზერვუარები

ფოლადის ცილინდრულ რეზერვუარებში მნიშვნელოვანი წნევის შექმნა შეუძლებელია. ეს გახდა წინაპირობა სფეროიდალური რეზერვუარების (წვეთისებური, მრავალგუმბათიანი და სფერული) გამოყენებისა.

წვეთისებური რეზერვუარები (ნახ.4.12). რეზერვუარების ასეთი ფორმა წარმოადგენს მასშტაბში გადიდებულ სითხის წვეთს, რომელიც წონასწორობაში იმყოფება სიბრტყის ზედაპირზე, ზედაპირული დაძაბულობის ძალების მოქმედების შედეგად. ამაში ადვილად დავრწმუნდებით, თუ თხელ სფეროსებრ რეზინის გარსაცმს შევავსებთ სითხით და მოვათავსებთ სიბრტყეზე. გარსაცმი, სითხის სიმძიმის ძალების გავლენის შედეგად ნაცვლად სფეროსი მიიღებს წვეთის ფორმას და დარჩება წონასწორობაში. მისი ზედაპირის ყველა ელემენტი იქნება გაჭიმული ერთნაირი ძალით, ამიტომ მას უწოდებენ თანაბარი წინაღობის გარსს.

წვეთისებური რეზერვუარი შედგება თხელკედლიანი სფეროდალური გარსის და ფსკერისაგან. გარსი, როგორც წესი, აიგება შიგა კარკასის გარეშე, რის შედეგად ის საკმაოდ ეკონომიურია რეზერვუარის მოცულობის ერთეულზე მოსული ლითონის ხარჯის მიხედვით. აირის სივრცეში წნევის სიდიდე რეგულირდება დამცავი სარქველით, რომელიც ყენდება რეზერვუარის ყველაზე მაღალ წერტილში. ამ ხელსაწყოების მომსახურეობისათვის გათვალისწინებულია კიბე და ბაქანი. სტანდარტების მიხედვით რეზერვუარი ივსება პროდუქტით მოცულობის 90 % - ით. 10 % შეადგენს აირის სივრცეს. ისინი იანგარიშება შიგა წნევაზე $0,4 - 1,2 \text{ კგ/სმ}^2$ და ვაკუუმზე $-500 \text{ წყ. სვ. მმ} - \text{დე}$.

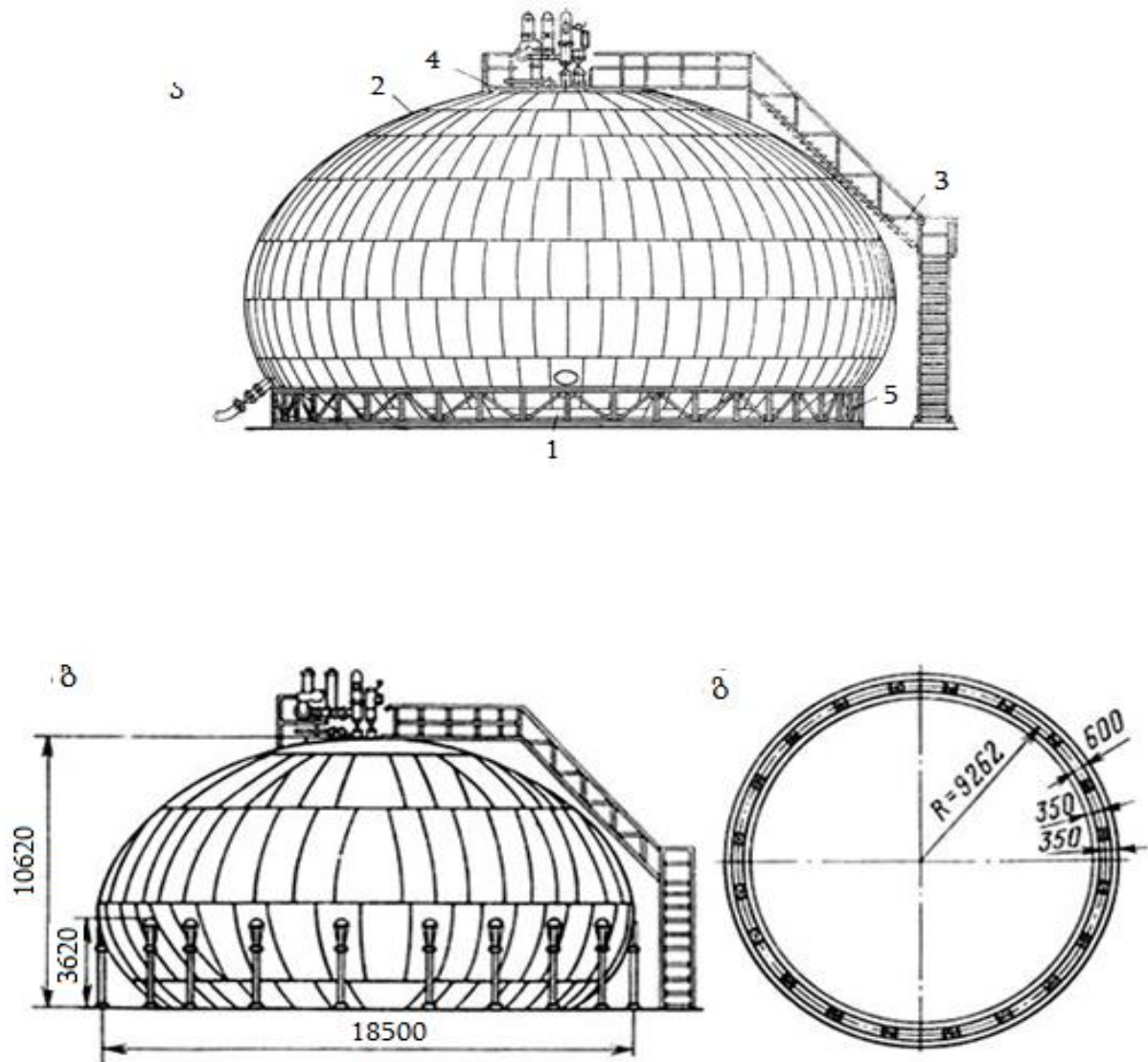
წვეთისებური რეზერვუარები ერყდნობა გრუნტს ლითონის საყრდენი რგოლის მეშვეობით ეკვატორიალური საყრდენების დახმარებით (ნახ. 4.12, ბ). წვეთისებურ რეზერვუარს, რომელიც ეყრდნობა გრუნტს რგოლური საყრდენის დახმარებით, კორპუსის გარსაცმი მდორედ შეუღლებულია ფსკერთან. ფსკერი ფორმით წარმუადგენს სფერულ ფილას. რგოლურ ფილას ეყრდნობა კორპუსის გარსაცმის ნაწილი და მერიდიალური ფერმები რადიალური წიბოების დახმარებით. საყრდენი ფილასა დარეზერვუარის სფერული ფსკერის ფუძეს წარმოადგენს დატკეპნილი ქვიშის ბალიში (ნახ. 4.12, ა).

რეზერვუარი ეკვატორიალური საყრდენებით ეყრდნობა ქვიშის დატკეპნილ ბალიშს. ქვიშის ბალიშის პერიმეტრზე განლაგებულია რგოლური ბეტონის ფუნდამენტი (ან ცალკე მდებარე ფუნდამენტები) რომელზეც, თავის მხრივ, ეყრდნობა სვეტების სისტემა თანაბრად განაწილებული წრეწირზე. საყრდენი კონტურის შესაბამისი მგრადობის უზრუნველყოფისათვის სვეტები მიერთებულია გარსაცმთან საკვანძო ფურცლის მეშვეობით.

ეკვატორიალური საყრდენით წვეთისებური რეზერვუარების კონსტრუქცია უფრო ეკონომიურია, მიუხედავად რგოლური ბეტონის ფუნდამენტის მოწყობისა. ამის გარდა ამ რეზერვუარებს არ სჭირდება ქვედა საყრტყელის გამსხვილება, რომელიც საჭიროა რეზერვუარებისათვის რგოლური საყრდენით და რომელიც იწვევს გარსაცმის გამრუდებას.

წვეთისებური რეზერვუარები უმთავრესად გამოიყენება დაბალმდულარე ნავთობპროდუქტების ხანგრძლივი შენახვისათვის (არა ნაკლები ორი თვისა). ისინი უზრუნველყოფენ დანაკარგების შემცირებას „მცირე სუნთქვისას“ და იძლევიან წლიურ ეკონომიას 3-8% შენახული პროცენტის მოცულობიდან.

წვეთისებური რეზერვუარები აიგება მოცულობით $5000 - 6000 \text{ მ}^3$. რეზერვუარის სიმაღლე ამ შემთხვევაში აღწევს 13 -15 მ, დაწოლა გრუნტზე საყრდენი რგოლის წვეშ შეიძლება იყოს $2-2,5 \text{ კგ/სმ}^2$.



ნახ. 3.12. წვეთისებური რეზერვუარები:

ა - საყრდენი რგოლით; ბ - ეკვატორული საყრდენით; გ - ეკვატორული საყრდენების ფუნდამენტების გეგმა და კოლონების განლაგება; 1 - ფსკერი; 2 - კოროპუსი; 3 - კიბე; 4 - ბაქანი; საყრდენი რგოლი

წვეთისებური რეზერვუარები სითხეების შესანახად ორთქლის დაბალი დრეკადობით (მაგალითად ნავთობი) შეიძლება იყოს უფრო მეტი მოცულობის, ვინაიდან შესაძლებლობა რეზერვუარში შიგა წნევის შემცირებისა საშუალებას იძლევა გავზარდოთ მისი ძირითადი ზომები. ცნობილია რეზერვუარები მოცულობით 12 720 მ³ და ზომებით დიამეტრი 41,5 მ, სიმაღლე 12,7 მ. ეს რეზერვუარები იანგარიშება შიგა ჭარბ წნევაზე 0,07 კგ/სმ².

მრავალგუმბათიანი რეზერვუარები. დიდი მოცულობის სფეროიდალური რეზერვუარების აგების საჭიროების შემთხვევაში გამოიყენებენ მრავალგუმბათიან ან, როგორც მათ უწოდებენ, მრავალტორიან ფორმის გარსებს. ასეთი რეზერვუარების მოცულობამ შეიძლება მიაღწიოს 25000 მ³-მდე, შიგა ჭარბი წნევით 1 კგ/სმ² -მდე

ნახ. 4.13-ზე ნაჩვენებია მრავალგუმბათიანი რეზერვუარი მოცულობით 10 000 მ³. რეზერვუარის გარსი შედგება სარტყელებისაგან 1-7. სარტყელები 1-3 დევს გრუნტზე. რეზერვუარის ცენტრში დაყენებულია სვეტი 8, რომელზეც ეყრდნობა რადიალურად განლაგებული ფერმები 10, რომლებიც წარმოადგენენ რეზერვუარის სიხისტის კარკასს. ეს ფერმები გუმბათების შეერთების წერტილებში გამაგრებულია მილისაგან დამზადებული საყრდენი დგარებით 9.

მრავალგუმბათიანი (მრავალტორიანი) სფეროიდები გამოიყენება მსხვილ ნავთობბაზებზე ორთქლის დაბალი დრეკადობით ნავთობპროდუქტების შესანახად.

დღეისათვის დამუშავებულია, ინჟინრული თვალსაზრისით საინტერესო, ცილინდრული წვეთისებური რეზერვუარები მოცულობით 2300 - დან 12 000 მ³-მდე და ტორ - წვეთისებური რეზერვუარები მოცულობით 20 000, 30 000, 40 000 და 50 000 მ³. ასეთი გარსების შიგ გათვალისწინებულია კარკასი, რომელიც უზრუნველყოფს მდგრადობას მის ნაწილობრივ შევსებისას (ნახ. 4.14). რეზერვუარები გაანგარიშებულია ჭარბ წნევაზე 0,4 კგ/სმ².

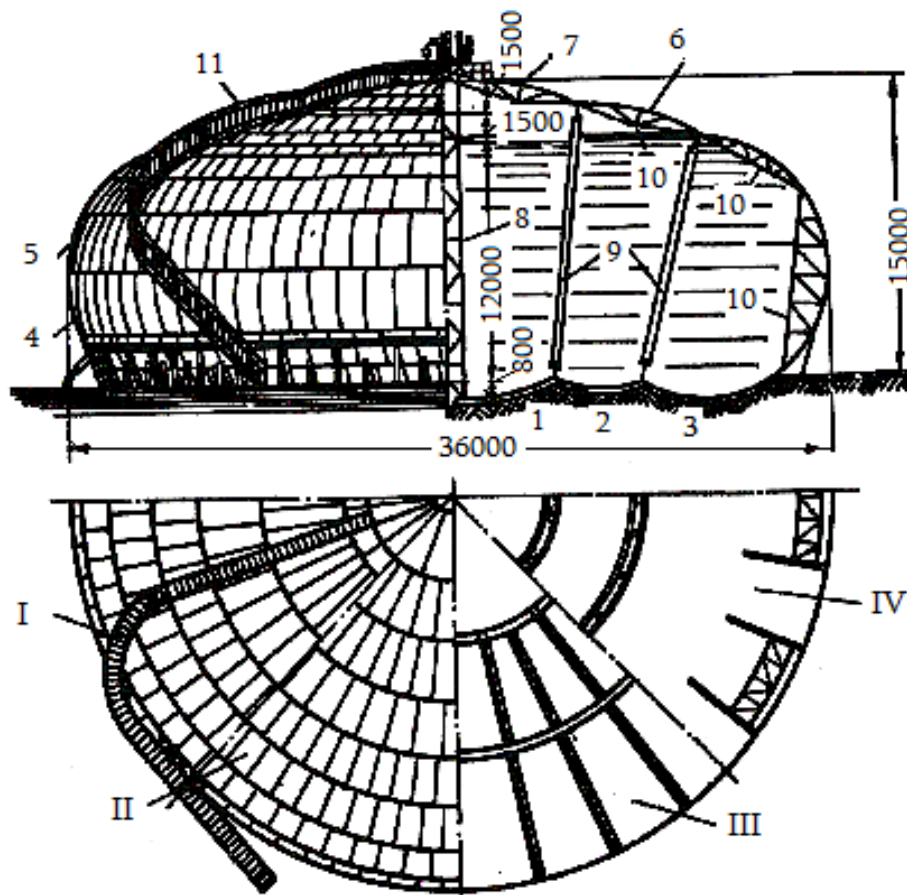
სფერული რეზერვუარები. ყველაზე დიდ წნევას შეუძლია გაუძლოს სფერულმა რეზერვუარებმა, რომლებიც იანგარიშება წნევაზე 10 ატმ - მდე. ასეთი რეზერვუარები გათვალისწინებულია ჩვეულებრივ გათხევადებული აირების შენახვისათვის (ბუტანი, პროპანი). ასეთი რეზერვუარების მოცულობა შეადგენს 200 – 800 მ³(ნახ. 4.15).

სფერული რეზერვუარებს გააჩნია მნიშვნელოვანი ტექნიკურ - ეკონომიური უპირატესობა ცილინდრულ რეზერვუარებთან შედარებით. ლითონის ხარჯი ყველაზე დაბალი აქვთ, ორჯერ უფრო ნაკლები ვიდრე ცილინდრულ რეზერვუარებს. მათ გააჩნიათ უმცირესი ზედაპირის ფართობი მოცულობის ერთეულზე და გარსის მინიმალური სისქე. მაგრამ ასეთი რეზერვუარების მონტაჟი და ექსპლუატაცია უფრო რთულია.

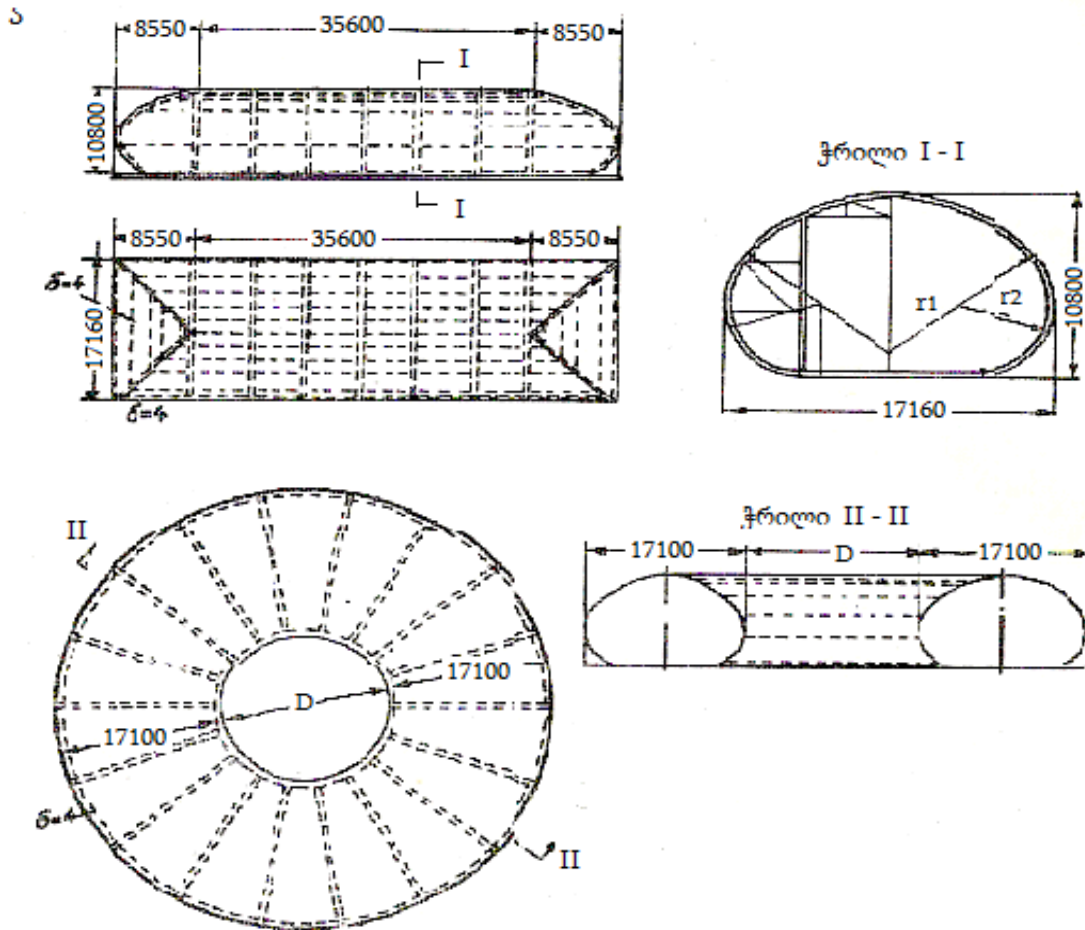
ჰორიზონტალური რეზერვუარები. ჰორიზონტალური რეზერვუარები ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა სფეროში (გამანაწილებელი ნავთობბაზები, ნავთობგადამამუშავებელი და ქიმიური ქარხნები, სოფლის მეურნეობა და სხვა). ისინი უმეტეს შემთხვევაში მზადდება ქარხნული წესით და მოსახერხებელი არიან ტრანსპორტირებისათვის, რაც მნიშვნელოვნად აიაფებს და აჩქარებს მათ მონტაჟს.

მაგრამ ჰორიზონტალური ფოლადის რეზერვუარები არაეკონომიურია ვერტიკალურ რეზერვუარებთან შედარებით ლითონის ხარჯის მიხედვით და 1 მ³ მოცულობის ღირებულებით. ლითონის წონა, რომელიც მოდის 50მ³-ნი ჰორიზონტალური რეზერვუარის 1 მ³ მოცულობაზე ორჯერ აღემატება ლითონის წონას, რომელიც მოდის 1 მ³ ვერტიკალურ რეზერვუარზე მოცულობით 100 მ³ და თითქმის ექვს ჯერ უფრო მეტია 200 მ³ მოცულობის რეზერვუარისათვის.

ფსკერის ფორმის მიხედვით ჰორიზონტალურ რეზერვუარების კონსტრუქციები შეიძლება იყოს: ბრტყელი, კონუსური, ცილინდრული და სფერული ფსკერით. კვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ რეზერვუარების გამოყენების რაციონალური არე დამოკიდებულია შემდეგ პირობებზე. ნავთობპროდუქტების ჭარბ წნევის ქვეშ შენახვისათვის უფრო გამოსადეგია რეზერვუარები მოცულობით 3, 5, და 10 მ³ მოცულობით, დიამეტრით 2,8 მ-ზე ნაკლებით ბრტყელი მემბრანული ფსკერით.



ნახ. 4.13. მრავალგუმბათიანი (მრავალტორიანი) რეზერვუარი:
 გარსის ზედა ნაწილის გეგმა; გარსის ქვედა ნაწილის გეგმა; ნივნივების გეგმა; ქვედა სიხისტის რგოლების
 გეგმა



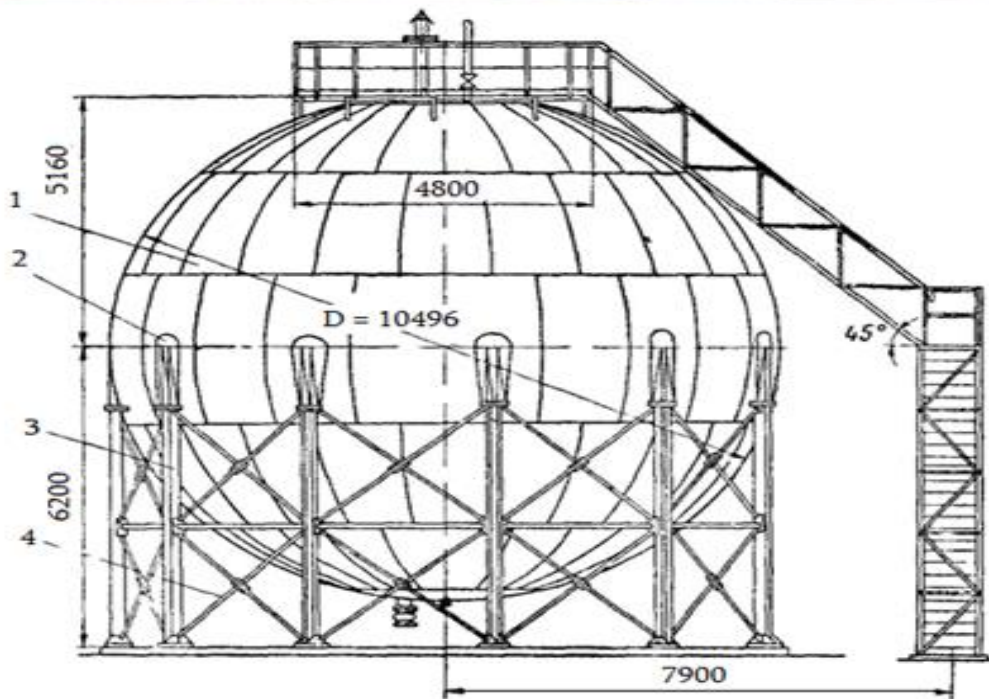
ნახ. 4.14. სიმეტრიული ღერძის მიმართ წვეთისებური და ტორწვეთისებური რეზერვუარები:

ა - წვეთისებური ცილინდრული (ხედი გვერდიდან, გეგმა, ჭრილი); ბ - ტორწვეთისებური (გეგმა და ჭრილი).

ნავთობპროდუქტების შენახვისათვის ჭარბი წნევის ქვეშ 0,5 კგ/სმ² გამოყენებული უნდა იყოს რეზერვუარები მოცულობით 25, 50 და 75 მ³, დიამეტრით 2,8 დან 3.25 მ-მდე, კონუსური ფსკერით. ჭარბი წნევისას 0,7 კგ/სმ², რომელიც ზღვრულია ნავთობპროდუქტების შენახვისათვის, იყენებენ რეზერვუარებს 75, 100 და 150 მ³, დიამეტრით 3,25 მ, ცილინდრული ფსკერით. რეზერვუარები, რომლებიც მუშაობენ 0,7 კგ/სმ²-ზე მეტი ჭარბი წნევის ქვეშ უნდა იყოს დამზადებული სფერული ან ელიპტიკური ფორმის ფსკერით.

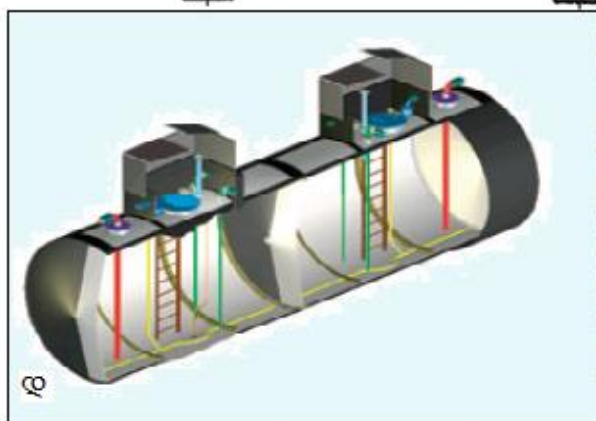
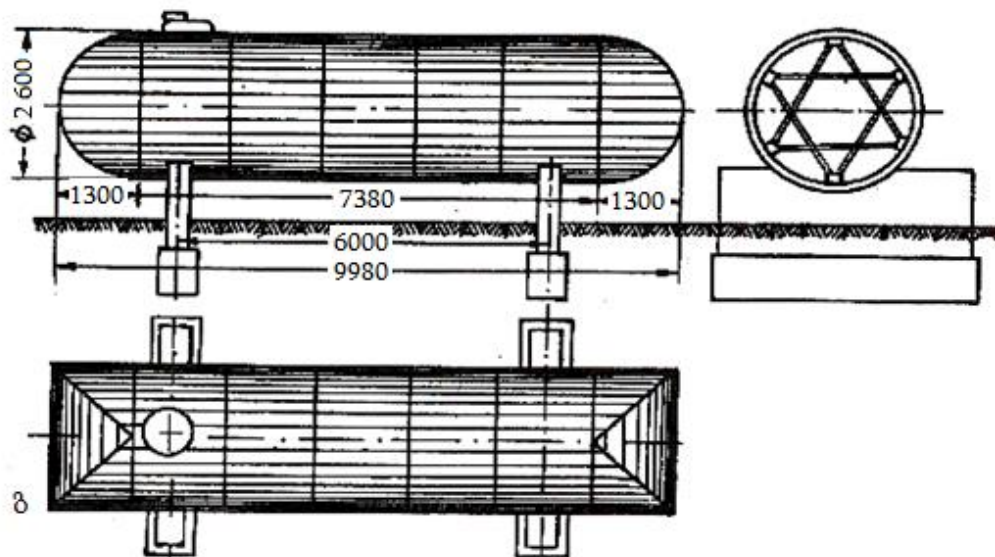
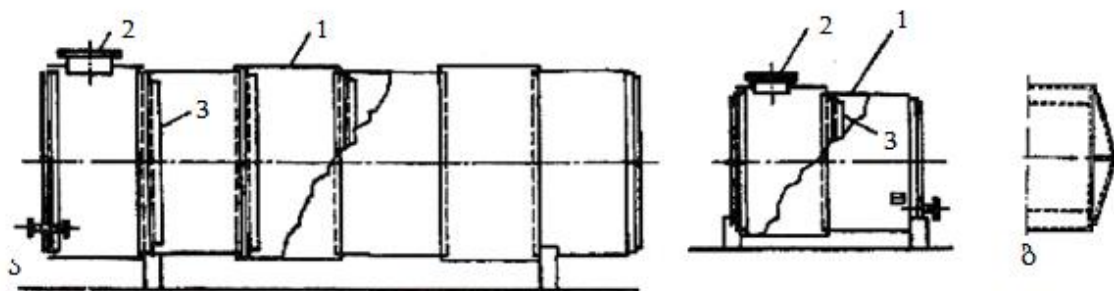
რეზერვუარის ცილინდრული გარსის მდგრადობის უზრუნველყოფისათვის გარედან აყენებენ სიხისტის რგოლებს 1. კორპუსისათვის უფრო მეტი სიხისტის მისაცემად შედუღების ადგილებში შიგნიდან აყენებენ სპეციალურ რგოლებს 3. რეზერვუარებში მოცულობით 50 და 75 მ³ მათ ამაგრებენ სამკუთხედის ფორმის კავშირებით. რეზერვუარში შიგნით შესვლისათვის მის ზედა ნაწილში მოწყობილია ლუქი სახურავით 2.

სივრცული განლაგებით რეზერვუარები შეიძლება იყოს მიწისზედა (მიწის დაგეგმარებული ნიშნულის ზემოდ) ან მიწისქვეშა (ჩაღრმავება მიწის ზედაპირიდან არა უმეტესი 1,2 მ-სა). რეზერვუარები ბრტყელი ფსკერით ყენდება ზედაპირულად ან ჩაღრმავებული, კონუსური ფსკერით ყენდება მხოლოდ ზედაპირულად საყრდენებზე.



ნახ. 4.15. სფეროსებური რეზერვუარი:

1 - ტვიფრული ელემენტი; 2 - ქვესადები ფურცელი; 3 - დგარი (სვეტი); 4 - მომჭიმი.



ნახ. 4.16. ჰორიზონტალური ფოლადის რეზერვუარი:

ა - ბრტყელი ფსკერით; ბ - კონუსური ფსკერით; გ - ცილინდრული ფსკერით (ხედი გვერდიდან, გეგმა, ჭრილი); დ - მიზისქვეშა, ე - ზედაპირული.

ჰორიზონტალური ფოლადის რეზერვუარების გამოყენების სფერო შეზღუდულია იმით, რომ ისინი იკავებენ დიდ ფართობს და გააჩნიათ პროდუქტის ზედაპირის დიდი სარკე. მათი ტექნიკური მონაცემები მოყვანილია ცხრილში 4.3.

ჰორიზონტალური ფოლადის რეზერვუარების ტექნიკური მონაცემები

მახასიათებლები	ფჰრ -3*	ფჰრ -5	ფჰრ -10	ფჰრ -25	ფჰრ -50	ფჰრ -75	ფჰრ -100
მუშა პროდუქტი	სითხე სიმკრივეთ არა უმეტეს 1300 კგ/მ ³ , პროდუქტის მუშა ტემპერატურა - 65 °C - დან 90 °C - მდე						
ნომინალური მოცულობა, მ ³	3	5	10	25	50	75	100
განთავსების ხერხი	ზედაპირული, მიწისქვეშა						
კონსტრუქციული შესრულება	ერთკედლიანი, ორკედლიანი, შეთბობით/შეთბობის გარეშე, ერთკამერიანი/ მრავალ კამერიანი, თბოიზოლაციით/თბოიზოლაციის გარეშე						
მუშა წნევა, მპა	0,01 - 0,07						
ექსპლუატაციის ტემპერატურა, °C	-40 ...+90						
ფსკერის ტიპი	ბრტყელი, კონუსური						
ექსპლუატაციის დადგენილი ვადა, წელი	10						
გაბარიტული ზომები							
განლაგების ხერხის მიხედვით (ზედაპირული/მიწისქვეშა)	ფჰრზ- 3/ფჰრმ-3*	ფჰრზ- 5/ფჰრმ-5	ფჰრზ- 10/ფჰრმ-10	ფჰრზ- 25/ფჰრმ-25	ფჰრზ- 50/ფჰრმ-50	ფჰრზ- 75/ფჰრმ-75	ფჰრზ- 100/ფჰრმ-100
დიამეტრი D, მმ	1400	1600	2200	2760	2760	3000	3000
სიგრძე L, მმ	2550	2785	3335	4990/4850	10100/9500	10100/9500	14400/14030
სიმაღლე H, მმ	2885	2835	3685	4330/4450	5000	4680/4500	4485/4320
მანძილი საყრდენებს შორის, მმ	1960	2410	2750	4150	4500	4500	5100
ცილინდრული ნაწილის სიგრძე, მმ	1980	2500	2840	4280	9000	9000	13500
კორპუსის სისქე, მმ	4-6	4-8	4-8	4-8	4-8	6-12	6-12
სიმაღლე ტრანსპორტირების დროს, მმ	1955	2050	2650	3400	3400	3650	3650
მასა, კგ	1400	1540	2520	4560/4340	6460/5880	7920/7640	10300/11900

*ფჰრ - ფოლადის ჰორიზონტალური რეზერვუარი; ფჰრზ - ფოლადის ჰორიზონტალური რეზერვუარი ზედაპირული; ფჰრმ - ფოლადის ჰორიზონტალური რეზერვუარი მიწისქვეშა;

4.3.2. არალითონის რეზერვუარები

არალითონის რეზერვუარებს მიეკუთვნებიან სხვადასხვა ფორმისა და კონსტრუქციის რეზერვუარები დამზადებული სხვადასხვა მასალისაგან: ბეტონის, რკინაბეტონის, აგურის, ქვის, დრეკადი გარსით (სინთეტიკური მასალისაგან) და ბუნებრივი საცავეები. არალითონის რეზერვუარებს აგებენ ჩაღრმავებულს (მიწისქვეშა და ნახევრად ჩაღრმავებული) და იშვიათად მიწისზედას. ისინი უფრო გამძლე არიან ვიდრე ლითონის, ვინაიდან ნაკლებად განიცდიან კოროზიას და აშენებენ მონოლითურს ან ასაკრებს.

მასალები, რომლებიც გამოიყენება მშენებლობისათვის არიან გამძლე, შეუღწევადი ნავთობის, ნავთობპროდუქტების და წყლისათვის. ამის გარდა ისინი უნდა იყოს მდგრადი ყინვის მიმართ. ბეტონის, რკინაბეტონის რეზერვუარების გამოყენება დანაფარების გარეშე არ შეიძლება, ვინაიდან ეს მასალები ატარებენ ნავთობს და ნავთობპროდუქტებს. ცემენტ-ქვიშის დანაფარით (ტორკრეტული ბათქაში) დასაშვებია მაზუთის, გუდრონის, ბიტუმების და ბენზინ გამოხდილი ნავთობების შენახვა. ნათელი ნავთობპროდუქტების შენახვისათვის იყენებენ დანაფარებს, რომლებსაც კარგი მგრადობა გააჩნია ბენზინისა და წყლის მიმართ.

რეზერვუარების ფორმაზე და ზომაზე გავლენა აქვს მის ჩაღრმავებას გრუნტის წყლების დონის ქვემოთ, სამშენებლო მასალის სახეს, ეკონომიურ მოსაზრებას. ზოგადად არალითონის რეზერვუარები შეიძლება იყოს მრგვალი, მართკუთხა, სფერული, დახრილი კედლებით და სხვა ფორმის.

რკინა-ბეტონის რეზერვუარები. ძირითადად აგებენ მონოლითურ ჩაღრმავებულ რეზერვუარებს (ნახ. 4.17, 4.18). ასეთი რეზერვუარების უპირატესობა ლითონის რეზერვუარებთან შედარებით გამოიხატება შემდეგით: ექსპლუატაციის დრო 40-60 წელი; ლითონის დაბალი ხარჯი; გოგირდშემცველი ნავთობპროდუქტების შენახვის შესაძლებლობა, მცირე თბოცვლა გარემოსთან, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს სითბოს დანაკარგებს და ნავთობპროდუქტების დანაკარგებს აორთქლების გზით; უფრო მაღალი სახანძრო უსაფრთხოება. ჩაღრმავებული რეზერვუარების შიგა ზედაპირი შეიძლება დაფარული იყოს ტორკრეტული ბათქაშით, ნარჩენი ნავთობპროდუქტების შენახვისას, დასაშლელი (ასაწყობი) ლითონის მოპირკეთებით, ნათელი ნავთობპროდუქტების და საპოხი ზეთების შენახვისას. რეზერვუარების ფსკერი კეთდება რკინაბეტონისაგან სისქით 100 – 200 მმ, კედელი 8 მმ. ასეთი რეზერვუარები გაანგარიშებულია ნავთობპროდუქტების ორთქლის ჭარბ წნევაზე 25 ვერც. წყ. სვ.- მდე (0,033 პა მდე).

დამუშავებულია პანელებიდან ასაკრეფი რკინა-ბეტონის რეზერვუარები. ასეთ შემთხვევაში ბეტონის ხარჯი მცირდება 20 – 40 %, შესაბამისად მონოლითურ რეზერვუართან შედარებით ღირებულება მცირდება 15 % - მდე. მაგრამ ამ შემთხვევაში დამატებით საჭიროა საიზოლაციო მასალა ნაკერების ჰერმეტიზაციისათვის და დამატებითი კონსტრუქციები ნაგებობის სიხისტისათვის (ნახ. 4.19).

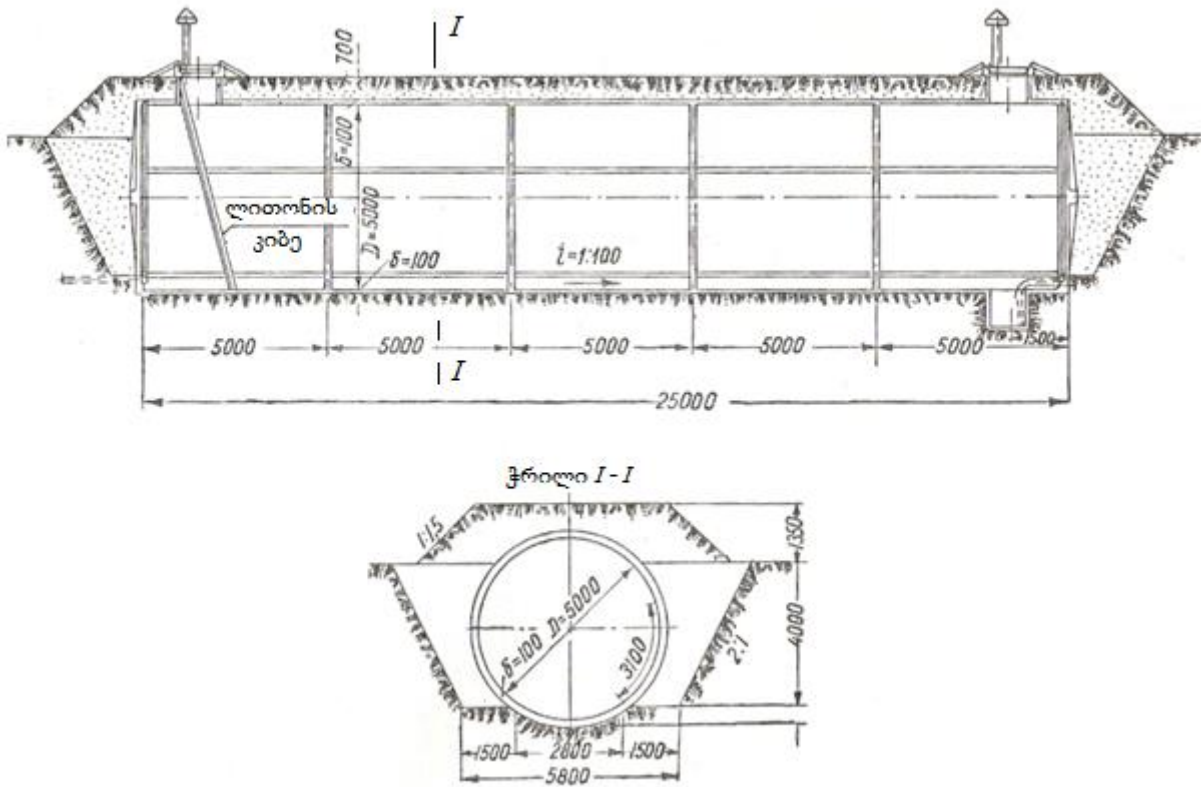
ელასტიური (რბილი) რეზერვუარები. ელასტიური (რბილი, რეზინქსოვილოვანი) რეზერვუარები განკუთვნილია საავტომობილო ბენზინის, რეაქტიული საწვავის, ნავთის, დიზელის ზეთების ტრანსპორტირებისათვისა და შენახვისათვის. რეზერვუარები წარმოადგენენ ბალიშის სახის შეკრულ გარს, მასში ჩამონტაჟებული არმატურით (ნახ. 4.20).

ელასტიური რეზერვუარები მზადდება დიდი სიმტკიცის მქონე პოლიეფირული ქსოვილისაგან ორმხრივი პოლიურეთანის ან სპეციალური პოლივინილქლორიდული დანაფარით.

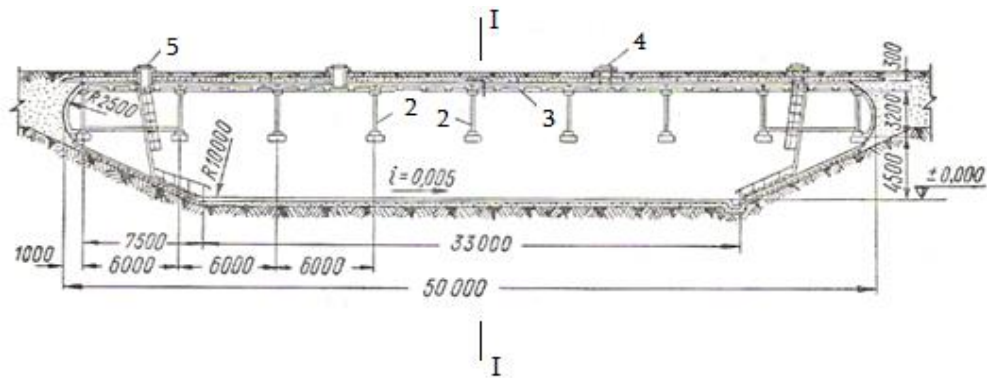
გარსის მასალა უზრუნველყოფს ნაკეთობის სიმტკიცეს, ჰერმეტიულობას და მუშა მახასიათებლების შენარჩუნებას ტემპერატურის დიაპაზონში - 60 °C დან + 80 °C მდე.

საწვავ-საპოხი მასალების ელასტიურმა რეზერვუარებმა აჩვენეს ძალიან კარგი საექსპლუატაციო თვისებები ექსპლუატაციის ყველა ექსტრემალურ პირობებში, ტენიანი ტროპიკული ტყის და ცხელი უდაბნოდან რუსეთის არქტიკულ ტუნდრამდე.

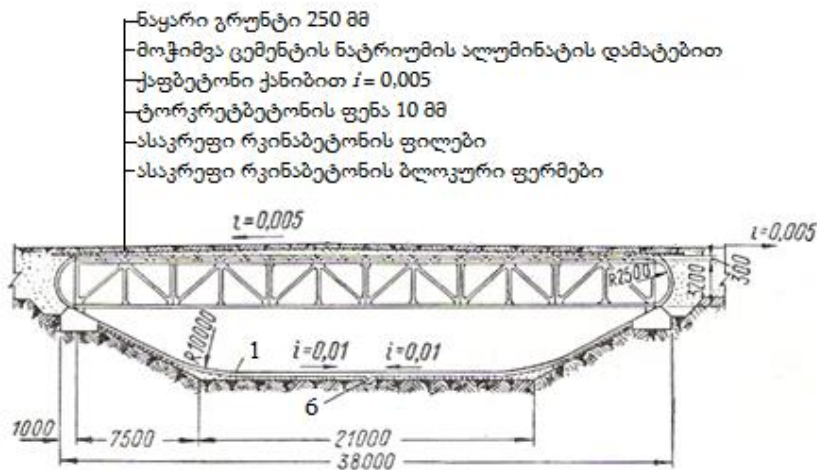
მსუბუქი, კომპაქტური და საიმედო ელასტიური რეზერვუარები საშუალებას იძლევა ოპერატიულად უზრუნველყოთ საწვავ-ვსაპოხი მასალების საიმედო შენახვა როგორც ქარხნის ასევე საველე პირობებში გრუნტის ნაბისმიერ ტიპზე, მათ შორის თოვლზე, ქვიშაზე, ქვებზე (კლდოვანი გრუნტი) დაჭაობებულ ადგილებზე და ა.შ. მრეწველობა აწარმოებს რეზერვუარებს ნომინალური მოცულობით 1,0 დან 120 მ³ მდე. დამკვეთის მოთხოვნების მიხედვით შესაძლებელია რეზერვუარების დამზადება 500 მ³ მდე. ინგლისურ ენაზე ელასტიურ რეზერვუარებს უწოდებენ: Collapsible tank, Pillow tank, Fuel Bladder, Oil Bladder.



ნახ. 4.17. რკინაბეტონის ჰორიზონტალური რეზერვუარი



ჭრილი I-I



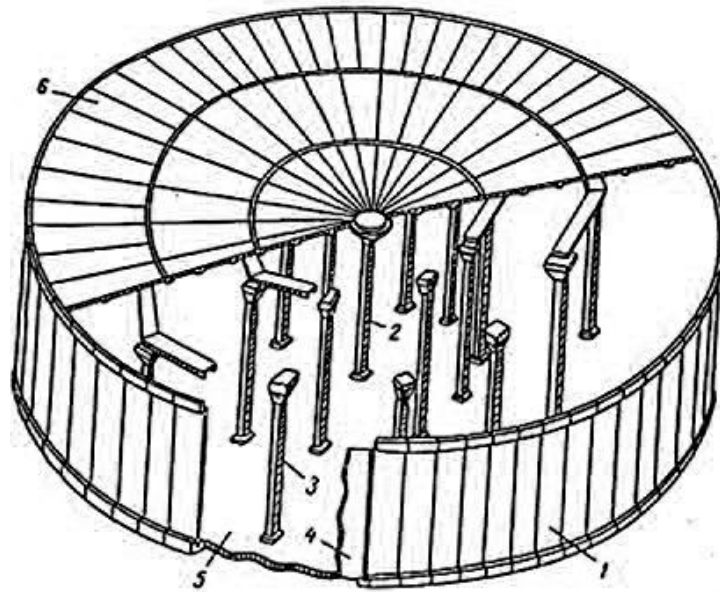
ნახ. 4.18. ტრანშეის ტიპის ჩაღრმავებული რკინაბეტონის რეზერვუარი.

- 1 - ფოლადის მოპირკეთება; 2 - რკინაბეტონის ბლოკური ფერმები;
3 - რკინაბეტონის ფილები; 4 - სინათლის ლუქი; 5 - სამრომი ლუქი; 6 - დრენაჟის დარი.

წყალქვეშა რეზერვუარები. წყალქვეშა რეზერვუარები წარმოადგენენ წყალში ჩაშვებულ მოცულობებს. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების წყალქვეშა შენახვის პრინციპი ეფუძნება იმას, რომ ნავთობპროდუქტების სიმკრივე წყლის სიმკრივეზე ნაკლებია და ისინი პრაქტიკულად ერთმანეთში არ აირევიან. ამიტომ რეზერვუარების უმეტესი კონსტრუქციები დაპროექტებულია ფსკერის გარეშე გუმბათის სახისა. პროდუქტი ინახება წყლის ბალიშზე. ზოგჯერ ნავთობპროდუქტსა და წყალს შორის გათვალისწინებულია დიაფრაგმის დაყენება, განსაკუთრებით იმ შენობებში, როდესაც შესანახი პროდუქტი წყალზე მძიმეა ან არის საშიშროება მათი არევისა და შენახვის პროცესში ხარისხის დადაბლებისა. პროდუქტის ამოღების დროს რეზერვუარი ივსება წყლით. რეზერვუარში პროდუქტი მიეწოდება ტუმბოთი, ამოიღება კი რეზერვუარის ზემოდ არსებული წყლის სვეტის წნევის ხარჯზე.

წყალქვეშა რეზერვუარების განლაგება უშუალოდ ნავთობისა და გაზის ზღვაში ამოღების ადგილთან გამორიცხავს საჭიროებას ნაპირზე სარეზერვუარო პარკის აგებასა და ძვირადღირებული და ნაკლებად საიმედო წყალქვეშა გრძელი მილსადენების მშენებლობას ჭაბურღილიდან ნაპირზე განლაგებულ ნავთობგადასატვირთ ტერმინალამდე. სანაპირო ტერმინალები, როგორც წესი განკუთვნილი არიან გადასატვირთად ნავთობის და ნავთობპროდუქტებისა დიდ ტონიან ტანკერებიდან მცირე ტონიანში (ან რკინიგზის ციტერნებში) სხვა ნავთობბაზებში გასა-

ტანად, სადაც დიდტონიანი ტანკერები ვერ შედიან (ხშირ შემთხვევაში წყლის სიღრმის სიმცირის გამო).



ნახ. 4.19. ასაკრეფი ცილინდრული რკინაბეტონის რეზერვუარის ზოგადი ხედი.

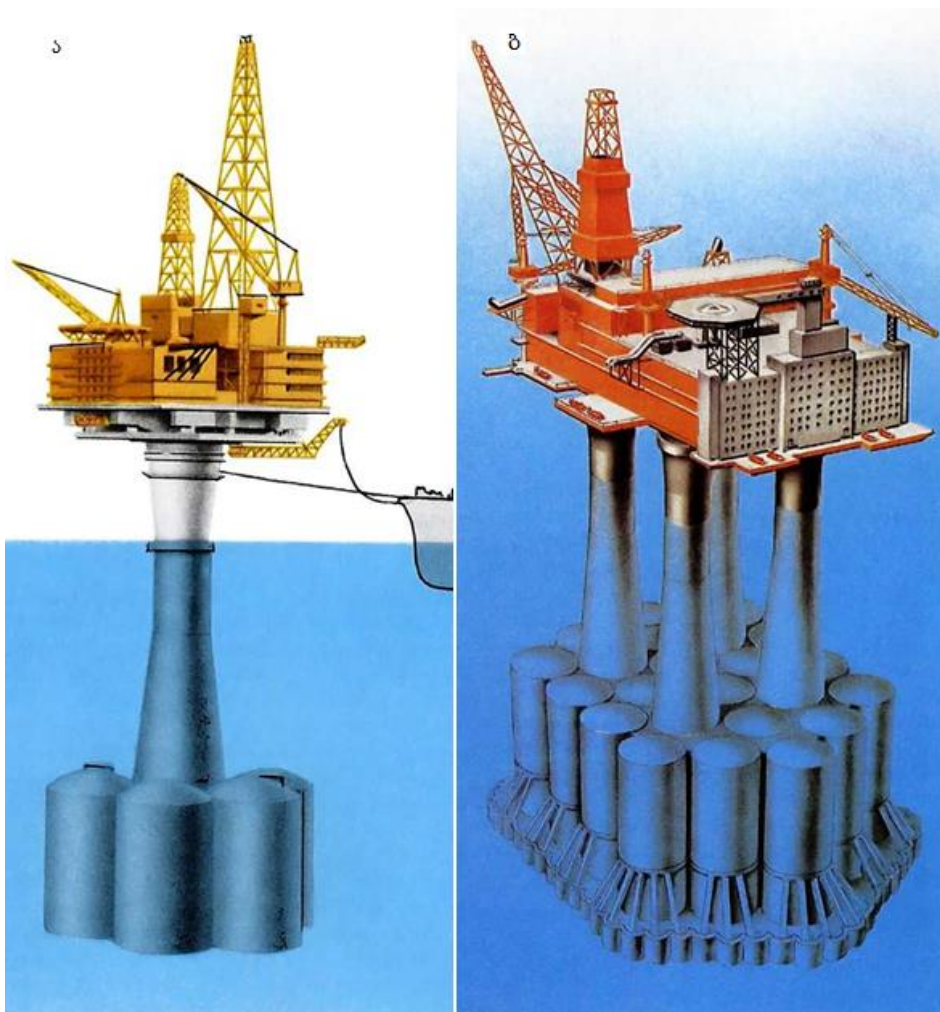
- 1 - კედლის პანელები; 2 - ცენტრალური საყრდენი კოლონა; 3 - პერიფერიული საყრდენი კოლონა; 4 - ლითონის მოპირკეთება; 5 - მონოლითური რკინაბეტონის ფსკერი; 6 - სახურავი.

ფორმების მიხედვით წყალქვეშა რეზერვუარები (წყალქვეშა საცავები) შეიძლება იყოს ცილინდრული, სფერული, ელიპტიკური. კონსტრუქციის მიხედვით - ხისტი, ელასტიური, ან შერეული კონსტრუქციის. წყალში ჩაშვების მიხედვით ანსხვავებენ დონის (ფსკერულს) - ერთსაყრდენიან, მრავალსაყრდენიან (ნახ. 4.21) და მცურავი - ცვალებადი ტივტივობის ნახ.4.22).

წყალქვეშა საცავები (რეზერვუარები) მზადდება ფოლადისაგან, რკინაბეტონისაგან და პოლიმერულ მასალებისაგან(მრავალფენიანი ნეილონისაგან, ბამბის ქსოვილისაგან, პოლი-ვინილქლორიდის ან პოლიეთილენისაგან გაძლიერებულს მავთულის ბადით). დამუშავებულია წყალქვეშა საცავის აგების ხერხი გუმბათის სახის ღორღის, მსხვილი ქვის, ჯართის ან სხვა საწარმოო ნარჩენებისაგან, რომლებიც არ ურთიერთქმედებენ შესანახ პროდუქტან და არიან წყალზე მძიმე. ისინი იყრებიან მომზადებულ საძირკველზე (გრუნტზე). გუმბათის ფორიანობა უნდა იყოს არა ნაკლები 30 %-სა. ზემოდან გუმბათი იფარება ნავთობპროდუქტებისათვის გაუმტარ მრავალშრიანი დამცავი ფენით. ნავთობპროდუქტები ინახება წყლის ბალიშზე.



ნახ.4.20. ელასტიური (რბილი) რეზერვუარები

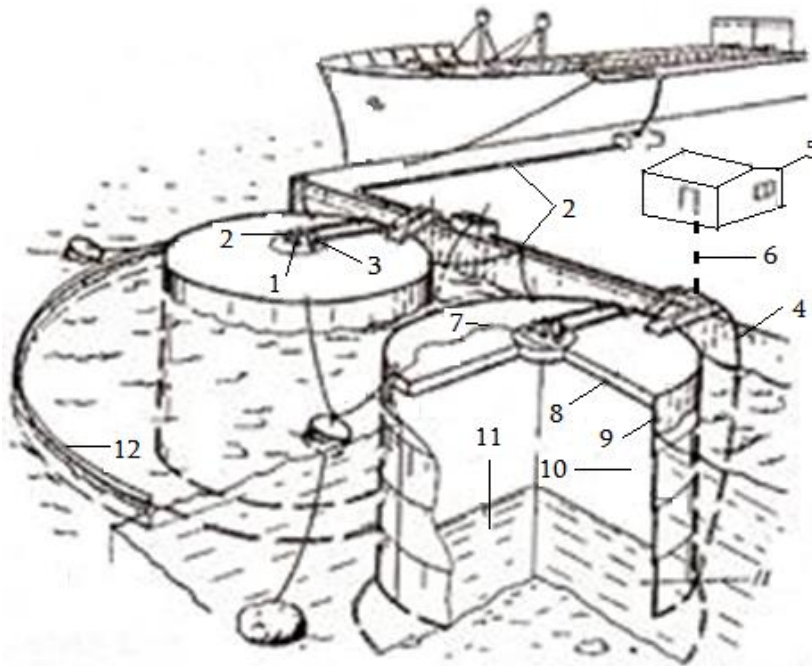


ნახ. 4.21. ა - ერთსაყრდენიანი პლატფორმა სტაციონალური წყალქვეშა ნავთობსაცავით და მოწყობილობით ნავთობტანკერების შესავსებად; ბ - მრავალსაყრდენიანი პლატფორმა სტაციონალური წყალქვეშა ნავთობსაცავით

წყალქვეშა საცავის მოცულობა აღწევს 250 ათასს მ³-ს, ჩვეულებრივ 1600 დან 160000 მ³ მდე. თუ შესანახი მოცულობა აღემატება 250 ათასს მ³-ს, საცავი კეთდება ნაკლები მოცულობის ცალკეულ ბლოკებისაგან.

რეზერვუარების წყალქვეშ განლაგების შემთხვევაში მართვის განყოფილება და საცხოვრებელი სათავსოები მომსახურე პერსონალისათვის განთავსებულია პლათფორმის წყალზედა ნაწილში. რხევებისა და ტალღების ჩასახშობად გამოიყენება სპეციალური ჩამხშობები, მაგალითად ორმაგი კორპუსის სახით, კოშკებით მრავალი ფიჭური ხვრეტებით გარე კორპუსში.

რეზერვუარების კედლებს, დამზადებულს პოლიმერული მასალისაგან აკავებენ საჭირო მდგომარეობაში სპეციალური სიმძიმეებით. რეზერვუარის სახურავზე კიდებენ დამატებით კონცენტრულ გვერდით კედლებს, რომლებიც ხელს უშლიან ნავთობპროდუქტების გამორეცხვას რეზერვუარებიდან. ხშირად წარმოიშობა საჭიროება წყალქვეშა საცავების დამაგრებისა წყალსაცავის ფსკერზე ან მისი სტაბილიზაცია გარკვეულ სიღრმეზე. ამისათვის წყალქვეშა მოცულობების კონსტრუქციებში ითვალისწინებენ სპეციალური ანკელურ მოწყობილობებს, ტვირთებსა და ღუხებს ბალასტისათვის, გათვლილს დამატებითი ამომგდების ძალის მოქმედებაზე, რომელიც წარმოიქმნება რეზერვუარის პროდუქტით შევსების დროს.



ნახ. 4.22. ცვალებადი ტივტივობის წყალქვეშა რეზერვუარი.

- 1 - ჰაერის გასაყვანი მილყელი; 2 - ნავთობპროდუქტით შესავსები მილსადენი;
 3 - ტუმბო; 4 - შეჭირხნული ჰაერის მისაწოდებელი ილანგი; 5 - სანასოსე; 6 - ნავთობსადენი;
 7 - მცურავი სახურავი; 8 - სახურავი; 9 - გარსი; 10 - ნავთობპროდუქტი; 11 - წყლის ბალიში; 12 - დამცავი ბონი.

წყალქვეშა საცავები, ცვალებადი ტივტივობით, იგება დრეკადი ბმით ხიმინჯბთან, ჩამაგრებულს ზღვის ფსკერში, დრეკადი ხიმინჯებით (ზოგჯერ საპირწონით), ხისტი ხიმინჯოვანი საყრდენით. ისინი აღჭურვილი არიან მოწყობილობებით პროდუქტის ჩატვირთვისათვის და ტანკერებზე გადატვირთვისათვის ან მოწყობილობით პროდუქტის გადასატვირთად,

წყალქვეშა მისლადენის მეშვეობით, სანაპირო ნაგებობებში. წყალქვეშა საცავებისათვის შეიძლება გაკეთებული იყოს მცურავი ნავმისადგომები, რომლებთან ტანკერები იტვირთებიან საცავების დაზიანების საშიშროების გარეშე.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების წყალქვეშა შენახვის პერსპექტიულობა განპირობებულია აორთქლებით გამოწვეული დანაკარგების მნიშვნელოვანი შემცირებით, სახანძრო უსაფრთხოების უზრუნველყოფით, შესაძლებლობით შეიქმნას შეუმჩნეველი ნავთობსაცავები შედარებით მცირე ტერიტორიაზე.

საცავების მშენებლობა უმრავლეს შემთხვევაში ხორციელდება ნაპირზე, რაც საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ დანადგარების აკრეფისა და მონტაჟის საწარმოო მეთოდები. მთლიანად აკრეფილ რეზერვუარს უშვებენ წყალში, ბუქსირით მიაცურებენ დაყენების ადგილზე და ჩაძირავენ.

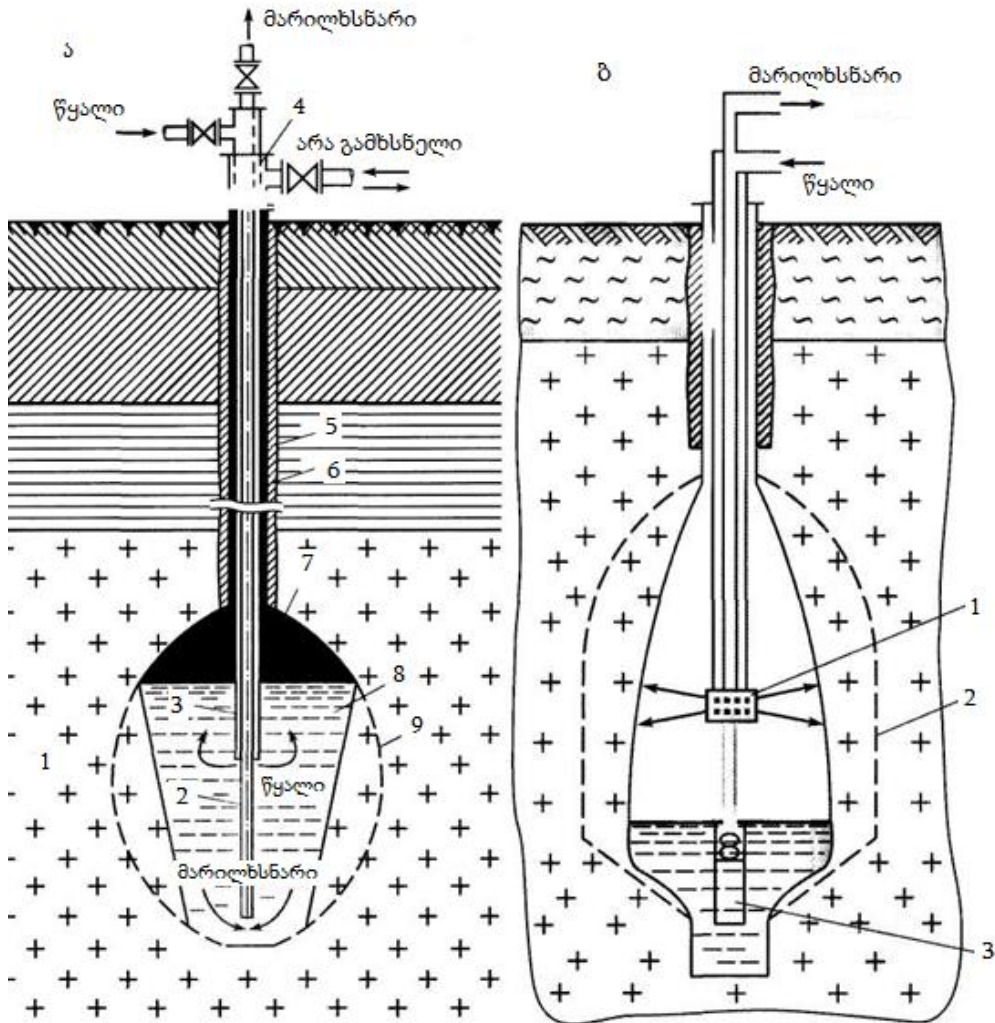
ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მიწისქვეშა საცავები. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მიწისქვეშა საცავებს აგებენ სხვადასხვა მიწისქვეშა ბუნებრივ და ხელოვნურ მოცულობებში (სამთო გამომუშავებაში). ნავთობის მიწისქვეშა შენახვა ეფუძნება იმას, რომ სამთო ფენებთან კონტაქტის დროს ნავთობპროდუქტების ქიმიური შემადგენლობა უცვლელი რჩება და ასევე იძლევა შესაძლებლობას ანაორთქლის მიერ წარმოქმნილი ჭარბი წნევის გაწონასწორებისა მის ზემოდ მდებარე სამთო ქანების დაწნევით. მიწისქვეშა საცავები ძირითადად განკუთვნილი არიან ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების დიდი მარაგის შენახვისათვის (სეზონური მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად). ასეთი ტიპის საცავები უფრო ეკონომიურია და მოითხოვენ ნაკლებ ფართობს მიწისზედა სარეზერვუარო პარკთან შედარებით. საცავის ტიპის შერჩევა დამოკიდებულია ქანების გეოლოგიურ დახასიათებაზე, გეოგრაფიულ ადგილმდებარეობაზე და ეკონომიური მაჩვენებლების კომპლექსზე, რომლებიც გათვალისწინებული უნდა იყოს ტექნიკურ-ეკონომიური გათვლების დროს.

არსებობს მიწისქვეშა საცავების რამდენიმე ტიპი მოწყობის სქემისა და აგების ხერხის გათვალისწინებით. ძირითად სახეებს მიეკუთვნება:

- 1) საცავები ქვის მარილის საბადოებში;
- 2) შახტის ტიპის საცავები;
- 3) საცავები ყინულში ან გაყინულ გრუნტში;
- 4) საცავები, შექმნილი ბუნებრივ ან ხელოვნურ სივრცეში (გამომუშავებაში);
- 5) საცავები, აგებული სპეციალური მეთოდით (აფეთქებით).

ქვის მარილის ფენაში მიწისქვეშა საცავებს აკეთებენ მარილის გამორეცხვით ჭაბურღილის მეშვეობით. მარილის გამორეცხვას ახორციელებენ ორი ხერხით - ცირკულაციურით და ჭავლურით. ცირკულაციის მეთოდი ნაჩვენებია ნახ. 4.23 ა-ზე. ის მდგომარეობს იმაში, რომ გამორეცხვა ხორციელდება მტკნარი წყლის მიწოდებით მილების ერთი სისტემით მარილხსნარის გამოწნეხით მილების მეორე სისტემიდან. ამისათვის ჭაბურღილში მოწყობილია (ჩაშვებულია) მილების სამი წყობა (კოლონა). წყალმიმწოდებელ მილში მიეწოდება წყალი, რომელიც რეცხავს (ხსნის) მარილს და წარმოქმნის მარილხსნარს.

მარილხსნარი, წყალზე მეტი სიმკრივის გამო, ეშვება მოცულობის ქვედა ნაწილში. ახალი წყლის მიწოდების შედეგად წნევა მოცულობაში მატულობს და მარილხსნარი გამოიდევენება ზედაპირზე მარილხსნარის ამოსაღებ მილით. საპროექტო ზომებამდე



ნახ. 4.23. მიწისქვეშა საცავი ქვის მარილის ფენაში.

- ა - გამორეცხილი ცირკულაციის მეთოდით: 1 - ქვის მარილის ფენა; 2 - მარილხსნარის ამომღები (მუშა) მილი; 3 - წყალმიმწოდებელი (მუშა) მილი; 4 - ჭაბურღილის სათავე; 5 - ბეტონის ქვა; 6 - სამგარი მილები; 7 - დამცავი ეკრანი; 8 - გამოსარეცხი კამერა (მოცულობა); 9 - მოცულობის საპროექტო კონტური.
- ბ - გამორეცხილი ჭავლული მეთოდით: 1 - სარწყავი; 2 - მოცულობის საპროექტო კონტური; 3 - მარილხსნარის გადასაქაჩი ჩასაშვები ტუმბო.

გამორეცხილ მოცულობას (კამერას) იცავენ მომდევნო გამორეცხვისაგან არაგამხსნელის დონის დადაბლებით, რომელიც მიეწოდება სამგარი მილებით. არაგამხსნელს უწოდებენ ისეთ სითხეს, რომელიც წყალზე მსუბუქია ან გაზს, რომელიც არ შედის ქიმიურ რეაქციაში ქვის მარილთან, წყალთან ან მარილხსნართან. ჩვეულებრივ არაგამხსნელად იყენებენ ნავთობპროდუქტებს, რომლისათვის ამზადებენ საცავს.

ქვის მარილი ადვილად იხსნება მტკნარ წყალში. 1 მ³ წყალში 20°C დროს შეიძლება გაიხსნას 385 კგ - დე მარილი. 1 მ³ მოცულობის შესაქმნელად მოითხოვება 6 – 7 მ³ წყალი.

საცავების ექსპლუატაციის პერიოდში ნავთობი ან ნავთობპროდუქტი ამოიღება (ამოიწნება) მის ქვემოთ მარილხსნარის მიწოდებით, რომელიც აიღება სპეციალურად შექმნილი მარილხსნარის საცავიდან. შევსებისას პირიქით - ნავთობი ან ნავთობპროდუქტი გამოდევნის მარილხსნარს მის საცავში. მარილხსნარის საცავის მოცულობა ტოლი უნდა იყოს ნავთობსაცავის მოცულობისა. მიწისქვეშა მოცულობების მოწყობის მინიმალური სიღრმეს ადგენენ გეოლოგიური პირობების, ნავთობისა ან ნავთობპროდუქტის (თხევადი აირის), მათი ორთქლის დრეკადობიდან გამომდინარე, იმის გათვალისწინებით, რომ 0,1 მპა მუშა წნევა მოცულობაში წონასწორდება წნევით რომელსაც წარმოქმნის ქანების 6 მ სისქე, თხევადი აირის ბუთანის საცავის ჩაღრმავება მიიღება არა ნაკლები 40 – 60 მ-სა, თხევადი აირი პროპანისათვის - 80 – 100 მ-სა.

მეტად გავრცელებული გამორეცხვის ჭავლული მეთოდი (ნახ. 4.23 ბ) მდგომარეობს იმაში, რომ გამორეცხვა წარმოებს წყლის ჭავლებით ატმოსფერული ან მომატებული წნევით, სპეციალური სარწყავების (სარწყავი თავების) გამოყენებით. ამ შემთხვევაში მარილხსნარი ამოტუმბება კამერის ქვედა ნაწილიდან ჩასაშვები ტუმბოთი ან შეკუმშული ჰაერით (ან გაზით). სარწყავები განლაგებულია წყალმიწოდებელ მილზე და ნელა ბრუნავენ გამომავალი წყლის მიერ შექმნილი წნევის გამო.

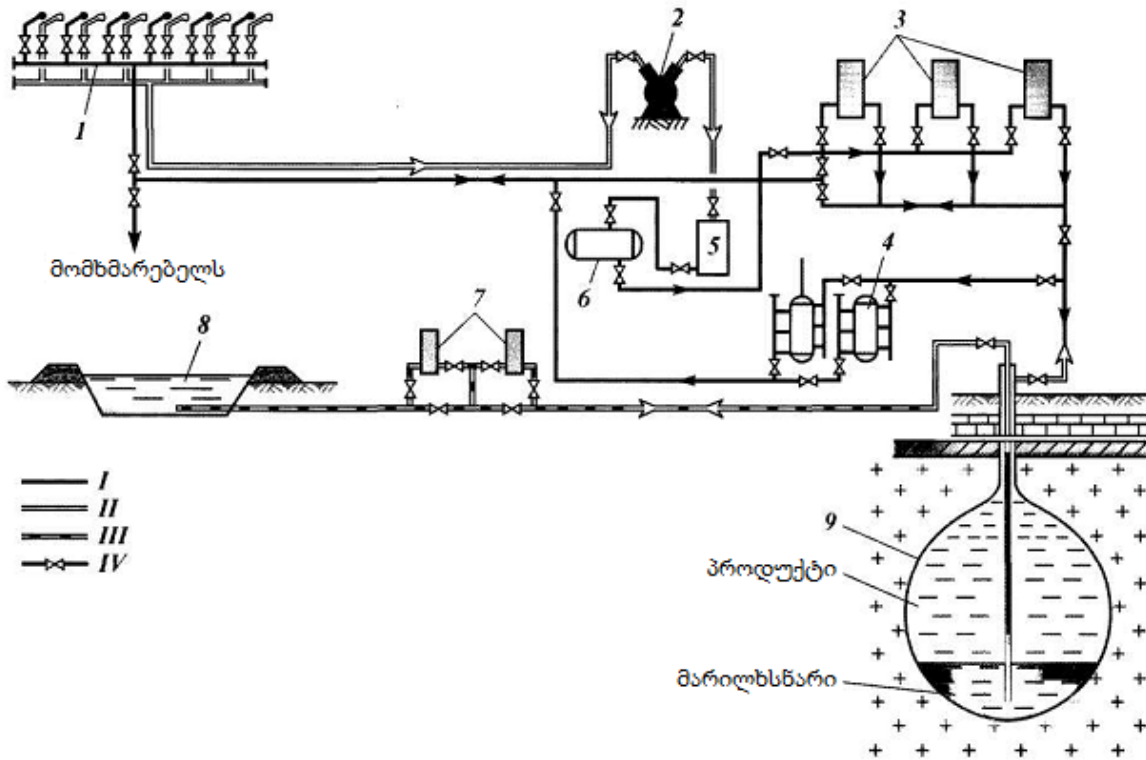
ცალკეულ შემთხვევებში გამოიყენება გამოსარეცხი სარწყავები განლაგებული წყალმიწოდებელი მილის სიმაღლის მიხედვით. ჭავლული მეთოდი ჩვეულებრივ გამოყენებული მოცულობების აგებისას მყარ ქვის მარილის ფენებში სიღრმეზე არა უმეტესი 300 – 400 მ, გამოირჩევა მაღალი წარმადობით.

ნახ.4.24 მოცემულია მარილის ფენაში აგებული თხევადი აირის (ან ნავთობპროდუქტის) მიწისქვეშა საცავის ექსპლუატაციის სქემა. რკინიგზის ესტაკადიდან (ვაგონ-ცისტერნებიდან) 1 თხევადი აირი პროპანი გადაიტუმბება საცავში 9, ტუმბოების 3 მეშვეობით. მარილხსნარი ამ შემთხვევაში გამოიღებება მარილხსნარის საცავში 8. თხევადი ფაზის ჩამოსხმის შემდეგ ვაგონ-ცისტერნები თავისუფლდება ორთქლისაგან კომპრესორის 2 დახმარებით, რომელიც მიაწოდებს აირს კონდენსატორს 6-ს. შემკრებში 6 აირი იკუმშება (იჭირხნება) კონდენსატის მიღებამდე. შემკრებიდან თხევადი აირი პერიოდულად გადაიტუმბება მიწისქვეშა მოცულობაში 9. უკუ პროცესი, ე.ი აირის გაცემა საცავიდან წარმოებს მისი გამოდევნით მარილხსნარით, რომელიც აიღება ტუმბოებით 7 მარილხსნარის საცავიდან 8. ტუმბოების შემდეგ თხევადი აირი მიეწოდება ვაგონ-ცისტერნებს. საჭიროების შემთხვევაში აირი გატარდება საშრობ დანადგარში 4.

შახტის ტიპის საცავები წარმოადგენენ სამთო გამომუშავების სიტემას, დაკავშირებულს ზედაპირთან ლულის მეშვეობით (ნახ. 4.25).

ასეთი საცავები ჩვეულებრივ აიგება სამთო გამომუშავებაში, რომლებიც განლაგებული არიან გაუმტარ და ნავთობპროდუქტებთან ქიმიურად ნეიტრალურ ქანებში, რომლების სიმტკიცე ნავთობთან (ნავთობპროდუქტებთან) ხანგძლივი კონტაქტის დროს არ იცვლება. ასეთ ქანებს მიეკუთვნება თაბაშირი, დოლომიტი, კირქვა, ქვის მარილი, გრანიტი და სხვა. მიწისქვეშა საცავები კეთდება კამერის ტიპის გამომუშავებაში თაღოვანი ან მართკუთხა ფორმის. ზედაპირთან დამაკავშირებელ ლულას აკეთებენ ისეთი ზომების, რომ მასში დაეტეოს სამთო გასასვლელი მოწყობილობა - დანადგარები სამშენებლო სამუ-

შაობის ჩატარების დროს და ტექნოლოგიური ექსპლუატაციის პერიოდში. საცავის ჰერმეტიზაციისათვის აგებენ სპეციალურ ტიხრებს.

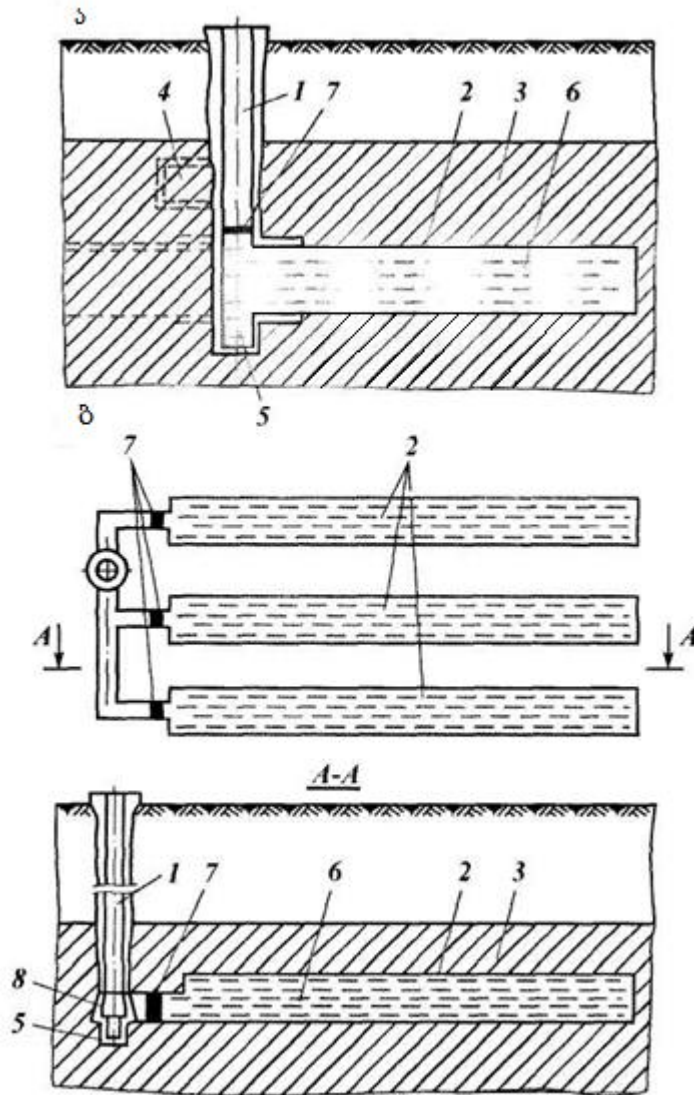


ნახ. 4.24. მარილის ფენაში აგებული მიწისქვეშა საცავის ექსპლუატაციის სქემა:

- 1- რკინიგზის ესტაკადა; 2 - კომპრესორი; 3 - ტუმბოები ნავთობპროდუქტის გადასატუმბად; 4 - აირის საშრობი დანადგარი; 5 - კონდენსატორი; 6 - კონდენსატის შემკრები; 7 - ტუმბო მარილხსნარის გადასატუმბად; 8 - მარილხსნარის საცავი; 9 - მიწისქვეშა მოცულობა;
- I – თხევადი ფაზის მილსადენი; II - ორთქლის ფაზის მილსადენი; III - მარილხსნარის მილსადენი; IV - ურდული, ვენტილი, ჩამკეტი ონკანი.

საცავის სიღრმე განისაზღვრება გაუმტარი ფენის ჩაღრმავებით. საცავების ოპტიმალური ჩაღრმავება შეადგენს 20 – 40 მ-ს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტისათვის და 80 – 100 მ-ს თხევადი აირისათვის. მიწისქვეშა აირნავთობსაცავები მოცულობით 100000 – 300000 მ³ შეიძლება მოწყობილი იყოს სიღრმეზე 200 – 300 მ. სპეციალური დანიშნულების ტიპის საცავებს მიეკუთვნება საცავები აგებულს ყინულში ან გაყინულ გრუნტში და საცავები შექმნილი აფეთქების მეთოდით. საცავებს ყინულში ან გაყინულ გრუნტში აგებენ ქვეყნის ჩრდილოეთ რეგიონებში (კანადა, რუსეთი), სადაც საჭიროა დიდი რაოდენობის ნავთობპროდუქტების მარაგის შექმნა ზაფხულის პერიოდში. ასეთ საცავებს აკეთებენ ტრანშეის სახით მრავალწლიან გაყინულ გრუნტში. ტრანშეას უკეთებენ თაღოვან სახურავს ყინულისაგან, რომელსაც აფარებენ თბოიზოლაციის ფენას (რათა საცავში ტემპერატურა იყოს არა უმეტესი 3°C). ტრანშეას ფსკერსა და გვერდებს ფარავენ ყინულით, წყლის ფენებად გაყინვით ან აპირკეთებენ ყინულის ბლოკებით. ნავთობის (ნავთობპროდუქტების) მიწოდება-ამოღების მოწყობილობას აყენებენ

სპეციალურ ჭაში. მისაწოდებელი პროდუქტის ტემპერატურა არ უნდა იყოს 0°C მეტი, რასაც საჭიროების შემთხვევაში უზრუნველყოფენ სპეციალური სამაცივრო დანადგარის დაყენებით.



ნახ. 4.25. შახტის ტიპის მიწისქვეშა მოცულობების სქემა:

ა, ბ - ერთი ან რამდენიმე პროდუქტის მოცულობები (შესაბამისად); 1 - ლულა (ჭაბურღილი); 2 - მოცულობა; 3 - გაუმტარი ქანი; 4 - ტუმბოს კამერა; 5 - შემკრები (ჩაღრმავება; 6 - ნაწვთობპროდუქტი; 7 - ჰერმეტიული ტიხარი; 8 - კოლექტორული გამომუშავება

საცავები, მოწყობილი აფეთქების მეთოდით, საკმაოდ პერპექტიულია. მიწისქვეშა სივრცის შესაქმნელად დადგენილ სიღრმეზე ბურღავენ ჭაბურღილს, რომლის ძირში ათავსებენ ნაღმს. აფეთქების შედეგად წარმოიქმნება სფერული ფორმის სივრცე შემჭიდროებული კედლებით. ასეთი საცავები მიზანშეწონილია გაკეთდეს პლასტიკური თიხის ფენაში, რომლებსაც აფეთქების შედეგად მიღებულ მაღალი წნევის მოქმედების გამო იძენენ შეულწევად პლასტიკურ დეფორმაციას.

4.3.3. რეზერვუარების ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლები

4.3.3.1. რეზერვუარების მშენებლობის ეკონომიკის სპეციფიკური თავისებურება

ფოლადის რეზერვუარების ეკონომიური ეფექტურობის ანალიზი უჩვენებს, რომ მაჩვენებლების ტექნიკურ - ეკონომიური შედარება, მაგალითად ლითონის საერთო ხარჯის მიხედვით, გამოავლენს ოპტიმალურ კონსტრუქციას (განგარიშებით სასარგებლო მოცულობის 1 მ³). მაგრამ უბრალო შედარება არ ავლენს სხვადასხვა ტიპის რეზერვუარების ეკონომიური ეფექტურობის ყველა მხარეს. რეზერვუარების ფართო ნომენკლატურა მოიცავს ნაგებობების დიდ ჩამონათვალს რომლის შედარება შეუძლებელია მათი დანიშნულების გამო.

მაგალითად არ შეიძლება ერთმანეთს შევადაროთ დაბალი და მაღალი წნევის რეზერვუარები (ჩვეულებრივი ვერტიკალური რეზერვუარები სფერული გადახურვით) ნავთობპროდუქტების აორთქლებით გამოწვეული დანაკარგების მიხედვით, ვინაიდან მათი დანიშნულება სხვადასხვანაირია. ასევე შეუძლებელია უბრალოდ შევადაროთ რეზერვუარები მცურავი სახურავით და რეზერვუარები პონტონით, ვინაიდან რეზერვუარები მცურავი სახურავით საშუალოდ 20 %-ით უფრო ეკონომიურია ვიდრე რეზერვუარები პონტონით, იმიტომ, რომ მას გააჩნია სტაციონალური სახურავი. მაგრამ თითოეულ მათგანს გააჩნია მისი გამოყენების სფერო.

არსებობს შემთხვევები, როცა საექსპლუატაციო პირობების გამო საჭიროა გამოყენებული იყოს რეზერვუარები პონტონით. მაგალითად, რეგიონებში დიდი თოვლის ნალექით ან რაიონებში ქვიშის ქარიშხალით გამოუყენებელია რეზერვუარები მცურავი სახურავით. მაგრამ იმ რეგიონებში, სადაც ორივე სახის რეზერვუარები ეკვივალენტურია დანაკარგების შემცირების თვალსაზრისით, უპირატესობა ენიჭება რეზერვუარებს მცურავი სახურავით, რომლებსაც გააჩნია რიგი უპირატესობა. ისინი უფრო მოხერხებული არიან ექსპლუატაციის, ხანძრის ქრობის და რემონტის დროს, კოროზიისაგან დაცვისათვის.

ნავთობის რეზერვუარების სპეციფიკური თავისებურება სხვა სამშენებლო კონსტრუქციების და ნაგებობების მიმართ მდგომარეობს იმაში, რომ ეკონომიური ეფექტურობის თვალსაზრისით გაცილებით უფრო მეტი მნიშვნელობა აქვს არა ფოლადის ეკონომიას ან თვითღირებულების შემცირებას, არამედ აორთქლებით გამოწვეული დანაკარგების შემცირებას, რომელიც გაცილებით მეტია. მაგალითად, თუ ფოლადის ეკონომია ან ხარჯთაღრიცხვის ღირებულება შეადგენს ათასობით ლარს, ნავთობპროდუქტების დანაკარგების შემცირებიდან მიღებული ეკონომია შეადგენს ათი ან ასი ათასობით ლარს. ეს გამომდინარეობს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების დანაკარგების ზოგადი რაოდენობიდან, რომელიც შეფასებულია 5 - 7% ზღვარში მოპოვებული ნავთობის რაოდენობისა. ნავთობის მოპოვებული რაოდენობა კი აღემატება მრავალ მილიონ ტონას. მეორეს მხრივ ნავთობის დანაკარგებთან ბრძოლას, გარემოს დაცვის თვალსაზრისით, ასევე გააჩნია დიდი სოციალური მნიშვნელობა. აქედან გამომდინარე, რეზერვუარების ეკონომიური ეფექტურობა უნდა ვლინდებოდეს და ფასდებოდეს ყველა ფაქტორის (დაყვანილი ღირებულების გათვალისწინებით, რომლებიც მოიცავს ასევე საექსპლუატაციო ხარჯებს და შენახვის დროს წარმოშობილ დანაკარგებს) კომპლექსური ანალიზის გზით.

სხვადასხვა ტიპის რეზერვუარების ეკონომიური ეფექტურობის გამარტივებული ანალიზის დროს უნდა შევადაროთ ერთმანეთთან ძირითადად ერთი ტიპის მაგრამ სხვადასხვა მოცულობის რეზერვუარები. ამ შემთხვევაში ადარებენ ერთმანეთს 1მ³ -ზე მოსულ კუთრ ხარჯს ან ღირებულებას. ეკონომიური ანალიზის დროს არა ცალკეული რეზერვუარებისა, არამედ

სარეზერვუარო პარკების, გარდა ამისა გათვალისწინებული უნდა იყოს ტერიტორიის, შიგა საპარკო კომუნიკაციების და სხვა ზოგადი საპარკო ხარჯები. მაშინ უფრო სრულად გამოვლინდება ეკონომიური ეფექტურობა როგორც ცალკეული რეზერვუარებისა, ასევე სარეზერვუარო პარკის მთლიანად.

4.3.3.2. სხვადასხვა ტიპისა და მოცულობის რეზერვუარების ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლები

1. რეზერვუარები მცურავი სახურავით. ცხრილში 4.4 - ში მოცემულია რეზერვუარების მცურავი სახურავით ოპტიმალური გაბარიტების ძირითადი ზომები და მაჩვენებლები. მონაცემებიდან ჩანს, რომ რეზერვუარის მოცულობის მომატებისას ფოლადის ხარჯი კლებულობს, ფოლადის კუთრი ხარჯი კი ერთი და იგივე მოცულობის რეზერვუარებისათვის პონტონით შესაბამისად 10 – 50 %-ით მეტია შედარებით რეზერვუარებთან მცურავი სახურავით.

2. იზოთერმიული რეზერვუარები. ლითონის ხარჯი იზოთერმიულ რეზერვუარებში (იხ. ცხრ. 4.5) ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების რეზერვუარებთან შედარებით შესაბამისად მეტია, ვინაიდან ისინი წარმოადგენენ ორფენიან კონსტრუქციას. ორ რეზერვუარს შორის (კედლებს შორის) მოთავსებულია თბოიზოლაცია მუდმივი უარყოფითი ტემპერატურის შესანარჩუნებლად.

3. სფერული რეზერვუარები. ცხრილში 4.6. მოყვანილია სფერული რეზერვუარების კონსტრუქციული ზომები და მახასიათებლები. მოცემულია ფოლადის კუთრი ხარჯი, გაანგარიშებული როგორც სასარგებლო მოცულობის 1 მ³, ასევე ჭარბი წნევის და ფოლადის ხარჯის ნამრავლის გათვალისწინებით კგ/მ³. პირველ შემთხვევაში ვღებულობთ მონაცემებს, რომლების არ ასახავენ შიგა წნევის სიდიდის გავლენას, მეორე შემთხვევაში - მონაცემებს, რომლებიც მოითხოვენ სფერულ რეზერვუარებში ჭარბი წნევის გათვალისწინების აუცილებლობას.

4. რეზერვუარები სტაციონარული სახურავით. ცხრილში 4.7. მოცემულია 0,1 - დან 20 ათას მ³ მოცულობის რეზერვუარების პროექტების მახასიათებლები, როცა რეზერვუარების ოპტიმიზაციის საკითხები არ განიხილებოდა. დღეისათვის ექსპლუატაციაში იმყოფება ამ ტიპის რეზერვუარების უფრო მეტი რიცხვი.

ცხრილი 4.4

რეზერვუარების მცურავი სახურავით ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლები

მაჩვენებელი	ნომინალური მოცულობა, ათასი მ ³								
	1	2	3	5	10	20	30	50	100
სასარგებლო მოცულობა, ათასი მ ³	0,94	2,0	3,15	4,9	10,3	20,9	29,6	47,5	103,6
დიამეტრი, მ	10,43	15,18	18,9	20,9	28,5	39,9	45,6	60,7	88,7
კედლის სიმაღლე, მ	11,92	11,9	14,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9
ლითონის ხარჯი, ტ	27,3	51,8	75,2	115	211	396	470	711	1514
ლითონის კუთრი ხარჯი სასარგებლო მოცულობის 1მ ³ , კგ	29,0	25,4	24,0	23,4	20,3	18,8	16,0	15,0	14,5

იზოთერმული რეზერვუარების ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლები

მაჩვენებელი	ნომინალური მოცულობა, ათასი მ ³				
	1	5	10	20	30
სასარგებლო მოცულობა, ათასი მ ³	0,8	5	8,8	15	29,078
რეზერვუარის დიამეტრი, მ					
გარე რეზერვუარის	13,3	21,8	24,3	36,0	ერთფენიანი
შიგა რეზერვუარის	10,4	19,4	22,8	34,2	35,5
რეზერვუარის სიმაღლე, მ					
გარე რეზერვუარის	13,0	18,0	23,85	17,55	ერთ ფენიანი
შიგა რეზერვუარის	8,9	16,4	22,35	14,7	29,87
ფოლადის ხარჯი, ტ	77	226	416	714	675

5. რეზერვუარები პონტონით. ფოლადის ხარჯის გაზრდა განსაკუთრებით ჩანს რეზერვუარებში მოცულობით 50 და 100 ათასი მ³, სადაც სხვაობა მნიშვნელოვანია სტაციონარული სახურავის ლითონის კონსტრუქციების წონის მომატების გამო. აქედან გამომდინარე 50 ათას მ³ და მეტი მოცულობის რეზერვუარების პონტონით გამოყენება მიზანშეწონილი არ არის. ეს დასკვნა გათვალისწინებულია ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების საცავების (საწყობების) მოწყობის სტანდარტებში, სადაც რეზერვუარების პონტონით მაქსიმალური მოცულობა შეზღუდულია 50 ათასი მ³, როცა რეზერვუარებს მცურავი სახურავით აპროექტებენ მოცულობით 120 ათასი მ³.

ცხრილში 4.8 მოყვანილი მონაცემები რეზერვუარებისათვის პონტონით ასევე მიეკუთვნება იმ პერიოდს, როცა ჯერ კიდევ არ იყო დამუშავებული მათი ოპტიმალური გაბარიტები. ძირითადი ზომების ოპტიმიზაციის თვალსაზრისით, პროექტების შემდეგი ანალიზის დროს დადგინდა, რომ რეზერვუარებს მოცულობით 100, 200, 300, 400, 700, 2000 და 3000 მ³ გააჩნია ძირითადი ზომები, რომლების აკმაყოფილებენ ოპტიმიზაციის მოთხოვნებს შუხოვის კრიტერიუმის მიხედვით, ე.ი. ფარდობა დიამეტრსა და კედლის სიმაღლის შორის მიიღება ისეთი, რომ რეზერვუარს ჰქონდეს ფოლადის მინიმალური ხარჯი ან ღირებულება.

სფერული რეზერვუარების ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლები

მაჩვენებელი	ნომინალური მოცულობა, ათასი მ ³			
	0,6	0,6	2	2
ჭარბი წნევა, მპა	0,6	1,8	2,5	0,6
დიამეტრი, მ	10,5	10,5	16	16
ფოლადის ხარჯი, ტ	56,2	116,5	142	167
ფოლადის კუთრი ხარჯი სასარგებლო მოცულობის 1მ ³ , კგ	109	227	73,8	91,6
ფოლადის კუთრი ხარჯი	184	127	295	153

მამასადამე პრაქტიკულად არ არის საჭიროება ამ თანაფარდობის შეცვლისა. ასევე დადგენილი იყო, რომ რეზერვუარებში მოცულობით 1, 5, 10, 15 და 20 ათასი მ³ ძირითადი ზომები

არ არის ოპტიმალური და საჭიროა კედლის სიმაღლის მომატება და შესაბამისად დიამეტრის შემცირება იგივე მოცულობის შენარჩუნებისას. ცხრილში 4.9 შეიძლება ვნახოთ ოპტიმალური გაბარიტების მნიშვნელობები, რომელიც მიღებულია საფუძვლად მოქმედ პროექტებში. ანალიზის საფუძველზე დადგენილი იყო რეზერვუარების შემდეგი ოპტიმალური გაბარიტები (ცხრ. 4.10).

ცხრილი 4.7

ფოლადის რეზერვუარების სტაციონარული სახურავით ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლები

მაჩვენებელი	ნომინალური მოცულობა, ათასი მ ³						
	1	2	3	5	10	20	30
გეომეტრიული მოცულობა, ათასი მ ³	1,06	2,15	3,370	4,866	10,950	19,450	1,06
სასარგებლო მოცულობა (ტევადობა), მ ³	1,02	2,07	3,190	4,650	9,850	17,500	1,02
დიამეტრი, მ	12,3	15,1	18,98	22,8	34,20	45,60	12,3
კედლის სიმაღლე, მ	11,9	11,9	11,92	11,92	11,92	11,92	11,9
კედლის სისქე, მმ	6x4	6x4x	7+2x6	9+8x7	—	13+7*11	6x4
მასა, ტ							
კედლის	11,0	23,2	31,14	50,10	100,63	152,83	11,0
ფსკერის	3,87	7,07	11,72	19,50	41,70	84,04	3,87
ცენტრალური დგარის	—	1,49	1,49	1,57	—	—	—
სახურავის	5,96	7,45	13,15	20,85	49,83	101,57	5,96
სიხისტის რგოლების	—	—	—	—	12,55	29,39	—
კიბის, მოაჯირის, ბაქანის	2,04	5,03	5,34	5,68	4,88	5,37	2,04
რეზერვუარის საერთო მასა, ტ	22,9	44,2	62,84	97,68	209,70	373,20	22,9
ფოლადის კუთრი ხარჯი სასარგებლო მოცულობის 1მ ³ , კგ	21,4	20,6	18,7	20,0	19,2	19,0	21,4

4.4, 4.8, 4.9 ცხრილების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

- რეზერვუარები სტაციონარული სახურავით ფოლადის კუთრი ხარჯის მიხედვით რეზერვუარების თანაბარი მოცულობების დროს ახლოს არიან რეზერვუარებთან მცურავი სახურავით, მაგრამ ვინაიდან უკანასკნელს გააჩნია ნაკლები დანაკარგები პროდუქტების

ცხრილი 4.8

რეზერვუარების პონტონით ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლები

მაჩვენებელი	ნომინალური მოცულობა, ათასი მ ³				
	1	2	3	5	10
სასარგებლო მოცულობა, ათასი მ ³	0,94	2,01	3,15	4,90	10,3
რეზერვუარის დიამეტრი, მ	10,43	15,18	18,98	20,9	28,5
კედლის სიმაღლე, მ	11,92	11,92	11,92	14,9	17,9
ფოლადის ხარჯი, ტ	30,0	55,5	83,5	119,8	224,2
ფოლადის კუთრი ხარჯი სასარგებლო მოცულობის 1მ ³ , კგ	32,2	27,6	26,5	24,5	21,8

ცხრილი 4.8-ს გაგრძელება

მაჩვენებელი	ნომინალური მოცულობა, ათასი მ ³				
	15	20	30	50	100
სასარგებლო მოცულობა, ათასი მ ³	15,3	20,9	29,6	47,46	99,89
რეზერვუარის დიამეტრი, მ	34,2	39,9	45,6	60,7	88,7
კედლის სიმაღლე, მ	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9
ფოლადის ხარჯი, ტ	323,0	438,5	584,1	869,2	2175,8
ფოლადის კუთრი ხარჯი სასარგებლო მოცულობის 1მ ³ , კგ	21,1	21,0	19,4	18,4	21,8

ცხრილი 4.9

ოპტიმალური გაბარიტების მქონე ფოლადის რეზერვუარების პონტონით ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლები

მაჩვენებელი	ნომინალური მოცულობა, ათასი მ ³					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	1
სასარგებლო მოცულობა, ათასი მ ³	0,94	0,185	0,306	0,396	0,69	0,96
მასა, ტ						
დგარის ან კრონშტეინების	0,74	1,37	1,74	2,22	3,60	4,58
რეზერვუარის სარეთო მასა, ტ	0,07	0,07	0,07	0,09	0,11	0,34
ფოლადის კუთრი ხარჯი სასარგებლო მოცულობის 1მ ³ , კგ	6,35	9,48	12,48	14,77	21,56	28,71

ცხრილი 4.9-ს გაგრძელება

მაჩვენებელი	ნომინალური მოცულობა, ათასი მ ³					
	2	3	5	10	15	20
სასარგებლო მოცულობა, ათასი მ ³	2,07	3,19	4,957	1,07	14,9	20,8
მასა, ტ						
დგარის ან კრონშტეინების	7,2	10,83	15,92	35,84	48,22	62,9
რეზერვუარის სარეთო მასა, ტ	1,16	1,81	2,38	4,13	5,22	8,21
ფოლადის კუთრი ხარჯი სასარგებლო მოცულობის 1მ ³ , კგ	50,32	78,80	114,14	240,83	320,19	425,7

შენახვისას ისინი უფრო ეფექტური არიან და ამის გარდა გააჩნიად რიგი უპირატესობა დამახასიათებელი ასეთი ტიპის რეზერვუარებისათვის;

ცხრილი 4.10

რეზერვუარების ოპტიმალური გაბარიტები

ნომინალური მოცულობა, ათასი მ ³	1	5	10	15	20
კედლის სიმაღლე, მ	11,92	14,90	17,90	17,90	17,90
რეზერვუარის დიამეტრი, მ	10,43	20,92	28,50	34,20	39,90

- ოპტიმალური გაბარიტების მქონე რეზერვუარებს პონტონით არა ოპტიმალური გაბარიტის მქონე სტაციონარული სახურავი რეზერვუარებთან შედარებით ლითონის

ხარჯის მიხედვით უფრო მძიმე არიან 15 – 20 %-ით (გამოიყენება რეზერვუარებისათვის მოცულობით 5 – 20 ათასი მ³), რაც აიხსნება პონტონის არსებობით;

- არაოპტიმალური გაბარიტების მქონე რეზერვუარები პონტონით მძიმეა ოპტიმალური პარამეტრების მქონე ერთნაირი მოცულობის (10 -20 ათასი მ³) რეზერვუარებზე პონტონით ასევე 15 – 20 %-ით.

6. ტრანშეის ტიპის ფოლადის და ზოგიერთი სპეციალური დანიშნულების რეზერვუარები. ცხრილში 4.11 მოცემულია ტრანშეის ტიპის რეზერვუარების მონაცემები. აქ ფოლადის კუთრი ხარჯი სასარგებლო მოცულობის 1 მ³ გაცილებით მეტია, ვიდრე მიწისზედა რეზერვუარებში (ცხრ. 4.12). ეს აიხსნება ტრანშეის ტიპის რეზერვუარები მიწისქვეშა განლაგებით და, აქედან გამომდინარე, მასზე მომატებული გარე დატვირთვით. ტრანშეის ტიპის რეზერვუარები (ნახ. 4.18) განკუთვნილია ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მიწისქვეშა ხანგრძლივი შენახვისათვის მათი მცირე ბრუნვის დროს. ამ შემთხვევაში უზრუნველყოფილია დანაკარგების მნიშვნელოვანი შემცირება.

7. ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარები მძიმე პროდუქტების შენახვისათვის. ამ რეზერვუარების კონსტრუქციული თავისებურება განპირობებულია პროდუქტის მეტი სიმკვრივით, რომელიც ტოლია 1450 კგ/მ³. ამოცანა მდებარეობს ლითონის დამატებითი ხარჯის განსაზღვრაში, რაც დაკავშირებულია უფრო მძიმე პროდუქტის შენახვასთან. ზრდიან მხოლოდ რეზერვუარის ქვედა სარტყელის სისქეს, სხვა კონსტრუქციები - ზედა სარტყელები, ფსკერი, სტაციონარული სახურავი - არ იცვლება. ამიტომ ლითონის კუთრი ხარჯი ნავთობის რეზერვუარებთან შედარებით უმნიშვნელოდ იზრდება: 21,66 (20,0) – 5 ათასი მ³ რეზერვუარისათვის და 20,66 (19,2) კგ - 10 ათასი მ³ რეზერვუარისათვის. (ფრჩხილებში მოცემულია ნავთობის რეზერვუარების ხარჯი).

8. ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარები აგრესიული ქიმიური პროდუქტებისათვის. ეს რეზერვუარების განკუთვნილია 1250 კგ/მ³ და მეტი სიმკვრივის პროდუქტების შესანახად. პროექტებით გათვალისწინებულია ნახშირბადოვანი ფოლადის გამოყენება, შესაბამისი ანტიკოროზიული დაცვით. ამის გარდა მომატებულია ყველა სარტყელის სისქე, რის გამოც ლითონის ხარჯი საგრძნობლად იზრდება (მაგალითად 50 %-ით) ნავთობის რეზერვუარებთან შედარებით. ეს გამოწვეულია შესანახი პროდუქტის დიდი სიმკვრივით და ძირითადად მისი აგრესიულობით.

9. ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარები არააგრესიული ქიმიური პროდუქტებისათვის სიმკვრივით 1800 კგ/მ³ - მდე. ლითონის ხარჯი ნავთობის რეზერვუარებთან შედარებით მომატებულია დაახლოებით ორჯერ.

10. მომატებული წნევის რეზერვუარები. ნავთობის მოპოვებისა და გადამამუშავებელ ქვეყნებში აგებული და იმყოფება ექსპლუატაციაში რამდენიმე ტიპის მომატებული წნევის რეზერვუარები. ცხრილში 3.13 მოცემულია მათი ძირითადი მახასიათებლები. გამოყენების რაციონალური არე -ნავთობპროდუქტების ხანგრძლივი შენახვა, მათი ბრუნვისას არა უმეტესი 8 – 10 ჯერ წელიწადში, დანაკარგების შემცირება გამოწვეული „მცირე სუნთქვით“ და მზის რადიაციით. დღეისათვის ამ მიზნებისათვის გამოიყენებენ ასევე ტრანშეის ტიპის მიწისქვეშა რეზერვუარებს. მოყვანილი მონაცემების ანალიზი საშუალებას გვაძლევს, ავღნიშნოთ რომ ლითონის კუთრი ხარჯი სასარგებლო მოცულობის 1მ³ დამოკიდებულია არა მარტო რეზერვუარის

ტიპზე, არამედ მათ მოცულობაზეც. ტრანშეის ტიპის რეზერვუარებზე ლითონის ხარჯი ცოტათი მეტია, მაგრამ 1 ტ ლითონის კონსტრუქციების დამზადება უფრო იაფია, ვიდრე მომატებული წნევის რეზერვუარებისათვის. აქედან გამომდინარე ღირებულების მიხედვით რეზერვუარის ეს ტიპები თანაბარფასოვანია.

ცხრილი 4.11

ტრანშეის ტიპის რეზერვუარების ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლები

მაჩვენებელი	ЦНИИП-ის პროექტები			ГПИ-6 პროექტები	
	2	5	10	5	5
რეზერვუარის ნომინალური მოცულობა, ათასი მ ³	2	5	10	5	5
სასარგებლო მოცულობა, ათასი მ ³	2,310	4,640	9,650	5,380	5,380
რეზერვუარის შევსების სიმაღლე, მ	6,0	6,0	6,2	7,7	7,7
გადახურვის ფერმის მალი, მ	18	18	24	18	18
გადახურვის ფერმის ბიჯი, მ	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
შპანჰოლტის რადიუსი, მ	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5
ზომები გეგმილში ღერძების მიხედვით, მ	18x24	18x48	24x72	18x48	18x48
ზომები გეგმილში გარე გაბარიტების მიხედვით, მ	21,2x27,2	21,2x51,2	27,2x75,2	20x59	20x50
ფერმების რაოდენობა, ცალი	6	9	13	9	9
გადახურვის ფარების რაოდენობა, ცალი	24	48	72	48	48
რეზერვუარის გარსის სისქე, მმ	5	5	5	5	5
გადახურვის საფარის სისქე, მმ	4	4	4	4	4
ლითონის კონსტრუქციის მასა, ტ					
გარსის	41,0	69,40	116,5	74,67	71,53
გადახურვის ფარების	22,30	43,35	92,0	33,80	32,00
ფერმებისა და შპანჰოლტის	16,50	27,30	72,15	31,30	55,84
ტორსის შპანჰოლტის	1,50	2,02	2,07	-	-
კავშირები და ზეწარი	8,20	10,43	27,05	9,24	8,14
შედულებული ნაკერები (1%)	0,40	0,35	0,35	-	-
რეზერვუარის საერთო მასა, ტ	0,9	1,55	3,13	1,49	1,68
ფოლადის კუთრი ხარჯი 1 მ ³ სასარგებლო მოცულობაზე	90	155,0	313	150,7	169,9

ცხრილი 4.12

რეზერვუარების ფოლადის კუთრი ხარჯი

რეზერვუარის მოცულობა, ათასი მ ³	2	5	10
რეზერვუარის ფოლადის კუთრი ხარჯი, კგ			
მიწისზედა	20,6	20,0	19,2
ტრანშეის ტიპის	38,96	33,40	33,26

ფოლადის ჰორიზონტალური ცილინდრული რეზერვუარები ნავთობპროდუქტებისათვის. ჰორიზონტალური ცილინდრული რეზერვუარები, რომლებიც შეესაბამება რკინიგზის პლატფორმების გაბარიტებს მოცულობით 3, 5, 10, 25, 50, 75 და 100 მ³ (მიწისზედა და მიწისქვეშა) (ნახ. 4.16, 4.17) ფართოდ არის გამოყენებული ქვეყნის მეურნეობის სხვადასხვა სფეროში: სოფლის მეურნეობაში, გამსაღებელი ნავთობგაზის კომპანიების ორგანიზაციებში, ბენზინგასამართ სადგურებში, და სხვა ორგანიზაციებში რომლებიც გამოიყენებენ ნავთობპროდუქტებს შეზღუდული რაოდენობით. ასეთი რეზერვუარები მზადდება სპეციალურ მექანიკურ ქარხნებში როგორც ქარხნული გაბარიტული ნაკეთობები. მათი დამზადებისათვის ფოლადის საერთო წლიური ხარჯი არ აღემატება 100 ათას ტ. მიწისზედა რეზერვუარების ფოლადის კუთრი ხარჯი ნაკლებია ვიდრე მიწისქვეშაში, რაც დაკავშირებულია მიწისქვეშა რეზერვუარებზე მეტი გარე დაწნევით. როგორც სხვა კონსტრუქციული ფორმის რეზერვუარებისათვის მოცულობის მომატებისას ლითონის კუთრი ხარჯი კლებულობს 100 დან 53 კგ სასარგებლო მოცულობის 1 მ³ მიწისზედა რეზერვუარებისათვის და 140 დან 55 კგ - მიწისქვეშასათვის. მაგრამ ბევრ მეურნეობაში ერთდროულად გამოიყენება სხვადასხვა სახის მცირე მოცულობის ნავთობპროდუქტები. შესაბამისა იყენებენ სხვადასხვა ტიპის მცირე მოცულობის რეზერვუარებს იმის მიუხედავად, რომ ეს ეკონომიურად გაუმართლებელია.

ცხრილი 4.13

მომატებული წნევის რეზერვუარების ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლები

მაჩვენებლები	რეზერვუარის ტიპები							
	წვეთოვანი საყრდენი რგოლით წვეთოვანი ეკვატორული საყრდენით	ვერტიკალური ცილინდრული „ჰობრიდი“	ვერტიკალური ცილინდრული „ДИСИ“	ტრანშის ტიპი				
მოცულობა, ათასი მ ³	2	2	3	5	2	1	0,7	2
ჭარბი წნევა, მპა	0,04*/0,03	0,04	0,025	0,018	0,013	0,015	0,018	0,002
ვაკუუმი, კპა	30	30	10	10	0,5	0,8	1,2	0,5
ძირითადი ზომები, D x H, მმ	18454x10490	18500x10620	18980x11825	20900x15600	15200x9100	12330x8900	10430x9000	18x24
ლითონის საერთო ხარჯი, ტ	64,71**/50,50	54,62**/40,0	70,67	121,0	43,0	24,2	18,4	90
ფოლადის კუთრი ხარჯი 1 მ ³ სასარგებლო მოცულობაზე	32,35	20,0	21,2	23,0	20,1	22,9	24,6	38,96

შენიშვნა: * მრიცხველში მოცემულია საპროექტო ჭარბი წნევის მნიშვნელობა, მნიშვნელში - საექსპლუატაციო;

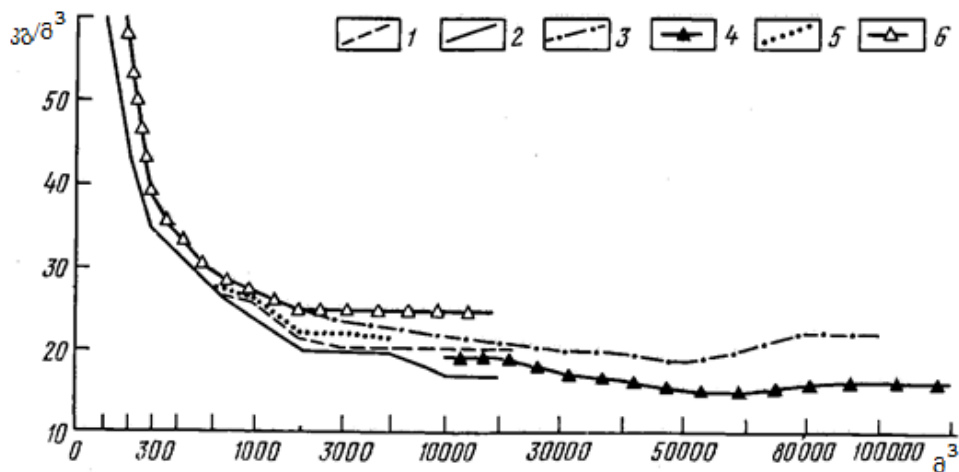
**მრიცხველში - ლითონის ხარჯი პროექტის მიხედვით, მნიშვნელში - გამსუბუქებული ვარიანტი კარკასის გარეშე.

ნავთობროდუქტების შენახვა ძირითადად გამოიყენება დანაკარგების შემცირების მიზნით. განხილულ პროექტებში მოცემულია მიწისქვეშა რეზერვუარების მოწყობა მშრალ გრუნტში, ე.ი. გრუნტის წყლის დონე არ უნდა აღწევდეს რეზერვუარის განლაგების ქვედა დონეს. პროექტირებისას სველ გრუნტში რეზერვუარები უნდა იყოს დაანკერებული ფუნდამენტში, რათა არ მოხდეს წყლის მიერ მათი ამოგდება (ამოტივტივება). ფოლადის ხარჯი ამ შემთხვევაში შესაბამისად გაიზრდება.

4.3.3.3. სხვადასხვა კონსტრუქციის ფოლადის რეზერვუარების ლითონის კუთრი ხარჯი

ნახაზზე 4.26 ნაჩვენებია სხვადასხვა ტიპის რეზერვუარების ლითონის კუთრი ხარჯი, რომელიც საშუალებას იძლევა შევადაროთ ერთი ტიპის რეზერვუარები მათი ეკონომიური ეფექტურობის მიხედვით. სხვადასხვა ტიპის რეზერვუარების ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლების შედარებისათვის საჭიროა მხედველობაში მივიღოთ მათი დანიშნულება და გამოყენების რაციონალური არე.

ცხრილებში მოცემული ლითონის კუთრი ხარჯის მონაცემებიდან გამომდინარეობს, რომ შედარება შეიძლება მხოლოდ ერთი ტიპის რეზერვუარებისა. მაგალითად, ერთი და იგივე მოცულობის ოპტიმალური და არაოპტიმალური გაბარიტის მქონე რეზერვუარებისა. შეიძლება შევადაროთ დიდი და მცირე მოცულობის რეზერვუარები, მოცულობის გავლენის დასადგენად ან ერთი რეზერვუარი, მაგალითად მოცულობით 20 ათასი მ³ შევადაროთ 4 რეზერვუარს მოცულობით 5 ათასი მ³. ამავ დროულად საჭიროა გავითვალისწინოთ ტერიტორიის ღირებულება, საექსპლუატაციო ხარჯები, მილსადენების გაჭიმულობა და სხვა. ასევე შეიძლება შევადაროთ ერთმანეთს მომატებული და მაღალი წნევის რეზერვუარები.



ნახ. 4.26. სხვადასხვა კონსტრუქციის ფოლადის რეზერვუარების ლითონის კუთრი ხარჯის გრაფიკი:

- 1 - დაბალი წნევის მოცულობით 20 ათასი მ³ -მდე;
- 2 - იგივე ოპტიმალური პარამეტრებით;
- 3 - დიდი მოცულობის პონტონით;
- 4 - დიდი მოცულობის მცურავი სახურავით;
- 5 - მომატებული წნევის;
- 6 - ტიპიური პონტონით

4.4. რეზერვუარების ტექნოლოგიური მონყობილობა

თავისი დანიშნულებით რეზერვუარის მოწყობილობები უზრუნველყოფენ რეზერვუარების სწორ და უსაფრთხო ექსპლუატაციას, კერძოდ:

- რეზერვუარების შევსებას და დაცლას;
- ნავთობპროდუქტების დონის განსაზღვრას;
- ნავთობპროდუქტის სინჯის აღებას;
- რეზერვუარების გაწმენდას და რემონტს;
- ნავთობპროდუქტების შეთბობას;
- ნავთობპროდუქტების დაყოვნებას დალექვისათვის;
- თავისუფალი წყლის მოცილებას;
- რეზერვუარში წნევის შენარჩუნებას.

რეზერვუარზე ამონტაჟებენ შემდეგ მოწყობილობებს (სურ. 4.27):

სადრომი ლუქი (ნახ.4.28). ის მოთავსებულია რეზერვუარის ქვედა სარტყელში და მისი დანიშნულებაა რეზერვუარის შიდა მოცულობის დათვალიერება, გაწმენდა და რემონტი.

სანათი ლუქი (ნახ. 4.29). მდებარეობს რეზერვუარის სახურავზე და გამოიყენება რეზერვუარის გასანათებლად და გასანიავებლად.

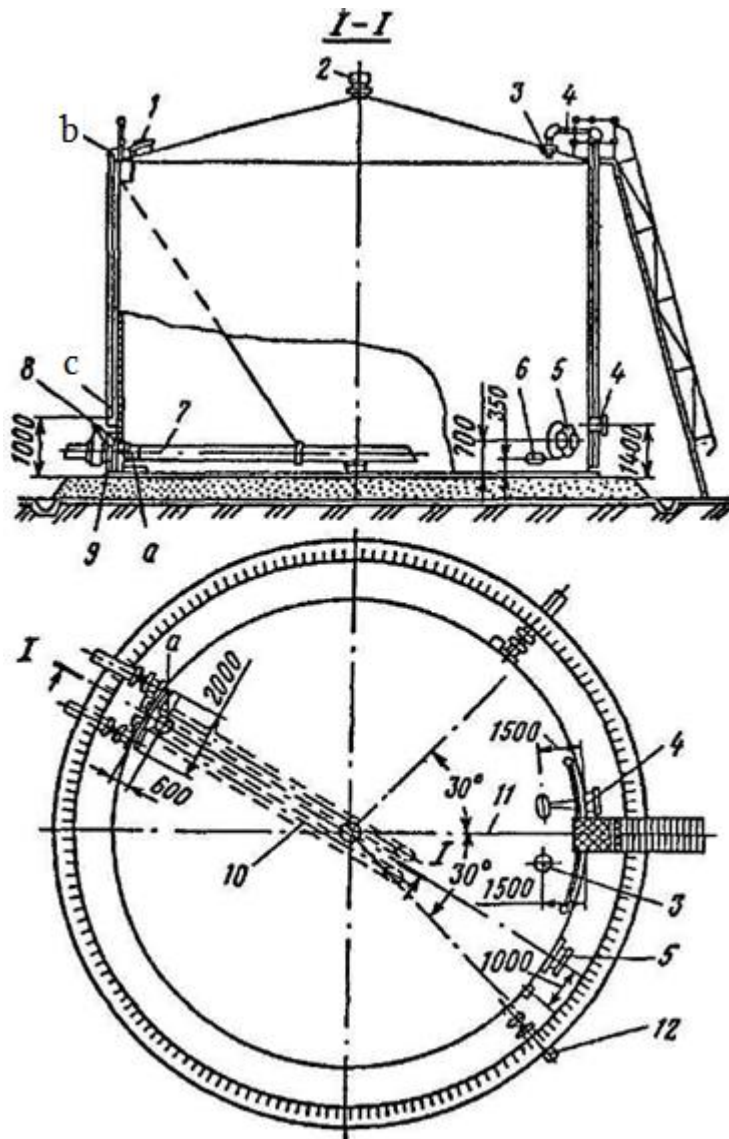
საზომი ლუქი (ნახ. 4.30). ისიც მოთავსებულია რეზერვუარის სახურავზე და გამოიყენება რეზერვუარში პროდუქტის სიმაღლის გასაზომად და სინჯის ასაღებად.

ჭექუნა (ნახ. 4.31). თავსდება რეზერვუარის შიგნით მიმდებ-გამანაწილებელ მილყელზე და განკუთვნილია პროდუქტის ჩასხმისა და ჩამოსხმისათვის, ასევე მილსადენის დაზიანებისას რეზერვუარიდან პროდუქტის შესაძლო გაჟონვის თავიდან ასაცილებლად. ჭექუნა შედგება დამრეცი კვეთის მქონე კორპუსისაგან და მასთან მჭიდროდ მიდგმული სახურავისაგან, რომელიც კორპუსთან შეერთებულია ბერკეტული მექანიზმით. რეზერვუარის შევსებისას პროდუქტის ნაკადი წნევის ძალით წამოწევს ჭექუნას სახურავს. ჩატვირთვის შეჩერებისას ჭექუნას სახურავი საკუთარი წონის ზემოქმედებით ეშვება თავის ადგილას და კეტავს მილს. რეზერვუარიდან პროდუქტის გაცემისას ჭექუნას სახურავი იღება მზრუნავ დოლზე დახვეული გვარლის საშუალებით. გადაქაჩვის დისტანციური მართვის დროს რეზერვუარზე ათავსებენ ელექტრო-ამძრავ მექანიზმებს ჭექუნას გასაღებად.

დიდი დიამეტრის მქონე ჭექუნები სავსე რეზერვუარის შემთხვევაში ძნელად იღებიან, რადგან მათ უხდებათ დაძლიონ პროდუქტის მთელი სვეტის დაწოლა მათ სახურავზე. ასეთ შემთხვევაში იყენებენ გადამშვებ მილებს ჭექუნას წინ და ჭექუნას შემდეგ წნევის გასათანაბრებლად. ძირითად სახურავზე დამონტაჟებულია გადამშვები სახურავი, რომელიც ხურავს გადამშვებ ხვრელს. როდესაც გადამშვები ხვრელი ღიაა, მისი გავლით, ჭექუნასა და ჩამკეტს შორის მილის სივრცეში გადის პროდუქტი. ეს იძლევა საშუალებას გაღების წინ ძირითადი სახურავის განტვირთვისა. გადამშვებ სახურავზე დამაგრებულია გვარლი, რომლის საშუალებითაც გადამშვები სახურავი თანმიმდევრულად იღება. ჭექუნას ჰერმეტიულობა მიიღწევა სახურავზე სითხის ჰიდროსტატიკური დაწნევის ხარჯზე.

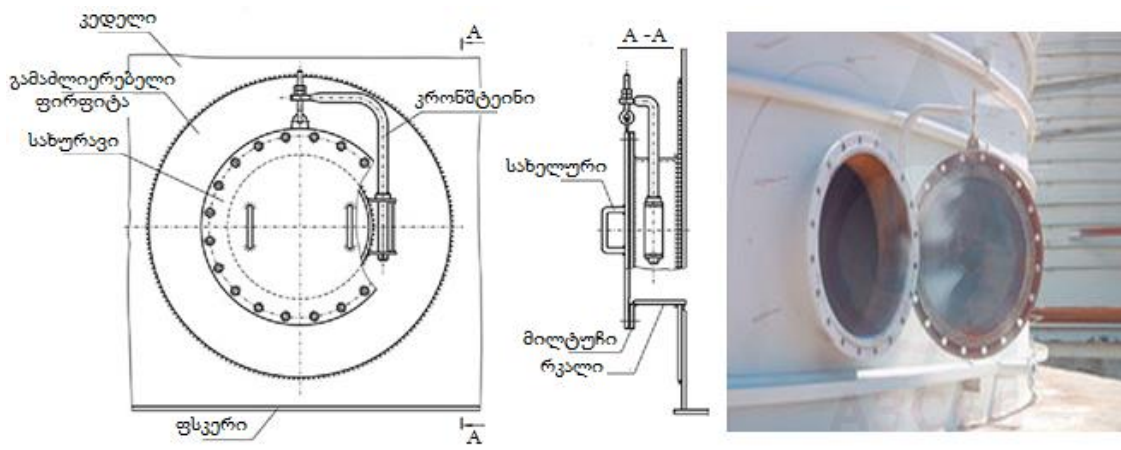
მიმდებ-გამანაწილებელი მილყელი (ნახ. 4.32). მონტაჟდება რეზერვუარის ქვედა სარტყელზე. გარეთა მხრიდან მას უერთდება ჩამკეტი, ხოლო შიგნითა ბოლოს, რეზერვუარში

უყენდება ჭექუნა. მილ-ყელის საშუალებით ხორციელდება რეზერვუარში პროდუქტის მიღება ან მისი რეზერვუარიდან გაცემა.

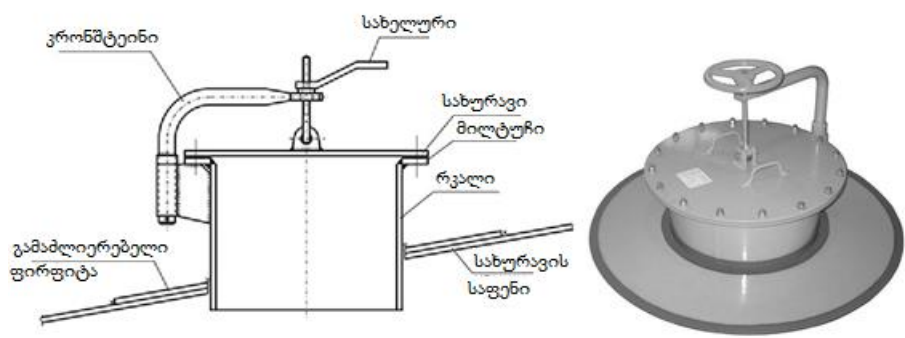


ნახ. 4.27. მუქი ნავთობპროდუქტების ვერტიკალურ რეზერვუარებზე მოწყობილობის განლაგების სქემა:
 1 - სანათი ლუქი; 2 - სავენტულაციო მილყელი; საზომი ლუქი; 4 - დონის გამზომი ხელსაწყო; 5 - სამდრომი ლუქი; 6 - სიფონური ონკანი; 7 - ასაწევი მილი (სახსრით *a*, გორგოლაჭიანი ბლოკით *b* და ხელის ჯალამბარით *c*); 8 - გადამშვები მოწყობილობა; 9 - მიმღებ - გასაცემი მილყელი; 10 - მეორე ასაწევი მილის განლაგება (დაყენების შემთხვევაში); 11 - კიბის ღერძი; 12 - მიმღებ - გასაცემი მილყელის კიდური განლაგება კედლის ღერძის მიმართ.

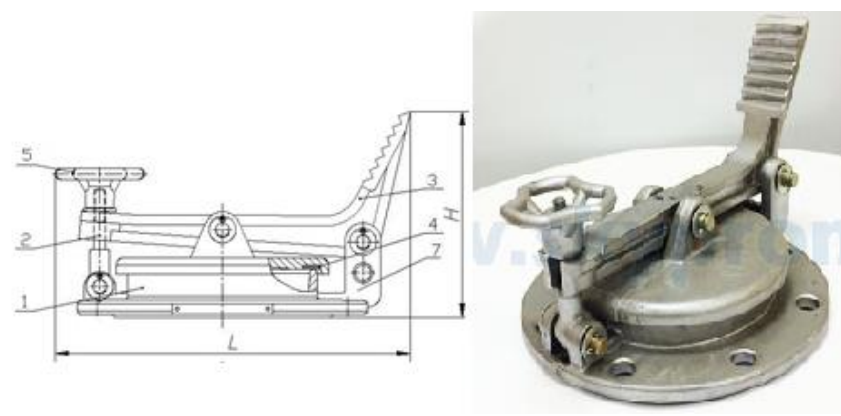
სიფონური წყალგამომშვები ონკანი (ნახ.4.33). განკუთვნილია რეზერვუარიდან პროდუქტის თანმხლები წყლის გამოსაშვებად. ის შედგება მილისაგან მოხრილი სარინით 6, რომელიც მოთავსებულია რეზერვუარში, ჩობალისაგან 5, რომელშიც გადის მილი და მილის მეორე ბოლოში დამაგრებული საცობიანი ონკანისაგან 3. თანმხლები წყლის გამოშვების დროს ძაბრის წარმოქმნის თავიდან ასაცილებლად სიფონური მილის ბოლოს მიადუღებენ დამცავს 7. მილის მობრუნება ხორციელდება სახელურით 2.



ნახ. 4.28. საძრომი ლუქი $D_3 600(D_3 800)$



ნახ. 4.29. სანათი ლუქი სახურავისთვის $D_3 500(D_3 600)$



ნახ. 4.30. საზომი ლუქი:

1 - კორპუსი; 2 - სახურავი; 3 - პედალი; 4 - რეზინის საფენი; 5 - გადასახსნელი ბლოკი ქანჩით

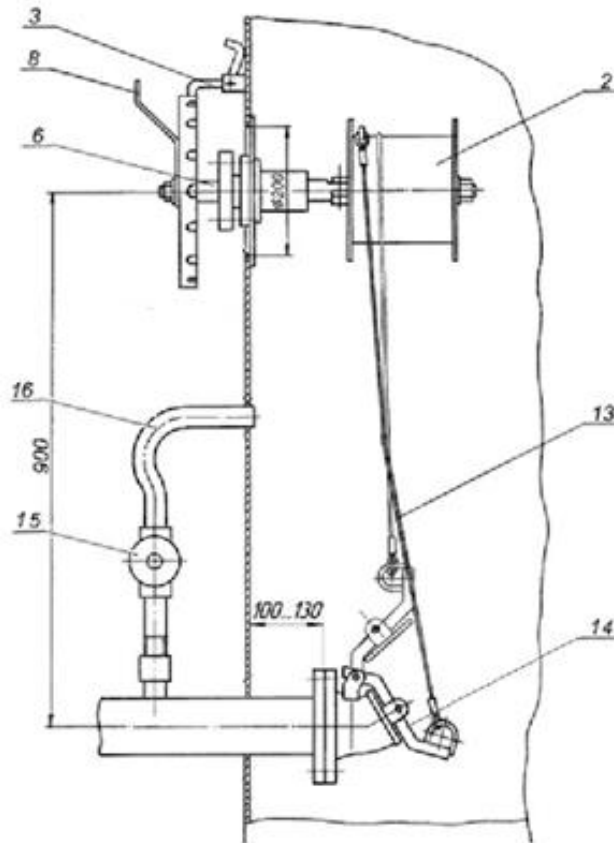
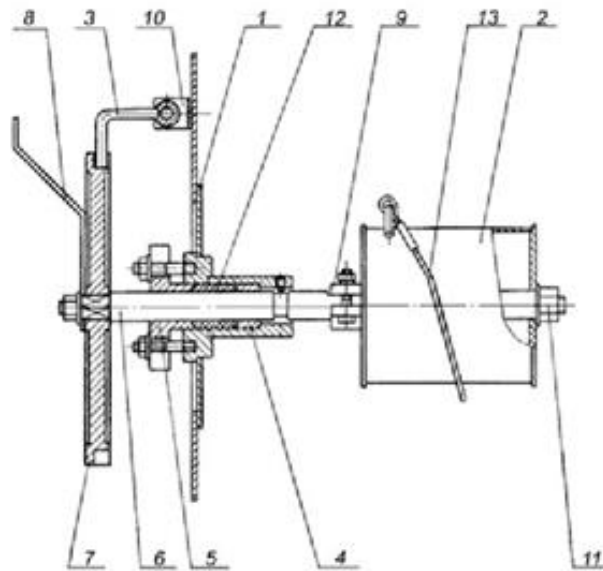
მუშა მდგომარეობის დროს სარინი ღიაა, ბოლოთი მიმართულია ქვემოთ და პროდუქტის სვეტის წნევით ფსკერზე მოთავსებული წყალი გამოიდევენება რეზერვუარიდან. პროდუქტით გარეცხვის მდგომარეობაში სარინი ღიაა, ბოლოთი მიმართულია ზემოთ. არამუშა მდგომარეობაში სარინის გრძივი ღერძი ჰორიზონტალურ მდგომარეობაშია. დაზიანებებისაგან და ატმოსფერული ნალექებისაგან სიფონური ონკანის დასაცავად გათვალისწინებულია სპეციალური გარსაცმი 4.

დონის მზომი (ნახ. 4.34). მისი მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია ფოლადის ლენტის საშუალებით დოლური ტიპის მრიცხველზე ტივტივას ვერტიკალური გადაადგილების სიდიდის გადაცემაზე. მრიცხველი დამაგრებულია ბლოკის საჭვრეტ ყუთზე. მრიცხველის ჩვენება შეესაბამება რეზერვუარში პროდუქტის დონეს.

სინჯის ამლები (ნახ. 4.35) განკუთვნილია სპეციალური სარქველების საშუალებით საშუალო სინჯების ნახევრადავტომატური ალებისათვის რეზერვუარის მთელ სიმაღლეზე. სინჯის ამლები შედგება კოლონური მილაკებისაგან, რომლებიც შეერთებულია სარქველების კვანძებით. სარქველის კვანძი წარმოადგენს სამკაპს, რომელშიც მოთავსებულია სილფონი. სილფონების შინაგანი ღრმულები ერთმანეთს უკავშირდებიან საერთო პნევმოხაზით. სინჯის ასაღებ მილაკებში იმყოფება პროდუქტის სვეტი, რომლის შემადგენლობა იდენტურია რეზერვუარში პროდუქტის სვეტის შემადგენლობისა. მილაკში მყოფი პროდუქტის სვეტი წარმოადგენს რეზერვუარში მყოფი პროდუქტის საშუალო სინჯს. სინჯის ალებისას პნევმოხაზში ტუმბოს საშუალებით იქმნება 0,2 მპა წნევა. ამ წნევის ქვეშ სარქველები იხურება და ხდება სინჯის ამლები მილების შიგა ღრმულის იზოლირება რეზერვუარში მყოფი პროდუქტისაგან. ონკანის გაღებით ხდება სინჯის ამლები მილაკებიდან სინჯის ჭურჭელში ჩასხმა. სინჯის ალების შემდეგ ვენტილის გაღებით საჭაერო ხაზში ხდება ჰაერის წნევის ვარდნა და სინჯის ამლები კვლავ მზადაა ახალი სინჯის ალებისთვის.

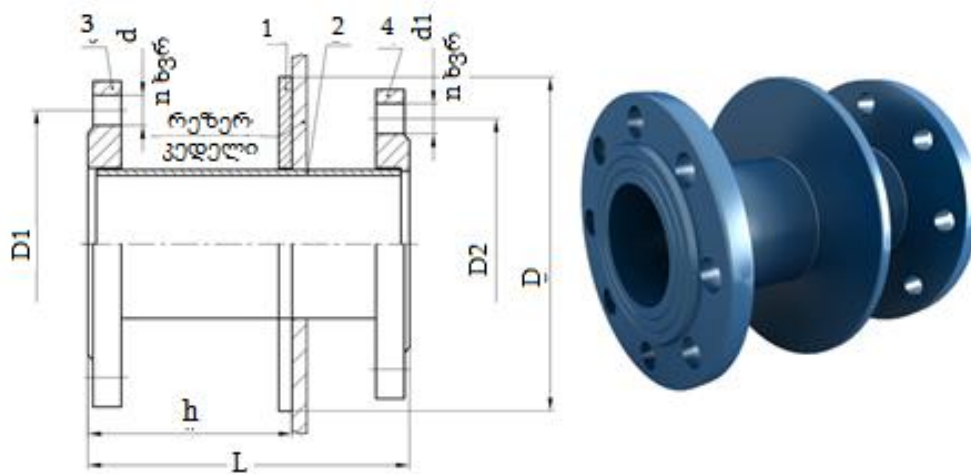
სასუნთქი სარქველი (ნახ. 4.36) განკუთვნილია რეზერვუარში პროდუქტის ჩარტვითვის, გადმოტვირთვის პროცესში და ტემპერატურის ცვლილებისას პროდუქტის ორთქლის წნევის რეგულირებისათვის. რეზერვუარში წნევის მომატებისას (პროდუქტის ჩატვირთვის დროს) სარქველი უშვებს ჰაერორთქლოვან ნარევეს წნევის თეფშის 2 აწევით, ხოლო წნევის შემცირებისას (პროდუქტის გადმოტვირთვის დროს) რეზერვუარში შედის ატმოსფერული ჰაერი ვაკუუმის თეფშის 1 გავლით.

უარყოფით ტემპერატურებზე სარქველის საიმედო მუშაობისთვის მიმმართველ ღეროს ფუთავენ კვადრატული კვეთის მქონე ფტოროპლასტის გარსით, ხოლო სარქველის თეფშების მკვრივ ზედაპირს შემოჭიმავენ ფტოროპლასტის აფსკით, რომელსაც შეუძლია დეფორმირება და ამით ყინულის წარმოქმნის თავიდან აცილება. სარქველები მოთავსებულია რეზერვუარის სახურავზე. გაზრდილი გამტარობისას იყენებენ მიუყინვად მემბრანულ სასუნთქ სარქველებს, რომლებიც გათვლილია რეზერვუარში 1000 პა ვაკუუმის პირობებში მუშაობისთვის. სარქველის მიუყინვადობა უზრუნველყოფილია ფტოროპლასტის აფსკური დანაფარის ხარჯზე, რომლითაც ფარავენ თეფშური საკეტისა და ბუდის ზედაპირებს.



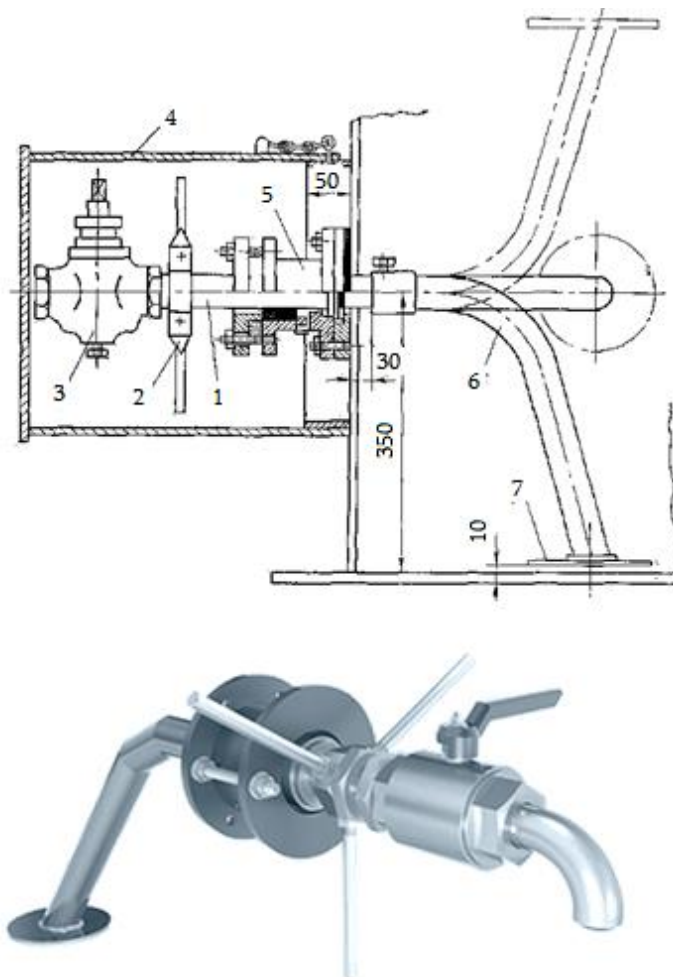
ნახ. 4.31. მიმღებ-სარიდებელი მოწყობილობა ჭექუნით, გადამშვები მოწყობილობით და ჭექუნის მართვის მექანიზმით:

- 1 - მილტუჩი; 2 - დოლი; 3 - ფიქსატორი; 4 - მილისი; 5 - ბუკსა (букс); 6 - ლილვი; 7 - საჭევარი; 8 - მაჩვენებელი; 9 - მისაჭერი თამასა; 10 - კავი; 11 - ქანი; 12 - ობალის სატენი; 13 - ბაგირი; 14 - ჭექუნას სახურავი; 15 - ბაიპასის ვენტილი; 16 - გადამშვები მილი

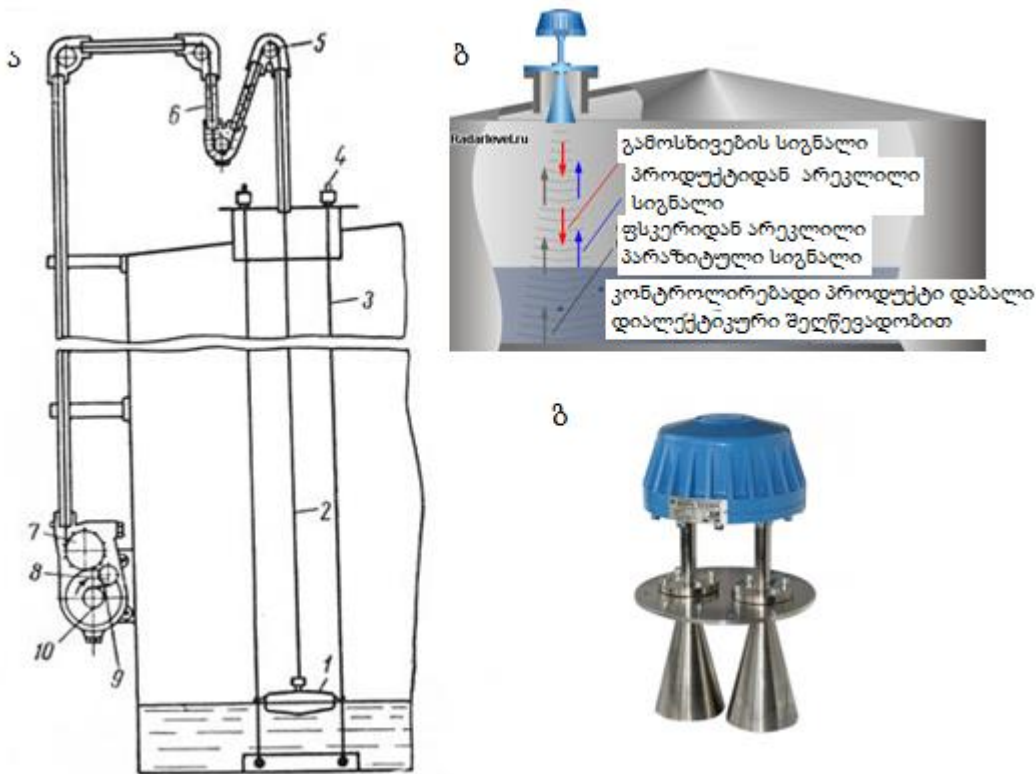


ნახ. 4.32. მიმღებ - გასაცემი მილყელი:

1 - გამაძლიერებელი საფენი; 2 - მილი; 3 - მილტუჩი გარე; 4 - მილტუჩი შიდა.



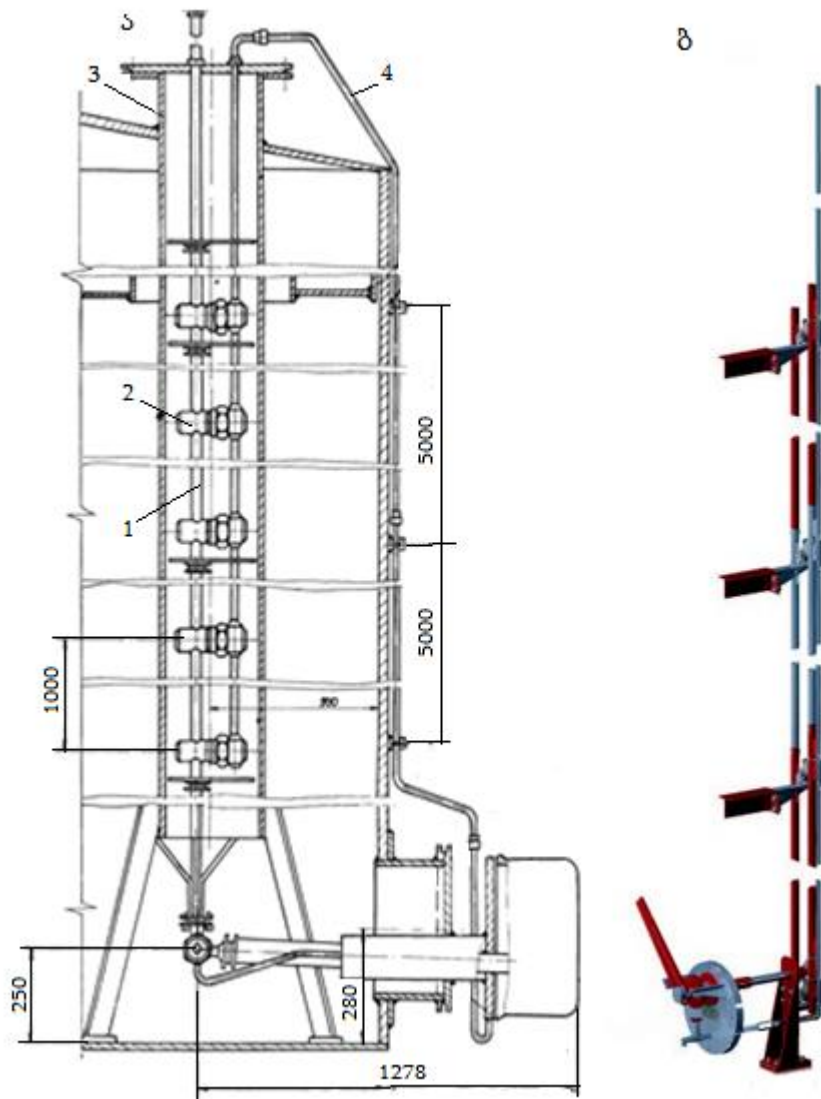
ნახ. 4.33. სიფონური ონკანი



ნახ. 4.34. დონის მზომები:

- ა - მექანიკური დისტანციური დონის მზომი; ბ - რადარული დონის მზომის დაყენება და მუშაობის პრინციპი; რადარული დონის მზომის „ბარს“-ის ზოგადი ხედი;
- 1 - ტივტივა; 2 - პერფორირებული ბაფთა; 3 - მიმართულების მიმცემი სიმი; 4 - სიმის მომჭიმი მოწყობილობა; 5 - გორგოლაჭები; 6 - ჰიდროჩამკეტი; 7 - საზომი ბორბალი (შკივი); 8 - მცირე დოლის ღერძი; 9 - ზამბარა (ფოლადის ბაფთა); 10 - დოლი.

საცეცხლე დამცველი (ნახ. 4.37) . მას ათავსებენ რეზერვუარსა და სასუნთქ ან დამცავ სარქველს შორის. ის განკუთვნილია სასუნთქი აპარატურის გავლით აირის გარემოში ცეცხლის (ალის ან ნაპერწკლის) შეღწევისაგან რეზერვუარის დასაცავად და ამით ნავთობის ან პროდუქტის აალებისა და აფეთქებისაგან. საცეცხლე დამცველის მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია კორპუსის შიგნით მოთავსებული კასეტის საშუალებით ალის შეჭერებაზე. კასეტა შედგება გოფირებული და ბრტყელი ფირფიტების პაკეტისაგან, რომელშიც ისინი ერთმანეთს ენაცვლებიან და ქმნიან მცირე დიამეტრის არხებს. ალი, რომელიც ხვდება მცირე კვეთის არხებში, იყოფა ცალკეულ წვრილ ნაკადებად. ალის დამცველთან შეხების ზედაპირი იზრდება, ამასთან იზრდება არხების კედლებზე თბოგაცემა და ალი ქრება. საცეცხლე დამცველის კონსტრუქცია ასაწყობ-დასაშლელია, რაც საშუალებას იძლევა კასეტების პერიოდული ამოღებისა და მათი შემოწმებისა.



ნახ.4.35. სინჯის ამლები დადაბლებული ПСР ტიპის:

1 - სინჯის ამლები კოლონა; 2 - სარქველის კვანძები; 3 - ზედა ლუქი; 4 - საჰაერო მილი.

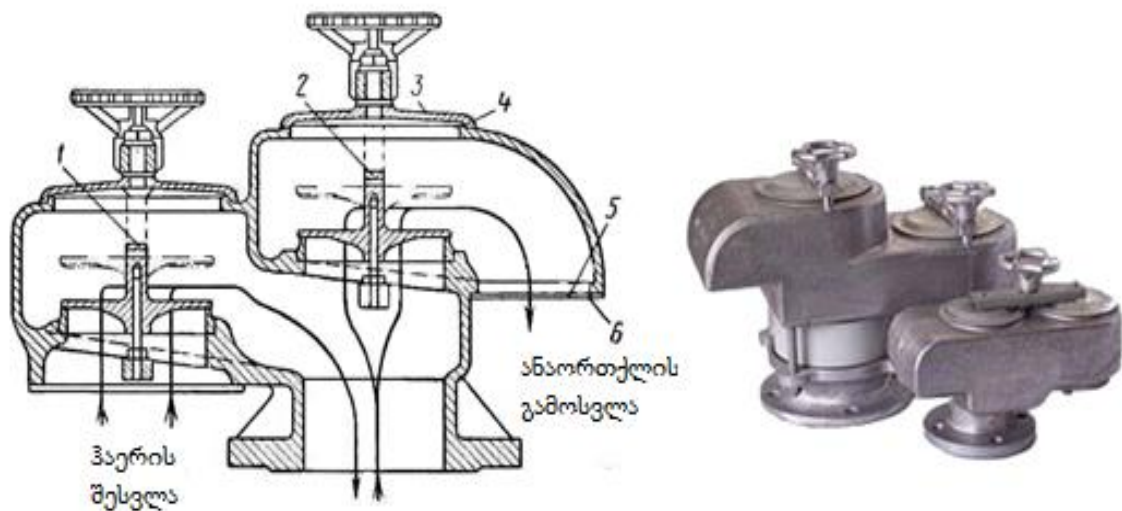
დამცავი სარქველი (ნახ. 4.38) მოთავსებულია რეზერვუარის სახურავზე იმ შემთხვევისათვის თუ არ იმუშავებს სასუნთქი სარქველი. ჩვეულებრივ იყენებენ დამცავ სარქველს ჰიდრავლიკური ჩამკეტით. რეზერვუარში წნევის გაზრდისას აირი გადის ატმოსფეროში სარქველის გავლით, ხოლო ვაკუუმის შემთხვევაში (როცა რეზერვუარში ხდება წნევის ვარდნა) ასევე სარქველის გავლით ატმოსფერული ჰაერი მიემართება რეზერვუარში. სარქველი მოქმედებს შემდეგნაირად: რეზერვუარის შიგნით გათვლილზე (სასუნთქი სარქველისთვის) უფრო მაღალი წნევის შემთხვევაში პროდუქტის ორთქლი აწვება სარქველში ჩასხმულ ზეთს და თანდათანობით, წნევის ზრდისას, გადადენის ტიხარს იქით. ტიხარის ქვედა ნაწილი დაკბილულია წარმოქმნილი ორთქლჰაეროვანი ნარევის ან ჰაერის მშვიდი გავლისათვის, რაც ხელს უწყობს სარქველის მწყობრ მუშაობას. ზეთის დონე სარქველის კორპუსის კედელსა და ხუფის ტიხარს შორის იზრდება მანამ, სანამ პროდუქტის ორთქლი არ მიაღწევს კბილანების ჩაღრმავებებს ტიხარზე და დაიწყებს გარღვევას სარქველიდან. რეზერვუარში ვაკუუმის დროს სარქველი მოქმედებს უკუმიმართულებით ატმოსფერული ჰაერის შეღწევამდე რეზერვუარში კბილან-

ნების ჩაღრმავებების გავლით. ექსპლუატაციის დროს აუცილებელია თვალყური ვადევნოთ ზეთის დონეს დონის მაჩვენებლის საშუალებით (სპეციალური საცეცი). სარქველში ასხამენ ნივთიერებებს, რომლებიც იყინებიან დაბალ ტემპერატურაზე და წარმოადგენენ სუსტად აორთქლებად სითხეებს: სოლიარის ზეთი, გლიცერინის წყალხსნარი, ეთილენგლიკოლი და სხვა.

დამცავი მემბრანული (წყვეტადი) სარქველი (ნახ. 4.39) გააჩნია იგივე დანიშნულება, რაც ჰიდრაულიკურ დამცავ სარქველს და მისგან განსხვავდება იმით, რომ ჰიდრაულიკური ჩამკეტის ნაცვლად მასში მოთავსებულია მემბრანა. წნევის ან ვაკუუმის მნიშვნელოვანი ზრდისას სასუნთქი სარქველის მწყობრიდან გამოსვლისას მემბრანა წყდება.

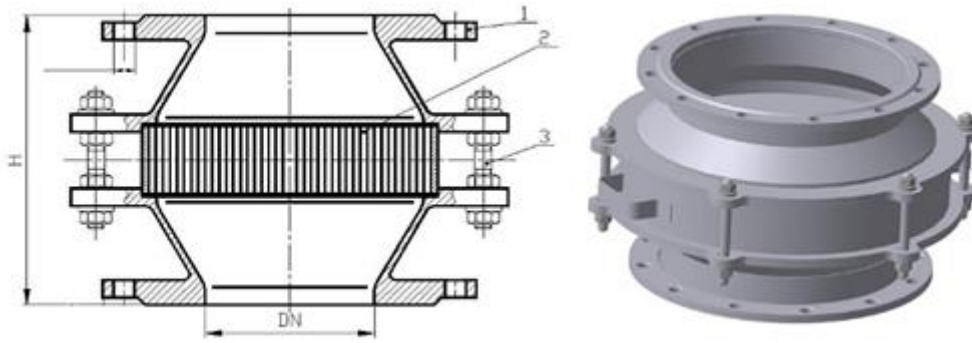
ქაფის გენერატორი (ნახ. 4.40) განკუთვნილია ქაფის მიწოდებისთვის რეზერვუარში ხანძრის ჩასაქრობად. ქაფი შედის რეზერვუარში ფენის კამერებიდან 3, რომლებიც მდებარეობენ რეზერვუარის ზედა სარტყელში 2. (ნახ. 4.40. ა)

ქაფი წყვეტს მემბრანას (მციფე ჭურჭელი) 2 (ნახ. 4.40. ბ), რომელიც დამზადებულია გაზეთილი მუყაოსაგან ან ფურცლოვანი ტყვიისაგან, აღწევს პროდუქტის ზედაპირს და აჩერებს წვის პროცესს. ჩვეულებრივ იყენებენ 3-5 ქაფის გენერატორს. ქაფის გენერატორს ათავსებენ 5000 მ³ და მეტი მოცულობის ფოლადის ვერტიკალურ რეზერვუარებზე. სტაციონალური სახურავის მქონე რეზერვუარებში ქაფი მიეწოდება პროდუქტის სარკის მთლიანი ფართობის დაფარვის გაანგარიშებიდან გამომდინარე, ხოლო მცურავი სახურავის მქონე რეზერვუარებში - რეზერვუარის კედელსა და მცურავი სახურავის ლითონური დიაფრაგმას შორის რგოლური სივრცის დაფარვის გაანგარიშებიდან გამომდინარე.



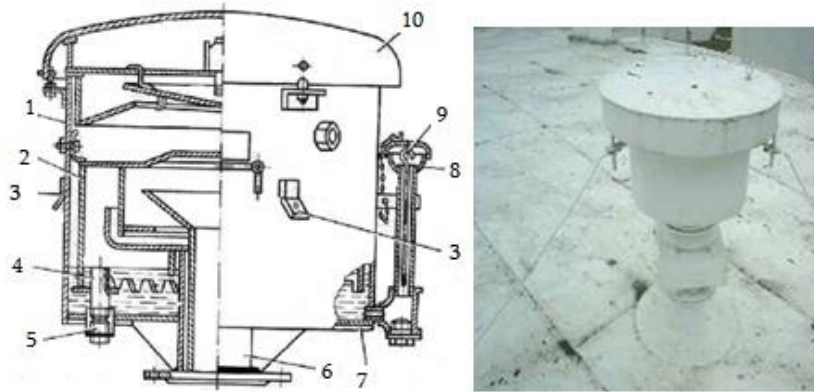
ნახ. 4.36. სასუნთქი სარქველი (მექანიკური):

1 - სარქველი ვაკუუმური; 2 - წნევის სარქველი; 3 - სახურავი; 4 - სადები; 6 - ბადე.



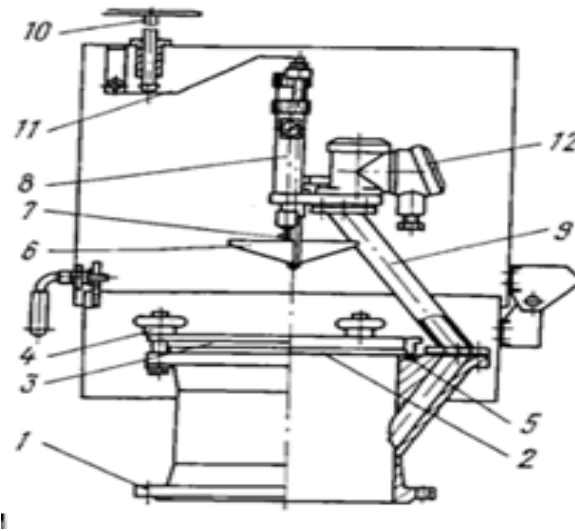
ნახ. 4.37. საცეხლე სარქველი:

1 - კორპუსი; 2 - ცეხლგადამღობი ელემენტი (გოფირებული კასეტა); 3 - სარჭი.



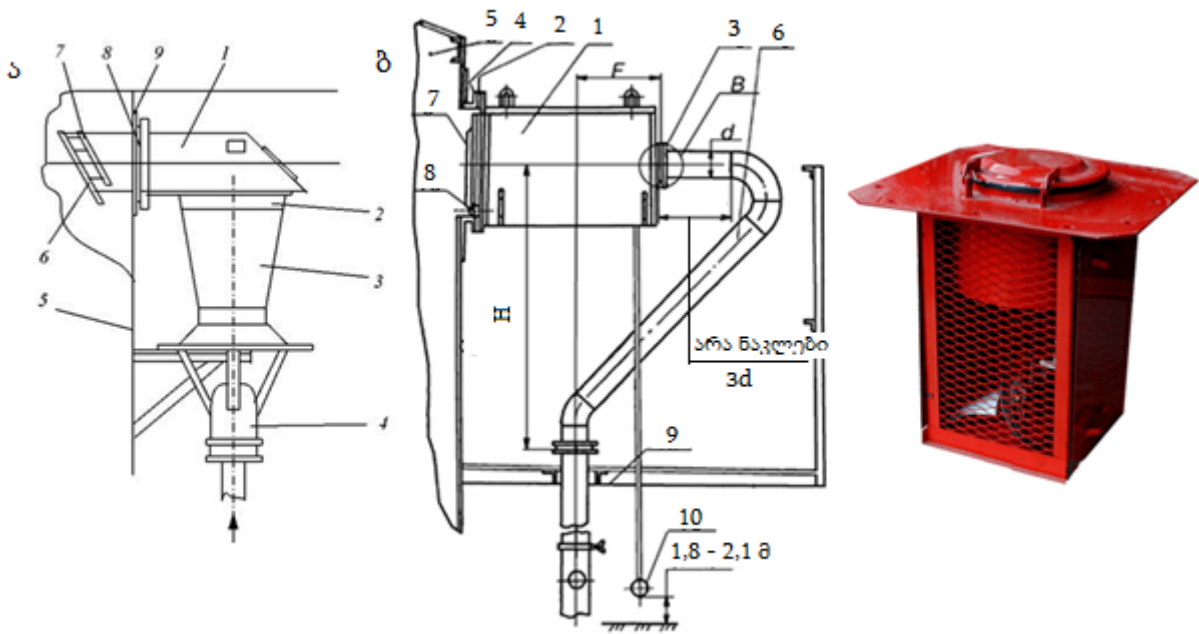
ნახ. 4.38. დამცავი სარქველი:

1 - კორპუსი; 2 - ხუფი; 3 - კრონშტეინი; 4 - გადასაღვრელი; 5 - საცობი; 6 - მიმღები მილყელი; 7 - ზეთი; 8 - ძაბრი; 9 - საცეცი; 10 - სახურავი;



ნახ. 4.39. დამცავი სარქველი KIP – 2:

1 - კორპუსი; 2 - მემბრანა; 3 - რგოლი; 4 - მქნევარა; 5 - სადები; 6 - დანა; 7 - ძაფი; 8 - მანომეტრის ბლოკი; 9 - დგარი; 10 - ამოქმედების ვიზუალური მაჩვენებელი; 11 - ბერკეტი; 12 - საბოლოო გამომრთველი;



ნახ. 4.40. ქაფის გენერატორი:

- ა - ქაფის გენერატორი: 1 - ქაფის კამერა; 2 - ბადეების კასეტა; 3 - კორპუსი; 4 - გამამგრქვეველი; 5 - რეზერვუარის კედელი; 6 - მემბრანა; 7 - მომჭიმი ჩამკეტი; 8 - მილტუჩი; 9 - გამაძლიერებელი საფენი.
- ბ - დაყენების სქემა; 1 - კორპუსი; 2 - სამონტაჟო მილტუჩი; 3 - შემსვლელი ხვრეტი; 4 - ქაფის გენერატორის დაყენების მილტუჩი; 5 - რეზერვუარის კედელი; 6 - ხსნარის მილსადენი; 7 - მყიფი მემბრანა; 8 - სახსარი; 9 - ბაგირი; 10 - ხელის ამძრავი.

პროდუქტების შენახვისას გამშვებ მილსადენებზე რეზერვუარის შიგნით ათავსებენ **ამწვე მილებს** (ნახ.4.27). ისინი საშუალებას იძლევიან ამოიღონ პროდუქტი რეზერვუარის ზედა ფენებიდან, სადაც მათ გააჩნიათ ყველაზე მაღალი ტემპერატურა და არიან ყველაზე უფრო სუფთა (რადგან წყალი და მინარევები სიმძიმის გამო გროვდება დაბალ ფენებში). ამწვევი მილები მოძრაობენ სახსრებზე. თუ ავწევთ ჯალამბარით მილის ბოლოს პროდუქტის დონის ზევით, ამით თავიდან ავიცილებთ რეზერვუარიდან პროდუქტის გაჟონვას (გამშვები მილსადენების დაზიანების შემთხვევაში). სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ ამწვევი მილი ასრულებს **ჭექუნას** როლს.

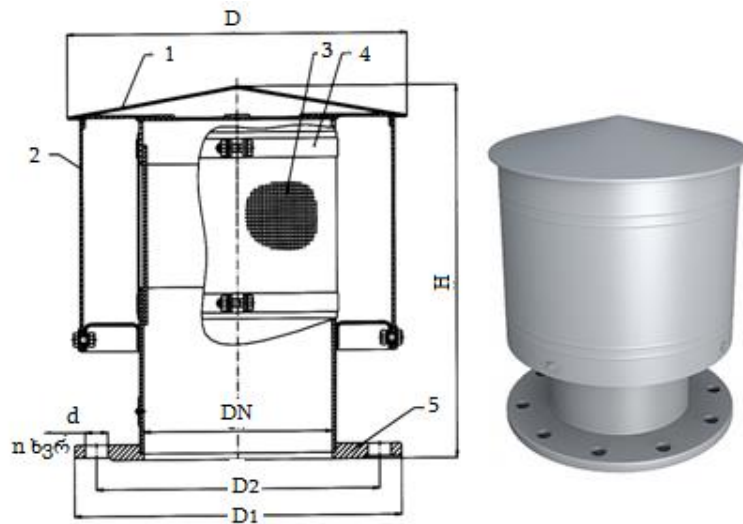
რეზერვუარის სახურავის ზედა წერტილში (შავი პროდუქტების და ზეთების შენახვის-თვის) ათავსებენ **სავენტილაციო მილყელს** რეზერვუარის აირადი სივრცის კავშირისათვის ატმოსფეროსთან (ნახ. 4.41). მილყელის განივი კვეთა შემოჭერილია 0,5-0,7 მმ ზომის ბადით. ზემოთ მილყელი დახურულია მოსახსნელი ხუფით. სავენტილაციო მილყელის დიამეტრი შეადგენს 150-250 მმ.

ნალექის გამომრეცი დანადგარი (ნახ. 4.42). დანადგარი „ტაიფუნი“ მნიშვნელოვან ფუნქციას ასრულებს ვერტიკალური რეზერვუარებში (რომლებიც გათვალისწინებულია ნავთობპროდუქტების შესანახად, მათ შორის ბლანტი) ნალექის გამომრეცხვისათვის. ის გამოიყენება ნავთობგადამამუშავებელ, ქიმიურ და კვების მრეწველობაში. მოწყობილობის რეგულარული გამოყენება ხელს უშლის ნალექისა და სხვა გაჭუჭყიანების წარმოქმნას (დაგროვებას) რეზერვუარის ფსკერზე. დანადგარი შეიძლება დაყენებული იყოს რეზერვუარებზე მოცულობით

150 000 მ³ - მდე, რომელშიც ინახება სითხე სიბლანტით 400 სსტ - მდე (სანტისტოქსი). ექსპლუატაციის გამოცდილებამ უჩვენა, რომ „ტაიფუნი“-ის გამოყენების შემთხვევაში რეზერვუარის სასარგებლო მოცულობა იზრდება 2 – 4 % - ით.

დანადგარის მოქმედების პრინციპი მდებარეობს რეზერვუარში შენახული პროდუქტის ინტენსიურ არევაში სითხის მიმართული ნაკადით, რომელიც წარმოიშობა პროპელერის მუშაობის შედეგად. პროპელერის სპეციალური კონსტრუქცია წარმოქმნის ვიწროდ მიმართულ სითხის ნაკადს სიგრძით 47 მ-მდე. ის აღჭურვილია ავტომატური საბრუნო მოწყობილობით, რაც საშუალებას იძლევა პერიოდულად შეეცვალოთ ნაკადის ჭავლის მიმართულება. საერთო მასაში შეწონილი მყარი ნაწილაკები გამოიტანება რეზერვუარიდან სითხის გადმოტუმბვის დროს.

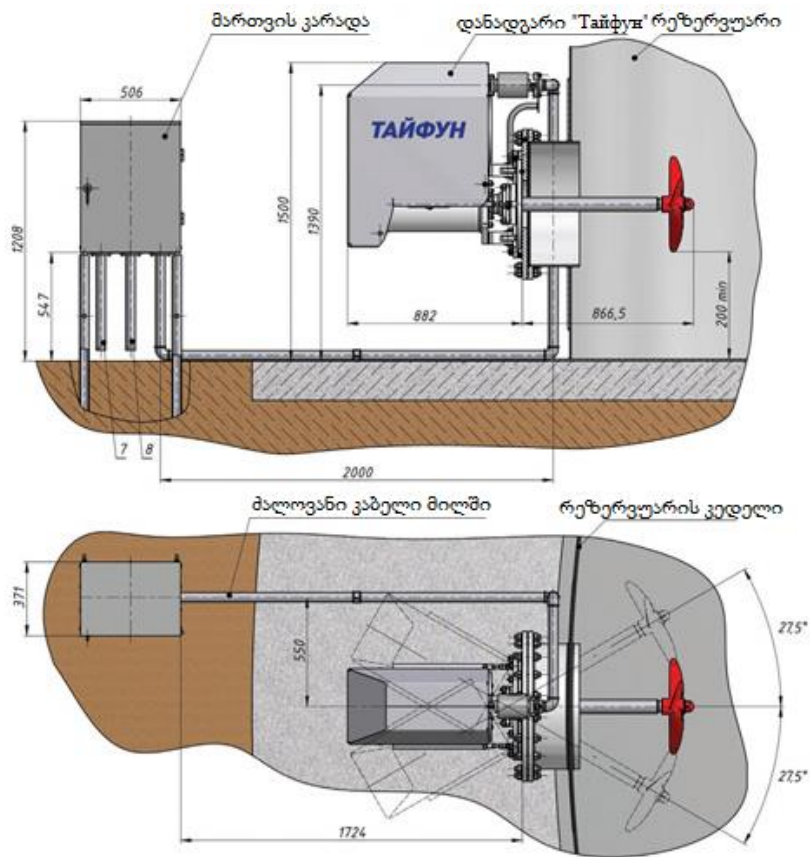
დანადგარი „ტაიფუნი“ მონტაჟდება საძრომი ლუქის სახურავზე, რომელიც განლაგებულია რეზერვუარის ქვედა სარტყელში. მონტაჟი ხორციელდება ცეცხლთან დაკავშირებული (საშემდუღემლო) სამუშაოების გარეშე, რაც საშუალებას გვაძლევს არ მოვახდინოთ რეზერვუარის მთლიანი დაცლა.



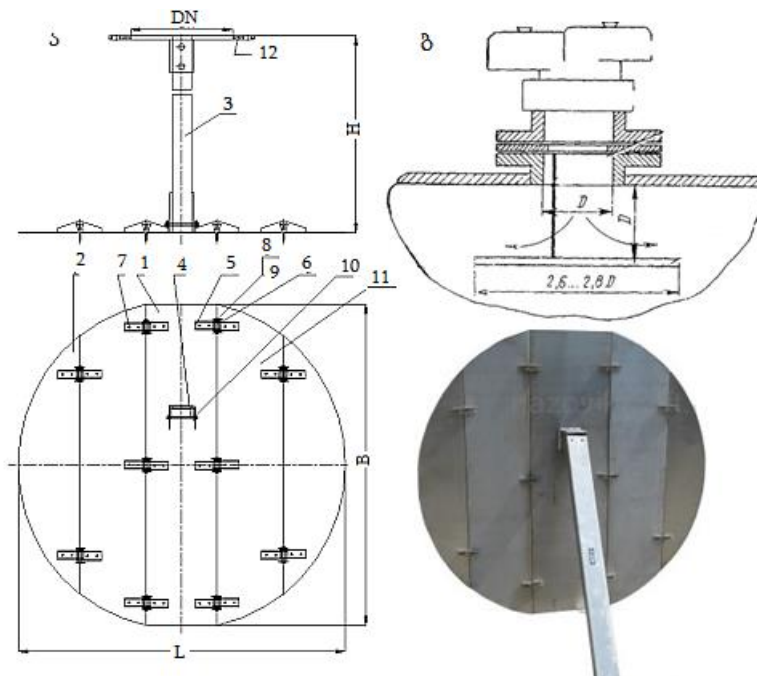
ნახ.4.41. სვენტილაციო მილყელი:

1 - კორპუსი; 2 - გარსაცმი; 3 - ბადე; 4 - ცალული; 5 - მისაერთებელი მილტუჩი

ამრეკლი დისკი (ნახ. 4.43) გათვალისწინებულია ნავთობპროდუქტების დანაკარგების შემცირებისათვის რეზერვუარებიდან ჭარბი წნევის დაგდებისას სასუნთქი სარქველის მეშვეობით. დანაკარგების შემცირება მდგომარეობს შემდეგში. ამრეკლი დისკი მაგრდება სასუნთქი სარქველის სამონტაჟო მილყელის ქვემოთ და საშუალებას არ აძლევს შემსვლელ ჰაერის ნაკადს თავისუფლად გავრცელდეს გაზის (აირის) სივრცის სიღრმეში. ის ცვლის ნაკადის მიმართულებას ვერტიკალურიდან თითქმის ჰორიზონტალურზე. ამიტომ ჰაერისა და ანაორთქლის შერევა ძირითადად ხორციელდება სახურავთან მდებარე ფენებში. პროდუქტთან მდებარე გაზის სივრცის ფენები ნაკლებად მონაწილეობენ კონვექტურ შერევაში. აქედან გამომდინარე ამრეკლი დისკი ამცირებს ანაორთქლის კონცენტრაციას და დანაკარგებს აორთქლებისაგან. ის უფრო ეფექტურია რეზერვუარებში დიდი ბრუნვით (შევსება დაცლით). წელიწადის თბილ პერიოდში დანაკარგები „დიდი სუნთქვისაგან“ მცირდება 30 – 40 % - ით.



ნახ. 4.42. ნალექის გამომრეცხი დანადგარი „ტაიფუნ“.



ნახ. 4.43. ამრეკლი დისკი:

- ა - ხედები: 1 - ფუძე; 2 - ფრთა; 3 - დგარი; 4, 6 - ღერბი; 5 - ანჯამა; 7 - მოქლონი; 8, 10 - საყელური; 9 - ჭილიბყურა; 11 - შუალედური ფრთა; 12 - მილტუჩი;
- ბ - დისკის დაყენების სქემა

4.5. ვერტიკალური ცილინდრიული რეზერვუარების გაანგარიშება

რეზერვუარების ოპტიმალური ზომების დადგენა მასალის ხარჯის, სამშენებლო და სამონტაჟო სამუშაოების, ნავთობპროდუქტების აორთქლებისაგან წარმოშობილი დანაკარგების სიდიდის, დაკავებული ფართობისა და სხვა კრიტერიუმების გათვალისწინებით საკმაოდ რთულია. ასეთი ამოცანის გადაწყვეტა საკმაოდ ადვილად შეიძლება, თუ გავითვალისწინებთ მხოლოდ ძირითად ფაქტორს - ლითონის ხარჯს რეზერვუარის დამზადებისათვის. პირველად ასეთი საწყისი პირობებით ამოცანა გამოიყვანა აკადემიკოსმა ვ. გ. შუხოვმა.

4.5.1. რეზერვუარები კედლის ერთიანი (მუდმივი) სისქით

რეზერვუარის გვერდითი კედლების სისქე იზღუდება δ_0 მინიმალური მნიშვნელობით, რომელიც დგინდება მდგრადობის პირობებიდან, ე.ი დაუშვებელია რეზერვუარის კედლის თვითნებური თელვა. კედლის ეს მინიმალური ზომა ტოლია 4 მმ-სა. თუ რეზერვუარის ზომა ისეთია, რომ შევსებულ მდგომარეობაში წარმოქმნილი ძაბვა ქვედა ნაწილში არ აღემატება დასაშვებ ძაბვას ფურცლოვან ლითონისათვის მინიმალური სისქით δ_0 , მაშინ ასეთი რეზერვუარები აიგება კედლის ერთიანი სისქით.

ლითონის მოცულობაში $V_{\text{ლ}}$, რომელიც საჭიროა რეზერვუარის მშენებლობისათვის, შედის:

ფსკერისა და სახურავის ლითონის მოცულობა

$$V_{\text{ფსკ}} = \pi \cdot R^2 \cdot (\delta_{\text{ფ}} + \delta_{\text{ს}}) = \pi \cdot R^2 \cdot \lambda \quad (4.1)$$

სადაც $\lambda = \delta_{\text{ფ}} + \delta_{\text{ს}}$; $\delta_{\text{ფ}}$ და $\delta_{\text{ს}}$ - ფსკერისა და სახურავის ფურცლების სისქე, მ;

რეზერვუარის კედლის ლითონის მოცულობა

$$V_{\text{კ}} = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot H \cdot \delta_0 \quad (4.2)$$

სადაც H - რეზერვუარის საექსპლუატაციო სიმაღლე (რეზერვუარში სითხის მაქსიმალური სიმაღლე), მ.

აქედან გამომდინარე

$$V_{\text{ლ}} = \pi \cdot R^2 \cdot \lambda + 2 \cdot \pi \cdot R \cdot H \cdot \delta_0 \quad (4.3)$$

ვინაიდან

$$R = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot H}} \quad (4.4)$$

სადაც $V = \pi \cdot R^2 \cdot H$,

$$V_{\text{ლ}} = V \cdot \frac{\lambda}{H} + 2 \cdot \delta_0 \cdot \sqrt{\pi \cdot V \cdot H} \quad (4.5)$$

ლითონის მინიმალურ მოცულობას, რომელიც იხარჯება რეზერვუარის მშენებლობისათვის, ვპოულობთ პირობიდან $dV_{\text{ლ}}/dH = 0$. ინტეგრირებით მივიღებთ:

$$-V \cdot \frac{\lambda}{H^2} + \delta_0 \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot V}{H}} = 0$$

გარდაქმნის შემდეგ მივიღებთ:

$$V \cdot \frac{\lambda}{H} = \delta_0 \cdot \sqrt{\pi \cdot V \cdot H} \quad (4.6)$$

(4.5) და (4.6)-ის შედარებიდან ვხედავთ, რომ განტოლების მარცხენა ნაწილი არის ფსკერისა და სახურავის ლითონის მოცულობა, მარჯვენა კი, რეზერვუარის კედლის ლითონის მოცულობის ნახევარი. აქედან გამომდინარეობს, რომ რეზერვუარზე, კედლის ერთიანი სისქით, იხარჯება ლითონის მინიმალური მოცულობა როცა ფსკერისა და სახურავის ლითონის მოცულობა ორჯერ ნაკლებია კედლის ლითონის მოცულობაზე.

ასეთ შემთხვევისათვის განტოლებიდან (4.6) ვპოულობთ რეზერვუარის სიმაღლეს, რომელიც შეესაბამება რეზერვუარისათვის ლითონის ოპტიმალურ მოცულობას:

$$H = \sqrt[3]{\frac{V \cdot \lambda^2}{\pi \cdot \delta_0^2}} \quad (4.7)$$

და განტოლებიდან (4.4) - რეზერვუარის ოპტიმალურ რადიუსს;

$$R = \sqrt[3]{\frac{V \cdot \delta_0}{\pi \cdot \lambda}} \quad (4.8)$$

(4.4) -ში (4.7) და (4.8) დან H და R -ის ჩასმის შემდეგ მივიღებთ ლითონის მოცულობას ოპტიმალური პარამეტრების მქონე რეზერვუარში:

$$V_{\text{ოპტი}} = 3 \cdot \sqrt[3]{\pi \cdot \lambda \cdot \delta_0^2 \cdot V^2} \quad (4.9)$$

სიმტკიცის პირობები, ვერტიკალურ თხელკედლიანი ცილინდრული ჭურჭელისათვის, ლაპლასის განტოლების საფუძველზე შეიძლება ჩავწეროთ:

$$\delta_0 = \frac{H \cdot R \cdot \rho \cdot g}{[\sigma]} = \frac{H \cdot R}{\alpha} \quad (4.10)$$

$$\alpha = [\sigma] / (\rho \cdot g)$$

სადაც ρ - პროდუქტის (ლითონის) სიმკრივე;

g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება;

$[\sigma]$ - კედლის მასალის დასაშვები ძაბვა.

(4.10) - ში (4.7) და (4.8) დან H და R -ის ჩასმის შემდეგ მივიღებთ:

$$V_{\text{ოპტი}} = \pi \cdot \delta_0^2 \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{\lambda}} \quad (4.11)$$

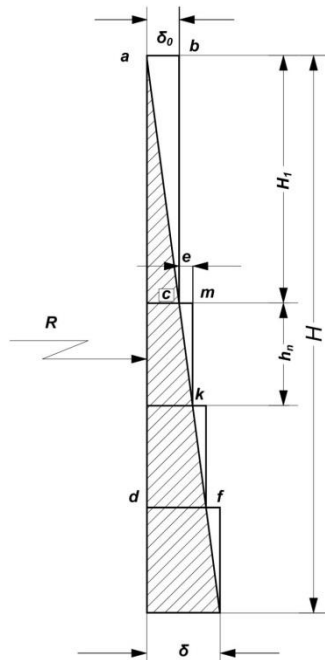
4.5.2. რეზერვუარები ცვალებადი კედლის სისქით

თუ რეზერვუარის მოცულობა (4.11) ფორმულით გაანგარიშებულზე მეტია, მაშინ მიზანშეწონილია მისი აგება კედლის სხვადასხვა ზომის სარტყელებისაგან. ამ შემთხვევაში ზედა სარტყელი სიმაღლით H_1 იქნება ერთიანი სისქის δ_0 , ქვედა სარტყელების სისქე კი გაიზრდება დატვირთვის მომატების მიხედვით. კედლის სისქის თეორიული ეპიურა წარმოადგენს მართკუთხა სამკუთხედს (ნახ. 4.4). ის გამოსახავს ლითონის იმ ნაწილს რომელიც მუშაობს. თითოეულ სარტყელში (h_n - სარტყელის სიმაღლე, ყველა სარტყელისათვის მიიღება ერთი და იგივე) არსებობს ლითონის ნაწილი, რომელიც არ მუშაობს (დაუმტრიხავი ნაწილი).

ცვალებადი სისქის კედლის მქონე რეზერვუარის ლითონის მთლიანი მოცულობა იკრიფება შემდეგი მოცულობებისაგან:

ფსკერისა და სახურავის ლითონის მოცულობისაგან (4.1) (როგორც რეზერვუარისათვის კედლის ერთიანი სისქით δ):

$$V_{\theta, b} = \pi \cdot R^2 \cdot \lambda = V \cdot \frac{\lambda}{H}$$



ნახ. 4.44. რეზერვუარები კორპუსის ცვალებადი კედლის სისქით

მომუშავე ლითონის მოცულობას, რომელიც თავის თავზე დებულობს დატვირთვას, წარმოშობილს რეზერვუარში მოთავსებულ პროდუქტის ჰიდროსტატიკური წნევისაგან:

$$V_{\theta} = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \frac{H \cdot \delta}{2}. \quad (4.12)$$

ვინაიდან $\delta = \frac{H \cdot R}{\alpha}$, მაშინ $V_{\theta} = \pi \cdot R^2 \cdot H \cdot \frac{H}{\alpha} = V \cdot \frac{H}{\alpha}$;

არამომუშავე ლითონის მოცულობა ზედა სარტყელში სისქით δ_0 :

$$V_{HP_1} = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \frac{H_1 \cdot \delta_0}{2}; \quad (4.13)$$

განტოლებიდან (4.10)

$$H_1 = \frac{\delta_0 \cdot \lambda}{R}, \quad (4.14)$$

აქედან გამომდინარე

$$V_{HP_1} = \pi \cdot \delta_0^2 \cdot \alpha; \quad (4.15)$$

არამომუშავე ლითონის მოცულობა რეზერვუარის სხვა სარტყლებში (განივ კვეთში სამკუთხედის cmk ფორმის მქონე ბრუნვითი სხეულების მოცულობების ჯამი):

$$V_{HP_2} = n \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \frac{h_n \cdot e}{2} \quad (4.16)$$

სადაც $n = (H - H_1)/h_n$ - ცვალებადი სისქის მქონე სარტყლების რიცხვი;

e - ორი მომიჯნავე სარტყელის კედლის სისქის სხვაობა ($e = \text{const}$).

სამკუთხედების $\Delta adf \sim \Delta cmk$ მსგავსებიდან

$$\frac{e}{\delta} = \frac{h_n}{H}$$

აქედან

$$e = \delta \cdot \frac{h_n}{H} = \frac{H \cdot R}{\alpha} \cdot \frac{h_n}{H} = \frac{R \cdot h_n}{\alpha} \quad (4.17)$$

(4.15) და (4.17) დან (4.16) ში n , H_1 , e -ს ჩასმით მივიღებთ:

$$V_{HP_2} = \left(H - \frac{\delta_0 \cdot \alpha}{R} \right) \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h_n \cdot \frac{1}{\alpha} \quad (4.18)$$

იმის გათვალისწინებით, რომ $\pi \cdot R^2 \cdot H = V$, მივიღებთ:

$$V_{HP_2} = \frac{V \cdot h_n}{\alpha} - \delta_0 \cdot h_n \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot V}{H}} \quad (4.19)$$

მაშინ რეზერვუარის ლითონის სრული მოცულობა ტოლი იქნება:

$$V_{\Sigma} = V \cdot \frac{\lambda}{H} + V \cdot \frac{H}{\alpha} + \pi \cdot \delta_0^2 \cdot \alpha + V \cdot \frac{h_n}{\alpha} - \delta_0 \cdot h_n \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot V}{H}} \quad (4.20)$$

ლითონის ოპტიმალური ხარჯის შესაბამის რეზერვუარის სიმაღლეს ვპოულობთ პირობიდან $dV_{\Sigma}/dH = 0$

$$-V \cdot \frac{\lambda}{H^2} + V \cdot \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_0 \cdot h_n}{2 \cdot H} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot V}{H}} = 0 \quad (4.21)$$

განტოლება (4.21) შეიძლება ამოიხსნას H -ს მიმართ თანმიმდევრული მიახლოების მეთოდით. ცხადი სახით მიახლოებით მივიღებთ:

$$V \cdot \frac{\lambda}{H} = V \cdot \frac{H}{\alpha} \quad (4.22)$$

(4.22) განტოლების მარცხენა ნაწილი წარმოადგენს ფსკერისა და სახურავის ლითონის მოცულობას, მარჯვენა მხარე კი რეზერვუარის კორპუსის მომუშავე ლითონის მოცულობას. აქედან გამომდინარე, ცვალებადი სისქის კედლის მქონე რეზერვუარს გააჩნია ლითონის მინიმალური მოცულობა მაშინ, როცა ფსკერისა და სახურავის ლითონის მოცულობა ტოლია კორპუსის მომუშავე ლითონის მოცულობისა. გამოსახულებიდან (4.22) ვღებულობთ რეზერვუარის სიმაღლის ოპტიმალურ მნიშვნელობას:

$$H = \sqrt{\lambda \cdot \alpha} \quad (4.23)$$

მაშასადამე, რეზერვუარის სიმაღლე არ არის დამოკიდებული რეზერვუარის მოცულობაზე. ის განისაზღვრება მხოლოდ რეზერვუარის კონსტრუქციის ელემენტებით (ფსკერისა და სახურავის სისქით), მასალის ხარისხით (მისი სიმტკიცით) და მასში მოთავსებული პროდუქტის თვისებებით (მისი სიმკვრივით).

4.6. ნავთობბაზების სარეზერვუარო პარკის მოცულობის დადგენა

თვითეული ნავთობპროდუქტისათვის საჭირო შესანახი მოცულობის დადგენის გაანგარიშებისას, პირველ რიგში უნდა ვიხელმძღვანელოთ ეკონომიური მოსაზრებებით. სარეზერვუარო პარკის კაპიტალდაზღვრების სიდიდე აღწევს მთელი ნავთობბაზის ღირებულების 60 %-ს. სარეზერვუარო პარკებს არ უნდა გააჩნდეს ზედმეტი მოცულობები, მაგრამ ამავდროულად უნდა იყოს საკმარისი რათა თავიდან ავიცილოთ ტრანსპორტის ზედმეტი გაჩერება და ნავთობბაზის მუშაობის რეჟიმის დარღვევა.

სარეზერვუარო პარკის მოცულობის სიდიდე დაკავშირებულია ძირითად ოპერაციების ხასიათთან, ნავთობბაზის დანიშნულებასთან და მის განლაგებასთან. გაანგარიშებას საფუძვლად უდევს ნავთობბაზის წლიური ტვირთბრუნვა და შემოტანა-გატანის წლიური გეგმები (გრაფიკები) პერსპექტიული ცვლილებებისა და მშენებლობის რიგითობა და ვადები. დავუშვათ, რომ

ნავთობპროდუქტის შემატანა-გატანის გრაფიკი თვეების მიხედვით პროცენტებში წლიური რეალიზაციიდან მოცემულია ცხრილში 4.14.

პირველი სტროფის მაჩვენებლებიდან მეორეს მაჩვენებლების გამოკლებით მესამე სტროფში მივიღებთ გატანის გადამეტებას შემოტანაზე (-) ან შემოტანის გადამეტებას გატანაზე (+). მესამე სტროფში მონაცემების თანმიმდევრული შეკრებით მივიღებთ ნავთობაზის მოცულობის ცვლილებას თვეების მიხედვით (იხ. მე-4 სტროფი). ამ სტროფის მონაცემებიდან ჩანს, რომ ნავთობაზის საანგარიშო მოცულობა ტოლია წლიური თვითბრუნვის 19 %-სა:

$$V_{საან} = V_{მაქ} - V_{მინ} = (-1) - (-20) = 19 \% \quad (4.24)$$

საპროექტო მოცულობა იანგარიშება ფორმულით:

$$V_{საპ} = \frac{V_{საან}}{K_{გაშ}} \quad (4.25)$$

სადაც $K_{გაშ}$ - რეზერვუარის მოცულობის გამოყენების კოეფიციენტი, მიიღება ცხრილი 4.15 - ს მიხედვით.

შემოტანა გატანის გრაფიკის არარსებობის შემთხვევაში სარეზერვუარო პარკის მოცულობის დასადგენად გამოიყენება ნორმატიული მითითებები ИНТП 5 – 95, რომელშიც გაანგარიშების საფუძვლად გამოყენებულია შემდეგი მონაცემები: i -ური ნავთობპროდუქტის საშუალო თვიური ხარჯი Q_i , ტ/თვე; ნავთობის ან ნავთობპროდუქტის სიმკრივე ρ_i , კგ/მ³; შემოტანისა და რეალიზაციის უთანაბრობის კოეფიციენტი $K_{უთ}$, (იხ. ცხრ. 4.16) და ასევე ნავთობაზის დაცილება ნავთობპროდუქტების მომწოდებლებისაგან.

ცხრილი 4.14

ნავთობაზაში ნავთობპროდუქტების თვიური შემოტანა-გატანის მოცულობები (პროცენტებში წლიური რეალიზაციიდან)

მაჩვენებელი	თვე												ჯამი, %
	იანვარი	თებერვალი	მარტი	აპრილი	მაისი	ივნისი	ივლისი	აგვისტო	სექტემბერი	ოქტომბერი	ნოემბერი	დეკემბერი	
შემოტანა	2	4	6	8	10	15	16	14	10	7	5	3	100
გატანა	6	8	12	13	11	12	11	9	8	5	3	2	100
თვიური ნაშთი	-4	-4	-6	-5	-1	+3	+5	+5	+2	+2	+2	+1	0
თვიური ნაშთების ჯამი	-4	-8	-14	-19	-20	-17	-12	-7	-5	-3	-1	0	-

ცხრილი 4.15

რეზერვუარის მოცულობის გამოყენების კოეფიციენტი

ვარტიკალური ფოლადის რეზერვუარის მოცულობა, ათ. მ ³	პონტონის გარეშე	პონტონით	მცურავი სახურავით
	ნავთობპროდუქტები		
5-ს ჩათვლით	0,85	0,81	0,8
10 დან 30 მდე	0,88	0,84	0,83
	ნავთობი		
5 დან 10 -ს ჩათვლით	0,76	0,72	

20 დან 50-ს ჩათვლით	0,79	0,83	
რკინა ბეტონის ჩალმავებული 10-50	0,72		

ცხრილი 4.16

ნავთობპროდუქტების მოხმარების უთანაბრობის კოეფიციენტი

რაიონის დახასიათება	ყველა სახის საწვავი	საპობ-საზეთი მასალა
სამრეწველო ქალაქი	1,0	1,3
სამრეწველო რაიონი	1,1	1,5
მრეწველობა მოიხმარს 70 %	1,2	1,8
მრეწველობა მოიხმარს 30 %	1,5	2,0
სოფლის მეურნეობის რაიონი	1,7	2,5

სარკინიგზო და წყლის ნავთობბაზებისათვის

სარეზერვუარო პარკის მოცულობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$V_i = K_{ბარ} \cdot \frac{Q_i \cdot K_{უთ} \cdot T_{ცოკ} \cdot K_1}{30 \cdot \rho_i \cdot K_{გამ}} \quad (4.26)$$

სადაც $K_{ბარ}$ - სადაზღვევო მარაგის კოეფიციენტი, მიიღება გეოგრაფიული განლაგების და სატრანსპორტო კავშირების საიმედოობის მიხედვით. რკინიგზისა და წყლის (სამდინარე) გამანაწილებელი ნავთობბაზებისათვის, განლაგებულს ევროპის ნაწილის შუა და სამხრეთ რეგიონებში $K_{ბარ} = 1,2$ და ნაკლებს, ჩრდილოეთ რეგიონებში $K_{ბარ} = 1,5$ და ნაკლებს. წყლის (სამდინარე) ნავთობბაზებისათვის ნავთობპროდუქტების მიწოდებით ნავიგაციის პერიოდში $K_{ბარ} = 1,2$ და ნაკლებს.

K_1 - სატრანსპორტო საშუალებების მიწოდების უთანაბრობის კოეფიციენტი. გამანაწილებელ სარკინიგზო ნავთობბაზებისათვის ვაგონ-ცისტერნების მიწოდების უთანაბრობის გათვალისწინებით $K_1 = 1,1 - 1,3$; წყლის (სამდინარე) გადასატვირთი და გამანაწილებელი ნავთობბაზებისათვის $k = 1,15$, რომელიც ითვალისწინებს ნავთობპროდუქტების საშუალო თვიურ ხარჯის (მოხმარების) ზრდას, ნავიგაციის დროზე ადრე დაწყებისა და დახურვის კომპენსაციისათვის.

$T_{ცოკ}$ - ნავთობპროდუქტების მიწოდების სატრანსპორტო ციკლი, დღე-ღამე. გამანაწილებელი რკინიგზის ნავთობბაზებისათვის $T_{ცოკ}$ მიიღება მომწოდებლებამდე მანძილის L , კმ გათვალისწინებით. $L = 400, 600, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2600$ კმ დროს, შესაბამისად $T_{ცოკ} = 7, 9, 11, 13, 14, 15, 17$ და 20 დღე - ღამე. წყლის (სამდინარე) გადასატვირთი და გამანაწილებელი ნავთობბაზებისათვის $T_{ცოკ} = 30$, ნავთობპროდუქტების მიწოდებისას კი მხოლოდ ნავიგაციის პერიოდში - ნავიგაციებსშორისი პერიოდის ხანგრძლივობას, დღე - ღამე. საავტომობილო ნავთობბაზებისათვის $T_{ცოკ} = 20$.

მილსადენური ნავთობბაზებისათვის

$$V_i = 1,1 \cdot K_{უთ} \cdot \frac{Q_{მილ}}{N_i} \cdot \left(1 - \frac{Q_{მილ}}{8760 \cdot q_{max}}\right) \quad (4.27)$$

სადაც $Q_{მილ}$ - მილში გამავალი i - ური ნავთობპროდუქტის მოცულობა, მ³/წელ;

N_i - ციკლების რაოდენობა წელიწადში, რომლის მიხედვით მუშაობს მილსადენი;

q_{max} - მილსადენში ნავთობპროდუქტის მაქსიმალური ხარჯი, მ³/სთ; (განისაზღვრება მილსადენის ჰიდრავლიკური ანგარიშის საფუძველზე ან მიიღება ფაქტიური მონაცემების მიხედვით).

რეზერვუარების მოცულობის და განლაგების ადგილის მიხედვით ისინი დაყოფილი არიან სამ კლასად:

1 კლასი - **განსაკუთრებულად საშიში რეზერვუარები**: მოცულობით 10 000 მ³ და მეტი, ასევე რეზერვუარები მოცულობით 5 000 მ³ და მეტი განლაგებული უშალოდ მდინარის, მსხვილი წყალსაცავი ნაპირზე და გალახის განაშენიანების ტერიტორიაზე;

2 კლასი - **მომატებულად საშიში რეზერვუარები**; მოცულობით 5 000 დან 10 000 მ³ მდე;

3 კლასი - **საშიში რეზერვუარები**; მოცულობით 100 დან 5 000 მ³ მდე.

სარეზერვუარო პარკის მოცულობის დადგენის შემდეგ იწყებენ რეზერვუარების ტიპების შერჩევას. ამ დროს უნდა ვიხელმძღვანელოთ შემდეგი ტექნიკურ - ეკონომიური და საწარმოო მოსაზრებებით:

- რეზერვუარების შერჩევა უნდა ვაწარმოოთ არსებული დამტკიცებული ტიპიური პროექტებიდან. რეზერვუარების მშენებლობისათვის, შესრულებულს ინდივიდუალური პროექტების მიხედვით, სჭირდება სპეციალური დასაბუთება და დამტკიცება;

- აორთქლებით დანაკარგების შემცირების მიზნით, ადვილად აორთქლადი ნავთობპროდუქტების შენახვისას უნდა გამოვიყენოთ რეზერვუარები პონტონით, მცურავი სახურავით და რეზერვუარები გათვლილი მომატებულ წნევაზე;

- უპირატესობა უნდა მივანიჭოთ დიდი მოცულობის რეზერვუარებს, ვინაიდან რეზერვუარის მოცულობის მომატება ამცირებს დანაკარგებს აორთქლებით, ფოლადის კუთრ ხარჯს, სარეზერვუარო პარკის ფართობს;

- ყველა სახის ნავთობპროდუქტებისათვის უნდა გავითვალისწინოთ არა ნაკლები ორი რეზერვუარისა, რათა ვქონდეს საშუალება ერთდროულად ჩავატაროთ ამ სახის ნავთობპროდუქტის მიღება - გაცემა, რეზერვუარების პროფილაქტიკური რემონტი, ნავთობპროდუქტების შეთბობა, დაყოვნება და სხვა;

- ერთი ტიპის, ერთნაირი მოცულობის და კონსტრუქციის რეზერვუარების გამოყენება ამსუბუქებს ნავთობბაზაში სასაქონლო ოპერაციების ჩატარებას, ქმნის კარგ პირობებს სამშენებლო - სამონტაჟო სამუშაოების ჩატარებისათვის სარეზერვუარო პარკების აგებისათვის ნაკადური მეთოდით;

- რეზერვუარის მოცულობის შევსების შემცირება ზრდის გაზის (აიროვანი) სივრცის მოცულობას, ეს კი იწვევს დანაკარგების ზრდას ნავთობპროდუქტის შენახვისას.

რეზერვუარების საბოლოო შერჩევისათვის აკეთებენ რამდენიმე ვარიანტის ტექნიკურ - ეკონომიურ გაანგარიშებას თითოეული სახის ნავთობპროდუქტისათვის. ის ვარიანტი, რომელიც მოითხოვს ნაკლებ კაპიტალურ და საექსპლუატაციო დანახარჯებს, და ამავდროულად პასუხობს ზემოდ ჩამოთვლილ მოთხოვნებს, მიიღება მშენებლობისათვის.

5. გაზგამანაწილებელი ქსელები და გაზის შენახვა

5.1. ბუნებრივი და ხელოვნური აირების შემადგენლობა და კლასიფიკაცია

მიღების ხერხის და მისი ფიზიკურ - ქიმიური თვისებების მიხედვით ასხვავებენ ბუნებრივ და ხელოვნურ აირებს. ბუნებრივს (მოიპოვება წიაღიდან) მიეკუთვნება: აირები მოპოვებული გაზის საბადოებიდან (მშრალი აირი), აირები მიღებული გაზკონდენსატის საბადოებიდან (მშრალი აირის და კონდენსატის ნარევი) და თანმხლები აირები, რომლებიც მოიპოვება ნავთობთან ერთად ნავთობის საბადოებზე (მშრალი აირი პროპანის და ბუტანის ფრაქციებისა და აირბენზინთან ერთად).

ბუნებრივი აირი წარმოადგენს ცალკეული აირების (კომპონენტების) ქიმიურ ნარევს, რომლებიც ერთმანეთთან ქიმიურად ნეიტრალური არიან და ძირითადად შედგება ნაჯერი ნახშირწყალბადებისაგან (ალკანები). ბუნებრივი აირის ძირითად ნაწილს შეადგენს აირი მეთანი 98%-ს, ნარევის სხვა ნაწილი შედგება ეთანი C_2H_4 , პროპანი C_3H_8 , ბუტანი C_4H_{10} და პენტანი C_5H_{12} -საგან. ამის გარდა ბუნებრივი აირის შემადგენლობაში მცირე რაოდენობით შედის აზოტი N_2 , ნახშირორჟანგი CO_2 , ზოგჯერ გოგირდწყალბადი H_2S , წყალბადი H_2 და სხვა. აირში მძიმე ნახშირწყალბადების (პროპანი და ზემოდ) შემცველობის მიხედვით ბუნებრივი აირები დაყოფილია მშრალ, შუალედურ კატეგორიის და ცხიმოვან აირებად. მშრალი შეიცავს მძიმე ნახშირწყალბადებს 50 გ/მ^3 -ზე ნაკლებს, შუალედური კატეგორიის $50 - 150 \text{ გ/მ}^3$, ცხიმოვანი - 150 გ/მ^3 -ზე მეტს.

ხელოვნური საწვავი აირები დაყოფილია ორ ჯგუფად. პირველს მიეკუთვნება აირები, მიღებული მყარი ან თხევადი საწვავის გამოხდის შედეგად ჰაერის მიწოდებისგარეშე, $500 - 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ ტემპერატურისას. მაგალითად, კოქსის მისაღებ ქიმიურ ქარხნებში (წყალბადის, მეთანის და ნახშირბადის ნარევის სახით) და ნავთობგადამამუშავებელ ქარხნებში (ალკანების, ოლეფინების და დიოლეფინების ნარევის სახით). მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება უნარჩენო გაზიფიკაციის აირები, მიღებული საწვავის ნაწილობრივი დაწვით ჰაერის, ჟანგბადის ან მათი წყლის ორთქლთან ნარევის ნაკადში, და ასევე ქვანახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის გზით. ეს აირები ძირითადად შედგება ნახშირმჟავას, წყალბადისა და აზოტისაგან.

თხევადი ნახშირწყალბადური აირები წარმოადგენენ ნახშირწყალბადების ნარევს - პროპანის, პროპილენის, ბუტანის, ბუტილენის და მცირე რაოდენობით მეთანის, ეთანის, ეთილენის და პენტანის. ეს ნარევი, ნორმალური ატმოსფერული პირობების დროს ($0,1 \text{ მპა} = 760 \text{ ვერ. წყ. სვ. მმ, და } 0^\circ\text{C}$) იმყოფება აიროვან მდგომარეობაში, მომატებული წნევის და ტემპერატურის შემცირებისას გადაიქცევა სითხედ. აირის თვისებები დამოკიდებულია მასში შემავალი ცალკეული კომპონენტების თვისებებზე.

ნახშირწყალბადი აირების ფიზიკურ - ქიმიური თვისებები

აირის ძირითად პარამეტრებს მიეკუთვნება: მოლეკულური მასა, სიმკვრივე, კუმშვადობა, სიბლანტე და ასევე გაჯერებული ორთქლის დრეკადობა.

აირი არის ყველაზე სრულყოფილი საწვავი. მას გააჩნია წვის მაღალი სითბო (სითბოს გამოყოფა). საცეცხლურის მოწყობა აირის წვისათვის შედარებით მარტივია. ჰაერი არ ჭუჭყიანდება კვამლითა და ჭვარტლით.

აირის მოლეკულური მასაწარმოადგენს აირების მოლეკულებში შემავალ ატომების მოლეკულურ მასების ჯამს. აირის მასას გრამებში, რიცხობრივად ტოლი მისი მოლეკულური მასისა, ეწოდება მოლი. თუ ცნობილია აირის ნარევის მოლური, ე.ი. მოცულობითი, შემადგენლობა პროცენტებში, მაშინ მისი საშუალო მოლეკულური მასა იანგარიშება

$$M_{საშ} = \frac{V_1 \cdot M_1 + V_2 \cdot M_2 + \dots + V_n \cdot M_n}{100} \quad (5.1)$$

სადაც $V_1 \dots V_n$ - კომპონენტების მოლური (მოცულობითი) კონცენტრაციები;

$M_1 \dots M_n$ - კომპონენტების მოლეკულური მასები.

აირის სიმკვრივე (კგ/მ³) განისაზღვრება მასის შეფარდებით მოცულობასთან:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (5.2)$$

სადაც m - აირის მასა, კგ;

V - აირის მოცემული მასის მოცულობა, მ³.

საწვავი აირების უმრავლესობა (წყალბადი, მეთანი და სხვა) ჰაერზე უფრო მსუბუქია, ზოგიერთები (პროპანი, ბუტანი და სხვა) მძიმეა. ეს მაჩვენებელი ხასიათდება ცნებით ფარდობითი სიმკვრივე.

აირის ფარდობითი სიმკვრივე ეწოდება ფარდობას აირის ერთეული მოცულობის მასისა მშრალი ჰაერის იგივე მოცულობის ერთეულის მასასთან ერთნაირი პირობების დროს (T და P):

$$\Delta = \frac{\rho}{1,293} = 0,773 \cdot \rho \quad (5.3)$$

სადაც 1, 293 კგ/მ³ - მშრალი ჰაერის სიმკვრივე.

ვინაიდან სიმკვრივე ρ დამოკიდებულია აირის წნევაზე, ტემპერატურაზე და კუმშვა-დობაზე, სიმკვრივე ρ_1 შეესაბამება წნევას P_1 და ტემპერატურას T_1 , მისი გადათვლა სხვა წნევაზე P_2 და ტემპერატურაზე T_2 იწარმოება ფორმულით

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot \frac{P_2 \cdot T_1 \cdot z_1}{P_1 \cdot T_2 \cdot z_2} \quad (5.4)$$

სადაც T_1, T_2 - ტემპერატურა;

z_1 და z_2 - აირის კუმშვის კოეფიციენტები შესაბამისად T_1 და P_1 , ასევე T_2 და P_2 დროს. ვინაიდან აირის ერთი მოლის მოცულობა მოცემული ტემპერატურის და წნევის დროს არის მუდმივი სიდიდე ყველა აირისათვის (ავაგადროს კანონი), მათი სიმკვრივეები პირდაპირ პროპორციულია მოლეკულური მასისა

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{M_1}{M_2} \quad (5.5)$$

0 °C და მოცემული მოლეკულური მასის დროს აირის სიმკვრივე დგინდება ფორმულით

$$\rho_0 = \frac{M}{22,414} = 0,0446 \cdot M \quad (5.6)$$

სადაც 22,414 მ³ – ნებისმიერი აირის ერთი მოლის მოცულობა (0 °C და 760 ვერ.წყ. სვ. მმ).

აირების ნარევი. აირის ნარევის სიმკვრივე განისაზღვრება შერევის წესის მიხედვით, რომლის თანახმად ნარევის თვისებები იკრიბება პროპორციულად მასში შემავალი კომპონენტების თვისებებისა

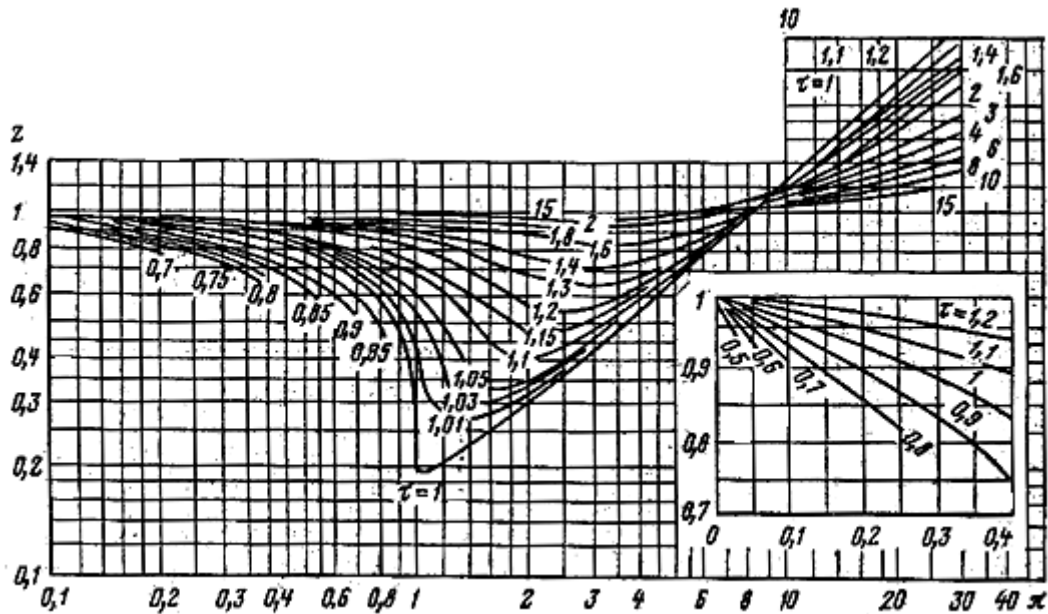
$$\rho_{ნარ} = a_1 \cdot \rho_1 + a_2 \cdot \rho_2 + \dots + a_n \cdot \rho_n \quad (5.7)$$

სადა $\rho_{ნარ}$ - აირის ნარევის სიმკვრივე, კგ/მ³;

$a_1 \dots a_n$ - ნარევის კომპონენტების მოცულობითი კონცენტრაციები (ერთის წილებში);

$\rho_1 \dots \rho_n$ - კომპონენტების სიმკვრივე.

აირის კუმშვადობა ხასიათდება კოეფიციენტით, რომელიც ითვალისწინებს რეალური აირების გადახრას იდეალური აირებისათვის მიღებული კანონებიდან. კუმშვადობის კოეფიციენტს ჯადგენენ ექსპერიმენტალურად ან, თუ ასეთი მონაცემების არ არსებობისას - მონოგრამის მიხედვით (ნახ. 5.1).



ნახ. 5.1 აირის კუმშვადობის კოეფიციენტის z დამოკიდებულება დაყვანილი წნევასა $P_{დაყ} = P/P_{კრ}$ და ტემპერატურაზე $T_{დაყ} = T/T_{კრ}$

კრიტიკული ტემპერატურა ეწოდება ტემპერატურას რომლის ზემოდ აირი არ გადადის თხევად მდგომარეობაში, რაც არ უნდა ავწიოთ მისი წნევა (ცხრ. 5.1)

კრიტიკული წნევა ეწოდება ისეთ წნევას, რომლის ზემოდ შეუძლებელია ააორთქლო სითხე, ნებისმიერი ტემპერატურის მომატებისას.

აირის ნარევის საშუალო კრიტიკული პარამეტრები განისაზღვრება შერევის წესის მიხედვით

- საშუალო კრიტიკული ტემპერატურისათვის ($^{\circ}K$)

$$T_{კრ.ნარ} = a_1 \cdot T_{კრ1} + a_2 \cdot T_{კრ2} + \dots + a_n \cdot T_{კრn}; \quad (5.8)$$

- საშუალო კრიტიკული წნევისათვის (პა)

$$P_{კრ.ნარ} = a_1 \cdot P_{კრ1} + a_2 \cdot P_{კრ2} + \dots + a_n \cdot P_{კრn}; \quad (5.9)$$

ცხრილი 5.1

ზოგიერთი აირების კრიტიკული პარამეტრები

აირი	$T_{კრ}, ^{\circ}K$	$P_{კრ}, მპა$	$\rho_{კრ}, კგ/მ^3$
აზოტი	126,05	3,39	311
ამიაკი	405,55	11,3	235

არგონი	150,75	4,86	531
აცეტილენი	309,15	6,24	231
ბენზოლი	561,65	4,84	304
ჩ-ბუტანი	425,95	3,6	225
იზობუტანი	407,15	3,7	234
იზობუტილენი	420,35	4,06	256
წყალბადი	33,25	1,3	31
წყლის ორთქლი	647,3	21,77	324
ჰაერი	132,45	3,78	335
ჰელიუმი	5,25	0,23	69,3
ჰესანი	38,35	3,05	234
ჰეპტანი	6,35	2,68	234
გოგირდორჟანი	430,35	8,05	524
ნახშირორჟანი	304,25	7,54	468
აზოტის ქვეჟანი	309,65	7,41	450
ჟანგბადი	154,35	5,14	430
მეთანი	190,65	4,74	162
აზოტის ჟანი	179,15	6,72	520
ნახშირჟანი	134,15	3,62	311
იზოპენტანი	460,95	3,39	234
ჩ-პენტანი	470,35	3,41	232
პროპანი	368,75	4,49	226
პროპილენი	365,15	4,68	233
გოგირდწყალბადი	373,55	9,18	359
ეთანი	305,25	5,04	210
ეთილენი	282,85	5,26	220

აირის სიბლანტე ახასიათებს აირის თვისებას გაუწიოს სინაალმდეგობა მძვრელ ძალებს (ძალეებს), რომლებიც წარმოიშობა აირის მოძრავ ფენებს შორის ხახუნის ძალების შედეგად. კოეფიციენტს, რომელიც ითვალისწინებს რეალური აირების ამ თვისებას და რომელიც ახასიათებს მოქმედი მძვრელი ძალების პროპორციულ დამოკიდებულებას, შეფარდებულს შეხების ფენების ზედაპირის ერთეულთან, ეწოდება დინამიკური სიბლანტის კოეფიციენტი (პა·წმ)

$$\mu = \tau \cdot \frac{dn}{dw} \quad (5.10)$$

სადაც τ - შიგა ხახუნის დამაბულობა, პა;

n - მანძილი მართებულის მიხედვით აირის ხაზოვანი სიჩქარის მიმართულების მიმართ, მ;

w - აირის ხაზოვანი სიჩქარე, მ/წმ.

ჰიდრავლიკური გაანგარიშების დროს გამოიყენება ცნება კინემატიკური სიბლანტე (მ²/წმ)

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (5.11)$$

სადაც ρ - აირის სიმკვრივე, კგ/მ³.

აირის სიბლანტე არ ემორჩილება შერევის წესებს, მას გაიანგარიშებენ ემპირიული ფორმულის მიხედვით (როცა $T=20$ °C)

დინამიკური სიბლანტისათვის

$$\mu_T = \frac{a_1 \cdot \mu_1 \cdot \sqrt{M_1 \cdot T_{\rho 1}} + \dots + a_n \cdot \mu_n \cdot \sqrt{M_n \cdot T_{\rho n}}}{a_1 \cdot \sqrt{M_1 \cdot T_{\rho 1}} + \dots + a_n \cdot \sqrt{M_n \cdot T_{\rho n}}} \quad (5.12)$$

კინემატიკური სიბლანტისათვის

$$\frac{1}{v} = \frac{a_1}{v_{1t}} + \frac{a_2}{v_{2t}} + \dots + \frac{a_n}{v_{nt}} \quad (5.13)$$

ტემპერატურებისათვის, რომლებიც განსახვავდება +20°C (-10 °C - დან + 40 °C - მდე) კინემატიკური სიბლანტე იანგარიშება დამოკიდებულებიდან

$$v_t = v_{20} \cdot [1 + 0,006 \cdot (t - 20)] \quad (5.14)$$

სადაც v_{20} და v_t - აირის ნარევის კინემატიკური სიბლანტე შესაბამისად 20 °C და 0,1 მპა და აირის t ტემპერატურისას.

თბოტევადობა (სითბოტევადობა). თბოტევადობა ეწოდება სითბოს რაოდენობას, რომელიც საჭიროა აირის წონითი ან მოცულობითი ერთეულის 1 °K - ზე გასათბობად. ანსხვავებენ აირის წონითი და მოცულობითი თბოტევადობას. წონითი იზომება კჯოული/კგ·°K, მოცულობითი - კჯოული/მ³·°K.

აირის გათბობის პირობების მიხედვით ანსხვავებენ თბოტევადობას C_p მუდმივი წნევის დროს (აირი გათბობისას ჭურჭელში თავისუფლად ფართოვდება და ინარჩუნებს მუდმივ წნევას) და თბოტევადობას C_v მუდმივ მოცულობის დროს (აირი თბება მუდმივი მოცულობის ჭურჭელში). ეს ორი სიდიდე დაკავშირებულია ერთმანეთთან შემდეგი დამოკიდებულებით

$$C_p - C_v = A \cdot R \quad (5.15)$$

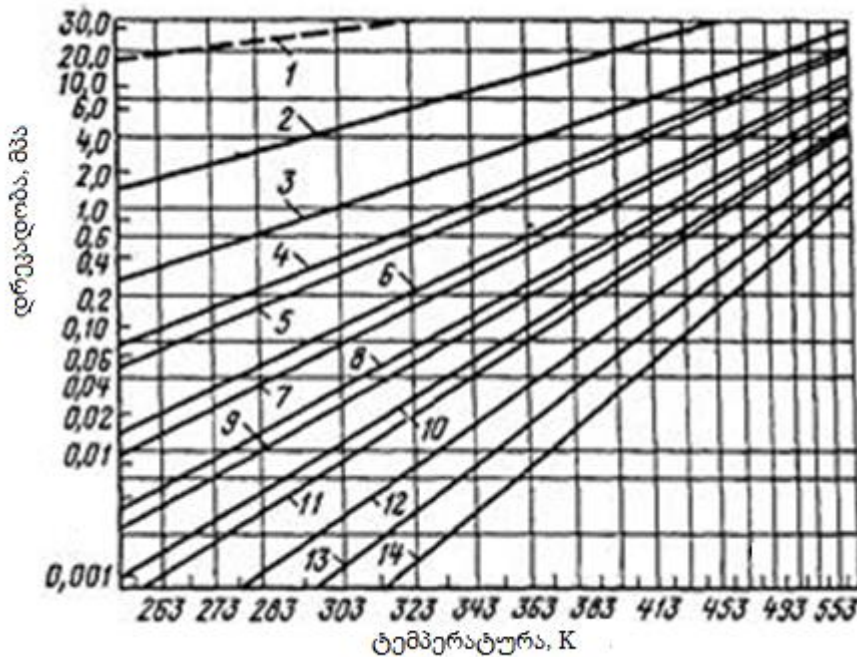
სადაც $A=1/427$ - მუშაობის თბური ექვივალენტი; $R = 8,4$ ჯოული/(მოლ · °K) - აირის მუდმივა;

$C_p > C_v$ გარე შესრულებული მუშაობის სიდიდეზე, რომელსაც ასრულებს გაფართოებისას, როცა მას ათბობენ.

წვის სითბოს მიხედვით აირს აფასებენ როგორც საწვავს. ის ტოლია სითბოს რაოდენობისა, რომელსაც გამოყოფს წვისას ერთეულის წონის ან მოცულობის აირი.

გაჯერებული ორთქლის დრეკადობა დგინდება დალტონ-რაულის კანონის მიხედვით. წნევა, რომლის დროსაც სითხე მოცემულ ტემპერატურისას იმყოფება წონასწორობაში თავის ორთქლთან, ეწოდება სითხის გაჯერებული ორთქლის დრეკადობა. ყოველ სითხეს გააჩნია მისი

გაჯერებული ორთქლის დრეკადობა. მრუდს, რომელიც გვიჩვენებს წნევის ცვლილებას ტემპერატურის მიხედვის, ეწოდება აორთქლების მრუდი (ნახ.5.2).



ნახ. 5.2 სუფთა ნახშირწყალბადების გაჯერებული ორთქლის დრეკადობის მრუდეები:

- 1 - მეთანი; 2 - ეთანი; 3 - პროპანი; 4 - იზობუტანი; 5 - ბუტანი; 6 - იზოპენტანი; 7 - პენტანი; 8 - იზოჰექსანი; 9 - ჰექსანი; 10 - იზოჰექტანი; 11 - ჰექტანი; 12 - ოქტანი; 13 - ნონანი; 14 - დეკანი.

დალტონის კანონის მიხედვით (პარციალური წნევის კანონი) აირის ნარევის წნევა ტოლია მასში შემავალი კომპონენტების ჯამისა:

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i \quad (5.16)$$

თითოეული კომპონენტი მოცულობით ტოლია აირის ნარევის მოცულობისა და გააჩნია თავისი დრეკადობა (წნევა) და დაყვანილია საერთო წნევამდე, ბოილ - მარიოტის კანონის მიხედვით

$$v_i \cdot P = V \cdot p_i \quad (5.17)$$

სადაც v_i - კომპონენტის პარციალური მოცულობა;

P - აირის ნარევის საერთო წნევა;

V - აირის ნარევის საერთო მოცულობა;

p_i - კომპონენტის პარციალური წნევა.

პარციალური ეწოდება რამდენიმე აირის ნარევის თითოეულ აირის წნევას, რომელიც მას ექნებოდა, თუ მხოლოდ ის ერთი დაიკავებდა ნარევის მთელ მოცულობას.

$$P_i = x_i \cdot P_{yi} \quad (5.18)$$

სადაც $\frac{v_i}{V} = y$ - მოცულობითი ან მოლექულური კონცენტრაცია.

5.2. აირის მდგომარეობის ძირითადი კანონები

აირის ფიზიკური მდგომარეობა დაკავშირებულია მის ძირითად პარამეტრებზე: წნევაზე, მოცულობაზე და ტემპერატურაზე, რომლებიც შეიძლება შეიცვალოს ტრანსპორტირებისა და შენახვის დროს. ისინი ურთიერთდაკავშირებული არიან შემდეგი კანონებით:

მუდმივი ტემპერატურის დროს მოცულობისა და წნევის ნამრავლი მუდმივი სიდიდეა (ბოილ-მარიოტის კანონი)

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = const \quad (5.19)$$

სადაც P_1 და P_2 - აირის წნევა ცვლილებამდე და ცვლილების შემდეგ;

V_1 და V_2 - აირის მოცულობა ცვლილებამდე და ცვლილების შემდეგ;

ვინაიდან აირის შეკუმშვის ან გაფართოების დროს იცვლება მხოლოდ მისი სიმკვრივე და მოცულობა, მასა კი რჩება უცვლელი, მაშინ

$$\rho_1 = \frac{m}{V_1}; \rho_2 = \frac{m}{V_2} \quad (5.20)$$

და შესაბამისად

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2}$$

ე.ი. მუდმივი ტემპერატურის დროს აირის მოცულობები უკუპროპორციულია, სიმკვრივეები კი პირდაპირპროპორციულია მათი წნევებისა.

გეი - ლუსაკის კანონის მიხედვით მუდმივი წნევის დროს აირის მოცულობა პროპორციულია მისი აბსოლუტური ტემპერატურისა, აირის სიმკვრივე კი უკუპროპორციულია

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}, \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{T_2}{T_1} \quad (5.21)$$

ბოილ - მარიოტისა და გეი - ლუსაკის კანონების განზოგადოება გვაძლევს იდეალური აირის მდგომარეობის მათემატიკურ გამოსახულებას (კლავირონ - მენდელეევის განტოლება)

$$P \cdot V = R \cdot T \quad (5.22)$$

სადაც P - იდეალური აირის აბსოლუტური წნევა, პა;

V - იდეალური აირის მოცულობა, მ³;

R - აირის მუდმივა (ახასიათებს მუშაობას, რომელსაც ასრულებს აირის რაოდენობის ერთეული (1 კგ) გაფართოებისას 1 °K გათბობისას, მუდმივი წნევის დროს); აირის ნარევისათვის $R = 8314/M_{საჭ} \text{ ჟ/(კგ } ^\circ\text{K)}$;

T - აირის აბსოლუტური ტემპერატურა, °K.

მაღალი წნევის აირებისთვის (მაგისტრალური მილსადენებში ტრანსპორტირებისას) შეჰყავთ აირის შეკუმშვის კოეფიციენტი z

$$P \cdot V = z \cdot R \cdot T \quad (5.23)$$

აირის ტრანსპორტირების და შენახვის პრაქტიკაში ასხვავებენ აირის მდგომარეობის ნორმალურ და სტანდარტულ პირობებს.

ნორმალურს უწოდებენ აირის მდგომარეობის პირობებს $T = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ და $P = 760$ ვერ. წყ. სვ. მმ.,

სტანდარტულს უწოდებენ აირის მდგომარეობის პირობებს $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ და $P = 760$ ვერ. წყ. სვ. მმ.,

აირის მოცულობა **ნორმალურ** პირობებთან დაიყვანება განტოლებით

$$V_0 = V_{\theta} \cdot \frac{P}{760} \cdot \frac{273,16}{T} = 0,359 \cdot V_{\theta} \cdot \frac{P}{T} \quad (5.24)$$

სტანდარტულ პირობებთან

$$V_{20} = V_{\theta} \cdot \frac{P}{760} \cdot \frac{273,16}{T} = 0,383 \cdot V_{\theta} \cdot \frac{P}{T} \quad (5.25)$$

სადაც V_0 - აირის მოცულობა 0°C და 760 ვერ. წყ. სვ. მმ დროს, მ³;

V_{20} - $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ დროს, მ³;

V_{θ} - აირის მოცულობა მუშა პირობებში, მ³;

P - აირის აბსოლუტური წნევა მუშა პირობებში, ვერ. წყ. სვ. მმ ;

T - აირის აბსოლუტური ტემპერატურა მუშა პირობებში, $^{\circ}\text{K}$.

ნორმალურ და სტანდარტულ პირობებთან დაყვანილი აირის მოცულობის გადათვლა სხვა მუშა პირობებისათვის წარმოებს ფორმულების მიხედვით

$$V_{\theta} = V_0 \cdot \frac{760}{P} \cdot \frac{T}{273,16} = 2,782 \cdot V_0 \cdot \frac{T}{P} \quad (5.26)$$

$$V_{\theta} = V_{20} \cdot \frac{760}{P} \cdot \frac{T}{273,16} = 2,593 \cdot V_{20} \cdot \frac{P}{T} \quad (5.27)$$

5.3. ზოგადი ცნობები გაზის ტრანსპორტირების შესახებ

ცნებაში „გაზის ტრანსპორტირება“ იგულისხმება აირების ტრანსპორტირება თხევად და აირად მდგომარეობაში. ამ აირების ტრანსპორტირების ხერხები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. თხევადი ნახშირწყალბადოვანი აირები (პროპანის, ბუტანის, იზობუტანის ნარევი) განსხვავდებიან იმით, რომ მცირე წნევისას და ნორმალური ტემპერატურის დროს შეიძლება მათი ტრანსპორტირება და შენახვა თხევად მდგომარეობაში. გათხევადებული აირი იკავებს მისი პირველადი მოცულობის დაახლოებით 1/250, ამიტომ მისი ტრანსპორტირება შესაძლებელია ტრანსპორტის ყველა სახით: რკინიგზის, წყლის, საავტომობილო, მილსადენური (ბალონებში და მოსახსნელ მოცულობებში). მიწოდების ადგილზე, მოცულობები უერთდება გამანაწილებელ ქსელებს. თხევადი აირისაგან განსხვავებით ბუნებრივი აირი ინარჩუნებს თავის თვისებებს დადებითი ტემპერატურის და სხვადასხვა წნევის დროს, ამიტომ მის ტრანსპორ-

ტირებას ახორციელებენ მხოლოდ მაგისტრალური აირსადენებით და გაზ გამანაწილებელი ქსელებით.

მაგრამ უარყოფითი ტემპერატურის და 5 მპა წნევის შემთხვევაში (აირი იკავებს გაცილებით ნაკლებ მოცულობას) ტექნიკურად შესაძლებელია და ეკონომიურად გამოსადეგი გათხევადებული ბუნებრივი აირის ტრანსპორტირება მაგისტრალური მილსადენებით. ამისათვის საჭიროა თხევადი აირის ქარხნების აგება და სპეციალური ფოლადის გამოყენება დაბალ ტემპერატურიანი თხევადი აირსადენებისათვის, და ასევე დაბალტემპერატურიანი საცავების აგება.

მაგისტრალური აირსადენი ბევრ რამეში მსგავსია მაგისტრალური ნავთობსადენისა. მილსადენების კონსტრუქციები თითქმის ერთნაირია. რაც ეხება გადამტუმბ სადგურებს, აირების საკომპრესორო სადგურები ანალოგიურია ნავთობსადენების სატუმბი სადგურებისა. აირსადენების დიამეტრი მეტია ნავთობსადენის დიამეტრზე.

მაგისტრალური აირსადენების თავისებურებას მიეკუთვნება მნიშვნელოვანი წნევის შენარჩუნება უბნის ბოლოში (მეორე საკომპრესორო სადგურის წინ). თუ ნავთობსადენის საწყისი წნევა 5 მპა უბნის ბოლოს მცირდება პრაქტიკულად ნულამდე, აირსადენში წნევა უბნის ბოლოს უნდა შენარჩუნდეს 2 მპა- ის დონეზე.

მაგისტრალურ აირსადენების თავისებურებას მიეკუთვნება ასევე საჭიროება სპეციალური ზომების ჩატარებისა ჰიდრატული საცობების წარმოქმნის საწინააღმდეგოდ და ღონისძიებები დაკავშირებული აირის აფეთქების საშიშროებასთან. მხედველობაში უნდა გვქონდეს ის გარემოებაც, რომ აირის ტრანსპორტირება (გადატუმბვა) უნდა იყოს რაც შეიძლება უწყვეტი, ვინაიდან აირსადენის დიდი ხნით გათიშვა იწვევს საწყის პუნქტში აირის მოპოვების შეჩერებას.

5.4. აირგამანაწილებელი ქსელები და აირსაცავები

5.4.1. აირგამანაწილებელი ქსელები

ქალაქებისა და დასახლებული ადგილების აირმომარაგების სისტემები შედგება აირმომარაგების წყაროს, აირგამანაწილებელი (გაზგამანაწილებელი) ქსელის და შიგა აირის დანადგარებისაგან. ბუნებრივი აირის გამოყენებისას, ქალაქის აირმომარაგების წყარო არის მაგისტრალური აირსადენი, ხოლო თხევადი აირის გამოყენებისას - თხევადი აირის გამანაწილებელი სადგური, რომელიც დებულობს აირს თხევადი აირის მაგისტრალურ მილსადენიდან, რკინიგზით, საავტომობილო ან წყლის ტრანსპორტით.

აირის (გაზის) გამანაწილებელი ქსელი წარმოადგენს მილსადენებისა და მოწყობილობის (დანადგარების) სიტემას, რომელიც ემსახურება აირის ტრანსპორტირებას და განაწილებას ქალაქში. აირსადენები პირობით დაყოფილია მაგისტრალურ და გამანაწილებელ აირსადენებად. მაგისტრალური აირსადენებით აირი მიეწოდება ქალაქის ერთი რაიონიდან მეორეში, აირგამანაწილებელი ქსელით კი - მიეწოდება უშუალოდ მომხმარებელს.

მაგისტრალური აირსადენიდან აირი ქალაქის გამანაწილებელ ქსელში მიეწოდება აირგამანაწილებელ (გაზგამანაწილებელ) სადგურის (აგს) მეშვეობით. ქალაქის ქსელში დაყენებულია აირის მარეგულირებელი (გაზმარეგულირებელი) პუნქტები (ამპ), რომლების გამოიყენება აირის წნევის დასადაბლებლად და აერთიანებს სხვადასხვა წნევის აირსადენებს.

საცხოვრებელი შენობების, კომუნალური და საწარმოო დაწესებულებების ქსელები შედგებიან საცხოვრებელი შენობის ან საწარმოო შიგა აირის მილსადენებისაგან, აირის ხელ-საწყობებისაგან და დანადგარებისაგან აირის წვისათვის.

აირსადენები ქალაქის და სხვა დასახლებული ადგილების ტერიტორიის აირსადენები მათი მაქსიმალური მუშა წნევის მიხედვით დაყოფილი არიან:

1. დაბალი წნევის აირსადენებად

0,02 კგ/სმ²-მდე (200 მმ წყლ.სვ.; 2000 პა; 0,002 მპა) - ხელოვნური აირებისათვის;

0,03 კგ/სმ²-მდე (300 მმ წყლ.სვ.; 3000 პა; 0,003 მპა) - ბუნებრივი აირებისათვის;

0,035-0,04 კგ/სმ² -მდე (350-400 მმ წყლ.სვ.; 3500-4000 პა; 0,0035 -0,004 მპა) - თხევადი აირებისათვის.

საყოფაცხოვრებო და კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მომხმარებლებთან ინდივიდუალურ ან ჯგუფურ რეგულატორ-სტაბილიზატორების არსებობის შემთხვევაში გამანაწილებელ აირსადენებში დასაშვებია წნევა 0,05 კგ/სმ²-მდე (500 მმ წყლ.სვ.; 5000 პა; 0,005 მპა);

2. საშუალო წნევის აირსადენები

0,05 დან 3 კგ/სმ² - მდე (500 -3000 მმ წყლ.სვ.; 5000 - 300000 პა;0,05- 0,3 მპა);

3. მაღალი წნევის აირსადენები

3 დან 6 კგ/სმ² - მდე (3000 -6000 მმ წყლ.სვ.; 300000 - 600000 პა;0,3- 0,6 მპა);

4. მაღალი წნევის აირსადენები

6 დან 12 კგ/სმ² - მდე (6000 - 12000 მმ წყლ.სვ.; 600000 - 1200000 პა; 0,6 - 1,2 მპა) - აირის მისაწოდებლად გაზგოლდერების სადგურებისათვის და საწარმოო დაწესებულებებისათვის.

წნევა, რომლის მიხედვით მოყვანილია ქალაქის აირსადენების კლასიფიკაცია არის ჭარბი.

ხელოვნური აირების წყაროს წარმოადგენს ქარხნები, რომლებიც გამოიმუშავენ აირებს ნახშირიდან, ფიქალიდან ან ნავთობიდან.

ბუნებრივი აირი მიეწოდება ქალაქებს მძლავრი მაგისტრალური აირსადენებით, რომლების ექსპლუატაცია მიზანშეწონილია მაქსიმალური საპროექტო წარმადობით. აირის ფაქტიურ მოხმარებას ახასიათებს დღე - დამური, თვიური და წლიური უთანაბრობა. მოხმარების უთანაბრობა დაკავშირებულია ამინდის ცვლილებასთან, ზოგიერთი საწარმოს სპეციფიკურ თავისებურებაზე და ა.შ. ზამთარში ქალაქები და დასახლებული ადგილები მოიხმარენ 1,3 – 2,0 ჯერ მეტაირს, ვიდრე ზაფხულში.

აირის სეზონური მეტობა და ნაკლებობა, მისი მსხვილ ქალაქებში მიწოდების დროს, განისაზღვრება ასობით მილიონი კუბური მეტრობით. ასეთი რაოდენობის ბუნებრივი აირის აკუმულირების და გაუთვალისწინებელ შემთხვევისათვის რეზერვის შექმნის ერთადერთი ხერხია მისი შენახვა გამომუშაებულ ნავთობისა და აირის საბადოებში.

მიწისქვეშა აირსაცავები აღჭურვილია ჭაბურღილებით აირის მისაწოდებლად და ამოსაღებად ფენიდან, აირის გამწმენდ, საშრობ და მაცივარდანადგარებით. აირი აირსაცავში მიეწოდება მაგისტრალური აირსადენიდან სპეციალური საკომპრესორო სადგურის მეშვეობით. აირის ამოღება საცავიდან ხორციელდება აირგამანაწილებელი სადგურის გავლით.

მცირე რაოდენობის აირის შესანახად ქარხნებში და აირის გამანაწილებელ ქსელებში იყენებენ დაბალი და მაღალი წნევის გაზგოლდერებს. აირგამანაწილებელ ქსელში გაზგოლდე-

რი ემსახურება აირის მოთხოვნის საათობრივი უთანაბრობის დაფარვას დღე-ღამის განმავლობაში.

აირგამანაწილებელი ქსელების დაგეგმარებისას საჭიროა შესრულდეს გარკვეული მოთხოვნები, რომლებიც არიან წაყენებული მათ მიმართ. აირის გამანაწილებელი ქსელი უნდა იყოს საიმედო და უზრუნველყოფდეს უწყვეტ აირმომარაგებას. აირის ქსელების ექსპლუატაცია უნდა იყოს მარტივი, მოხერხებული და უსაფრთხო. ქსელის დაპროექტებისას უნდა იყოს გათვალისწინებული შესაძლებლობა ცალკეული რაიონების გამოთიშვისა და ასევე მშენებლობის შესაძლებლობა და ექსპლუატაციაში შეყვანა რიგის მიხედვით. ქსელის აღჭურვისას გამოყენებული უნდა იყოს ერთი ტიპის ნაგებობები და კვანძები. აირ გამანაწილებელი ქსელი უნდა მოითხოვდეს მინიმალურ მატერიალურ, კაპიტალურ და საექსპლუატაციო ხარჯებს.

ქალაქის აირგამანაწილებელ ქსელებს შეიძლება ჰქონდეს სხვადასხვა წნევა. ეს გამოწვეულია შემდეგი მიზეზებით:

1. ქალაქში შეიძლება იყოს მომხმარებელი, რომელსაც სჭირდება სხვადასხვა წნევა (საცხოვრებელი შენობები, საწარმოო დაწესებულება);

2. საჭიროება საშუალო ან მაღალ წნევაში შეიძლება წარმოიქმნას ქალაქის აირ გამანაწილებელი ქსელების გაჭიმულობის შედეგად, რომლებიც განიცდიან დიდ დატვირთვებს;

3. ქალაქის ცენტრალურ (ძველ) რაიონებში სავალი გზის სიგანე მცირეა და მაღალი წნევის აირ სადენის გაყვანა შეიძლება გახდეს შეუძლებელი. ამის გარდა, მოსახლეობის მაღალი სიმჭიდროვის დროს უსაფრთხოების პირობების მიხედვით და ექსპლუატაციის მოხერხებულობის მიზნით მაღალი წნევის მილსადენების გაყვანა შეიძლება გახდეს არასასურველი;

4. აირმარეგულერებელი პუნქტები, რომლებიც ყენდება არასაწარმოო დანიშნულების საზოგადოებრივ და საცხოვრებელ შენობებზე, დასაშვებია მიერთებული იყოს აირსადენებთან წნევით 0,3 მპა-მდე, ე.ი. საშუალო წნევის აირსადენებთან;

5. აირის წნევის რამდენიმე საფეხურის არსებობა შეიძლება განპირობებული იყოს იმით, რომ ქალაქში შეიძლება არსებობდეს ძველი აირსადენები, გათვლილი დაბალ წნევაზე.

აქედან გამომდინარე აირმომარაგების სისტემები წნევის საფეხურების მიხედვით შეიძლება იყოს:

ერთსაფეხურიანი აირის მიწოდებით მომხმარებლისათვის მხოლოდ ერთი წნევის აირსადენებით;

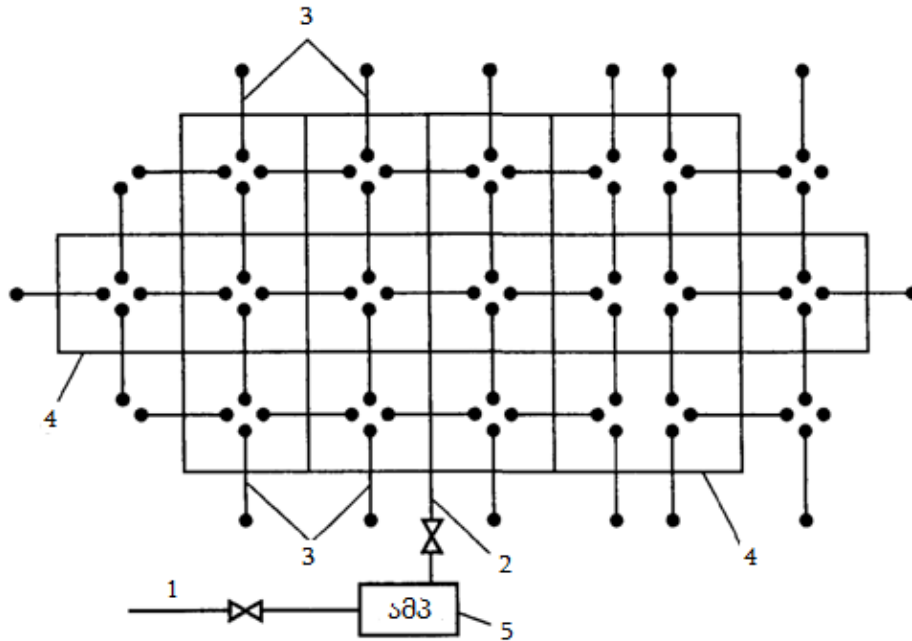
ორსაფეხურიანი, აირის მიწოდებით მომხმარებლისათვის ორი წნევის აირსადენებით - საშუალო და დაბალი, მაღალი და დაბალი, მაღალი (0,6 მპა -მდე) და დაბალი(0,3 მპა-მდე);

სამსაფეხურიანი, აირის მიწოდებით მომხმარებლისათვის სამი წნევის აირსადენებით - დაბალი, საშუალო და მაღალი (0,6 მპა -მდე);

მრავალსაფეხურიანი, აირის მიწოდებით მომხმარებლისათვის დაბალი, საშუალო და მაღალი (აირსადენებით 0,6 და 1,2 მპა -მდე);

აირმომარაგების ერთ საფეხურიანი სქემები გამოიყენება ძირითადად დასახლებული ადგილებისათვის მცირე სართულიანი განაშენიანებით (ნახ.1.3). საშუალო და პატარა ქალაქებისათვის ჩვეულებრივ გამოიყენებენ აირმომარაგების ორ საფეხურიან სისტემას, მაღალი (0,6 მპა -მდე) და დაბალი წნევის აირ სადენებით (ნახ.1.4). ძირითადი აირსადენები მიაწოდებენ აირს მაღალი წნევით და არიან დარგოლილი. აირი მიეწოდება ქალაქის ორი მაგისტრალური

აირსადენით და იარგამანაწილებელი სადგურის (აგს) გავლით. აკუმულაციის მოცულობად გამოყენებულია მაგისტრალური აირსადენის ბოლო უბანი. საცხოვრებელი შენობები და მცირე მომხმარებლები დებულობენ აირს დაბალი წნევის რგოლურ ქსელიდან. საშუალო წნევის აირსადენებზე აირის მარეგულირებელ პუნქტის (ამპ) წინ დაყენებულია ჩამკეტი, აირსადენის ცალკეული უბნების გადასაკეტად. აირმომარაგების მრავალსაფეხურიანი სიტემები გამოიყენება მხოლოდ მსხვილ ქალაქებში და საოლქო სისტემებში.



ნახ.5.3 აირ მომარაგების ერთ საფეხურიანი სიტემის სქემა:

- 1 - საშუალო წნევის აირსადენი; 2 - დაბალი წნევის აირსადენი; 3 - განშტოება და მომხმარებლის შემყვანი; 4 - დაბალი წნევის რგოლური აირსადენები; 5 - დაბალი წნევის ბოლო აირმარეგულირებელი პუნქტი.

5.4.1.1. აირსადენების მილები და არმატურა.

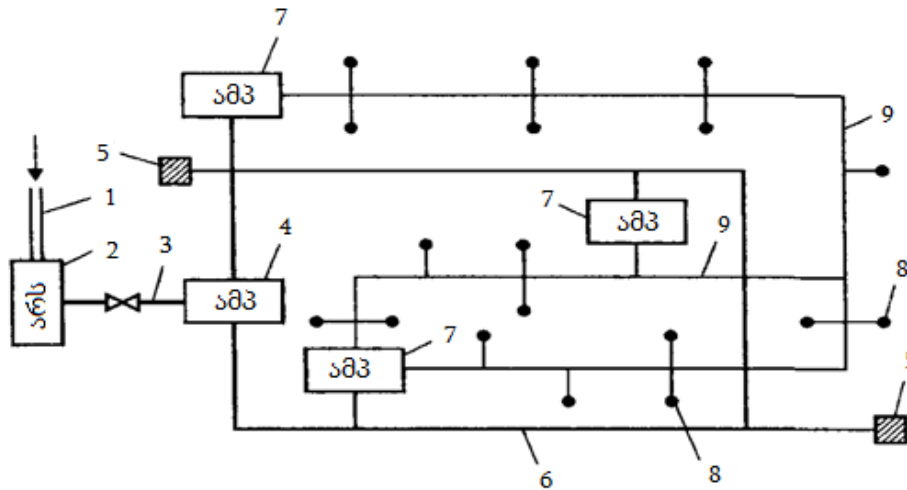
ქალაქებში და საწარმოო ობიექტებზე აირის ქსელების მოსაწყობად გამოიყენება მარტენის ლუმელებში გამოდნობილი დაბალლეგირებული და მცირენახშირბადოვანი ფოლადის უნაკერო ან შედუღებული მილები, ნახშირბადის ზღვრული შემცველობით არა უმეტესი 0,27 %.

მილები გარე და შიგა აირის ქსელებისათვის და მათი დეტალები უნდა იყოს დამზადებული ფოლადისაგან, რომელიც აკმაყოფილებს შემდეგ მოთხოვნებს:

$$\text{ფარდობა დენადობის ზღვრისა } \sigma_s \text{ და რღვევის დროებითი წინააღობის } \sigma_{\varrho} \frac{\sigma_s}{\sigma_{\varrho}} \leq 0,82;$$

დაბალი ლეგირების ფოლადისთვის σ_s მნიშვნელობა არ უნდა იყოს წუნის σ_{ϱ} მნიშვნელობის 0,65-ზე ნაკლები.

სიმტკიცის ზღვარი დაბალი ლეგირების ფოლადისთვის უნდა იყოს $\sigma_s \geq 50$ კგძ/მმ² (500 პა) და ნახშირბადოვანი ფოლადისთვის $\sigma_s \geq 35$ კგძ/მმ² (350 პა), ფარდობითი დაგრძელება არანაკლები 18 %-სა.



ნახ.5.4. აირმომარაგების ორსაფეხურიანი სისტემის სქემა:

1 - მაგისტრალური აირსადენი; 2 - აირგამანაწილებელი სადგური; 3 - მაღალი წნევის აირსადენი; 4 - მაღლიდან დაბალ წნევაზე რეგულირების პუნქტი; 5 - საშუალო წნევის მომხმარებელი; 6 - საშუალო წნევის აირსადენები; 7 - საშუალოდან დაბალზე რეგულირების პუნქტი; 8 - დაბალი წნევის აირის მომხმარებელი; 9 - დაბალი წნევის აირსადენები.

ფოლადი, რომელიც გამოიყენება მილების მილებისათვის, კარგად უნდა დულდებოდეს რკალური მეთოდით და პირაპირა კონტაქტური შედუღებით. მილები ყველა წნევის მიწისზედა და მიწისზედა აირგამანაწილებელი ქსელებისათვის გამოიყენება კედლის სისქით არა ნაკლები 3 მმ, წყალქვეშა გაყვანისათვის არა ნაკლები 5 მმ ე.ი 2 მმ მეტი გაანგარიშებულ სიდიდეზე. იყენებენ უნაკერო ცხლადგამოყვანილ მილებს, გარე დიამეტრით 32 – 426 მმ და კედლის სისქით 3 დან 9 მმ მდე და უნაკერო ცივგამოყვანილ(ცივად დამზადებულ) მილებს გარე დიამეტრით 34 – 110 მმ, კედლის სისქით 3-5 მმ (იხ. ცხრ. 5.2, 5.3).

ასევე შეიძლება გამოყენებული იყოს ელექტროშედუღებული სწორნაკერიანი მილები გარე დიამეტრით 426-920 მმ და კედლის სისქით 5 – 9 მმ ან ელექტროშედუღებული სპირალური ნაკერით მილები გარე დიამეტრით 426 – 720 მმ და კედლის სისქით 6 – 9 მმ. მილების ყველა პარტიას უნდა ახლდეს სერტიფიკატი (პასპორტი) სადაც მოყვანილი იქნება მილის მასხასიათებლები. მილების ზომები ხასიათდება პირობითი გასასვლელით (უჩვენებენ ნომინალურ დიამეტრს), გარე დიამეტრით და კედლის სისქით. ქალაქის აირსადენების გაანგარიშებას სიმტკიცეზე აწარმოებენ ისევე როგორც მაგისტრალურ ნავთობაირსადენებს და ნავთობბაზების მილსადენებს.

აირსადენების არმატურა

მაღალი, საშუალო და დაბალი წნევის გამანაწილებელ აირსადენებზე აყენებენ დამცავ, ჩამკვეტ და სპეციალურ არმატურას.

კონდენსატის შემკრები. კონდენსატის შემკრების და გაყვანის მიზნით გამანაწილებელ აირსადენებზე აყენებენ კონდენსატის შემკრებს (სიფონებს). მათი რიცხვი უნდა უზრუნველყოფდეს აირსადენებში გამოყოფილმთლიანი რაოდენობის შეკრებას და გაყვანას. საკონდენსაციო ქოთნების ზომებს ირჩევენ აირსადენის დიამეტრის მიხედვით. ქოთნის სიმაღლეს ღებულობენ ტოლს 1 – 1,5 მილის დიამეტრისა, ქოთნის დიამეტრს კი ტოლს მილსადენის დიამეტრისა.

ფოლადისა და უნაკერო მილების მექანიკური თვისებები ГОСТ 8732-58, 8734-58, 8733-66,8731-66 –ის (EN 10297-1; EN 10296-2; EN 1092-1:2007) მიხედვით

ფოლადის მარკა	დენადობის ზღვარი σ_s , კგმ/მმ ² (არა ნაკლები)	რღვევის დროებითი წინაღობის σ_B , კგმ/მმ ² (არა ნაკლები)	ფარდობითი დაგრძელება δ_B % (არა ნაკლები)
10	21	34	24
20	25	42	21
Ст. 2	21	34	24
Ст. 3	23	38	22
Ст. 4	25	42	20

მაღალი და დაბალი წნევის კონდენსატის შემკრებს ათავისუფლებენ კონდენსატისაგან ტუმბოების გამოყენების გარეშე. კონდენსატი გაიყვანება აირის წნევის ხარჯზე. დაბალი წნევის კონდენსატის შემკრებებიდან კონდენსატი გაჰყავთ ტუმბოების მეშვეობით. ნახ. 5.5, ა - ზე მოყვანილია დაბალი წნევის კონდენსატის შემკრები შეჭრილი საკონდენსაციო ქოთნით. აირსადენიდან კონდენსატი ჩაედინება ქოთანში. კონდენსატის გასაყვანად დაყენებულია სპეციალური მილის დგარი.

ნახ. 5.5, ბ - ზე მოცემულია მარალი წნევის კონდენსატის შემკრები, რომელშიც ყენდება დამატებითი მეორე დგარი. ბაიპასის ჩამკეტის არსებობა, რომელიც აერთიანებს ორივე დგარს, არ აძლევს საშუალებას კონდენსატი ამოვიდეს მეორე დგარში წნევის გავლენის გამო. ეს იცავს მეორე დგარს კონდენსატის შევსებისაგან და მის რღვევას სითხის გაყინვის შემთხვევაში.

ჩამკეტი ონკანები. აირსადენების ცალკეული უბნების და ასევე ტექნოლოგიური დანადგარების გასათიშად გამოიყენებენ ჩამკეტ არმატურას (ონკანები, ურდულები, ვენტილები და ჰიდრავლიკური ჩამკეტები). დიდი ჰიდრავლიკური წინაღობის გამო ვენტილები გამანაწილებელ აირსადენებზე არ გამოიყენება. ჰიდრავლიკური ჩამკეტები გამოიყენება მხოლოდ დაბალი წნევის აირსადენებზე.

ჩამკეტი არმატურა უნდა უზრუნველყოფთეს აირსადენებისა და ტექნოლოგიური მოწყობილობის საიმედო გათიშვას, ჰერმეტიულობის შენარჩუნებას ექსპლუატაციის პროცესში, მინიმალური ჰიდრავლიკური წინაღობის წარმოქმნას აირის მოძრაობის დროს და საიმედოობას ექსპლუატაციაში.

ჩამკეტი ონკანი შედგება ორი ძირითადი ნაწილისაგან - კორპუსისა და საცობისაგან. ჩამკეტის (საცობის) ფორმის მიხედვით ონკანი შეიძლება იყოს კონუსური და სფერული. კონსტრუქციის მიხედვით ანსხვავებენ მარტივ საბრუნ ონკანებს გამოსაწევი საცობით და ონკანებს იძულებითი დაზეთვით.

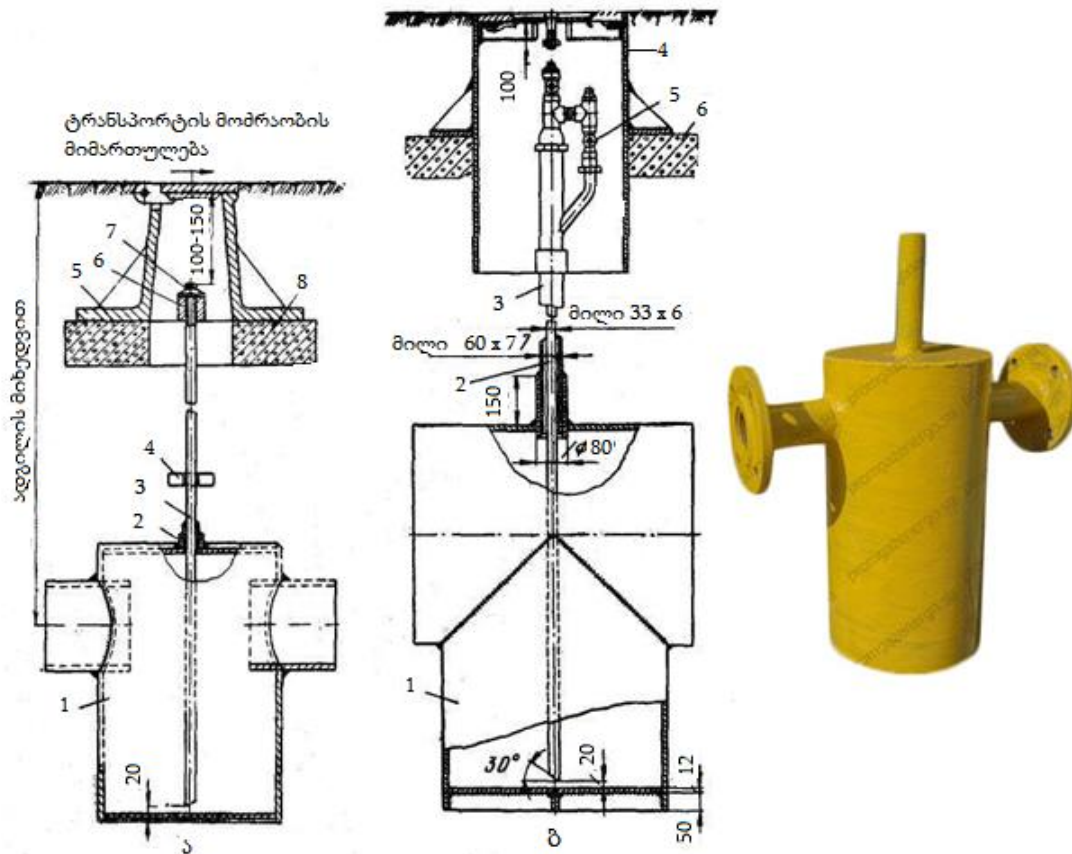
საცობის კორპუსთან მიჭერის ძალის გადაცემის მიხედვით საბრუნ ონკანები დაყოფილია დამჭიმ, ჩოხალისის, თვითშემამჭიდროებელ და ზამბარიან ონკანებად. დაბალი წნევის მიწისქვეშა აირსადენებზე მარტივი საბრუნ ონკანებიდან აყენებენ მხოლოდ თუჯის ჩოხალიან ონკანებს (ნახ.5.6). ჩვეულებრივ ისინი ყენდება 80 მმ -ანი დიამეტრის აირსადენებზე. დიამეტრის ზრდასთან ერთად იზრდება ძალა, რომელიც საჭიროა ონკანის მართვისათვის.

ყველაზე გამოყენებადი უნაკერო ცხლადგამოყვანილი მილების სორტამენტი

გარე დიამეტრი, მმ	1 მ მილის თეორიული წონა (მასა), კგ კედლის სისქით, მმ										
	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	11
57	4,62	5,23	5,83	6,41	6,99	7,55	8,63	9,67	10,65	11,59	12,48
60	4,88	5,52	6,16	6,78	7,39	6,99	9,15	10,26	11,32	12,33	13,29
70	5,74	6,51	7,27	8,01	8,75	9,47	10,88	12,23	13,54	14,80	16,01
76	6,26	7,10	7,93	8,75	9,50	10,36	11,91	13,42	14,87	16,28	17,63
89	7,38	8,38	9,38	10,36	11,33	12,28	14,16	15,98	17,76	19,48	21,16
108	-	10,26	11,49	12,70	13,90	15,09	17,44	19,73	21,97	24,17	26,31
133	-	12,73	14,26	15,78	17,29	18,79	21,75	24,66	27,52	30,33	33,10
159	-	-	17,15	18,99	20,82	22,64	26,24	29,79	33,29	36,75	40,15
168	-	-	-	20,10	22,04	23,97	27,79	31,57	35,29	38,97	42,59
219	-	-	-	-	-	31,52	36,60	46,63	46,61	51,54	56,43
273	-	-	-	-	-	-	45,92	52,28	58,60	64,86	71,07
325	-	-	-	-	-	-	-	62,54	70,14	77,68	85,18
377	-	-	-	-	-	-	-	-	81,68	90,51	99,29
426	-	-	-	-	-	-	-	-	92,55	102,5	112,5

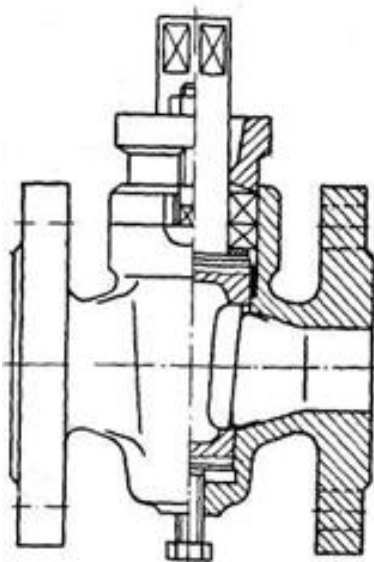
ფართოდ გამოიყენება აირსადენებზე ონკანები იძულებითი დაზეთვით (ნახ. 5.7). ისინი საიმედოა ესპლუატაციაში და ჰერმეტიულად კეტავენ აირსადენს. ძალა, საცობის მოსატრიალებლად ასეთ ონკანებში დიდი არ არის. ონკანები, კონუსური საცობით გამოირჩევიან პირდაპირი დინებით, დაბალი ჰიდრავლიკური წინაღობით, შემამჭიდროებელი ზედაპირების კონტაქტის მუდმივობით და მცირე გაბარიტული ზომებით.

აირსადენებზე ასევე ფართოდ იყენებენ სფერულ ონკანებს, რომლებსაც გააჩნიათ ყველა უპირატესობა კონუსური საცობისა და ასევე გააჩნიათ სხვა დადებითი მხარეები. ონკანის საცობსა და კორპუსს, საცობის სფერული ფორმის გამო, გააჩნია უფრო მცირე გაბარიტული ზომები და წონა, მეტი სიმტკიცე და სიხისტე. სფერული ონკანები ნაკლებად მგრძნობიარე არიან დამზადების უზუსტობის მიმართ და უზრუნველყოფენ უკეთეს ჰერმეტიულობას. მათი დამზადება ნაკლებად შრომატევადია. სფერული ონკანის სქემა მოყვანილია ნახ. 5.8. ონკანის შემამჭიდროება ხორციელდება შემამჭიდროებელი რგოლებით, რომლებიც მზადდება ფტოროპლასტი - 4, პოლიეთილენის, კაპრონისაგან და სხვა. მათ უშვებენ დიამეტრით 800 და 1000 მმ. ონკანის შემამჭიდროებელი ზედაპირები იზეთება სპეციალური საზეთი მასალით განკუთვნილი აირის ონკანებისათვის.

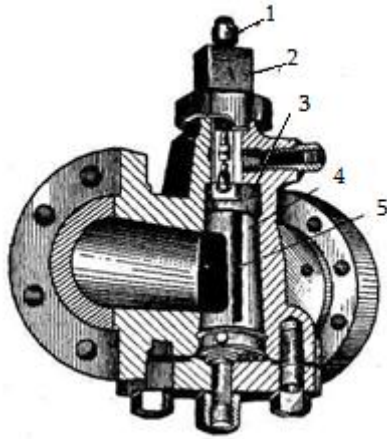


ნახ.5.5. კონდენსატის შემკრები:

ა - დაბალი წნევის: 1- საკონდენსაციო ქოთანნი; 2 - ქურო; 3 - დგარი; 4 - თამასი (მოზრუნების საწინააღდეგოდ); 5 - საფარი (ხუფი); 6 - ქურო; 7 - საცობი; 8 - რკინაბეტონის ფუძე (საყრდენი); ბ - მაღალი წნევის: 1 - საკონდენსაციო ქოთანნი; 2 - საკონდენსაციო დგარი; 3 - აირის დგარი; 4 - საფარი (ხუფი); 5 - ჩამკეტი; 6 - რკინაბეტონის ფუძე (საყრდენი).

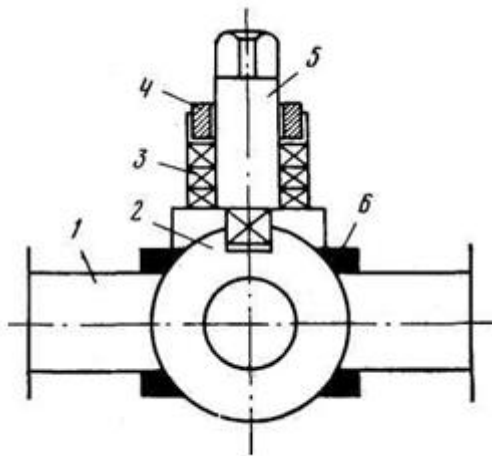


ნახ. 5.6. თუჯის საბრუნო ჩოხალიანი ჩამკეტი ონკანი



ნახ. 5.7. ჩამკეტი ონკანი იძულებითი დაზეთვით:

1 - საზეთი ჭანჭიკი; 2 - შპინდელი; 3 - საზეთი კამერა; 4 - საცობი; 5 - საზეთი ღარი.



ნახ. 5.8. სფერული ონკანის სქემა:

1 - კორპუსი; 2 - ონკანის სფერული საცობი; 3 - ჩოხალის შემჭიდროება; 4 - ჩოხალის მილისა; 5 - შპინდელი; 6 - შემამჭიდროებელი რგოლი.

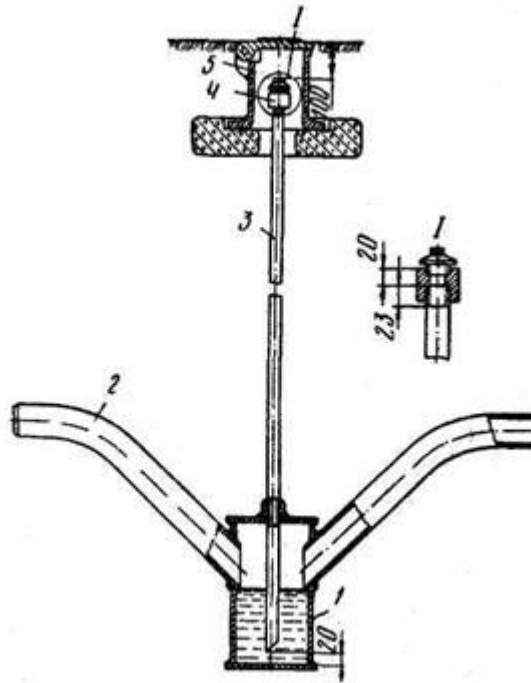
ჰიდრავლიკური ჩამკეტი. ჰიდრავლიკური ჩამკეტი (ნახ, 5.9) გამოიყენება ქალაქის დაბალი წნევის აირსადენებზე. ის წარმოადგენს ცილინდრულ ჭურჭელს სახურავითა და მილყელებით მილსადენთან მიერთებისთვის. მისი ჩაკეტვისათვის გამოიყენება ვერტიკალური მილი. ამ მილით ხორციელდება ჰიდრავლიკური ჩამკეტის სითხით შევსება.

ჰიდრავლიკური ჩამკეტის ძირითადი უპირატესობა არის მისი ჰერმეტიულობა და კონსტრუქციის სიმარტივე.

ტენიანი აირის ტრანსპორტირების დროს ჰიდრავლიკური ჩამკეტი ჩაღრმავებული უნდა იყოს მიწის გაყინვის სიღრმის ქვემოთ. ის ასევე შეიძლება გამოყენებული იყოს როგორც კონდენსატის შემკრები. გამომშრალი აირის ტრანსპორტირებისას მისი ჩაღრმავება მიწის გაყინვის ქვემოთ საჭირო არ არის.

არალითონის მილები. ქალაქებში განლაგებულ სამრეწველო წარმოებებში გრუნტი როგორც წესი გამოირჩევა მაღალი აგრესიულობით და მოხეტიალე დენების მაღალი სიმჭიდროვით. აქედან გამომდინარე ფოლადის მილსადენები განიცდიან მნიშვნელოვან კოროზიას. კოროზიის

თავიდან ასაცილებლად გამოიყენებენ მილების დაცვის სხვადასხვა ხერხს (იხ. თავი 1, ქვეთავი 1.3.2.4.). მოთხოვნა ფოლადის მილებზე მრეწველობის ყველა სფეროში ძალიან დიდია. ამიტომ ფოლადის მილების შეცვლა არალითონის მილებზე გვაძლევს მნიშვნელოვან ეკონომიურ ეფექტს.



ნახ. 5.9. ჰიდრაგეოლოგიური ჩამკეტი;

1 - ცილინდრული რეზერვუარი; 2 - ჰიდრაგეოლოგიური ჩამკეტის მილყელი; 3 - მილი; 4 - ქურო; 5 - სახურავი (ხუფი).

ბოლო წლებებში აირმომარაგების სიტემებში ფართოდ გამოიყენება პლასტმასის მილები. პლასტმასის მილები მსუბუქია, რაც მოსახერხებელია ტრანსპორტირებისათვის, არიან კოროზიულად მგრადი, კარგად მუშავდება მექანიკურად და მათზე არა აქვს გავლენა მოხეტიალე დენებს. მრეწველობა უშვებს პოლიეთილენის მილებს დიამეტრით 16 – 1600 მმ, კედლის სისქით 2- 70,3 მმ. ის კარგად დუღდება, იჭრება, წებდება. პოლიეთილენის სიმკრივე შედგენს 940 კგ/მ³ (ცხრ.5.4).

პოლიქლორვინილის მილებს გააჩნია უფრო მეტი სიმტკიცე ვიდრე პოლიეთილენის მილებს. მისი გამოყენება აირმომარაგებისათვის დასაშვებია. მაგრამ წყალთან კონტაქტის დროს გამოყოფს ჯამრთელობისათვის საშიშს ქლორეთილენს.

პოლიპროპილენის მილები ოპტიმალური ვარიანტია აირმომარაგებისათვის. ის უფრო ხისტია პოლიეთილენთან შედარებით, არ გამოყოფს ტოქსიკურ ნივთიერებებს, როგორც პოლიქლორვინილი და არ შედის რეაქციაში უმრავლეს აგრესიულ გარემოსთან.

პოლიეთილენის მილების ტექნიკური მახასიათებლები GOST 18599-2001 (EN 1552)

დიამეტრი	SDR 26		SDR 28		SDR 17,6		SDR 17		SDR 13,6		SDR 11		SDR 9	
	PN 5		PN 6,3		PN 5,5		PN 8		PN 10		PN 12,5		PN 16	
	PN 100		PN 100		PN 100		PN 100		PN 100		PN 100		PN 100	
	კედლ. სისტემა	წონა კგ	კედლ. სისტემა	წონა კგ	კედლ. სისტემა	წონა კგ	კედლ. სისტემა	წონა კგ	კედლ. სისტემა	წონა კგ	კედლ. სისტემა	წონა კგ	კედლ. სისტემა	წონა კგ
16													2,0	0,09
20											2,0	0,116	2,3	0,132
25									2,0	0,148	2,3	0,169	2,8	0,198
32							2,0	0,193	2,4	0,229	3,0	0,277	3,6	0,325
40			2,0	0,244	2,3	0,281	2,4	0,292	3,0	0,353	3,7	0,427	4,5	0,507
50	2,0	0,308	2,4	0,369	2,9	0,436	3,0	0,449	3,7	0,545	4,6	0,663	5,6	0,786
63	2,5	0,488	3,0	0,573	3,6	0,682	3,8	0,715	4,7	0,869	5,8	1,05	7,1	1,25
75	2,9	0,668	3,6	0,821	4,3	0,97	4,5	1,01	5,6	1,23	6,8	1,46	8,4	1,76
90	3,5	0,969	4,3	1,18	5,1	1,4	5,4	1,45	6,7	1,76	8,2	2,12	10,1	2,54
110	4,2	1,42	5,3	1,77	6,3	2,07	6,6	2,16	8,1	2,61	10,0	3,14	12,3	3,78
125	4,8	1,83	6,0	2,26	7,1	2,66	7,4	2,75	9,2	3,37	11,4	4,08	14,0	4,87
140	5,4	2,31	6,7	2,83	8,0	3,35	8,3	3,46	1,0	4,22	12,7	5,08	15,7	6,12
160	6,2	3,03	7,7	3,71	9,1	4,35	9,5	4,51	11,8	5,5	14,6	6,67	17,9	7,97
180	6,9	3,78	8,6	4,66	10,2	5,47	10,7	5,71	13,3	6,98	16,4	8,43	20,1	10,1
200	7,7	4,68	9,6	5,77	11,4	6,78	11,9	7,04	14,7	8,56	18,2	10,4	22,4	12,5
225	8,6	5,88	10,8	7,29	12,8	8,55	13,4	8,94	16,6	10,9	20,5	13,2	25,2	15,8
250	9,6	7,29	11,9	8,29	14,2	10,6	14,8	11	18,4	13,4	22,7	16,2	27,9	19,4
280	10,7	9,09	13,4	11,3	15,9	13,2	16,6	13,8	20,6	16,8	25,4	20,3	31,3	24,4
315	12,1	11,6	15,0	14,2	17,9	16,7	18,7	17,4	23,2	21,3	28,6	25,7	35,2	30,8
355	13,6	14,6	16,9	18	20,1	21,2	21,1	22,2	26,1	27	32,2	32,6	39,7	39,2
400	15,3	18,6	19,1	22,9	22,7	26,9	23,7	28	29,4	34,2	36,3	41,4	44,7	49,7
450	17,2	23,5	21,5	29	25,5	34	26,7	35,5	33,1	43,3	40,9	52,4	50,3	62,9
500	19,1	29	23,9	35,8	28,3	42	29,7	43,9	36,8	53,5	45,4	64,7	55,8	77,5
560	21,4	36,3	26,7	44,8	31,7	52,6	33,2	55	41,2	67,1	50,8	81	62,5	97,3
630	24,1	46	30,0	56,5	35,7	66,6	37,4	69,9	46,3	84,8	57,2	103	70,3	123
710	27,2	58,5	33,9	72,1	40,2	84,7	42,1	88,4	52,2	108	64,5	131	-	-
800	30,6	74,1	38,1	91,4	45,3	108	47,4	112	58,8	137	-	-	-	-
900	34,4	93,8	42,9	116	51,0	136	53,3	142	66,1	173	-	-	-	-
1000	38,2	116	47,7	143	56,6	168	59,3	175	73,5	214	-	-	-	-
1200	45,9	167	57,2	206	68,0	242	71,1	252	-	-	-	-	-	-
1400	53,5	2278	66,7	280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1600	61,2	296	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SDR - გარე დიამეტრის შეფარდება კედლის სისქესთან;

PN - მუშა წნევა

5.4.1.2. აირის მომხმარებლები. აირის ხარჯის მერყეობა (უთანაბრობა), აირის ხარჯის ანგარიში

ქალაქებში და დასახლებულ ადგილებში აირი პირველ რიგში მიეწოდება საცხოვრებელ შენობებს, მოსახლეობის საყოფაცხოვრებო მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად, წარმოებებს, კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო და კულტურული მომსახურების დაწესებულებებს. ბუნებრივი აირი გამოიყენება ქიმიურ მრეწველობაში, მეტალურგიაში, მანქანათმშენებლობაში და სხვა დარგებში.

აირის მოხმარება წლისა დღე ღამის განმავლობაში არათანაბარია. ანსხვავებენ უთანაბრობას: სეზონურს (თვიურს), დღე-ღამურს და საათურს. სეზონური უთანაბრობა გამოწვეულია აირის დამატებითი ხარჯით ზამთრის პერიოდში და ასევე საყოფაცხოვრებო ხარჯების შემცირებით ზაფხულში.

კვირის განმავლობაში, კვირის თითოეულ დღეში აირის ხარჯის უთანაბრობა გამოწვეულია მაცხოვრებლების ცხოვრების წესის გამო, წარმოების მუშაობის რეჟიმით და გარე ჰაერის ტემპერატურის ცვლილებით. აირის ასეთ მოხმარებას უწოდებენ დღე-ღამურ უთანაბრობას.

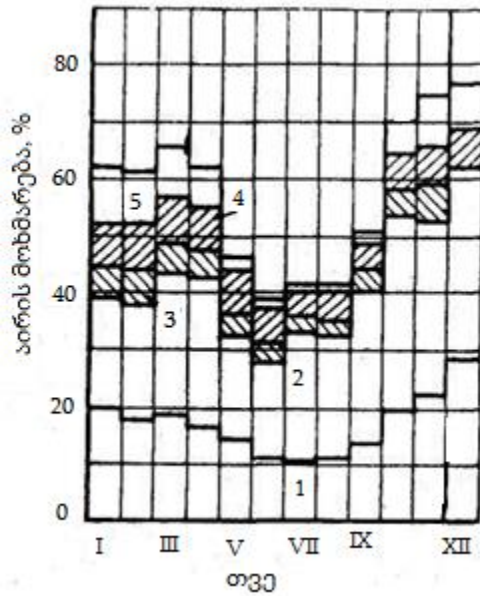
დღეღამის განმავლობაში აირის მოხმარება ასევე არათანაბარია (საათური უთანაბრობა). უდიდესი საათური უთანაბრობა აქვს საყოფაცხოვრებო და კომუნალურ მომხმარებელს. წარმოების მიერ აირის მოხმარების რეჟიმი ძირითადად განისაზღვრება ცვლების რაოდენობის მიხედვით.

აირის მოხმარების გრაფიკი. უთანაბრობის კოეფიციენტი. აირის მოხმარების წლიურ გრაფიკს დიდი მნიშვნელობა აქვს აირმომარაგების სისტემის ექსპლუატაციისათვის. ის აიგება ყველა კატეგორიის მომხმარებლის წლიური გრაფიკების საფუძველზე.

ნახ. 5.10. მოყვანილია წაირის დღეღამური მოხმარების გრაფიკი წლის განმავლობაში. ყველაზე დიდი სეზონური უთანაბრობა გააჩნია გათბობის დატვირთვის (ზაფხულის თვეებში აირი გათბობაზე არ იხარჯება). აირი ტექნოლოგიურ საჭიროებისათვის იხარჯება უფრო თანაბრად. წლიური გრაფიკი საშუალებას იძლევა შევადგინოთ აირის ბალანსი, დავგეგმოთ მისი მიწოდება, განვსაზღვროთ ბუფერული მომხმარებლების რაოდენობა, ვიანგარიშოთ მიწისქვეშა საცავების მოცულობა და დავგეგმოთ სარემონტო სამუშაოების ჩატარება.

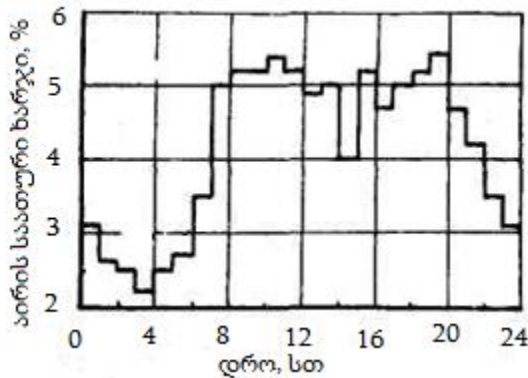
აირის მოხმარება საყოფაცხოვრებო მომხმარებლების მიერ კვირის პირველ ოთხ დღეში თანაბარია. აირის ხარჯი იზრდება დასავენებელი დღეების წინ. აირის მოხმარება მატულობს წინა სადღესასწაულო დღეებში. მაქსიმალური აირის ხარჯი წლის განმავლობაში მოდის 31 დეკემბერზე.

ქალაქის გამანაწილებელი აირსადენები იანგარიშება აირის მაქსიმალურ საათობრივ ხარჯზე, რომელიც შეიძლება დავადგინოთ, თუ გაგვაჩნია აირის დღეღამური მოხმარების გრაფიკი. ყველაზე დიდი საათური უთანაბრობა აქვს საყოფაცხოვრებო და კომუნალურ მომხმარებლებს. აირის მოხმარების დამახასიათებელი გრაფიკი დღეღამის განმავლობაში მოცემულია ნახ. 5.11-ზე. აირის მოხმარება ელექტროსადგურების მიერ არ ითვალისწინება.



ნახ.5.10. აირის დღელამური მოხმარების გრაფიკი წლის განმავლობაში:

1 - მოხმარება საწარმოების მიერ; 2 - მოხმარება ელექტროსადგურების მიერ; 3 - კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მოხმარება; 4 - მოხმარება ბინებში; 5 - მოხმარებს შენობის გათბობისა და ვენტილაციის მიერ.



ნახ. 5.11. აირის დღე-ღამური მოხმარების გრაფიკი

აირის ხარჯის უთანაბრობას ახასიათებს შემდეგი უთანაბრობის კოეფიციენტები:

1. სეზონური უთანაბრობის კოეფიციენტი K_1 , განისაზღვრება როგორც თანაფარდობა აირის ხარჯისა მოცემულ თვეში საშუალო თვიურ ხარჯთან
2. დღელამური უთანაბრობის კოეფიციენტი K_2 , განისაზღვრება როგორც თანაფარდობა აირის ხარჯისა მოცემულ დღელამეში საშუალო დღელამურ ხარჯთან კვირის განმავლობაში
3. საათური უთანაბრობის კოეფიციენტი K_3 , განისაზღვრება როგორც თანაფარდობა აირის ხარჯისა მოცემულ საათში საშუალო საათურ ხარჯთან დღე-ღამის განმავლობაში

ბინებისათვის, რომლებშიც აირი გამოიყენება საჭმლის მოსამზადებლად, აირის მოხმარების უდიდესი უთანაბრობის კოეფიციენტი $K_2 = 1.96$. უდიდესი საათური უთანაბრობის

კოეფიციენტი K_3 ქალაქის ზინებში დამოკიდებულია აირმომარაგების მოცულობაზე და აირ-მოწყობილობის მახასიათებლებზე, იცვლება ზღვრებში 1.6 – 2.2. კომუნალურ - საყოფაცხოვრებო მომხმარებლისათვის $K_3 = 2,62$.

აირის ხარჯის ნორმები. ქალაქის აირმომარაგების სისტემების პროექტირებისათვის საჭიროა გვექონდეს მონაცემები აირის წლიურ ხარჯზე სხვადასხვა მომხმარებლების მიერ. აირის წლიური ხარჯის გაანგარიშება წარმოებს ნორმების მიხედვით. სამშენებლო ნორმებითა და წესებით დადგენილია აირის ხარჯი წელიწადში (ერთ ადამიანზე):

1. 600 000 კვალ - საჭმლის მომზადებისათვის ბინის პირობებში, წყლის გაცხელების გარეშე სამეურნეო და სანიტარულ-ჰიგიენური მოთხოვნებისათვის;
2. 700 000 კვალ - საჭმლის მომზადებისათვის და წყლის გათბობაზე სამეურნეო მოხმარებისათვის ბინის პირობებში, სანიტარულ-ჰიგიენური მოთხოვნების დაკმაყოფილების და სარეცხის რეცხვის გარეშე
3. 780 000 კვალ - 1 ტონა პურის გამოცხობისათვის პირის ქარხანაში და ა.შ.

აირის საათური ხარჯი ($\text{მ}^3/\text{სთ}$) საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი შენობების გასათბობად შეიძლება გამოვითვალოთ შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$Q = \frac{V \cdot q \cdot (t_1 - t_2)}{Q_{\text{უღ.}\eta}} \quad (5.28)$$

სადაც V - გასათბობი შენობის გეომეტრიული მოცულობა, მ^3 ;

q - გასათბობი შენობის საშუალო თბური მახასიათებელი, $\text{ჯ}/\text{მ}^3 \text{ სთ } ^\circ\text{C}$;

t_1 - გასათბობი შენობის საშუალო შიგა საანგარიშო ტემპერატურა, $^\circ\text{C}$;

t_2 - გარე ჰაერის საანგარიშო ტემპერატურა, $^\circ\text{C}$;

$Q_{\text{უღ}}$ - აირის უმცირესი თბოგამოყოფა, $\text{ჯ}/\text{მ}^3$;

η - სათბობი დანადგარის (ქვების) მ.ქ.კ.

აირის ხარჯის ანგარიში. ქალაქის გამანაწილებელი ქსელებისაირის საანგარიშოხარჯი $Q_{\text{საან}}$ ($\text{მ}^3/\text{სთ}$) გამოითვლება წლიური ნორმებისა და უთანაბრობის კოეფიციენტების მიხედვით:

$$Q_{\text{საან}} = K_m \cdot \frac{Q_{\text{წ}}}{\tau} \quad (5.29)$$

სადაც K_m - აირის წლიური მოხმარების უდიდესი უთანაბრობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა

$$K_m = K_{1m} \cdot K_{2m} \cdot K_{3m}$$

$Q_{\text{წ}}$ - აირის წლიური მოხმარება, მ^3 ;

τ - საათების რაოდენობა წელიწადში, სთ;

K_{1m} , K_{2m} და K_{3m} მაქსიმალური მნიშვნელობები უთანაბრობის კოეფიციენტებისა სეზონური წლიური, დღე-ღამური კვირეული და საათური დღეღამური.

აირგამანაწილებელი ქსელების ტრასირება. ქალაქის აირსადენების გაყვანისათვის (პროექტირებისათვის) საჭიროა გვექონდეს:

1. აირმომარაგების სიტემის გენერალური სქემა;
2. სავალი გზების გეგმა მიწისქვეშა ნაგებობების ჩვენებით;
3. გეოლოგიურ - ლითოლოგიური ჭრილები 3 მეტრის სიღრმეზე ან ტრასის გასწვრივ განლაგებული ჭაბურღილების ჭრილები;
4. მონაცემები გრუნტის კოროზიული აქტივობის შესახებმიწების ჩაღრმავების დონეზე.

პროექტირების სტადიაზე დგინდება აირსადენების წნევა, ხარჯი, დიამეტრი და ა.შ. გენერალური სქემის საფუძველზე (საპროექტო დავალება) ასრულებენ აირსადენების გაყვანის სქემას მასშტაბში 1 : 1000 ან 1 : 2000. სქემაზე უჩვენებენ დასაპროექტებელ აირსადენებს, მათ დიამეტრს, წნევას, განშტოებებს და შემყვანებს მომხმარებლებთან. ასევე აღნიშნავენ ჩამკეტების დაყენების ადგილებს. აირსადენის გაყვანის სქემის საფუძველზე სრულდება აირსადენის ტრასის, განშტოებებისა და შემყვანების ნახაზები. აირსადენების განლაგების ადგილის შერჩევას ითვალისწინებენ სავალი გზებისა და განაშენიანების ხასიათს, შემყვანების რაოდენობას, სავალი გზების საფარის კონსტრუქციას, ტრამვაის ხაზებისა და მიწისქვეშა ნაგებობების არსებობას, აირსადენების ექსპლუატაციის მოხერხებულობას.

აირსადენების ტრასირების შემდეგ აგებენ მის გრძივ პროფილს, რომელზეც დააქვთ მიწისქვეშა ნაგებობები, რომელსაც კვეთას აირსადენები, მიწის ზედაპირის ნიშნულები, ჭაბურღილები გრუნტის დახასიათებით, გრუნტის წყლის დონე, კოროზიული გრუნტების დახასიათება. პროფილის სკალაზე მიუთითებენ აირსადენის სიგრძეს, ქანობას, მილის კეხის ნიშნულს და ჩაღრმავებას.

ცხრილი 5.5

მინიმალური ჰორიზონტალური მანძილი აირსადენებსა და სხვა ნაგებობებსა და კომუნიკაციებს შორის, მეტრებში

ნაგებობები და კომუნიკაცია	აირსადენები, მუშაობის წნევა, კგ/სმ ²			
	0,05- მდე	0,05 - დან 3 - მდე	3 - დან 6 - მდე	6 - დან 12 - მდე
შენობები (განაშენიანების ხაზის მიხედვით) განათებისა და კავშირგაბმულობის საყრდენების ფუნდამენტი	2,0	5,0	9,0	15,0
მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზები (დამიწების კონტურიდან)	1,0	1,0	1,0	1,0
რკინიგზა (უახლოეს რელსამდე)	3,0	4,0	7,0	10,0
ტრამვაის ხაზები(უახლოეს რელსამდე)	2,0	2,0	3,0	3,0
ხეები (ტანამდე)	1,5	1,5	1,5	1,5
წყალსადენი (მილის კედლამდე)	1,0	1,0	1,0	1,0
კანალიზაცია(მილის კედლამდე)	1,0	1,5	2,0	5,0
თბური ქსელები (გარე კედლამდე)	2,0	2,0	2,0	4,0
ძალური და სატელეფონო კაბელები	1,0	1,0	1,0	2,0

რამდენიმე აირსადენის ტრანშეაში ჩაწყობისას მანძილი მათ შორის უნდა იყოს არა ნაკლები 0,4 მ-სა 300 მმ-მდე და 0,5 მ-სა მილის დიამეტრისათვის 300 მმ-ზე მეტი.

ვერტიკალური მანძილი მიწისქვეშა აირსადენებიდან წყალსადენამდე, კანალიზაციამდე თბოტრასამდე და ა.შ მათ გადაკვეთისასუნდა იყოს არა ნაკლები 0,15 მ-სა, ელექტრო და სატელეფონო კაბელამდე არა ნაკლები 0,5 მ-სა.

აირსადენის ჩაღრმავება გამოშრალი აირის ტრანსპორტირებისას უნდა იყოს არა ნაკლები 0,8 მ-სა მილის კეხამდე. იმ ადგილებში სადაც არ არის ტრანსპორტის მოძრაობა შესაძლებელია ჩაღრმავების შემცირება 0.6 მ-მდე.

ტენიანი აირის ტრანსპორტირებისას საჭიროა გავითვალისწინოთ აირსადენის ქანობა არა ნაკლები 0.002.

5.4.1.3. აირგამანაწილებელი სადგური (აგს) და მისი დანადგარები

მაგისტრალური აირსადენის ბოლოში და განშტოების იმ წერტილებში, სადაცქალაქს, დასახლებულადგილს ან წარმოებას მიეწოდება აირი აგებენ აირგამანაწილებელ სადგურს.

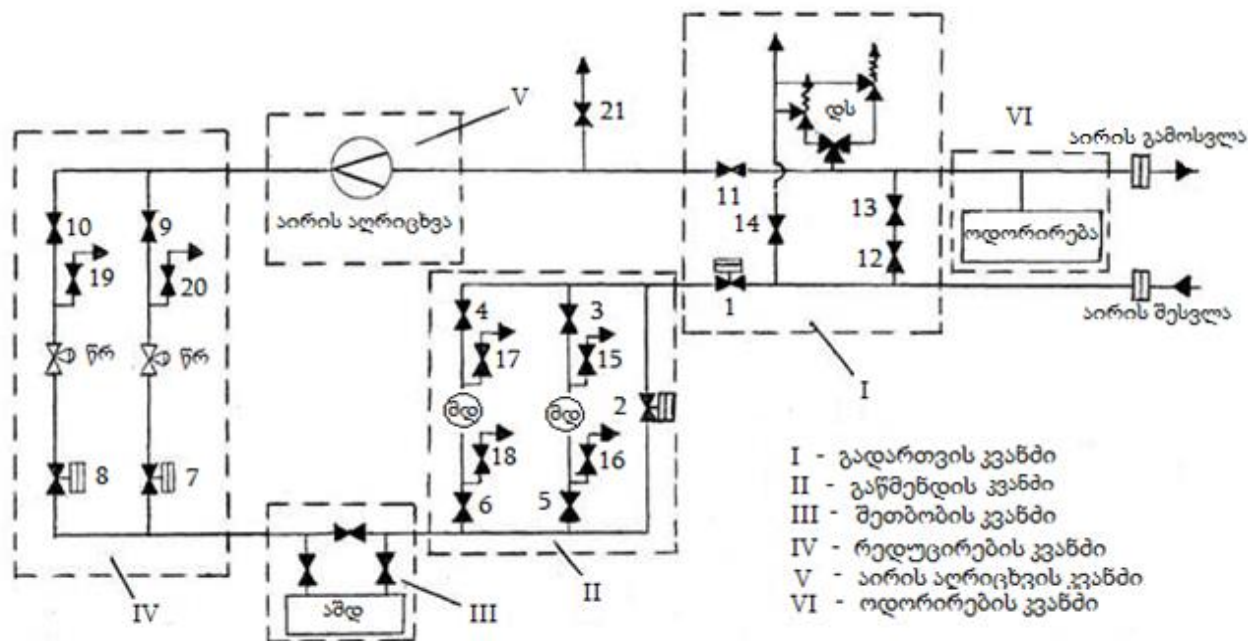
აირგამანაწილებელი სადგური ასრულებს შემდეგ ოპერაციებს:

1. აირის მიღება მაგისტრალური მილსადენიდან;
2. აირის გაწმენდა მექანიკური მინარევებისაგან;
3. წნევის დაწევა მოცემულ სიდიდემდე;
4. წნევის ავტომატური შენარჩუნება მოცემულ დონეზე;
5. აირის განაწილება მომხმარებლებზე;
6. აირის რაოდენობის გაზომვა.

ამის გარდა აგს-ში ხორციელდება აირის ოდორირება.

აგს - ში და მომხმარებელთან დაყენებული დანადგარების საიმედო და გამართულ მუშაობისათვის აირი, რომელიც მიეწოდება მაგისტრალურ მილსადენიდან გადის მტვერდამჭერებს და ფილტრებს, რათა გაიწმინდოს მტვრის, ქვიშის, ტენისაგან და ა.შ. ნახ. 5.12 -ზე მოყვანილია აგს -ის ტექნოლოგიური სქემა, სადაც ნაჩვენებია აგს-ის ძირითადი კვანძები. თითოეულ მათგანს აქვს თავისი დანიშნულება.

1. გადართვის კვანძი განკუთვნილია მაღალი წნევისაირის ნაკადის გადართვისათვის წნევის ავტომატური რეგულირებიდან ხელით რეგულირებაზე ბაიპასის ხაზზე. ის ასევე დამცავი სარქველების მეშვეობით თავიდან იცილებს წნევის მომატებას მომხმარებლისათვის მიმწოდებელ ხაზში.
2. აირის გამწმენდი კვანძი განკუთვნილია მექანიკური (მყარი და თხევადი) მინარევების მოხვედრის თავიდან ასაცილებლად აგს-ის ტექნოლოგიურ და აირის მარეგულირებელ დანადგარებში, კონტროლისა და ავტომატიკის საშუალებებში და მომხმარებელთან.
3. შეთბობის კვანძი (ჰიდრატის წარმოქმნის თავიდან აცილების კვანძი) განკუთვნილია არმატურის გაყინვის და კრისტალოჰიდრატების წარმოქმნის თავიდან ასაცილებლად აირსადენის კომუნიკაციებში და არმატურაში.
4. აირის რედუცირების კვანძი განკუთვნილია მომხმარებლისათვის მისაწოდებელი აირის წნევის დაგდებისა და მითითებული (მოცემული) წნევის ავტომატური შენარჩუნებისათვის.
5. აირის აღრიცხვის კვანძი განკუთვნილია სხვადასხვა ტიპის ხარჯზომების დახმარებით დახარჯული აირის რაოდენობის აღრიცხვისათვის.
6. ოდორირების კვანძში აირს ემატება ნივთიერება მძაფრი არასასიამოვნო სუნით (ოდორანტი). ეს საშუალებას იძლევა დროულად აღმოვაჩინოთ აირის გაჟონვა სუნის მიხედვით სპეციალური ხელსაწყოების გარეშე. ოდორანტად გამოიყენება ეთილმერკაპტანი (16 გ (19,1 სმ³) 1000 ნმ³ (ნანომეტრ) აირზე).



ნახ. 5.12. აირ გამანაწილებელი სადგურის ტექნოლოგიური სქემა:

მდ - მტვრის დამჭერი დანადგარი; აშდ - აირის შეთბობის დანადგარი; დს - დამცავი სარქველის სიტემა;
 1, 2, 7, 8 - ჩამკეტ - მარეგულირებელი არმატურა; 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 14, 21 - ჩამკეტი ონკანი; 13 -
 მარეგულირებელი ონკანი დროსელირებისათვის; 15, 16, 17, 18, 19, 20 - აირის გაშვება ატმოსფეროში
 (დაწვა).

5.4.1.4. აირიდან მინარევების მოცილება

მაგისტრალურ აირსადენში აირის მიწოდებამდე ის უნდა გამოშრეს და გაიწმინდოს მავნე მინარევებისაგან.

ბუნებრივი და ხელოვნური აირები შეიცავენ სხვადასხვა მინარევებს, რომლებიც იმყოფებიან როგორც აირად, ასევე თხევად და მყარ მდგომარეობაში. ამ მინარევების შედგენილობა არაერთგვაროვანია აირების სხვადასხვა საბადოებისათვის და ერთი საბადოს სხვადასხვა ჭაბურღილებისათვის.

მინარევებს მიეკუთვნებათ: ტენი, რომელიც აირში იმყოფება წყლის ან წყლის ორთქლის სახით, კონდენსატი და ფხვიერი მადანის ნაწილაკები (ქვიშისა და მტვრის სახით). ტენი წარმოადგენს მილსადენისათვის დიდ საშიშროებას, რადგან შეიძლება გამოიწვიოს მისი გაჭედვა ყინულოვანი ან ჰიდრატული საცობებით ან შეამციროს მილსადენის განიკვეთი მის კედლებზე ყინულის მიყინვით.

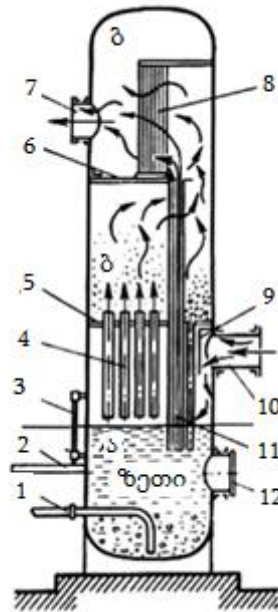
შხამიან მინარევს წარმოადგენს გოგირდწყალბადი, რომელიც იწვევს ადამიანის მოწამვლას და ასევე აქტიური აგენტია მილების შიგა ზედაპირის კოროზიისა. ნახშირორჟანგი განსაკუთრებით ჟანგბადის თანაობისას ასევე მილების კოროზიული აგენტია.

აირის გაწმენდა თხევადი მყარი მინარევებისაგან. გაწმენდა ხორციელდება მილსადენების ხაზოვანი ნაწილის, ასევე საკომპრესორო (კს) და აირგამანაწილებელი (აგს) სადგურების ეროზიისა და დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად. ბუნებრივი აირის გაწმენდისათვის თხევადი (წყალი, კონდენსატი) და გაფრქვეული მყარი ნივთიერებებისაგან (ქვიშა, თიხები) იყენებენ

სეპარატორებს. როდესაც აირი ხდება სეპარატორში, ის იცვლის მისი მოძრაობის მიმართულებას ჰორიზონტალურიდან ვერტიკალურზე და მკვეთრად ამცირებს მოძრაობის სიჩქარეს იმის გამო, რომ სეპარატორის განივკვეთის ფართობი რამდენჯერმე აღემატება მილსადენის ფართობს. სიჩქარის შემცირების შედეგად სითხეებისა და მყარი მადანის ნაწილაკები ვარდებიან და გროვდებიან სეპარატორის ქვედა ნაწილში საიდანაც ხდება მათი პერიოდული მოცილება გამოქვრევის გზით.

აირის გაწმენდის გასაუმჯობესებლად იყენებენ **ბატარეას**, რომელიც შედგება რამდენიმე სეპარატორისაგან. ისინი შეერთებულია ერთნეთთან მიმდევრობით და პარალელურად.

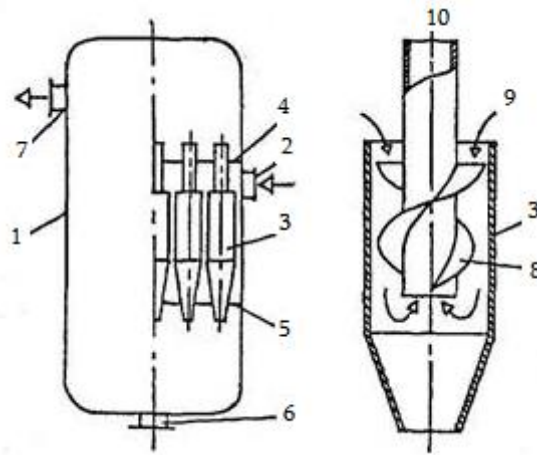
ამის გარდა გამოიყენება **ვერტიკალური** (ნახ.5.13), **ჰორიზონტალური და სფერული თხევადი მტვერდამჭერები**. მათში გამოიყენება აირის გარეცხვის ბარბოტაჟული პრინციპი ანუ აირის სითხეში გატარება.



ნახ. 5.13. ვერტიკალური მტვერდამჭერი:

1 - გაჭუჭყიანებული ზეთის ჩამოსასხმელი მილი; 2 - ზეთის შევსების მილი; 3 - დონის მზომი; 4 - საკონტაქტო მილები; 5,6 - გადამღობი კედელი; 7 - აირის გამომყვანი მილყელი; 8 - სკრუბერი; 9 - მიმართულების შემცვლელი; 10 - აირის შემყვანი მილყელი; 11 - ლამის მოსაცილებელი ლუქი; ა - სარეცხი სექცია (გადამღობ კედლამდე 5); ბ - დალექვის სექცია (გადამღობ კედლიდან 5 კედელ 6-მდე); გ - ამრეკლი (სკრუბერის) სექცია (კედელი 6 -დან სახურავამდე).

ცენტრიდანულ ციკლონურ მტვერდამჭერში (ნახ.5.14) აირის გაწმენდა ხდება ტენის წვეთებისა და მყარი ნაწილაკების ცენტრიდანული ძალით პერიფერიაზე უკუგდების ხარჯზე. სეპარირებული ტენის წვეთები და მყარი ნაწილაკები ილექებიან ციკლონის დრენაჟული კორპუსით აპარატის ქვედა ნაწილში, საიდანაც სადრენაჟო შტუცერის საშუალებით ხდება მათი მოცილება.



ნახ. 5.14. ციკლონური მტვერდამჭერი:

1 - კორპუსი; 2 - აირის შემყვანი მილყელი; 3 - ციკლონი; 4,5 - გადამღობები; 6 - ლამის გასაყვანი მილყელი; 7 - აირის გამომყვანი მილყელი; 8 - ხრახნისებრი ფრთები; 9 - აირის შესვლა; 10 - აირის გამოსვლა

აირის გაწმენდა აირადი მინარევაზისაგან

აირის გაწმენდა. აირის ტენისაგან სრული გათავისუფლება სეპარატორების საშუალებით შეუძლებელია, რადგან წყლის ორთქლის მთლიანი რაოდენობა სეპარატორში გავლისას არ რჩება მათში. ამის გამო ტენის რაოდენობა სეპარატორების შემდეგ შეიძლება საკმარისი აღმოჩნდეს მილსადენში ჰიდრატებისა და ჩვეულებრივი ყინულის წარმოსაქმნელად. ამის გამო მიმართავენ აირის სპეციალურ გაწმენდას მაშინ არსებული წყლის ორთქლისაგან კონდენსაციის გზით, ან მათ შთანთქმას სპეციალური მშთანთქმელებით.

კონდენსაცია ხორციელდება აირის გაცივების ან გაცივებისა და შეკუმშვისკომბინაციის გზით. აირი ცივდება სამაცივრო დანადგარებზე, რომლებიც -30°C -ით დაბლა წევენ ტემპერატურას.

აირის გაწმენდას **მშთანთქმელების** საშუალებით იყენებენ მყარ ან თხევად ნივთიერებებს, რომლებსაც **სორბენტები** ეწოდება. მყარი მშთანთქმელებიდან უფრო გავრცელებულია აქტიური ალუმინის ოქსიდი, გააქტიურებული ბოქსიტი (ალუმინის მადანი), კალციუმის ქლორიდი მყარ მდგომარეობაში და ცეოლიტები. თხევად მშთანთქმელად გამოიყენება დიეთილენგლიკოლი.

აირის გაწმენდა გოგირდწყალბადისა და ნახშირორჟანგისაგან

აირს გოგირდწყალბადისაგან წმენდენ მისი გატარებით სხვადასხვა მშთანთქმელებში, რომლებიც იყოფიან „მშრალ“ (მყარ) და „სველ“ (თხევად) მშთანთქმელებად. ზოგიერთი მათგანი უბრალოდ შთანთქავს გოგირდწყალბადს, სხვები შედიან მასთან ქიმიურ ნაერთებში, რომლებიც გამოიყოფიან აირიდან.

მშრალი მეთოდები საშუალებას იძლევიან პრაქტიკულად მთლიანად გაიწმინდოს აირი გოგირდწყალბადისაგან, მაგარამ აირის დაბალი სიჩქარისა და მათი გაწმენდის პერიოდული ციკლების საჭიროების გამო ისინი მოითხოვენ ძალიან ძვირადღირებულ აპარატურას, რაც აჭარბებს აირის გაწმენდის თვითღირებულებას.

აირის სველი მეთოდებით გაწმენდის შემდეგ მასში რჩება 1-20% გოგირდწყალბადი, მაგრამ პროცესის უწყვეტობისა და მაღალი სიჩქარეების შედეგად აირის ასეთი გაწმენდის მოწყობილობები უფრო კომპაქტური და იაფია.

გაწმენდის მშრალი მეთოდებისას იყენებენ ჭაობის მადანს (რკინის ჟანგის ჰიდრატი), ჩამქრალ კირს, გააქტიურებულ ნახშირს. ჭაობის მადანი და ჩამქრალი კირი აირის გაწმენდის პროცესში შედიან გოგირდწყალბადთან ქიმიურ შენაერთებში. გააქტიურებული ნახშირი აირს გოგირდწყალბადიდან წმენდს ადსორბციის გზით.

გაწმენდის სველი მეთოდებისას იყენებენ კალციანირებული სოდის (1-3% კონცენტრაციით) ან პოტაშის, იგივე კალიუმის კარბონატის (15-20% კონცენტრაციით) ხსნარებს. ასევე სხვა რეაგენტებს.

აირის ნახშირორჟანგისაგან გაწმენდისას გამოიყენება წნევის ქვეშ მყოფი წყალი, რომელიც ახდენს მის აბსორბირებას. ეს პროცესი მიმდინარეობს სპეციალურ სკრუბერებში (კოლონებში), რომლებიც შევსებულია კერამიკული რგოლებით 1.5-2 მპა წნევის ქვეშ და 20-30°C ტემპერატურაზე. სკრუბერებიდან გამოსვლისას აირი გაივლის სეპარატორს წყლის მოცილების მიზნით.

5.4.1.5. აირის ოდორიზაცია

გოგირდწყალბადისაგან გაწმენდილ ბუნებრივ აირს არც სუნის და არც ფერი, ამიტომ მისი გაჟონვის აღმოჩენა საკმაოდ ძნელია. იმისათვის, რომ უზრუნველყონ უსაფრთხოება აირის ტრანსპორტირებისა და მოხმარების დროს, ახდენენ მის ოდორირებას. სხვანაირად რომ ვთქვათ, მას ანიჭებენ არასასიამოვნო სუნს. ამ მიზნით აირში შეყავთ სპეციალური კომპონენტები-ოდორანტები. რეაგენტებს, რომლებსაც იყენებენ საწვავი აირების ოდორიზაციისათვის, უნდა გააჩნდეთ შემდეგი თვისებები:

- ძლიერი, მკვეთრი დამახასიათებელი არასასიამოვნო სუნის;
- ფიზიოლოგიური უსაფრთხოება;
- შედარებით მცირე ხსნადობა წყალში და სხვა ნივთიერებებში, რომელთაც შეუძლიათ მილსადენში კონდენსირება;
- არ უნდა გააჩნდეთ ნიადაგში შთანთქმის ძალიან ძლიერი უნარი, ხოლო შენობებში არ უნდა შექმნან მდგრადი, ძნელად გაქრობადი სუნის;
- ოდორანტის წვის პროდუქტებმა არ უნდა გააუარესონ სამზარეულოებში და სხვა შენობებში სანიტარულ-ჰიგიენური პირობები აირის ღია ალით წვისას;
- არ უნდა გააჩნდეთ ძალიან მაღალი ფასი.
- ზემოთ მოყვანილ პირობებს აკმაყოფილებენ შემდეგი ნივთიერებები: ეთილმერკაპტანი, სულფანი, მეთილმერკაპტანი, პროპილმერკაპტანი, კოლოდორანტი, კაპტენი, პენტალარიმი. ყველა ჩამოთვლილი ნივთიერება ჩვეულებრივ პირობებში წარმოადგენენ სითხეებს.

ყველაზე მეტად გავრცელებულია ეთილმერკაპტანი (C_2H_5SH). მის საშუალო ხარჯის ნორმას შეადგენს ≈ 16 გრ 1000 მ³ აირზე. საჭირო მკვეთრი სუნის მისაღებად აირში ოდორანტი შეყავთ ორი სახის საოდორიზაციო მოწყობილობით: პირდაპირი მოქმედების და პარალელურად ჩართულით. პირველ შემთხვევაში ოდორანტი უშუალოდ მიეწოდება აირსადენს, ხოლო მეორე შემთხვევაში ის შეყავთ აირსადენის პარალელურ განშტოებაში, რომელშიც მიედინება აირის

ნაკადის ნაწილი. მოქმედების საშუალების მიხედვით ისინი იყოფიან წვეთურ, პატრუქულ და ბარბოტაჟულ ოდორიზატორებად.

- წვეთური ოდორიზატორი აირსადენს აწოდებს თხევად ოდორანტს წვეთების ან წვრილი ნაკადის სახით, სადაც ის ორთქლდება და ერევა აირს;
- ფითილური ოდორიზატორი აღჭურვილია ფლანელის ფითილებით, რომლებიც ნაწილობრივ არიან ჩაძირულნი თხევად ოდორანტში. ამოყვება რა ფითილს, ოდორანტი ორთქლდება მისი გარე ნაწილიდან და ორთქლის სახით ერევა აირს ოდორიზატორში;
- ბარბოტაჟულ ოდორიზატორებში აირი გადის თხევადი ოდორანტის ფენაში, რაც იწვევს ამ უკანასკნელის აორთქლებას და აირის გაჯერებას მისი ორთქლით. სამივე ტიპის ოდორიზატორებში გათვალისწინებულია აირში ოდორანტის ზუსტი დოზირების ავტომატური რეგულირება.

5.4.1.6. აირსადენების ჰიდრავლიკური გაანგარიშება

აირსადენების ჰიდრავლიკური გაანგარიშების არსი მდგომარეობს აირსადენების ოპტიმალური დიამეტრის განსაზღვრაში, რომელიც უზრუნველყოფს საჭირო რაოდენობის აირის გატარებას წნევის დასაშვებ ვარდნისას. ანგარიშს აწარმოებენ აირის შესაძლო მაქსიმალური საათური ხარჯისას აირის მაქსიმალური მოხმარების საათებში. ამავდროულად გათვალისწინებული უნდა იყოს აირის საათური ხარჯი საწარმოო, კომუნალურ - საყოფაცხოვრებო და ასევე მოსახლეობის ინდივიდუალურ- საყოფაცხოვრებო (გათბობა, ცხელი წყალის მომარაგება) მოთხოვნებზე.

როგორც წესი, მაღალი და საშუალო წნევის აირსადენების გაანგარიშებისას აირის საანგარიშო ხარჯები მომხმარებლების მიერ განიხილება როგორც შეყურსული ხარჯი, დაბალი წნევის აირსადენებისათვის ასევე მხედველობაში ღებულობენ თანაბრად განაწილებულ (საგზაო) ხარჯს.

საშუალო წნევის აირმომარაგების სისტემების, აირმარეგულირებელი პუნქტებით თითოეულ მომხმარებელთან ან მომხმარებელთა ჯგუფთან, გაანგარიშების თავისებურებას წარმოადგენს ის რომ, გამოიყენება ქსელის გაანგარიშების პრინციპი დატვირთვების თანაბარი განაწილებით.

მილსადენებში აირის მოძრაობის დროს ხდება წნევის კარგვა ხახუნის ძალისა და ადგილობრივი წინაღობების გადალახვის გამო:

$$\Delta p = \Delta p_{სიგ} + \Delta p_{ად.წ} \quad (5.30)$$

მილში აირის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე:

$$\omega = \frac{V}{F} \quad (5.31)$$

სადაც V - აირის მოცულობითი ხარჯი, მ³/წმ;

F - მილის განიკვეთის ფართი, მ².

ნაკადის სიჩქარის, მილის დიამეტრის და აირის სიბლანტის გათვალისწინებით, მისი დინება შეიძლება იყოს ლამინარული და ტურბულენტური. აირის მოძრაობის რეჟიმი ხასიათდება რეინოლდსის კრიტერიუმის სიდიდით:

$$Re = \omega \cdot D / \nu \quad (5.32)$$

სადაც ω - ნაკადის სიჩქარე, მ/წმ;

D - მილის დიამეტრი, მ;

ν - კინემატიკური სიბლანტე, მ²/წმ.

ლამინარული მოძრაობის ტურბულენტურში გადასვლის ინტერვალს უწოდებენ კრიტიკულს და ხასიათდება $Re = 2000 - 4000$. $Re < 2000$ დინება ლამინარულია, $Re > 4000$ ტურბულენტურია.

პრაქტიკულად გამანაწილებელ აირსადენებში მოძრაობა ტურბულენტურია. მხოლოდ მცირე დიამეტრის აირსადენებში, მაგალითად საცხოვრებელ შენობებში, სადაც ხარჯი მცირეა აირი მიედინება ლამინარულად. აირის დინება მიწისქვეშა აირსადენებში ითვლება იზოთერმულ პროცესად, ვინაიდან გრუნტის ტემპერატურა მილსადენის გარშემო აირის გადინების დროის სიმცირის გამო, თითქმის არ იცვლება.

საშუალო და მაღალი წნევის აირსადენებში, სადაც წნევის ვარდნა მნიშვნელოვანია, ჰიდრავლიკურ გაანგარიშებისას საჭიროა გავითვალისწინოთ აირის სიმკრივის და მოძრაობის სიჩქარის ცვლილება. ამიტომ წნევის დანაკარგები ხახუნის ძალის გადასალახავად იანგარიშება ფორმულით:

$$p_{თავ}^2 - p_{ბოლ}^2 = \frac{p_0}{81 \cdot \pi} \cdot \lambda \cdot \frac{V^2}{d^5} \cdot \rho_0 \cdot l = 1,2687 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda \cdot \frac{V^2}{d^5} \cdot \rho_0 \cdot l \quad (5.33)$$

სადაც $p_{თავ}$ და $p_{ბოლ}$ - აირის აბსოლუტური წნევა თავში და ბოლოში, მპა;

l - აირსადენის სიგრძე, მ;

V - აირის ხარჯი, მ³/სთ;

ρ_0 - აირის სიმკრივე ნორმალური პირობების დროს, კგ/მ³;

$p_0 = 0,101325$ მპა;

d - აირსადენის შიგა დიამეტრი, სმ.

დაბალი წნევის ქსელებისათვის დანაკარგები იანგარიშება:

$$p_{თავ} - p_{ბოლ} = \frac{10^6}{162 \cdot \pi^2} \cdot \lambda \cdot \frac{V^2}{d^5} \cdot \rho_0 \cdot l = 626,1 \cdot \lambda \cdot \frac{V^2}{d^5} \cdot \rho_0 \cdot l \quad (5.34)$$

სადაც $p_{თავ}$ - წნევა აირსადენის თავში. პა;

$p_{ბოლ}$ - წნევა აირსადენის ბოლოში, პა.

აირსადენების ჰიდრავლიკური გაანგარიშებისას საანგარიშო შიგა დიამეტრი შეიძლება ვიანგარიშოთ ფორმულით:

$$d_{საან} = \sqrt[n]{\frac{A \cdot B \cdot \rho_0 \cdot Q_0^m}{\Delta p_{დაყ}}}$$

სადაც $d_{საან}$ - მილის შიგა საანგარიშო დიამეტრი, სმ;

A - კოეფიციენტი დამოკიდებული ქსელის კატეგორიაზე: დაბალი წნევის ქსელისათვის $A = 10^6 / (162 \cdot \pi^2) = 262$; საშუალო და მაღალი წნევის ქსელისათვის $A = p_0 / (p_m \cdot 162 \cdot \pi^2)$, აქ $p_0 = 0,101325$ მპა, p_m - გასაშუალებული აირის წნევა ქსელში, მპა;

B, n, m - კოეფიციენტები, რომლებიც დამოკიდებულია აირსადენის მასალაზე: ფოლადის მილებისათვის $B = 0,022, m = 2, n = 5$; პოლიეთილენის მილებისათვის $B = 0,0446, m = 1,75, n = 4,75$;

Q_0 - აირის საანგარიშო ხარჯი ნორმალურ პირობებში, მ³/სთ;

$\Delta p_{დაყ}$ = დაყვანილი (კუთრი) წნევის დანაკარგები (პა/მ - დაბალი წნევის ქსელისათვის, მპა/მ - საშუალო და მაღალი წნევის ქსელისათვის) განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Delta p_{დაყ} = \frac{\Delta p_{დას}}{1,1 \cdot L}$$

$\Delta p_{დას}$ - დასაშვები წნევის დანაკარგები, (პა/მ - დაბალი წნევის ქსელისათვის, მპა/მ - საშუალო და მაღალი წნევის ქსელისათვის);

L - მანძილი ყველაზე დაცილებულ წერტილამდე, მ

აირსადენის შიგა დიამეტრი მიიღება მილსადენების სტანდარტული რიგიდან: უახლოესი მეტი - ფოლადის აირსადენებისათვის და უახლოესი ნაკლები - პოლიეთილენის მილებისათვის.

ჰიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტი λ დგინდება აირსადენში აირის მოძრაობის რეჟიმის მიხედვით, რაც ხასიათდება რეინოლდსის რიცხვით,

$$Re = \frac{V}{9 \cdot \pi \cdot d \cdot \nu} = 0,0354 \frac{V}{d \cdot \nu}, \quad (5.35)$$

სადაც ν - აირის კინემატიკური სიბლანტე ნორმალურ პირობებში, მ²/წმ;

d - მილის შიგა დიამეტრი, სმ;

V - აირის ხარჯი ნორმალურ პირობებში, მ³/სთ.

ასევე ჰიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტი λ დამოკიდებულია აირსადენების შიგა კედლების სიგლუვეზე, რომელიც განისაზღვრება პირობიდან

$$Re \left(\frac{n}{d} \right) < 23 \quad (5.36)$$

სადაც n - შიგა კედლების აბსოლუტური ექვივალენტური ხორკლიანობა, მიიღება ტოლი ახალი ფოლადის მილებისათვის 0,01 სმ, ექსპლუატაციაში ნამყოფი ფოლადის მილებისათვის - 0,1 სმ, პოლიეთილენის მილებისათვის მიუხედავად ექსპლუატაციის ვადისა - 0,0007 სმ, სპილენძის მილებისათვის - 0,001 სმ.

Re - მნიშვნელობის მიხედვით ჰიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტი λ იანგარიშება: აირის ლამინარული მოძრაობის დროს, როცა $Re < 2000$

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (5.37)$$

აირის მოძრაობის კრიტიკული რეჟიმისათვის, როცა $Re = 2000 - 4000$

$$\lambda = 0,0025 \cdot Re^{0,333} \quad (5.38)$$

როცა $Re > 4000$ პირობა (5.36) შესრულების მიხედვით:

ჰიდრავლიკურად გლუვი კედლისათვის (უტოლობა (5.36) მართებულია:

როცა $4000 < Re < 100\,000$

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \quad (5.39)$$

როცა $Re > 100\,000$

$$\lambda = \frac{1}{(1,82 \cdot \lg Re - 1,64)^2} \quad (5.40)$$

ხორკლიანი კედლისათვის (უთანაბრობა (5.36) არ სრულდება, როცა $Re > 4000$

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{n}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (5.41)$$

ზემოთ განხილულიდან გამომდინარე აირგამანაწილებელი ქსელის ჰიდრავლიკური გაანგარიშებისას ითვალისწინებენ აირსადენის მასალას, მილების დამკველებას, რაც გამოიხატება ხორკლიანობის მომატებაში ფოლადის მილებისათვის.

დაბალი წნევის აირსადენების გაანგარიშებისას, რომლებიც გაიყვანება ადგილი რელიეფის მკაფიოდ გამოხატულ პირობებში, გასათვალისწინებელია ჰიდროსტატიკური წნევა, პა:

$$\Delta p_{\pm} = \pm 9,81 \cdot h \cdot (\rho_{\text{ჰაერ}} - \rho_{\text{აირ}}) \quad (5.42)$$

სადაც h - აირსადენის გეოდეზიური ნიშნულების სხვაობა, მ;

$\rho_{\text{ჰაერ}}$, $\rho_{\text{აირ}}$ - ჰაერის და აირის სიმკრივე, კგ/მ³.

ნიშანი (+) მიიღება აირის მოძრაობისას ქვემოდან ზემოთ (როცა $\rho_{\text{აირ}} < \rho_{\text{ჰაერ}}$), ნიშანი (-) მიიღება აირის მოძრაობისას ზემოდან ქვემოთ (როცა $\rho_{\text{აირ}} > \rho_{\text{ჰაერ}}$). იმ შემთხვევაში როცა $\rho_{\text{აირ}} > \rho_{\text{ჰაერ}}$ (მძიმე აირები) ნიშნები იცვლება საპირისპიროდ.

წნევის დანაკარგები ადგილობრივ წინაღობებში გამოწვეულია აირის მოძრაობის სიჩქარის მნიშვნელობისა და მიმართულების ცვლილებით, არსადენის დიამეტრის ცვლილებისას, ჩამკეტ არმატურაში სამკაპებში და ა.შ. წნევის დანაკარგები ადგილობრივ წინაღობაში აინგარიშება ვეისბახის ფორმულის მიხედვით, პა:

$$\Delta p_{\text{ადწ}} = \zeta \frac{\rho_{\text{აირ}} \cdot \omega^2}{2} \quad (5.43)$$

სადაც ζ - ადგილობრივი წინაღობის უგანზომილებო კოეფიციენტი.

ერთი დიამეტრის აირსადენზე თანმიმდევრულად განლაგებული ადგილობრივი წინაღობების ჯამი იანგარიშება

$$\Delta p_{\text{ადწ}} = (\zeta_1 + \zeta_2 + \dots + \zeta_n) \frac{\rho_{\text{აირ}} \cdot \omega^2}{2} \quad (5.44)$$

სადაც $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_n$ - სხვადასხვა ადგილობრივი წინაღობების კოეფიციენტებია;

ხშირად წნევის დანაკარგებს ადგილობრივ წინაღობაში გამოსახავენ მილის სწორი მონაკვეთის ექვივალენტური სიგრძით $l_{გვ}$, რომელზეც წნევის დანაკარგები სიგრძეზე უდრის წნევის დანაკარგებს ადგილობრივ წინაღობაში:

$$l_{გვ} = \frac{\zeta \cdot d}{\lambda} \quad (5.45)$$

სადაც d - აირსადენის შიგა დიამეტრი, მ;

$l_{გვ}$ - ექვივალენტური სიგრძე, მ; მილის სწორხაზოვანი მონაკვეთის სიგრძე, რომელზეც წნევის დანაკარგები სიგრძეზე (ხახუნზე) ტოლია წნევის დანაკარგების ადგილობრივ წინაღობაში $\zeta = 1$ -ს დროს.

აირსადენის ჯამური წინაღობა, ამ შემთხვევაში შეიძლება გამოვითვალოთ როგორც წნევის დანაკარგები სიგრძეზე, მხოლოდ არა რეალური უბნის სიგრძეზე, არამედ დაყვანილ სიგრძეზე (საანგარიშო სიგრძეზე):

$$l_{სანგ} = l + l_{გვ} \cdot \sum \zeta \quad (5.46)$$

ადგილობრივი წინაღობების გათვალისწინება საჭიროა მოკლე და რთული კონფიგურაციის აირსადენების გაანგარიშებისას, მაგალითად შიგა შენობის და შიგა საამქროების აირსადენების გაანგარიშებისას. წნევის დანაკარგები ადგილობრივ წინაღობაში დიდი გაჭიმულობის გამანაწილებელი აირსადენებში ბევრჯერ ნაკლებია წნევის დანაკარგებზე ხახუნზე (სიგრძეზე). მათ ჩვეულებრივ მიიღებენ ტოლს სიგრძის დანაკარგების 5 – 10 %-სა.

5.4.2. გაზგოდერები

5.4.2.1. აირმომარაგების სისტემა

ქალაქებისა და სამრეწველო საწარმოების აირმომარაგების სისტემაში გამოიყენება სხვადასხვა საწვავი აირები. ყველაზე უფრო ხშირად იყენებენ ბუნებრივ აირებს, რომლებიც ძირითადად შედგებიან მეთანისაგან და მცირე რაოდენობით შედარებით მძიმე ნახშირწყალბადებისაგან. ამ აირების შემადგენლობა და სითბური შესაძლებლობები იცვლება ფართო ზღვებში. რაც შეეხება ხელოვნურ აირებს, ისინი გამომუშავდებიან სპეციალურ აირების ქარხნებში.

კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო საწარმოებში ასევე ფართოდ იყენებენ თხევად აირს, რომელიც წარმოადგენს პროპანისა და ბუტანის ნარევს. მომხმარებელთა აირით მომარაგება ასევე შეიძლება ხდებოდეს თხევადი მეთანით, მაგალითად მაგისტრალური აირსადენების შევსების უზრუნველსაყოფად. თხევადი მეთანი იკავებს შედარებით მცირე მოცულობას აირად მეთანთან შედარებით. ასევე უფრო მოსახერხებელია მისი ტრანსპორტირება მილსადენებით, საავტომობილო, სარკინიგზო ცისტერნებითა და საზღვაო ტანკერებით. თხევად მეთანს იყენებენ დაბალკალორიული აირების გასამდიდრებლად, რომლებსაც ღებულობენ ქვანახშირისა და ნავთობპროდუქტების გადამუშავებისას.

აირმომარაგების სისტემაში შედიან შემდეგი ობიექტები: აირგამანაწილებელი ქსელი, ბუნებრივი და თხევადი აირების გაზსაცავები, გაზგოლდერები და რეზერვუარები, ასევე რეგაზიფიკაციისა და შემრევი დანადგარები.

5.4.2.2. აირის მოხმარების თვიური, დღიური და საათური პიკების დაფარვის მეთოდები

აირების საყოფაცხოვრებო, კომუნალური და საწარმოო მოხმარებლებით მოხმარება ატარებს არათანაბარ ხასიათს. მათი დაფარვის შესაძლებლობიდან შეიძლება გამოვყოთ შემდეგი: 1) ბუნებრივი აირის მიწისქვეშა საცავების გამოყენება; 2) აირების წარმოებისა და მაგისტრალური აირსადენების რეზერვისშექმნა; 3) ბუფერული მოხმარებლების გამოყენება; 4) თხევადი აირების (პროპანისა და ბუტანის) ბაზების გამოყენება; 5) ბუნებრივი თხევადი აირის (მეთანის) ბაზების გამოყენება.

დღეების განმავლობაში ბუნებრივი აირის მოხმარების არათანაბარი გამოყენების კომპენსირება შეიძლება მოხდეს ქალაქის გაზგოლდერების სადგურებით, რაც ითვალისწინებს მაგისტრალური აირსადენების მიერ აირის აკუმულურების შესაძლებლობასა და მიწისქვეშა საცავების გამოყენებას. ქალაქის აირგამანაწილებელ ქსელში აირის უმეტესი მოხმარების საათებში შეიძლება გამოყენებული იქნას თხევადი აირის ბაზები.

5.4.2.3. აირსაცავების მოცულობის განსაზღვრა აირის ხარჯის გრაფიკის მიხედვით.

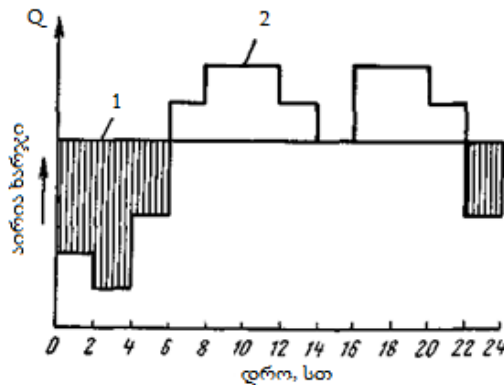
აირის დღიური მოხმარების არათანაბრობის დაფარვის მიზნით აირსაცავების მოცულობის განსაზღვრისას უნდა გაგვაჩნდეს აირის ქალაქის აირგამანაწილებელ ქსელში მიწოდების გრაფიკი დღეების მიხედვით და ქალაქის მიერ აირის მოხმარების გრაფიკი. ნახ.5.15 - ზე წარმოდგენილია აირის მიწოდებისა და მოხმარების თავსებადი და გამარტივებული გრაფიკი. გათვალისწინებულია, რომ აირის ყოველდღიური მიწოდება ხდება თანაბრად. ნული საათიდან დაწყებული აირის მიწოდება აღემატება მოხმარებას. ამიტომ აირის ზედმეტი რაოდენობა უნდა მოთავსდეს გაზსაცავში. გაზსაცავის მოცულობამ უნდა უზრუნველყოს ღამის განმავლობაში აირის ზედმეტი რაოდენობის შენახვა. სურათზე გარკვეულ მასშტაბში დაშტრიხული ნაწილი შეესაბამება საცავში მიღებული აირის მოცულობას.

განხილული გრაფიკისათვის დილის 6 სთ-დან აირის მოხმარება აღემატება მის მიღებას. აირის მიწოდების არასაკმარისი რაოდენობა უნდა იქნას კომპენსირებული ღამით დაგროვილი აირით. მაგრამ როგორც ჩანს (იხ. ნახ.5.15), 0-დან 6 სთ-მდე საცავში დაგროვებული აირი არ არის საკმარისი დღის განმავლობაში მოხმარებული აირის კომპენსაციისათვის. ამისთვის საცავში უნდა არსებობდეს აირის შესაბამისი რაოდენობა. ათი საათის შემდეგ აირის მოხმარება გრაფიკის მიხედვით კლებულობს. ამ მომენტიდან გაზსაცავში ხდება აირის მიწოდება. ამის მიხედვით გაზსაცავის მოცულობა უნდა შეესაბამებოდეს გრაფიკის დაშტრიხული ფართობის აირის ჯამურ მოცულობას.

იმ შემთხვევაში, როდესაც აირის მიწოდებისა და მოხმარების გრაფიკები მეორდებიან დღეების განმავლობაში, მაშინ აირის ჯამური მოცულობა, რომელიც განსაზღვრულია ზედმეტობით, უნდა იყოს ტოლი ზედმეტად მიწოდებული აირის მოცულობისა.

აირსაცავის მოცულობა, რომელიც მიიღება აირის მიღებული და მოხმარებული თავსებადი გრაფიკების მიხედვით უნდა დაიყოს ორ ნაწილად. აირსაცავის მოცულობის ერთი ნაწი-

ლი შეიძლება იყოს კომპენსირებული მაგისტრალური აირსადენის აკუმულაციის შესაძლებლობით. აირსაცავის მეორე ნაწილი შეიძლება მოთავსდეს მიწისქვეშა საცავში ან უზრუნველყოფილი იქნას გაზგოლდერული პარკის მშენებლობით.



ნახ.5.15. აირსაცავის მოცულობის დადგენა აირის მიწოდებისა და მოხმარების გრაფიკის მიხედვით:

1 - მიწოდებული აირის ხარჯი; 2 - აირის მოთხოვნის ცვლილება

5.4.2.4. გაზგოლდერებისა და გაზსაცავების კლასიფიკაცია

მიწისქვეშა გაზსაცავებისათვის ჩვეულებრივ იყენებენ ამოწურული აირისა და ნავთობის საბადოებს. ასევე ხშირად გამოიყენება წყალშემცველი ქანები. ქალაქების მახლობლად ასევე შეიძლება აშენდეს თხევადი აირების მიწისქვეშა საცავები. მათ ძირითადად აგებენ ხელოვნურ ან ბუნებრივ გაუმტარ ფენებში ან ქვამარილის დაგროვებებში.

თხევადი აირის მიწისზედა შენახვა შეიძლება განხორციელდეს გაზგოლდერებში შესაბამისი წნევის ქვეშ ან დაბალი წნევის იზოთერმულ რეზერვუარებში. გაზგოლდერები გამოიყენებიან აირის შესანახად აირად მდგომარეობაში. მუშა წნევის მიხედვით ანსხვავებენ მაღალი და დაბალი წნევის გაზგოლდერებს. დაბალი წნევის გაზგოლდერებს გააჩნიათ ჭარბი წნევა 400-500 მმ.წყლ.სვ.(0.04-0.05კა). მაღალი წნევის გაზგოლდერები გათვლილია 0.7-30კგ/სმ²(68-2900კპა) ჭარბ წნევაზე. ჩვეულებრივ მაღალი წნევის გაზგოლდერებს გააჩნიათ მუდმივი გეომეტრიული ფორმა, ხოლო დაბალი წნევის გაზგოლდერებს ცვალებადი მოცულობა და მუდმივი წნევა.

დაბალი წნევის გაზგოლდერები ტექნოლოგიური და კონსტრუქციული თავისებურებებით იყოფა ორ ჯგუფად: 1) სველი გაზგოლდერები, 2)მშრალი გაზგოლდერები. თავიანთი ფორმის მიხედვით გაზგოლდერები იყოფა ცილინდრულ და სფერულ გაზგოლდერებად.

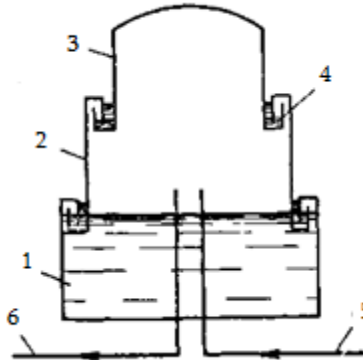
5.4.2.5. დაბალი წნევის გაზგოლდერები.

სველი გაზგოლდერების მოწყობილობა.

ანსხვავებენ სველი გაზგოლდერების ორ სახეობას: სველ გაზგოლდერებს ვერტიკალური მიმმართველით და სველ გაზგოლდერებს ხრახნული მიმმართველით. სველი გაზგოლდერის შევსებისას და დაცლისას მასში წნევა პრაქტიკულად არ იცვლება. მისი უმნიშვნელო ცვლილება დაკავშირებულია სითხეში ზარხუფის ან ტელესკოპის ჩადირვასთან. სველი გაზგოლდერი (ნახ. 5.16) შედგება უძრავი რეზერვუარისაგან, რომელიც შევსებულია წყლით. აირი მიეწოდება ზარხუფის ქვეშ მიყვანილ მილსადენს, რომელიც იმყოფება წყლის დონის ზემოთ. აირის უწყვე-

ტი მიწოდება იწვევს ზარხუფის ამაღლებას. წყალი რეზერვუარში წარმოადგენს ჰიდრავლიკურ ჩამკეტს, რომელიც არ უშვებს აირის ზარხუფის ქვეშ გამოშვებას.

გაზგოლდერის მოცულობასთან დამოკიდებულებით შუალედური რგოლების რაოდენობა შეიძლება იყოს განსხვავებული. გაზგოლდერს ეწოდება ერთრგოლიანი, თუ ის შეიცავს ერთ მოძრავ ზარხუფის რგოლს. ორრგოლიანი გაზგოლდერი შეიცავს ერთ ზარხუფსა და ერთ შუალედურ რგოლს და ა.შ. მრავალრგოლიანი გაზგოლდერის აირით შევსებისა ხდება ზარხუფის აწევა ერთი რგოლით, შემდეგ მომდევნოსი და ა.შ. რგოლების ერთმანეთთან დაკავშირება ხდება სპეციალური ჰიდრავლიკური ჩამკეტების საშუალებით.



ნახ. 5.16. სველი გაზგოლდერის მოწყობა:

1 - რეზერვუარი; 2 - შუალედური მოძრავი ნაწილი; 3 - ზარხუფი; 4 - ჰიდრავლიკური ჩამკეტი; 5 - მიმწოდებელი მილი; 6 - აირის ამღები მილი

ჰიდრავლიკური ჩამკეტის მოწყობილობა მოცემულია ნახ.5.17 - ზე. ჰიდრავლიკური ჩამკეტის სიმაღლე განსაზღვრულია წყლის სვეტის h_1 სიმაღლით, რომელიც იწვევს გაზგოლდერში ყველაზე დიდ წნევას. ამის შემდეგ მოდის სათადარიგო h_2 სიმაღლე, რომელიც ითვალისწინებს მოძრავი რგოლის გადახრის შემთხვევას, დამატებითი h_3 სიმაღლე, რომელიც საჭიროა გაჟონვის თავიდან ასაცილებლად, ღრიჭოს h_4 სიმაღლე და წყლის ზედაპირზე შექმნილი ტალღის h_5 სიმაღლე:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \quad (5.47)$$

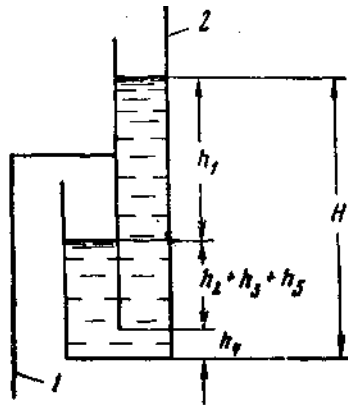
ჰიდრავლიკური ჩამკეტის წყლის მარაგი განისაზღვრება რეზერვუარის დიამეტრთან დაკავშირებით: $h_2 = 0,002$ მმ, $h_3 = 50$ მმ, $h_4 = 30$ მმ, $h_5 = 30$ მმ. რგოლებს შორის მანძილი ყველა გაზგოლდერისათვის შეადგენს 550 მილიმეტრს. გაზგოლდერის სასარგებლო მოცულობა ტოლია ყველა რგოლში შემავალი აირის მოცულობების ჯამისა. გაზგოლდერების საექსპლუატაციო მოცულობა შეადგენს მისი სასარგებლო მოცულობის 80-90%-ს.

სველი გაზგოლდერის დიამეტრის ოპტიმალური შეფარდება ყველა რგოლის მთლიან სიმაღლესთან იმყოფება 0.8-1.3 ფარგლებში ვერტიკალური მიმმართველის შემთხვევაში და 1.2-1.75 ფარგლებში ხრახნული მიმმართველის შემთხვევაში. სველ გაზგოლდერებს ამზადებენ 10-30000მ³ მოცულობით ტიპური პროექტების მიხედვით.

30 000მ³ მოცულობის მქონე გაზგოლდერებს გააჩნიათ 30360მ³ ფაქტიური მოცულობა. გაზგოლდერის დამზადებისათვის ფოლადის ხარჯი შეადგენს 643 ტონას. რგოლების გადახრის

თავიდან ასაცილებლად მათი ვერტიკალური მოძრაობისას გაზგოლდერებს გააჩნიათ შიგა და გარე მიმმართველების სისტემა. ვერტიკალური მიმმართველები ქმნიან მკაცრად განსაზღვრულ სივრცობრივ კონსტრუქციას.

მოცემული გაზგოლდერის გარეთა მიმმართველების რაოდენობა შეადგენს 16-ს. რეზერვუარის შიგნით 32-ს და ასევე შიგა ტელესკოპში -32-ს. გაზგოლდერის მოძრავი რგოლები შეკავშირებულია მიმმართველი სისტემის გორგოლაჭებით. ნორმალური სამუშაო რეჟიმის განხორციელებისათვის გაზგოლდერს გააჩნია შესაბამისი ტექნოლოგიური მოწყობილობა (ნახ.5.18). მიმცვანი და გამომცვანი მილსადენების დიამეტრები აიღება ისეთი ზომის, რომ მათი ჰიდრავლიკური წინაღობა არ აღემატებოდეს 30-50 მმ.წყლ.სვ. (0.003-0.005 პა)



ნახ. 5.17. ჰიდრავლიკური ჩამკეტის სქემა:

1 - რეზერვუარის კედელი; 2 - ზარხუფის ან შუალედური ნაწილის კედელი;

აირსადენი შეყვანილია დათბუნებული საკანის გავლით, რომელშიც მოთავსებულია გაზგოლდერის მომსახურების ყველა მოწყობილობა. ჰიდრავლიკური ჩამკეტი გათვალისწინებულია გაზგოლდერის გათიშვისათვის რემონტის შემთხვევაში. ის ემსახურება ასევე კონდენსატის გამოყოფას გაზგოლდერიდან. დამწნვე და ჩამოსასხმელ მილსადენებზე აყენებენ ჩამკეტ არმატურას. ზამთრის პერიოდში ხდება გაზგოლდერში და ჰიდრავლიკურ ჩამკეტში წყლის შეთბობა. სისტემის მართვის კვანძები ასევე განლაგებულია საკანში. კონდენსატის შესაკრებად და წყლის ჩამოსასხმელად ჰიდრავლიკური ჩამკეტიდან დაყენებულია სპეციალური ავზი. წყალი გადაიტუმბება დგუშიან ტუმბოს საშუალებით. გაზგოლდერის აირით გადავსების თავიდან ასაცილებლად საკანში დამონტაჟებულია დამცავი სარქველები. გაზგოლდერიდან აირის ატმოსფეროში გამოყოფა შეიძლება განხორციელდეს ასევე ხელით სამართავი ურდულით. ნახ. 5.19 -ზე ნაჩვენებია 19 საუკუნეში სანკტ-პეტერბურგში აგებული სველი გაზდოლდერის ზოგადი ხედი.

მშრალი გაზგოლდერების მოწყობილობა და აგებულება.

დაბალი წნევის მშრალ გაზგოლდერს გააჩნია ფოლადის ცილინდრული კორპუსი, ცილინდრული დგუში და ფოლადის სახურავი (ნახ.5.20). აირი მიეწოდება მილსადენით გაზგოლდერის დგუშის ქვემოთ. აირის შეტუმბვის შესაბამისად დგუში მაღლა იწევს. აირის დგუშის ზემოთ გადადინების თავიდან აცილებისათვის გათვალისწინებულია სპეციალური მოწყობილობა. ის წარმოადგენს მიმჭერ რგოლს, რომელიც შედგება ლითონის შველერის მონაკვე-

თებისგან (ნახ. 5.21). რგოლთან მიმაგრებულია რბილი შემამჭიდროვებელი ზამბის ქსოვილის რამდენიმე ფენა. შემამჭიდროვებელი კონტაქტშია გაზგოლდერის კედელთან. საკეტის აირგაუმტარობა უზრუნველყოფილია სპეციალური ზეთით, რომელიც მყარდება დაბალ ტემპერატურაზე. ზეთით შევსებულია გაზგოლდერის კედლებსა და ცილინდრული დგუმის შორის არსებული სივრცე. გაზგოლდერის ზეთი, რომელიც გაედინება საკეტიდან ჩამოედინება კედელზე და გროვდება რგოლურ სივრცეში გაზგოლდერის ფსკერზე, და შემდეგ იკრიბება სპეციალურ სალექარში წყლის მოსაცილებლად. ტუმბოს საშუალებით ზეთის სადენს, ზეთი კვლავ მიეწოდება დგუმის საკეტში.

გაზგოლდერის ფსკერი შესრულებულია თხელფურცლოვანი ფოლადისგან. ფსკერის განაპირა ნაწილი შედარებით სქელია. გაზგოლდერის კედლები მაგრდებიან ვერტიკალური გარეთა კოლონების საშუალებით. 10000 მ³ მოცულობის გაზგოლდერის სისქე შეადგენს 5 მმ-ს. გაზგოლდერის სიხისტე უზრუნველყოფილია გარეთა რგოლური წიბოებით. ისინი ერთდროულად წარმოადგენენ სათვალთვალო მოედნებს. გაზგოლდერის ზედა სარტყლის ქვემოთ განლაგებულია ფანჯრები, რომლითაც განათებულია შინაგანი სივრცე. დგუმის მეტისმეტი აწევისაგან დასაცავად ზედა სარტყელში განლაგებულია დამცავი სანთლები, რომელთა გავლით აირის ჭარბი რაოდენობა გაედინება ატმოსფეროში.

გაზგოლდერის ფსკერზე მოთავსებულია დგარები, რომლებზეც ეშვება დგუმი ქვემოთა მდგომარეობაში. კოროზიისგან დასაცავად ფსკერი დაფარულია 35 მმ სისქის ქვანახშირის აფსკით. გაზგოლდერი აღჭურვილია კიბითა და ამწე მოწყობილობით მომსახურე პესონალი-სათვის. სახურავს გააჩნია რადიალური ფერმები, რომლებიც ეყრდნობიან გაზგოლდერის დგარებს. სახურავის ცენტრში მოთავსებულია ცილინდრული სანათი (შუქფანარი), სადაც შეიძლება შიგნითა ბაქანზე და ამწე-მოწყობილობის კაბინაში მოხვედრა. გაზგოლდერის შიგნით მოთავსებულია ასევე სახსრული კიბე. დგუმის ზედა სივრცის ვენტილაცია ხორციელდება ცენტრალური სანათითა და სახურავის ქვემოთ არსებული ღიობებით.

გაზგოლდერის დგუმი წარმოადგენს ფოლადის დისკს, რომელიც ზემოდან გამლიერებულია სპეციალური ფერმებით. დგუმის განაპირას მოთავსებულია სიხისტის რგოლი. დგუმის მოძრაობა იმართება ფოლადის გორგოლაჭების ორი რიგით, რომლებიც დამაგრებულია სიხისტის რგოლზე. გორგოლაჭები მოძრაობენ ვერტიკალური საცმების შიგა ზედაპირზე. დგუმის საჭირო დაწნევა მიიღწევა დგუმის წონითა და დამატებითი ბეტონის ტვირთებით.

მშრალი გაზგოლდერები მზადდება 10 000-100 000 მ³ მოცულობისა. მათ გააჩნიათ შემდეგი უარყოფითი მხარეები: საჭიროებენ ხშირ რემონტს, მუდმივმოქმედ ტუმბოებსა და არ არიან უსაფრთხო. ბოლო დროს დამუშავებულია მშრალი გაზგოლდერების ახალი სახეები, რომლებსაც გააჩნიათ დგუმის ნაცვლად რეზინის ქსოვილისგან დამზადებული საყელური დრეკადი მემბრანით. მემბრანა ჰერმეტიულადაა მიმაგრებული საყელურთან და რეზერვუართან. გაზგოლდერის კორპუსის გარსაცმი განიცდის შინაგანი ჭარბი წნევის ზემოქმედებას გარდა ამისა კორპუსის კედელი განიცდის ქარის დაწნევასა და სახურავის წონის ვერტიკალურ დაწოლას. კორპუსის გარსაცმი გათვლილია შინაგან ჭარბ დაწნევაზე.

დაბალი წნევის გაზგოლდერის დასამზადებლად გამოყენებული მასალები

გაზგოლდერები მუშაობენ მაღალი ტენიანობისა და ხშირად ძალიან დაბალი ტემპერატურის პირობებში. აქედან გამომდინარე გარსაცმის დასამზადებელი ფოლადი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნილებებს:

- 1) უნდა გააჩნდეს მაღალი გამძლეობა;
 - 2) ფოლადების ქიმიურმა შემადგენლობამ უნდა უზრუნველყოს მაღალი საშემდუღებლო თვისებები;
 - 3) უნდა გააჩნდეს დაბალი ტემპერატურის დროს სიმყიფის საწინააღმდეგო თვისებები.
- ამ მოთხოვნილებებს აკმაყოფილებს დაბალლეგირებული ფოლადი CT.3 შესაბამისი სტანდარტების მიხედვით. რაც შეეხება ისეთი გაზგოლდერების დამზადებას, რომლებიც გათვლილია რაიონებისათვის, სადაც ტემპერატურა დაბალია - 40 °C - ზე მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნას დაბალლეგირებული ფოლადები 10Г2С1 და 09Г2С.

გაზგოლდერების ექსპლუატაცია

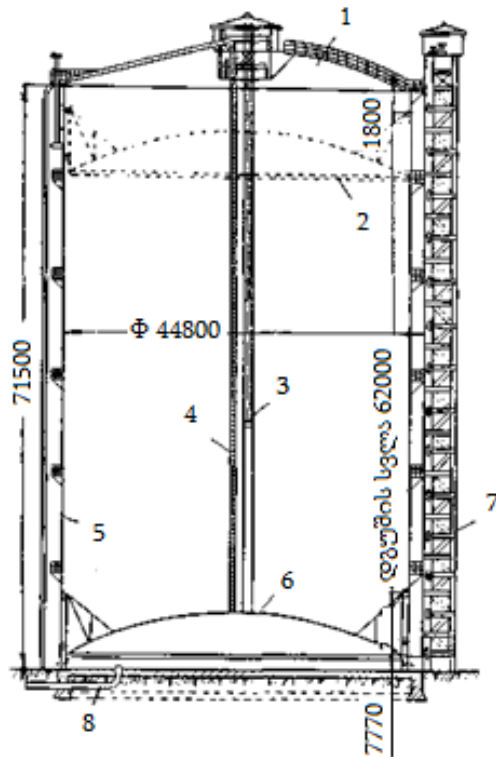
გაზგოლდერების მომსახურების დროს ხორციელდება შედუღებული შეერთებების ვიზუალური დათვალიერება. გარდა ამისა მოწმდება ჩამკეტი არმატურა, დამცავი მოწყობილებები, საკონტროლო-გამზომი ხელსაწყოები. ამავე დროს ხდება საცავებში აირის შევსების კონტროლი და მიმდინარეობს კონდენსატის შემკრებლებიდან კონდენსატის გატანა.

სველ გაზგოლდერებში ზამთრის დროს ხდება წყლის ტემპერატურის შენარჩუნება არანაკლებ +5 °C - ისა. ამასთან ერთად უზრუნველყოფილია გაზგოლდერში და ჰიდრავლიკურ ჩამკეტებში წყლის უცვლელი დონის შენარჩუნება.

ხორციელდება დაკვირვება ზარის მდგომარეობაზე სველ გაზგოლდერებში და მშრალი გაზგოლდერის დგუმის მდგომარეობაზე. ამავე დროს ტარდება გორგოლაჭების პერიოდული შეხეთვა. ყველა გაზგოლდერში ხდება ჰაერის შემადგენლობის შემოწმება და ხანძარსაწინააღმდეგო საშუალებებით უზრუნველყოფა.

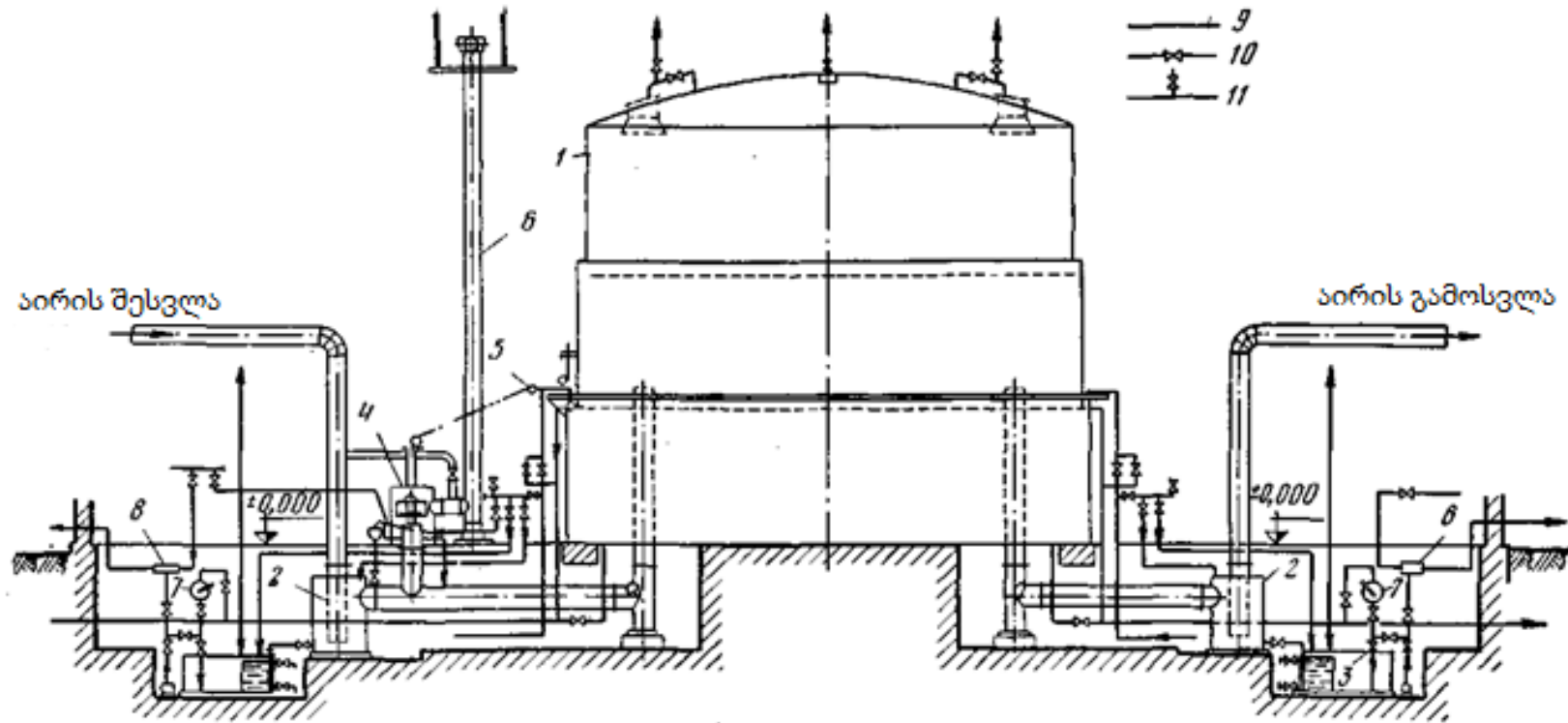


ნახ.5.19. მე-19 საუკუნის სველი გაზგოლდერი სანკტ - პეტერბურგში



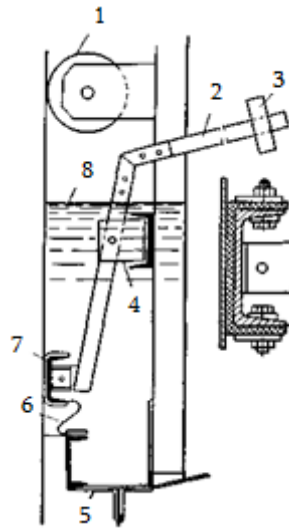
ნახ. 5.20. მშრალი 100 000 მ³ მოცულობის ცილინდრიული გაზგოლდერის სქემა:

- 1 - შუქვანრის ბაქანი; 2 - საყელური ზედა მდგომარეობაში; 3 - ამწევი გალი; 4 - ჯაჭვის კიბე; 5 - შემოსვა სისქით 5 მმ; 6 - საყელური საყრდენებზე; 7 - გარე ამწევი; 8 - აირის მიყვანა.



ნახ. 5.18. სველი გაზოდოდერის აღჭურვა;

- 1 - გაზოდოდერი; 2 - ჰიდრავლიკური ჩამკეტი; 3 - ჩამოსასხმელი ავზი; 4 - სარქველები კოლოფი (კვანძი); 5 - ამწე-სარეველის მოწყობილობა; 6 - აირშემკრები მილი; 7 - ხელის ტუმბო; 8 - ელექტორი; 9 - მილსადენი; 10 - ვენტილი ან ურდული; 11 - საჰაერო ონკანი.

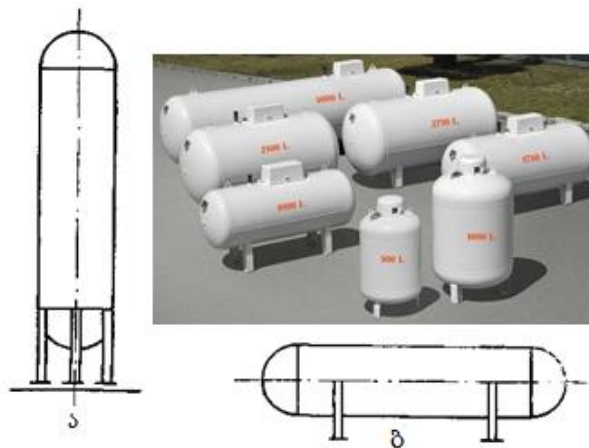


ნახ. 5.21. სითხით შემჭიდროების ჩამკეტის მოწყობა:

1 - მიმართულების მიმცემი გორგოლაჭი; 2 - ბერკეტი; 3 - საპირწონე; 4 - ბერკეტის საყრდენი; 5 - დგუმის ფსკერი; 6 - დამცავი; 7 - მიმჭერი ელასტიური რგოლი; 8 - გაზგოლდერის ზეთი.

5.4.2.6. მაღალი წნევის გაზგოლდერები

მრეწველობაში ფართოდ გამოიყენება მაღალი წნევის გაზგოლდერები. საქალაქო აირ-მომსახურების მეურნეობაში მათ იყენებენ დაბალი მოხმარების საათებში აირის აკუმულაციისათვის და მისი მიწოდებისათვის მაღალი მოხმარებისას. გაზგოლდერულ სადგურებში ცილინდრულ გაზგოლდერებს გააჩნიათ 175-270 მ³ მოცულობა. მათი შინაგანი დიამეტრი შეადგენს 3200 მმ-ს. გაზგოლდერები გათვლილია 245-4900 კპა (2,5-20 კგმ/სმ²) წნევაზე.



ნახ. 5.22. მაღალი წნევის ცილინდრული გაზგოლდერები:

ა - ვერტიკალური; ბ - ჰორიზონტალური

ნახ.5.22 მოცემულია მაღალი წნევისა და მუდმივი მოცულობის ცილინდრული გაზგოლდერების სქემა. ისინი განლაგებულია როგორც ჰორიზონტალურად ასევე ვერტიკალურად. გაზგოლდერების ფსკერს გააჩნიათ სფერული ფორმა. მაღალი წნევის სფერულ გაზგოლდერებს ამზადებენ 600 მ³ მოცულობით. მათი გარსაცმი შედგება ცალკეული ლითონის ფურცლებისგან. მათ გლინავენ ცივი მეთოდით სპეციალურ საგლინავ დანადგარებზე და მათი მონტაჟი ხორციელდება სამშენებლო მოედანზე.

მაღალი წნევის გაზგოლდერების დასამზადებლად გამოყენებული მასალები.

მაღალი წნევის გაზგოლდერები მთლიანად უნდა პასუხობდნენ წნევის ქვეშ მომუშავე ჭურჭლების უსაფრთხოების მოთხოვნებს.

ცილინდრული გაზგოლდერების გარსაცმები მზადდება ფოლადი 3 მარკის ლითონისგან. ასევე იყენებენ 09Г2С (13Mn6; 9MnSi5 - ევროპული ანალოგი) მარკის დაბალლეგირებულ ფოლადს. გაზგოლდერის დამზადების წინ სტანდარტების მოთხოვნების შესაბამისად ტარდება მათი შემადგენელი მასალების გამოცდა სიმტკიცეზე, რღვევაზე და სხვა პარამეტრებზე.

5.4.2.7. აირისშენახვა მილებში

დიდი წნევის ქვეშ ბუნებრივი აირის შენახვა შეიძლება განხორციელდეს ფოლადის მილებში. დიდი დაწნევის პირობებში მეთანი უფრო მეტად იკუმშება ვიდრე ჩვეულებრივ დაწნევისას. ეს თვისება გააჩნიათ რეალურ აირებს. გარკვეულ მოცულობაში მოთავსებული აირის მასა:

$$M = \frac{p \cdot V}{Z \cdot R \cdot T} \quad (5.48)$$

სადაც p - აირის წნევა მილებში, პს;

V - აირის მოცულობა, მ³;

Z - შეკუმშვის კოეფიციენტი;

R - აირის უნივერსალური მუდმივა;

T - აირის აბსოლუტური ტემპერატურა, °K.

რაც უფრო მცირეა შეკუმშვის კოეფიციენტი მით უფრო მეტი აირის რაოდენობა ჩაიტვირთება ჭურჭელში. 0°C ტემპერატურაზე და 0,0015 პასკალ წნევაზე მეთანის შეკუმშვის კოეფიციენტი ტოლია 0,75. წნევის შემცირებისას შეკუმშვის კოეფიციენტი იზრდება. ამიტომ მილებში მეთანის შენახვის ყველაზე ხელსაყრელ პირობებს შეადგენს 0,0012 - 0,0018 პასკალი (120-180 კგმ/სმ²) დიაპაზონი.

თხევადი და ბუნებრივი აირის საზღვაო გადაზიდვების ანალიზი აჩვენებს, რომ მისი დანაკარგები ძირითადად დაკავშირებულია გადასატვირთ მანძილზე და ტანკერის მოცულობაზე.

5.4.2.8. თხევადი აირისშენახვა

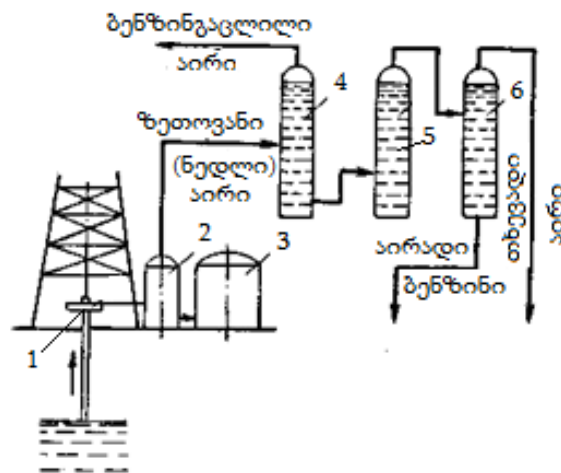
თხევადი აირის მისაღებ ძირითად ნედლეულის წყაროს წარმოადგენს თანმდევი ნავთობური აირი, რომელიც მიიღება ჭაბურღილიდან ნავთობთან ერთად. მეორე წყაროს წარმოადგენს ბუნებრივი აირები, რომლებიც შეიცავენ პროპანისა და ბუტანის მომატებულ რაოდენობას, ასევე აირები რომლებიც მიიღებიან ნავთობგადამამუშავებელ ქარხნებში ნავთობის თერმული დამუშავებისას.

თანმდევი ნავთობური აირი განსხვავდება ბუნებრივი აირისგან პირველ რიგში მძიმე ნახშირწყალბადების შემცველობით. პრაქტიკაში გამოიყენება თხევადი აირების მიღებისა და ფრაქციების განცალკევების შემდეგი პირობები: ზეთოვან-აბსორბციული, ნახშირბად-ადსორბციული, კომპრესიული, დაბალტემპერატურული კონდენსაციისა და სხვა.

ყველაზე გავრცელებულ სახეს თხევადი აირისა და აირადი ბენზინის მიღებისა წარმოადგენს ზეთოვან-აბსორბციული მეთოდი. ამ მეთოდის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ მინერალურ ზეთებს გააჩნიათ მძიმე ნახშირწყალბადების გახსნის თვისება. ნახშირწყალბადებთან

ზეთის კონტაქტი ხორციელდება სპეციალური თევშების გამოყენებით, რომლებიც დამონტაჟებულია აბსორბციულ კოლონებში. აბსორბციის ეფექტურობა დამოკიდებულია პროცესის წნევასთან და ტემპერატურასთან. რაც უფრო დიდია წნევა და დაბალია ტემპერატურა მით უფრო იზრდება შთანთქმის პროცესის ეფექტურობა. მშთანთქმელ ზეთად ჩვეულებრივ გამოიყენება ლიგროინ-ნავთის ფრაქცია.

ნახ. 5.23 - ზე მოცემულია თხევადი აირის მიღების უმარტივესი სქემა ზეთოვანი აბსორბციის მეთოდით. ნედლი ნავთობისა და თანმდევი აირის ნარევი მოქმედი ჭაბურღილიდან (1) მიედინება სეპარატორში (2) და შემდეგ რეზერვუარებში (3). რაც შეეხება თანმდევ აირს, ის გამოდის სეპარატორის ზევით და მილსადენით მიეწოდება ზეთოვანაბსორბციულ კოლონას (4). ამ კოლონაში ხდება აირის მძიმე ფრაქციების შთანთქმა. ამის შემდეგ გათავისუფლებული მშრალი აირი მიემართება ზევით კომუნალური-საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო მოხმარებისათვის. რაც შეეხება ნახშირწყალბადებით ნაჯერ აბსორბციულ ზეთს ის მიემართება გამოსახდელ კოლონაში (5). აქ ხდება აირადი ბენზინისა და თხევადი აირის მოცულობის აორთქლება და მათგან გათავისუფლებული აბსორბციული ზეთი ბრუნდება მოწყობილობაში. არასტაბილური ბენზინი მიეწოდება სასტაბილაციო კოლონას (6), სადაც ხდება შედარებით მსუბუქი ნახშირწყალბადების გამოყოფა. სტაბილური აირადი ბენზინი გამოიყოფა კოლონის ქვედა ნაწილიდან, ხოლო თხევადი ნავთობური აირი გამოიყოფა კოლონის ზედა ნაწილიდან.



ნახ. 5.23. თხევადი აირის მიღების სქემა:

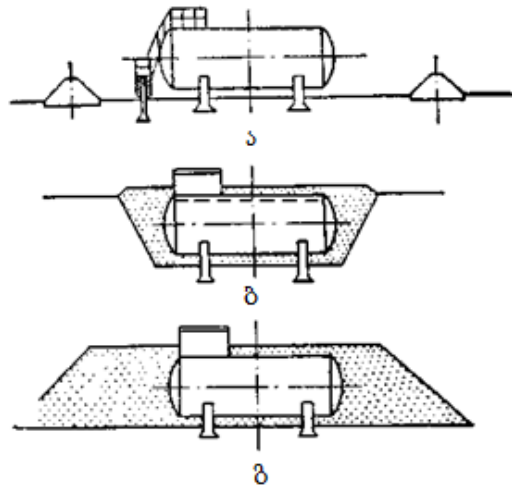
1 - მოქმედი ჭაბურღილი; 2 - სეპარატორი; 3 - რეზერვუარი; 4 - ზეთოვანაბსორბციულ კოლონა; 5 - გამოსახდელი კოლონა; 6 - სასტაბილაციო კოლონა.

5.4.2.9. თხევადი აირის შესანახი ჭურჭლები

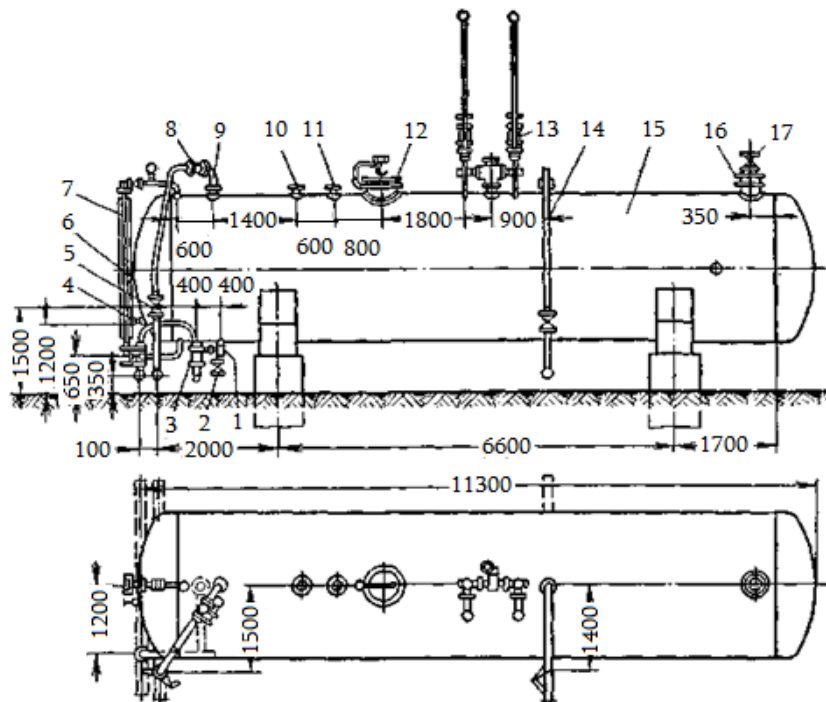
პროპანის, ბუტანის და მათი ნარევების შესანახად გამოყენებული მიწისზედა რეზერვუარები გათვლილია სამუშაო დაწნევაზე, რომელიც შეესაბამება თხევადი აირის ნაჯერი ორთქლის წნევას არაუმეტეს +50 °C ტემპერატურაზე. რაც შეეხება მიწისქვეშა რეზერვუარებს, ისინი გათვალისწინებულია სამუშაო დაწნევისთვის არანაკლებ +25 °C ტემპერატურისა.

ცილინდრულ ჰორიზონტალურ რეზერვუარებს ამზადებენ 10, 12, 25, 50 და 175 მ³ მოცულობისა. ნახ.5.24 და 5.25 - ზე მოცემულია ყველაზე უფრო გავრცელებული რეზერვუარების სამონტაჟო სქემები. სფერულ რეზერვუარებს იყენებენ უფრო მეტად ბუტანის შენახვისათვის.

მათი დამზადებისათვის იხარჯება შედარებით ნაკლები რაოდენობა ფოლადი. მაგ. 600 მ³ მოცულობის სფერული რეზერვუარი 22 მმ სისქისაა და 10,5 მ დიამეტრით განსაზღვრულია 6 კგ/სმ² დაწნევაზე და იწონის 70 ტ-ს.



ნახ. 5.24. მიწისზედა და მიწისქვეშა ცილინდრული რეზერვუარების დაყენების სქემა
 ა - მიწისზედა რეზერვუარი; ბ - მიწისქვეშა რეზერვუარი; გ - რეზერვუარი შემონაყარით.



ნახ. 5.25. მიწისზედა ცილინდრული რეზერვუარის დაყენებისა და აღჭურვის სქემა:

- 1 - სადრენაჟო სარქველი გაუყინავი; 2 - ჩამკეტი ვენტილი $D_v = 40$ მმ; 3 - ჩქაროსნული სარქველი თხევადი ფაზის სახარჯო მილსადენზე; 4 - თერმომეტრის ჯიბე; 5 - ონკანი გამსვლელი ფოლადის $D_v = 80$ მმ; 6 - სინჯის ადების ვენტილი; 7 - თხევადი ფაზის დონის მაჩვენებელი; 8 - უკუსარქველი $D_v = 80$ მმ; 9 - რეზერვუარის შევსების მილი; 10 - სარეზერვო შტუცერი; 11 - ზღვრული დონის სიგნალიზატორის დაყენების შტუცერი; 12 - ლუქი $D_v = 450$ მმ რეზერვუარის დათვალაიერებისათვის; 13 - დამცავი სარქველი; 14 - ორთქლის ფაზის მილსადენი; 15 - მიწისზედა ფოლადის ცილინდრული რეზერვუარი; 16 - ლუქი რეზერვუარის ვენტილაციისათვის; 17 - ონკანი გასასვლელი ფოლადის $D_v = 50$ მმ.

ყველა გამომრთველი მოწყობილობები მიწისზედა რეზერვუარებისა განლაგებულია მილსადენების შემაერთებელი ნაკეთობის მახლობლად. მიწისქვეშა რეზერვუარებში კი მიწის-ზედა შესაბამის ტერიტორიაზე.

მანომეტრების შინაგანი დიამეტრი აირის სინჯის მოპოვებისათვის არ უნდა იყოს ნაკლები 3 მმ-სა. ასეთი განსხვავება კიდევებს შორის საშუალებას იძლევა სამუშაოს უწყესივრობისას წარმოქმნილი საფრთხის ლიკვიდირებისა.

მიწისზედა რეზერვუარებს მზის სხივების გავლენისაგან თავის დასაცავად ღებავენ ნათელ ლაქ-საღებავებით. უმეტესად ალუმინის ფხვნილის გამოყენებით. რაც შეეხება მიწისქვეშა რეზერვუარებს, მათ ფარავენ ანტიკოროზიული დანაფარებით და დამატებით ფარავენ ინერტული ქვიშით.

ლიტერატურა

1. ვარშალომიძე გ., გოგუაძე ი. მაგისტრალური ნავთობსადენები, გაზსადენები და მიწისქვეშა გაზსაცავები (დაპროექტება, მშენებლობა და ექსპლუატაცია) - თბილისი, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ 2009 – 651 გვ;
2. მეგრელიშვილი ზ., დონდოლაძე ნინო, დონდოლაძე ნანა, ხუციშვილი ბ., სატუმბო სადგურების დაგეგმარება, ბათუმი, შრსუ, 2010
3. მეგრელიშვილი ზ. და სხვ., ფოლადის ვერტიკალური რეზერვუარების ტექნოლოგიური მოწყობილობის ატლასი, ბათუმი, ბათუმის უნივერსიტეტი, 2011.
4. Антипов В.Н и др., Хранение нефти и нефтепродуктов, Учебное пособие, М. изд. Нефть и газ. 2003г; - 560 с.
5. Едигаров С.Г., Бобровский С.А. Проектирование и эксплуатация нефтебаз и газохранилищ. – М., Недра, 1973 г; - 180 с.
6. Кононова Г.В. Оборудование транспорта и хранения нефти и газа. Учебное пособие для вузов – Ростов н/Д, Феникс, 2006 – 128 с.
7. Логинова О. И. Насосная установка Патент РФ 2 506 458 С2 (<http://www.freepatent.ru/MPK/F/F04/F04B/F04B47>)
8. Бетонирование с помощью бетононасосов. <http://hidrotechnik.ru/podvodnoe/betoni16.html>
9. Законы подобия центробежных насосов. Коэффициент быстроходности <http://nasosinfo.ru/node/13>
10. Проблемы обеспечения пожарной безопасности резервуаров с защитной стенкой Ф.В. Демёхин, доктор технических наук; А.А. Цой. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V71/6.pdf>
11. Демёхин Ф.В., Таранцев А.А., Белов Д.И. О проблеме тушения пожаров в резервуарах с кольцевой защитной стенкой // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2013. № 2. С. 68–75.
12. Вертикальные резервуары с защитной стенкой. http://sarrz.ru/produkcija/rezervuary_vertikalnye_rvs/rvs_s_zaschitnoj_stenkoj.html
13. Дусалимов М.Э., Харисов Р.А., Мустафин Ф.М. Обзор существующих конструкций уплотняющих затворов плавающих крыш резервуаров. Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2012 –с. 114-130. <http://www.ogbus.ru>;
14. Девид Вуд, Сайд Мохатаб – Вопросы безопасности и экологичности поставок СПГ, журнал ROGTEC, октябрь 2007;
15. Терегулов Р.К. Совершенствование технологии производства и хранения сжиженного природного газа, Автореферат диссертации на соискании ученой степени кандидата технических наук, Уфа, 2009;
16. Виды резервуаров по форме для хранения нефтепродуктов. <https://www.npommz.ru/blog/vidy-rezervuarov-dlya-khraneniya-nefti> 2018.
17. Сфероидальные резервуары, <http://www.studfiles.ru/preview/2030396/page:9/> 2011.
18. Горизонтальные цилиндрические резервуары. <https://studfiles.net/preview/2030396/page:12/> 2011.
19. Шарифуллин А.В., Байбекова Л.Р., Смердова С.Г. Сооружения и оборудование для хранения, транспортировки и отпуска нефтепродуктов. Учебное пособие. Казань. КГТУ, 2011.
20. Эластичные резервуары резервуары для нефти и нефтепродуктов. <https://www.to-inform.ru/index.php/arkhiv/item/elasticnie-rezervuary-dlya-nefti> 2009.
21. Подводное нефтехранилище. https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geolog/3924/
22. Антонова Е.О., Крылов Г.В., Прохоров А.Д., Степанов О.А. Основы нефтегазового дела: Учеб. для вузов.— М: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003.- 307 с:

23. Техничко-экономические показатели резервуаров различных типов и объемов. https://gazovik-neft.ru/directory/article/ekonom_pokazateli-1.html
24. Справочник работника газовой промышленности. <http://neftyaга.ru/spravochnik-rabotnika-gazovoy-promishlennosti/2019>.
25. Кононова Г.В. Оборудование транспорта и хранения нефти и газа. Учеб. Пособие для вузов. – Ростов н/Д: Феникс, 2006 – 128 с.
26. Упругость насыщенных паров. http://referatwork.ru/category/obrazovanie/view/205531_uprugost_nasyschennyh_parov_2017.
27. Сооружение и ремонт сетей газоснабжения и нефтепродуктообеспечения. 2013. <http://5fan.ru/wievjob.php?id=19771>
28. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов: учебное пособие по дисциплине «Газоснабжение» для студентов специальности 270109 – теплогазо-снабжение и вентиляция/ Г. П. Комина, А. О. Прошутинский; СПбГАСУ. – СПб, 2010. – 148 с.
29. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. Учеб. пособие для вузов/П.И.Тугунов, В.Ф.Новоселов, А.А.Коршак, А.М.Шаммазов – Уфа, ООО «Дизайн – Полиграф Сервис», 2002 – 656 с.
30. Havard Devold. Oil and gas production handbook. An introduction to oil and gas production, transport, refining and petrochemical industry. Edition 3.0. Oslo 2013.
31. Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries. ANSI/API Standard 610, Tenth Edition, October 2004, American Petroleum Institute.
32. Faulkner L.L., Founding Editor, Fundamentals of natural gas processing, Taylor and Francis Group, 2006.
33. Wayne B. Geyer. Handbook of Storage tank systems. Marsel Dekker, INC. New York – Basel. 2005.
34. William C. Lyons Editor. Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering. Gulf Professional Publishing, 1996 - 1075 p.
35. Vassiliou M.S., The A to Z of the Petroleum Industry. Published by Scarecrow Press. Inc., 2009 – 665 p.
36. Мацкин Л.А. Черняк И.Л., Илембитов М.С. «Эксплуатация нефтебаз» М. 1975.
37. Нормы естественной убыли нефтепродуктов при приемеб транспортировании и отпуске на объектах магистральных нефтепродуктов (РД 153-39.4-033-98)
38. ГОСТ 1567-97 (ИСО 6246-95) Нефтепродукты. Бензины автомобильные и топлива авиационные. Метод определения смол выпариванием струей.
39. ГОСТ 34193 — 2017 Нефть и нефтепродукты. Определение содержания золы.
40. ГОСТ 3900-85* «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности»
41. ГОСТ 33-2016 Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости
42. ГОСТ 2517-2012 Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб (с Поправками и Изменением N 1)
43. ГОСТ 1012-2013. Бензины авиационные
44. ГОСТ 5542-2014. Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения
45. ГОСТ Р 52087-2003. Гфзы углеводородные сжиженные топливные.