

ზ. მეგრელიშვილი, ნინო დონდოლაძე,  
ნანა დონდოლაძე, ბ. ხუციშვილი

## სატუმბო სადგურების დაგეგმარება

დამხმარე სახელმძღვანელო  
საკურსო და საკვალიფიკაციო ნაშრომების  
შესასრულებლად

ბათუმი 2010

უკვ 628.12.002.5

მეთოდური მითითებები საკურსო და საკვალიფიკაციო ნაშრომების შესასრულებლად "სატუმბო სადგურების დაგეგმარება", ბათუმი, 2010, 122 გვ.  
ცხრილი 14; ნახაზი 11; ბიბლიოგრაფია 14 დასახელება.

წინამდებარე დამხმარე სახელმძღვანელოში მოყვანილია ნავთობბაზებისათვის სატუმბო სადგურების დაგეგმარების მეთოდიკა. განხილულია საკურსო პროექტის შესრულების მაგალითი. მოცემულია ზოგიერთი საცნობარო მონაცემები, რომლებიც საჭიროა დაგეგმარებისათვის. განხილულია სატუმბო სადგურის და მილსადენების მუშაობის ანალიზი და მათი ტექნოლოგიური მაჩვენებლები. დამხმარე სახელმძღვანელო განკუთვნილია "ნავთობსა და გაზის ტექნოლოგიის" სპეციალობის სტუდენტებისათვის. მას ასევე გამოიყენებს სხვა სპეციალობის სტუდენტები და ინჟინრები, რომლებიც მილსადენების დაგეგმარების ან ექსპლუატაციის საკითხებით არიან დაინტერესებულნი.

**შემდგენები:** ზურაბ მეგრელიშვილი, სრული პროფესორი, ტ.მ.დ.;

ნინო დონდოლაძე, ასისტენტ პროფესორი;

ნანა დონდოლაძე, მასწავლებელი;

ბორის ხუციშვილი, ინჟინერი.

**რეცენზენტი:** ირაკლი გოგუაძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ნავთობისა და გაზის ჭაბურღილების ტექნიკისა და ტექნოლოგიის მიმართულების სრული პროფესორი, საქართველოს ჟურნალის "ნავთობი და გაზი" მთავარი რედაქტორი

საქართველოს განათლების სამინისტრო  
შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

რედაქტორი: **ლ.კლიმიაშვილი**, სრული პროფესორი, ტ.მ.დ.

დამხმარე სახელმძღვანელო საკურსო და საკვალიფიკაციო  
ნაშრომების შესასრულებლად "სატუმბო სადგურების  
დაგეგმარება"

დამტკიცებულია შოთა რუსთაველის  
სახელმწიფო უნივერსიტეტის აკადემიური  
საბჭოს მიერ (დადგენილება №128, 2009  
წლის 27 ოქტომბერი)

## შინაარსი

გვერდი

<b>შესავალი</b> .....	5
ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირების ხერხები და მათი ტექნიკურ-ეკონომიური მაჩვენებლები.....	7
<b>თავი 1. სატუმბო სადგურების პროექტირება</b> .....	9
1.1. სატუმბო სადგურის მწარმოებლობის და გეოდეზიური დაწნევის განსაზღვრა.....	9
1.2. საწნეო მილსადენების რაოდენობის და მათი დიამეტრის განსაზღვრა .....	11
1.3. სატუმბო აგრეგატების რაოდენობისა და მთლიანი დაწნევის განსაზღვრა. ტუმბოებისა და ძრავების შერჩევა. სატუმბო აგრეგატების ზომების დადგენა .....	21
1.4. სამანქანო დარბაზში მილსადენების, აგრეგატების განლაგება და სატუმბო სადგურის შენობის ზომების დადგენა .....	25
1.5. სამანქანო დარბაზში მილსადენების, აგრეგატების განლაგება და სატუმბო სადგურის შენობის ზომების დადგენა.....	31
<b>თავი 2. სატუმბო სადგურის მილსადენების ჰიდრავლიკური ანგარიში</b> .....	46
2.1. მილსადენების უბნების პროპორციულობის კოეფიციენტის განსაზღვრა .....	46
2.2. მილსადენებისა და ტუმბოების ერთდროული მუშაობის გრაფო-ანალიტიკური ანგარიში.....	49
2.3. სატუმბო სადგურის და ტუმბოების მუშაობის რეჟიმის ანალიზი.....	54
<b>თავი 3. სატუმბო სადგურის დამხმარე მოწყობილობის</b> .....	65
3.1.სატუმბო სადგურის დამხმარე მოწყობილობის შერჩევა.....	65
3.2.სატუმბო სადგურის სამუშაო სიმძლავრის და დახურული სატრანსფორმატორო სათავსოს ფართობის განსაზღვრა .....	66
3.3.სატუმბო სადგურის ავტომატიზაცია .....	70

3.4.პროექტით გათვალისწინებული უსაფრთხოების ტექნიკის მოთხოვნები .....	70
3.5.კომპენსატორები.....	72
3.6.მილსადენების საყრდენები.....	75
3.7.მილსადენების გაანგარიშება სიმტკიცეზე.....	82
3.8.პროექტით გათვალისწინებული უსაფრთხოების ტექნიკის მოთხოვნები.....	87
<b>ლიტერატურა</b> .....	88
<b>დანართი 1</b> .....	89
<b>დანართი 2</b> .....	90
<b>დანართი 3</b> .....	91
<b>დანართი 4</b> .....	92
<b>დანართი 5</b> .....	93
<b>დანართი 6</b> .....	94
<b>დანართი 7</b> .....	95
<b>დანართი 8</b> .....	97
<b>დანართი 9</b> .....	101
<b>დანართი 10</b> .....	104
<b>დანართი 11</b> .....	113
<b>დანართი 12</b> .....	114
<b>დანართი 13</b> .....	115
<b>დანართი 14</b> .....	116
<b>დანართი 15</b> .....	119
<b>დანართი 16</b> .....	120
<b>დანართი 17</b> .....	121
<b>დანართი 18</b> .....	122
<b>დანართი 19</b> .....	123
<b>დანართი 20</b> .....	124

## შესავალი

სატუმბო სადგური ნავთობსადენებისა და ნავთობბაზის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ობიექტია. იგი განკუთვნილია ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირებისათვის (გადასატუმბად მიღება-გაცემის დროს) და ყოველგვარი შიგა სასაწყობო ოპერაციებისას.

სატუმბო სადგურები შეიძლება იყოს სტაციონარული და მოძრავი. მოძრავი სატუმბო სადგურის დამონტაჟება ავტომობილის ძარაზე, ბარჟაზე ან პანტონზე (მოტივტივე სატუმბო სადგური) ხდება. სტაციონარულ სატუმბო სადგურს განეკუთვნება (მიწისზედა, ნახევრადმიწისქვეშა, მიწისქვეშა) სადგურები, რომელშიც სატუმბო აგრეგატები და სხვა მოწყობილობები მონტაჟდება სტაციონარულ ფუნდამენტზე ან საყრდენზე და როგორც წესი შენობაშია გამლაგებული.

სტაციონარული სატუმბო სადგურის მოწყობილობის კომპლექსში შედის ტუმბოები შემაერთებული მილსადენებით, ურდულების კვანძები, მილსადენების კომუნიკაციის ნაწილები, ამძრავები, ელექტრომოწყობილობა, ელექტროგამშვები, საკონტროლო-საზომი ხელსაწყობები, ავტომატიზაციის სავენტილაციო, განათების, გათბობის, წყალმომარაგებისა და კანალიზაციის მოწყობილობები.

სატუმბო სადგურის შენობაში შეიძლება განთავსებული იყოს ტრანსფორმატორის ქვესადგური ძაბვით 10 კვ-მდე, გამანაწილებელი მოწყობილობა, ავტომატიზირებული მართვის საშუალებები, სარემონტო სახელოსნოები, სათავსოები მომსახურე პერსონალისათვის. იმ ნავთობპროდუქტების, შესანახად, რომელთა ორთქლის აალების ტემპერატურა 120 C<sup>0</sup>-ს აღემატება, განკუთვნილია ჰორიზონტალური რეზერვუარები. მათი მიწისქვეშა განლაგებისას რეზერვუარის ტორსი შეიძლება მოთავსებული იყოს სატუმბო სადგურის შენობაში.

სატუმბო სადგურებში გათვალისწინებული უნდა იყოს ბუნებრივი ვენტილაცია დეფლექტორების გამოყენებით ან ხელოვნური ვენტილაცია უსაფრთხო არაფეთქადი

სავენტილაციო დანადგარებით. სათავსოებში ჰაერის ჯერადობა მოყვანილია ცხრილში 1 [1].

საკურსო პროექტი მიზნად ისახავს სტუდენტის მიერ სატუმბო სადგურის ანგარიშის ტექნიკისა და მეთოდის ათვისებას, ტექნოლოგიური მოთხოვნების მიხედვით სატუმბო დანადგარების შერჩევას, ტუმბოებისა და მილსადენების ერთდროული მუშაობის გრაფო-ანალიტიკური გამოთვლების შესწავლას, სატუმბო სადგურის და ტუმბოების მუშაობის რეჟიმის ანალიზის ჩატარებას.

საკურსო პროექტი უნდა იყოს შესრულებული ვატმანის ფურცელზე A1 (594 X 841) და უნდა ახლდეს განმარტებითი ბარათი 15-20 თაბახის ფურცელი. სასურველია საკურსო პროექტი შესრულებული იყოს კომპიუტერული ტექნილიგიების გამოყენებით.

ცხრილი 1.

**ჰაერის ჯერადობა საათში ნავთობბაზის შენობებში და სათავსოებში ნავთობპროდუქტების სახეობების მიხედვით**

ნავთობპროდუქტების სახეობა	ჰაერის ჯერადობა	
	გოგირდის ნაერთების არ არსებობისას	გოგირდის ნაერთების არსებობისას
ნავთობი		
ეთილირებული ბენზინი	6,5	10
ბენზინი	13,5	13,5
ნავთი, დიზელი, ძრავის საწვავი, ბითუმი, მაზუთი	6	8
საპოხი ზეთები, პარაფინი	8	10
(გამხსნელის გარეშე)	3,5	5,5
<i>შენიშვნა: ჰაერის ჯერადობა პირობითად 6მ სიმაღლის სათავსოებისათვისაა მიღებული. სათავსოების სიმაღლის ყოველ შემცირებულ მეტრზე ჰაერის ჯერადობა 16%-ით იზრდება.</i>		

## ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირების ხერხები და მათი ტექნიკურ - ეკონომიური მაჩვენებლები

დღეისათვის დიდი მოცულობის ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირების საკითხი მთლიანად გადაწყვეტილია და გამოიკვეთა მილსადენი ტრანსპორტის წამყვანი როლი. თუმცა სატვირთო ნაკადების გაფანტულობის პრობლემა ჯერ კიდევ გადასაწყვეტია. ინტერესს იწვევს სხვადასხვა ტიპის ტრანსპორტის გამოყენების ეფექტურობა ღია (ფერის) ნავთობპროდუქტების გადაზიდვისას, ვინაიდან ბლანტი ნავთობპროდუქტები თავისი თვისებების გამო დიდ მანძილზე მილსადენებით ვერ გადაიტუმბება. ნავთობპროდუქტების გადაზიდვის სხვადასხვა ვარიანტის შედარებისას პერსპექტივაში შეიძლება ეს საკითხიც წარმატებით იყოს გადაწყვეტილი.

ღია ნავთობპროდუქტების მომხმარებლისათვის მიწოდებისას ძირითადი დატვირთვა სარკინიგზო ტრანსპორტზე მოდის. თუმცა სამეურნეო თვალსაზრისით იგი ყველაზე მეტად გამოსადეგი ტრანსპორტი არ არის. გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ წელიწადში 1,4 მილ. ტონაზე მეტი ნავთობპროდუქტის ნებისმიერ მანძილზე გადატვირთვისას სხვა ტრანსპორტთან შედარებით უფრო მიზანშეწონილია მილსადენი ტრანსპორტის გამოყენება. ღია ნავთობპროდუქტების ნაკადების (200-დან 800 ათას ტ-მდე წელიწადში) შემთხვევაში კი სხვადასხვა სახის ტრანსპორტის გამოყენებაა შესაძლებელი.

დადგენილია, რომ ნავთობპროდუქტების მცირე მანძილზე გადაზიდვისას ეკონომიურია (მომგებანია) ავტომობილების გამოყენება, მილსადენებისა საშუალო მანძილზე, სარკინიგზო ტრანსპორტის კი დიდ მანძილებზე (ცხრ.2) [1].



ცხრილი 2.

სხვადასხვა სახის ტრანსპორტის გამოყენების არე (კმ-ში)

ტრანსპორტის გამოყენების არე	ნავთობპროდუქტების ნაკადის სიმძლავრე: მილ. ტ/წელ.		
	0,2	0,4	0,8
საავტომობილო ტრანსპორტის უდავო არე	0 - 62	0 - 19	-
საავტომობილო და მილსადენი ტრანსპორტების შორის საორჭოფო არე	62 - 152	19 - 58	0 - 28
მილსადენი ტრანსპორტის უდავო არე	152 - 336	58 - 435	28 - 590
მილსადენი და სარკინიგზო ტრანსპორტებს შორის საორჭოფო არე	336 - 710	435 - 940	590-960
სარკინიგზო ტრანსპორტის უდავო არე მილსადენი ტრანსპორტის უდავო არე	336 - 710 >710	435 -940 >940	590-960 >960

## თავი 1

### სატუმბო სადგურების პროექტირება

#### 1.1. სატუმბო სადგურის მწარმოებლობის და გეოდეზიური დაწნევის განსაზღვრა

სატუმბო სადგურის საანგარიშო ხარჯი განისაზღვრება, როგორც საშუალო საათური ხარჯი სითხის მაქსიმალური რაოდენობის მიწოდების დღეებში.

$$q_{\text{საან.}} = \frac{G_{\text{max დ.დ.}}}{T}, \text{ ტ/სთ} \quad (1)$$

სადაც,  $G_{\text{max დ.დ.}}$  - სითხის მაქსიმალური დღე-ღამური რაოდენობა მშენებლობის მოცემული რიგისათვის, ტ;  $T$  - სატუმბო სადგურის მუშაობის ხანგრძლიობა (როგორც წესი 24 სთ), სთ;

მოცულობითი ხარჯი კუბურ მეტრებში სითხის მოცულობითი მასის გათვალისწინებით განისაზღვრება როგორც

$$q_{\text{საან}} = \frac{G_{\text{max დ.დ.}}}{\gamma \cdot T}, \text{ მ}^3/\text{სთ} \quad (2)$$

სადაც,  $\gamma$  - სითხის მოცულობითი მასა, ტ/მ<sup>3</sup> (დანართი 1).

სატუმბო სადგურის მიერ ნავთის გადატუმბვის შემთხვევაში (დანართი 2)

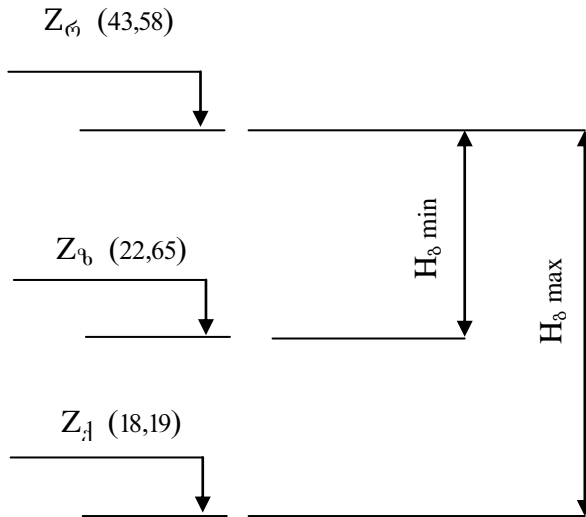
$$q_{\text{საან}} = \frac{36200}{0,79 \cdot 24} = 1909,3 \text{ მ}^3/\text{სთ} = 530,4 \text{ ლ/წმ.}$$

სატუმბო სადგურის გეოდეზიური დაწნევა განისაზღვრება, როგორც დონეების ნიშნულების სხვაობა რეზერვუარსა და შემწვოვ კამერას შორის ნიშნულების დონეების მერყეობის (ცვალებადობის) გათვალისწინებით (ნახ. 1) [2].

$$H_{\text{ბ. min}} = Z_{\text{ფ}} - Z_{\text{ბ}} = 43,58 - 22,65 = 20,93 \text{ მ} \quad (3)$$

$$H_{\delta \cdot \max} = Z_{\delta} - Z_{\downarrow} = 43,58 - 18,19 = 25,39 \text{ მ} \quad (4)$$

$$H = \frac{H_{\max} + H_{\min}}{2} = \frac{25,39 + 20,93}{2} = 23,16 \quad (5)$$



ნახ. 1. გეოდეზიური დაწნევის განგარიშების სქემა.

სითხის დონის ნიშნულები შემწოვ კამერაში (შუალედურ რეზერვუარში) გამოითვლება დამგეგმარებლის მიერ არსებული ჰორიზონტალების (იზოჰიბსების) გათვალისწინებით. ისინი შეიძლება მერყეობდნენ შემწოვი კამერის სიმაღლის მიხედვით.

## 1.2 საწნეო მილსადენების რაოდენობის და მათი დიამეტრის განსაზღვრა

საწნეო მილსადენების რაოდენობა განისაზღვრება ტექნიკურ-ეკონომიური ანალიზის გათვალისწინებით სითხის მიწოდების მოთხოვნებით და ჩვეულებრივ მიიღება არა ნაკლებ ორისა (შესაბამისი დასაბუთების შემთხვევაში შეიძლება ერთიც იყოს) [3].

ერთი მილსადენის საანგარიშო ხარჯი

$$q_{\text{მილ}} = \frac{q_{\text{საანგ}}}{n}, \text{ ლ/წმ}$$

სადაც,  $n$  - საწნეო მილსადენების რაოდენობაა;  
ორი საწნეო მილსადენის შემთხვევაში კი

$$q_{\text{მილ}} = \frac{530,4}{2} = 265,2 \text{ ლ/წმ}$$

საწნეო მილსადენების ეკონომიური დიამეტრი განისაზღვრება სხვადასხვა დიამეტრის მილსადენების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარების საფუძველზე.

მილის მასალის შერჩევა ხდება დასაშვები წნევის და მილსადენების მშენებლობის სამუშაოების წარმოების პირობების მიხედვით.

ნაგებობებისა და დანადგარების პროექტირების ვარიანტების შეფასების კრიტერიუმებად შეიძლება მიღებული იყოს ამოგების ვადა და დაყვანილი ღირებულება [4]. პირველ კრიტერიუმს იყენებენ ორი ვარიანტის შედარებისას, მეორეს კი ორზე მეტი ვარიანტის განხილვისას.

დამატებითი კაპიტალამოგების ვადა განისაზღვრება როგორც

$$T = \frac{K_1 - K_2}{C_2 - C_1}, \text{ წელი} \quad (7)$$

სადაც,  $K_1$  და  $K_2$  კაპიტალდაბანდება შესადარებელი ვარიანტების მიხედვით;  $C_1$  და  $C_2$  წლიური პროდუქციის თვითღირებულება (წარმოების დანახარჯები) ამავე ვარიანტის მიხედვით;

წარმოების დანახარჯები განისაზღვრებს ფორმულით

$$C = a + t + b + \mathcal{E}, \text{ ლარი} \quad (8)$$

სადაც,  $a$  - საამორტიზაციო ანარიცხებია;  $t$  - დანახარჯები მიმდინარე რემონტზე;  $b$  - ხელფასის ფონდი ყველა დანარიცხით;  $\mathcal{E}$  - სხვა დანახარჯები (ელექტროენერჯის, მასალების, ტრანსპორტი და სხვა)

დაყვანილი ღირებულება განისაზღვრება ფორმულით

$$P_{\text{ღ}} = K_1 + T_0 C \quad (9)$$

სადაც,  $T_0$ -დარგის ნორმატიული ამონაგების ვადა ( $T_0=12,5$  წელი).

დაყვანილი ღირებულების მიხედვით ეკონომიურად გამოსადეგი ვარიანტის განსაზღვრისას საჭიროა თითოეული ვარიანტისათვის დადგინდეს  $P_{\text{ღ}}$  (დაყვანილი ღირებულება).

ეკონომიურად ყველაზე გამართლებულ ვარიანტად მიიღება ის ვარიანტი რომელსაც მინიმალური დაყვანილი ღირებულება აქვს.

ნაგებობების კაპიტალდაბანდებასა და წარმოების დანახარჯებს შორის არსებობს კანონზომიერი კავშირი. ეს კავშირი ნათლად ჩანს მილსადენების ეკონომიური დაიამეტრის  $D_{\text{კ}}$  დადგენისას. მილსადენის დაიამეტრის

გაზრდისას მუდმივი საანგარიშო ხარჯის  $q_{\text{მოლ}}$  შემთხვევაში, იზრდება კაპიტალური დაბანდებები და მცირდება წარმოების წლიური დანახარჯები წნევის დანაკარგების და შესაბამისად ელექტროენერჯის შემცირების ხარჯზე.

საწნეო მილსადენის ეკონომიურად ყველაზე გამოსადეგი დიამეტრის დადგენისათვის საჭიროა განვიხილოთ რამდენიმე შესაძარბელი დიამეტრი. მათი სიდიდე დგინდება ვლობაჩოვის [5] ფორმულის მიხედვით.

$$D_{\text{კვ}} = (0,8 \div 1,2) \cdot q_{\text{მოლ}}^{0,42} \quad (10)$$

აქ  $q_{\text{მოლ}}$  აიღება  $\text{მ}^3/\text{წმ}$ -ში. გაანგარიშებისათვის საკმარისი სიზუსტისათვის ხარისხის მაჩვენებელი შეიძლება მივიღოთ 0,5-ის ტოლად.

განისაზღვრება დიამეტრების კიდურა მნიშვნელობები

$$D_1 = 0,8\sqrt{q_{\text{მოლ}}}, \text{ მ};$$

$$D_n = 1,2\sqrt{q_{\text{მოლ}}}, \text{ მ};$$

$$D_1 = 0,8\sqrt{0,265} = 0,412\text{მ} = 412\text{მმ}$$

$$D_n = 1,2\sqrt{0,265} = 0,618\text{მ} = 618\text{მმ}$$

მიღებული დიამეტრების მნიშვნელობების სტანდარტულ მნიშვნელობამდე დამგვალების შემდეგ (მცირესი-შემცირებისაკენ, დიდისა - გამსხვილებისაკენ), ამოიწერება შუალედური სტანდარტული დიამეტრების სიდიდეები:

$$D_1=400\text{ მმ}; \quad D_2=450\text{ მმ}; \quad D_3=500\text{ მმ}; \quad D_4=600\text{ მმ};$$

$$D_5=700\text{ მმ};$$

ფოლადის მილის ხუთი სხვადასხვა დიამეტრის ეკონომიკური შედარებისათვის გამოიყენება მეორე კრიტერიუმი – დაყვანილი ღირებულება.

მილსადენის მშენებლობის კაპიტალური დანახარჯები განისაზღვრება მილის ერთეული სიგრძის ღირებულების მიხედვით (დანართი 3). მილსადენის ღირებულების ანგარიშის შედეგები მიწისზედა გაყვანისას (როცა მილსადენის სიგრძე 3940მ შეადგენს (დანართი 2) მოყვანილია ცხრილში 3.

წლიური საექსპლუატაციო ხარჯების განსაზღვრისას მილსადენის თითოეული დიამეტრის მიხედვით გამოითვლება საამორტიზაციო ანარიცხებისა და ელექტროენერჯის ღირებულება.

წლიური საამორტიზაციო ანარიცხები დამოკიდებულია მილსადენის მასალის სამსახურის ვადაზე და [6]-ის (დანართი 4) მიხედვით მიღებულია 8,0%. ერთი ფოლადის მილსადენის მშენებლობის წლიური საამორტიზაციო ანარიცხების ანგარიში შესადარებელი დიამეტრების მიხედვით მოყვანილია ცხრილში 4.

დახარჯული კვტ/სთ ელექტროენერჯის წლიური ღირებულება გამოითვლება დამოკიდებულებით

$$\Theta = \frac{\gamma \cdot q_{\text{საფ.}} \cdot H_{\text{საანგ.საშ.}} \cdot 24 \cdot 365 \cdot m}{102 \cdot \eta_s}, \text{ ლარი} \quad (11)$$

სადაც,  $q_{\text{საფ.}}$  –სატუმბო სადგურის მწარმოებლობაა, ლ/წმ;

$H_{\text{საანგ. საშ.}}$  – ტუმბოების საშუალო საანგარიშო დაწნევა, მ;  $\eta_s$

–სატუმბო აგრეგატის მარგი ქმედების კოეფიციენტი (0,75–0,80);

$m$  –ერთი კვტ/სთ ელექტროენერჯის ღირებულება (დანართი 5,  $m=9,565$  თეთრი/კვტ-სთ);  $\gamma$  –სითხის მოცულობითი წონა, (790,0 კგ/ლ);

ცხრილი 3

მილსადენის ღირებულება (მილის სიგრძე 3940 მ)

$D$ , მმ	მილსადენის ერთეული სიგრძის ღირებულება, ლარი	მილსადენის მშენებლობის ღირებულება $K$ , ლარი
400	820,16	3231430,4
450	839,65	3308221,0
500	859,13	3384972,2
600	884,70	3485718,0
700	913,22	3598086,8

ცხრილი 4

სამორტიზაციო ანარიცხების გაანგარიშება

$D$ , მმ	მილსადენის მშენებლობის ღირებულება $K$ , ლარი	წლიური სამორტიზაციო ანარიცხების ჯამი $\alpha$ , ლარი
400	3231430,4	258514,43
450	3308221,0	264657,68
500	3384972,2	270797,78
600	3485718,0	278857,44
700	3598086,8	287846,94

$$H_{\text{საანგ. საშ}} = H_{\text{გ.საშ}} + \Sigma h, \text{ მ.} \quad (12)$$

$H_{\text{გ. საშ}}$  - საშუალო გეოდეზიური დაწნევა განისაზღვრება ფორმულის (5) მიხედვით.

საწნეო მილსადენში წნევის დანაკარგების ჯამი ტოლია



$$\Sigma h = h_{\text{სიგრ}} + h_{\text{აღ}} \quad (13)$$

სადაც,  $h_{\text{სიგრ}}$ -წნევის დანაკარგები სიგრძის მიხედვით, მ;  $h_{\text{აღ}}$  - წნევის დანაკარგები ადგილობრივ წინაღობებში, მ;

წნევის დანაკარგები ადგილობრივ წინაღობებში აიღება 5-10 % წნევის დანაკარგებისა სიგრძის მიხედვით (ვიღებთ 10 %).

წნევის დანაკარგები სიგრძეზე იანგარიშება როგორც

$$h_{\text{სიგრ}} = i \cdot l \quad (14)$$

სადაც,  $l$ -მილსადენის სიგრძე, მ;  $i$ -წნევის დანაკარგები სიგრძის ერთეულზე (ჰიდრავლიკური ქანობა) [6]

$$i = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (15)$$

სადაც,  $\lambda$  -ჰიდრავლიკური წინაღობის კოეფიციენტი;  $D$  - მილის პირობითი დიამეტრი, მ;  $V$  -მილსადენში სითხის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე, მ/წ;  $g$  -სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წ<sup>2</sup>;

ლამინარული დინებისას ( $Re < 2300$ ) ჰიდრავლიკური წინაღობის კოეფიციენტი განისაზღვრება სტოქსის ფორმულის მიხედვით:  $\lambda = 64/Re$ . ლამინარული რეჟიმი წარმოიქმნება მაღალი სიბლანტის ნავთობის და ნავთობპროდუქტების გადაქაჩვის დროს. ტურბულენტური რეჟიმისათვის ( $Re > 3000$ ) გლუვი ხახუნის ზონაში  $\lambda$  გამოითვლება ბლაზიუსის ფორმულის მიხედვით:  $\lambda = 0,3164/\sqrt[4]{Re}$ . ჩვეულებრივ, ამ ფორმულით სარგებლობენ საშუალო სიბლანტის ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გადაქაჩვის დროს. ტურბულენტური რეჟიმისათვის კვადრატული კანონის ხახუნის ზონაში  $\lambda$  -ას გამოსათვლელად რეკომენდაციას უწევენ ბ. ლ. შიფრინსონის ფორმულას:  $\lambda = 0,11 \cdot (k/D)^{0,25}$ . ის გამოიყენება მილსადენების

განგარიშებისათვის ნათელი ნავთობპროდუქტების შემთხვევაში [7].

ხახუნის შერეული ზონისათვის განსაკუთრებული სიმარტივით გამოირჩევა ალტმულის ფორმულა:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{k}{D} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} \quad (16)$$

სადაც,  $k$  - აბსოლუტური ეკვივალენტური ხორკლიანობის მნიშვნელობა.

ა. დ. ალტმული აღნიშნავს, რომ როცა  $\text{Re} \cdot (k/D) < 10$  ფორმულა (16) პრაქტიკულად ემთხვევა ბლაზიუსის ფორმულას და როცა  $\text{Re} \cdot (k/D) > 500$  კი შიფრინსონისას. აქედან გამომდინარე,  $\text{Re} \cdot (k/D) = 10$  შეიძლება ჩაითვალოს საზღვრად გლუვი და შერეული ხახუნის ზონებს შორის და  $\text{Re} \cdot (k/D) = 500$  - საზღვრად შერეული და სრული ხორკლიანობის (კვადრატული) ხახუნის ზონებს შორის.

ზოგადად მიღებულია, რომ მაგისტრალური მილსადენებისათვის პირობითი დიამეტრით 350 მმ-მდე  $k = 0,125$  მმ-ს, უფრო დიდი დიამეტრის მილებისათვის  $k = 0,1$  მმ-ს.

სტოქსის, ბლაზიუსის და შიფრინსონის ფორმულებს აქვთ საერთო გამოსახულება:

$$\lambda = A / \text{Re}^m \quad (17)$$

სადაც,  $A$  და  $m$  - მუდმივი სიდიდეებია,  $m$  -ს უწოდებენ სითხის მოძრაობის რეჟიმის მაჩვენებელს (დანართი 5).

მიღებში სითხის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე გამოიანგარიშება დამოკიდებულებით:

$$V = q_{\text{მოლ}} / F, \text{ მ/წ} \quad (18)$$

სადაც,  $F = \pi D^2/4$ , მ<sup>2</sup> - მილის განიკვეთის ფართობი;  $q_{\text{მოლ}}$  - მილში გამავალი სითხის ხარჯი, მ<sup>3</sup>/წ.

აქედან  $V = 4q_{\text{მოლ}} / \pi D^2$ , მ/წ.

რეინოლდსის რიცხვი იანგარიშება ფორმულით:

$$\text{Re} = \frac{DV}{\nu} \quad (19)$$

მე-(16) ფორმულის გათვალისწინებით  $\text{Re} = 4q_{\text{მოლ}} / \pi D \nu$ ,

სადაც  $\nu$  – ტრანსპორტირებადი სითხის კინემატიკური სიბლანტის კოეფიციენტი (დანართი 1,  $\nu = 1,6$  მმ<sup>2</sup>/წ).

სიგრძის ერთეულზე წნევის დანაკარგების იანგარიშება დიამეტრების მიხედვით და მოყვანილია ცხრილში 5.

λ გამოსათვლელად საჭირო ფორმულის შესარჩევად საჭიროა რეინოლდსის პირველი და მეორე გადასასვლელი რიცხვის დადგენა. თუ  $k = 0,1$  მმ-ს,  $\varepsilon = 0,1/D$   $\varepsilon = 0,1/400 = 2,5 \cdot 10^{-4} = 0,00025$ . რეინოლდსის პირველი გადასასვლელი რიცხვი:

$$\text{Re}_1 = 10/\varepsilon = 10/0,00025 = 40000$$

რეინოლდსის მეორე გადასასვლელი რიცხვი:

$$\text{Re}_2 = 500/\varepsilon = 500/0,00025 = 2000000$$

ვინაიდან რეინოლდსის რიცხვი  $\text{Re}_1 < \text{Re} < \text{Re}_2$ , გვაქვს ხახუნის შერეული ზონა. ე.ი. შეიძლება გამოყენოთ ფორმულა (16).

საშუალო საანგარიშო დაწნევის ანგარიში შესადარებელი დიამეტრებისათვის მოყვანილია ცხრილში 6.

დახარჯული ელექტროენერგიის წლიური ღირებულება სატუმბო სადგურისათვის ტოლია:

$$\dot{Y} = \frac{0,79 \cdot 530,4 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,09565}{102 \cdot 0,8} H_{\text{საან. საშ}} = 4302,59 H_{\text{საან. საშ}}$$

ცხრილი 5

**სიგრძის ერთეულზე წნევის დანაკარგების ანგარიში**

$D$ , მმ	$q_{\text{მოლ}}$ , მ <sup>3</sup> /წმ	$V$ , მ/წმ	Re	$\lambda$	$i$
400	0,265	2,11	527500,0	0,0154	0,009
450	0,265	1,67	469687,5	0,0152	0,005
500	0,265	1,35	421875,0	0,0152	0,003
600	0,265	0,94	352500,0	0,0152	0,001
700	0,265	0,69	301875,0	0,0152	0,0005

ელექტროენერჯის წლიური ხარჯის ღირებულება მიღების პირობითი დიამეტრების გათვალისწინებით მოყვანილია ცხრილში 7.

მონაცემები მინიმალური დაყვანილი ღირებულების დასადგენად შესადარებელი დიამეტრების მიხედვით მოყვანილია ცხრილში 8. საიდანაც ჩანს, რომ მილსადენის ეკონომიკურად ყველაზე გამოსადეგი დიამეტრია 600 მმ, სითხის მოძრაობის სიჩქარით 0.94 მ/წმ.

ცხრილი 6

**საშუალო საანგარიშო დაწნევის გამოთვლა**

$D$ , მმ	წნევის დანაკარგები 1000 <i>i</i>	$h_{\text{სიგრძ.}}$ , მ	$h_{\text{აღ.}}$ , მ	$\Sigma h$ , მ	$H_{\text{გ.საშ.}}$ , მ	$H_{\text{საანგ. საშ.}}$ , მ
400	9,0	35,46	3,55	39,01	23.16	62,17
450	5,0	19,70	1,97	21,67	23.16	44,83
500	3,0	11,82	1,18	13,00	23.16	36,16
600	1,0	3,94	0,4	4,34	23.16	27,50
700	0,5	1,97	0,2	2,17	23.16	25,33

ცხრილი 7

**ელექტროენერჯის წლიური ხარჯი**

$D$ , მმ	$H_{\text{საშუალო}}$ , მ	ელექტროენერჯის ღირებულება $\Theta$ , ლარი
400	62,17	267491,75
450	44,83	192884,92
500	36,16	155581,50
600	27,50	118321,11
700	25,33	108984,50

ცხრილი 8

**დაყვანილი ღირებულება დიამეტრების მიხედვით**

$D$ , მმ	$K$ , ლარი	$\alpha$ , ლარი	$\Theta$ , ლარი	$(\alpha + \Theta) \cdot T_0$ ლარი	$\Pi_{\text{დ}}$ , ლარი
400	3231430,4	258514,43	267491,75	6575077,3	9806507,7
450	3308221,0	264657,68	192884,92	5719282,5	9027503,5
500	3384972,2	270797,78	155581,50	5329741,0	8714713,2
600	3485718,0	278857,44	118321,11	4964731,9	8450449,9
700	3598086,8	287846,94	108984,50	4960393,0	8558479,8

**1.3. სატუმბო აგრეგატების რაოდენობისა და მთლიანი დაწნევის განსაზღვრა. ტუმბოებისა და ძრავების შერჩევა.**

ტუმბოებმა უნდა უზრუნველყონ სითხის საანგარიშო ხარჯის მიწოდება სითხის მაქსიმალური და მინიმალური დონისას მიმღებ და ამოსადებ რეზერვუარში. საანგარიშო დაწნევად მიიღება მაქსიმალური დაწნევა ტუმბოების შერჩევისას.

$$H = H_{\text{გ,max.}} + \sum h + \sum h_{\text{შეკვ.}} + \sum h_{\text{შემ.}} \quad (20)$$

საწნეო მილსადენში წნევის დანაკარგების ჯამი მოყვანილია ცხრილში 6. როცა  $D = 600$  მმ, იგი შეადგენს 4,34მ. წნევის დანაკარგები შემწოვ ( $\sum h_{\text{მწოვ.}}$ ) და შემაერთებელ ( $\sum h_{\text{მეშ.}}$ ) მილსადენებში შეიძლება მიღებული იყოს 1,0 ÷ 1,5 მ-ის ტოლი. ნამდვილი (რეალური) წნევის დანაკარგები მიიღება სატუმბო დანადგარების მილსადენის სისტემის ყველა უბნის ჰიდრავლიკური გაანგარიშების საფუძველზე. სატუმბო დანადგარების მილსადენის სისტემა აგება ტუმბოების შერჩევის შემდეგ ხდება.

ტუმბოს მთლიანი დაწნევა:

$$H = 23,16 + 4,34 + 1,5 = 29,0 \text{ მ}$$

სატუმბო სადგური ჩვეულებრივ იანგარიშება პირველი რიგის მშენებლობისათვის წარმადობის გაზრდის პერსპექტივების გათვალისწინებით (მეორე და შემდგომი რიგის მშენებლობა). ეს შეიძლება მიღწეული იქნას აგრეგატების რაოდენობის ან წარმადობის გაზრდის ხარჯზე. სატუმბო აგრეგატების რიცხვის გაზრდისას გათვალისწინებული უნდა იყოს სამანქანო დარბაზის ფართობის გაზრდის შესაძლებლობა.

უფრო მძლავრი ტუმბოების დაყენების შემთხვევაში საჭიროა დანადგარების ფუნდამენტის და მილსადენების ზომების გაზრდა. ამ მოსაზრებიდან გამომდინარე შემდგომი რიგი მშენებლობისათვის საჭიროა სამანქანო დარბაზის ზომების ცოტაოდენ გადამეტება.

სარეზერვო სატუმბო აგრეგატების რაოდენობა აიღება მუშა აგრეგატების რიცხვის და სატუმბო სადგურის მუშაობის საიმედოობის მიხედვით. ჩვეულებრივ სატუმბო სადგურები მუშაობის საიმედოობის მეორე კლასს მიეკუთვნება. ამიტომ სატუმბო სადგურში 1-დან 4-მდე მუშა ტუმბოს არსებობის შემთხვევაში გამოიყენება ერთი სარეზერვო სატუმბო აგრეგატი.

ტუმბოები შეირჩევა ხარჯის  $q_{\phi}$ , (ლ/წმ ან მ<sup>3</sup>/სთ) და წნევის  $H = 29,0$ მ მიხედვით. ამისათვის არსებობს გაერთიანებული  $H - Q$  გრაფიკების ველი (იხ. დანართი 7).

რეალური ტუმბოს მწარმოებლურობა დგინდება ტუმბოების და მილსადენების სისტემის ერთობლივი მუშაობის გრაფიკ-ანალიტიკური გაანგარიშების შედეგად (იხ ქვეთავი 2.2).

თუ არსებობს რამდენიმე ტუმბო და ისინი საექსპლუატაციო პირობებს აკმაყოფილებენ, მაშინ ამათგან შეირჩევა ტუმბო უფრო მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტით,  $H_{\text{გაკ}}$  მაქსიმალური სიდიდით და უკეთესი კონსტრუქციული მონაცემებით.

ტუმბოს შერჩევასას უნდა გვახსოვდეს, რომ მოსალოდნელი მუშა წერტილი მოთავსებული უნდა იყოს ტუმბოს მუშა ზონის რეკომენდირებულ ფარგლებში (შემოფარგლულია ტალღისებური ხაზებით) და არ უნდა იყოს განლაგებული  $H - Q$  ხაზს ზემოთ. ტუმბოების რაოდენობა, მაშინ როცა წარმადობა  $q_{\text{საღ}} = 530,4$  ლ/წმ და  $H = 29,0$  მ-ია, მოყვანილია ცხრილში 9.

ცხრილი 9

**ტუმბოების შერჩევა**

მუშა ტუმბოების რაოდენობა	ერთი ტუმბოს წარმადობა, $q_{\phi}$ , ლ/წ	ტუმბოს მარკა
1	530,4	18 HДс 960
2	265,2	12HДс 1450
3	177,1	12Д-9 1450

ცხრილიდან 9 ჩანს, რომ ჩვენ პირობებს სამი ტუმბო აკმაყოფილებს. ამ ტუმბოების მახასიათებლების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ყველაზე გამოსადეგია 12Д-9 ტუმბო (დანართი 8).

სატუმბო სადგურში დამონტაჟებული უნდა იყოს სამი მუშა და ერთი სარეზერვო ტუმბო მუშა ბორბალის დიამეტრით 365 მმ, ბრუნვათა რიცხვით 1450 ბრ/წუთში. ტუმბოს კონსტრუქციული ზომები დგინდება დანართი 9-ის მიხედვით. ტუმბოს ცენტრის სიმაღლე 540 მმ, საერთო სიმაღლე 915 მმ, წონა 900 კგ. (დანართი 9). ტუმბოს ელექტროძრავას ვირჩევთ სიმძლავრის, ტუმბოს ბრუნვათა რიცხვის, სატუმბო სადგურის ელექტროქსელის ძაბვის და ტუმბოს ლილვის განლაგების მიხედვით. ამძრავის სიმძლავრე განისაზღვრება ფორმულით:

$$N_{\text{ძრ}} = \frac{\gamma \cdot q_{\delta} \cdot H}{102 \cdot \eta_{\delta}} \cdot k, \text{ კვტ} \quad (21)$$

სადაც  $q_{\delta}$  - ტუმბოს წარმადობა, ლ/წმ;  $\gamma$  - სითხის მოცულობითი მასა, ტ/მ<sup>3</sup> (დანართი 1).  $\eta_{\delta}$  - შესაბამისი ტუმბოს მარგი ქმედების კოეფიციენტი;  $k$  - მარაგის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ამძრავის შესაძლო შემთხვევით გადატვირთვას. აიღება ამძრავის სიმძლავრის მიხედვით:

20 კვტ-მდე  $k = 1,25$

20-დან 50 კვტ-მდე  $k = 1,2$

50-დან 300 კვტ-მდე  $k = 1,15$

300 კვტ-ზე ზემოთ  $k = 1,1$

$$N_{\text{ძრ}} = \frac{0,79 \cdot 177,1 \cdot 29,0}{102 \cdot 0,8} \cdot 1,2 = 59,7, \text{ კვტ}$$

ძრავის ბრუნვის რიცხვის 1450 ბრ/წუთ და მიღებული სიმძლავრის მიხედვით (დანართი 10) ვირჩევთ ელექტროძრავას - სერია ДАМ - 6, მარკა (ნიშანი) 114/4, სიმძლავრით 115 კვტ, ბრუნვათა რიცხვით 1460 ბრ/წუთ, ძაბვა 380 ვ, მარგი ქმედების კოეფიციენტი 91,5%,  $\text{Cos}\varphi = 0,86$ , წონა 910 კგ, ძრავა



ჰორიზონტალური, ტენისაგან დაცული (დახურული).  
კონსტრუქციული ზომები აიღება დანართიდან 10.

#### 1.4. სატუმბო აგრეგატების ფუნდამენტების გაანგარიშება

სატუმბო აგრეგატის ზომები განისაზღვრება ტუმბოსა და ძრავის ზომების მიხედვით. აგრეგატის სიგრძე შეადგენს ტუმბოს და ძრავის როტორის სიგრძის ჯამს. აგრეგატის ზომების განსაზღვრის სქემა მოყვანილია ნახ. 2-ზე. სატუმბო აგრეგატის ფუნდამენტის სიგრძე ჯამდება შემდეგი თანმიმდევრობით:

სატუმბო აგრეგატის ფუნდამენტის სიგრძე შეადგენს

$$690 + \frac{460}{2} + 150 + 705 + \frac{490}{2} + 150 + 5 = 2175 \text{ მმ}$$

სატუმბო აგრეგატის ფუნდამენტის სიგანე შეადგენს

$$620 + 150 \cdot 2 = 920 \text{ მმ.}$$

სატუმბო აგრეგატის სიგრძე შეადგენს

$$580 + 690 + 5 + 705 + 475 = 2455 \text{ მმ}$$

სატუმბო აგრეგატის სიგანე განისაზღვრება ელექტროძრავის დიამეტრით და კლემების კოლოფის ზომებით (დანართი 10)

$$B + B_1 = 760 + 200 = 960 \text{ მმ}$$

ან მანძილით ტუმბოს შემწოვი და საწნეო მილტუჩებს შორის

$$600 + 580 = 1180 \text{ მმ}$$

სატუმბო აგრეგატის სიგანედ მიიღება მიღებული ზომებისაგან უდიდესი, ე. ი. 1180 მმ.

სატუმბო აგრეგატის ფუნდამენტი იანგარიშება აგრეგატისა და რხევითი მოძრაობის რეზონანსზე. ელექტროძრავის როტორი და ტუმბოს მუშა ბორბალი აბსოლუტურად გაწონასწორებული რომ იყოს და არავითარ აღმაშფოთებელ რხევებს ისინი არ უნდა

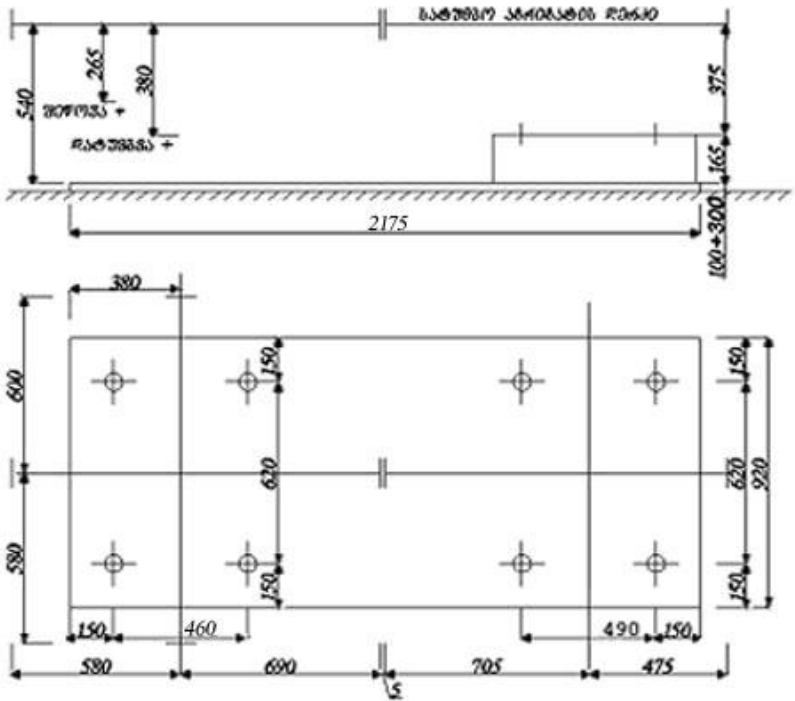
წარმოქმნიდენ. თუმცა ბრუნვითი სხეულების სიმძიმის ცენტრის სრული თანხვედრა ბრუნვის ღერძთან შეუძლებელია. ჩვეულებრივ არსებობს ბრუნვითი მასების ექსცენტრისიტეტი  $r_0$ , რის შედეგად წარმოიქმნება გაუწონასწორებელი ცენტრიდანული ძალა

$$X = M \cdot r_0 \cdot \omega^2, \quad (22)$$

სადაც,  $M$  - აგრეგატის და ფუნდამენტის მასაა;  $\omega$  - რხევის სიხშირე, რომელიც ამძრავის ბრუნვათა რიცხვის ტოლია.

ამ ძალის მოქმედებისას შეიძლება წარმოიქმნას ფუნდამენტის რხევები. თუ ფუნდამენტის რხევის შიხშირე დაემთხვევა ტუმბოს რხევის სიხშირეს, დამყარდება რეზონანსი, ე.ი. რხევები გადიდდებიან იმ ზომამდე, რომელიც საშისი იქნება ტუმბოს, ელექტროძრავის და ფუნდამენტის გამძლეობისათვის.

ჩვეულებრივ ფუნდამენტის ძირითადი საკუთარი რხევების სიხშირე ნაკლებია ცენტრიდანული ტუმბოების მუშა სიხშირეებზე და მათი თანხვედრა ნაკლებად შესაძლებელია. ცენტრიდანული სატუმბო აგრეგატები მიეკუთვნება მანქანებისა და მექანიზმების იმ კლასს, რომლებიც კარგად გაწონასწორებული არიან როგორც სტატიკურად, ასევე დინამიკურად. მათი რეალური ექსცენტრისიტეტი არ აღემატება 0.2 მმ-ს. თუმცა ეს არ ვრცელდება დგუმიან ტუმბოებზე. აღმაშფოთებელი ძალის გავლენის შეფასებისათვის გამოითვლება ფუნდამენტის რხევის ამპლიტუდა თვლაზე არახელსაყრელ პირობებში - რეზონანსის დროს.



ნახ. 2. ფუნდამენტის ზომების საანგარიშო სქემა

ფუნდამენტის საკუთარი ვერტიკალური რხევების სიხშირე იანგარიშება ფორმულით:

$$n_z = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{kFg}{M}} \tag{23}$$

სადაც,  $k=4/10^6$  კგ/მ<sup>2</sup> - გრუნტის თანაბარი დრეკადი შეკუმშვის კოეფიციენტი (აიღება დანართი 11-დან);  $F=1,96$  მ<sup>2</sup>- ფუნდამენტის

ფართობი;  $kF$  - ეწოდება ფუძის სიმტკიცის კოეფიციენტი, კგ/მ;  
 $M$  - აგრეგატისა და ფუნდამენტის საერთო მასა, კგ.

$$M = M_{\text{გ}} + M_{\text{ფ}} + M_{\text{ა}} \quad (24)$$

$$M = 8221,5 + 900 + 910 = 10031,5 \text{ კგ}$$

$M_{\text{გ}}, M_{\text{ფ}}, M_{\text{ა}}$  - ფუნდამენტის, ტუმბოს და ელექტროძრავის  
 მასა, კგ;

$g$  - სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წ<sup>2</sup>.

$$n_z = \frac{1}{23,14} \sqrt{\frac{4 \cdot 1,96 \cdot 9,8}{10^6 \cdot 10031,5}} = 0,0000154$$

იმისათვის, რომ რეზონანს არ ჰქონდეს ადგილი საჭიროა სხვაობა  
 $\varepsilon$ ,  $n_z$ -სა და ტუმბოს იძულებითი რხევების  $n$ - ის რიცხვებს  
 შორის სატუმბო აგრეგატის ფუნდამენტისადვის იყოს  $\varepsilon \geq 40\%$ .  
 სხვაობა გამოისახება პროცენტებში და იანგარიშება ფორმულით:

$$\varepsilon = \frac{n_z - n}{n} \cdot 100 \quad (25)$$

$$\varepsilon = \frac{0,0000154 - 1460}{1460} = 99,9$$

როცა ცილინდრების რიცხვი ოთხზე ნაკლებია დგუშიანი  
 ტუმბოები გაუწონასწორებულა და შეიძლება გამოიწვიოს საშიში  
 ვიბრაციები. ასეთი ტუმბოების ფუნდამენტები უნდა იყოს  
 გათვლილი საკუთარი რხევების ამპლიტუდაზე. ამგარიშს  
 აწარმოებენ ფორმულა (23)-ს მიხედვით. რეზონანსის თავიდან  
 ასაცილებლად როცა  $n < 200$  1/ბრ-ზე მიიღება  $\varepsilon \geq 100\%$ , და  
 როცა  $n > 200$  1/ბრ-ზე მიიღება  $\varepsilon \geq 50\%$ . ეს იმას ნიშნავს რომ,  
 დაბალსიხშირიანი ტუმბოების ფუნდამენტები (უმრავლეს  
 შემთხვევაში დგუშიანი ტუმბოები დაბალსიხშირიანი არიან)  
 უნდა დაგეგმარდეს ისე, რომ მათი საკუთარი სიხშირე იყოს

ტუმბოს მუშა სიხშირზე მეტი.  $n_z$ -ს მნიშვნელობის ამაღლება მარტივად შესაძლებელია ფუნდამენტის ფართის გაზრდით, ეს კი ნიშნავს, რომ საჭიროა ფუნდამენტის სიმაღლის შემცირება. მოყვანილი დინამიური გაანგარიშებისას გრუნტზე კუთრი დაწნევის განსაზღვრის მიზნით ფუნდამენტები იანგარიშება სტატიკურ დატვირთვაზე.

სატუმბო აგრეგატისა და ფუნდამენტისაგან გრუნტზე კუთრი დაწნევა განისაზღვრება არაცენტრალური კუმშვის ფორმულის მიხედვით

$$p = \frac{\sum mg}{F} \left( 1 \pm \frac{6e}{l} \right) < p_{\text{დას}} \quad (26)$$

სადაც,  $\sum M$  - ფუნდამენტისა  $M_{\text{ფ}}$  და სატუმბო აგრეგატის ( $M_{\text{ფ}} + M_{\text{ა}}$ ) საერთო მასაა;  $F$  - ფუნდამენტის ფართობია;  $l$  - ფუნდამენტისა და აგრეგატის საერთო მასის სიმძიმის ცენტრის ექსცენტრისიტეტი ფუნდამენტის ფართობის სიმძიმის ცენტრის მიმართ.

საერთო მასის ტოლქმედი ექსცენტრისიტეტის მნიშვნელობა მე-3 ნახ. მოყვანილი შემთხვევისათვის განისაზღვრება როგორც

$$e = \frac{l}{2} - m \quad (27)$$

სადაც,  $m$  - ფუნდამენტისა და აგრეგატის მასის ტოლქმედი კოორდინატაა. ნახ. 3-დან გამომდინარეობს, რომ

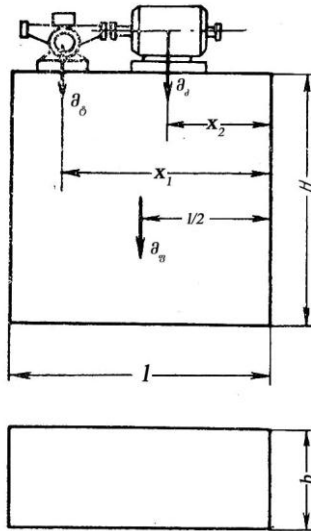
$$m = \frac{M_{\text{ფ}} \cdot X_1 + M_{\text{ა}} \cdot X_2 + M_{\text{ფ}} \cdot 0,5 \cdot l}{M_{\text{ფ}} + M_{\text{ა}} + M_{\text{ფ}}} \quad (28)$$

$$m = \frac{900 \cdot 1,795 + 910 \cdot 0,38 + 8221,5 \cdot 1,0875}{10031,5} = 1,09 \text{ მ}$$

$$e = 1,0875 - 1,09 = -0,0025 \text{ მ}$$

$$p = \frac{10031,5 \cdot 9,8}{1,96} \left( 1 \pm \frac{6 \cdot 0,0025}{1,0875} \right) = 50859,71 = 0,05 \text{ მპა}$$

ფუნდამენტის თანაბარი ჯდომის უზრუნველყოფისათვის  $l$  ზომის ექსცენტრისიტეტი არ უნდა აღემატებოდეს 5% ფუნდამენტის ძირის იმ მხრიდან, რომლის მიმართულებით გადაადგილებულია სიმძიმის ცენტრი. (26)-ით ფორმულით ნაპოვნი  $p$ -ს მნიშვნელობები უნდა იყოს დადებითი და არ უნდა აღემატებოდეს დანართში 11 მოყვანილ დასაშვებ მნიშვნელობებს. პირობა სრულდება  $0,05 < 0,15$ .



ნახ. 3. ტუმბოს აგრეგატის ფუნდამენტის გაანგარიშებისათვის

## 1.5. სამანქანო დარბაზში მილსადენების, აგრეგატების განლაგება და სატუმბო სადგურის შენობის ზომების დადგენა

შემწოვი რეზერვუარის განლაგების მიხედვით სატუმბო სადგური შეიძლება იყოს გაერთიანებული ან განცალკევებული. სატუმბო სადგურის და შემწოვი რეზერვუარის ურთიერთგანლაგება დამოკიდებულია ადგილის ტოპოგრაფიაზე, გეოლოგიაზე, ჰიდროგეოლოგიაზე, ტუმბოების კონსტრუქციაზე, მათი შეწოვის უნარზე და სხვა ფაქტორებზე.

სატუმბო სადგურის მიწის ზედაპირის მიმართ სამანქანო დარბაზის იატაკის განლაგების მიხედვით სატუმბო სადგურები შეიძლება იყოს ზედაპირული ან ჩაღრმავებული. დანართში 12 ნაჩვენებია სატუმბო სადგურის სქემები. თუ მშენებლობის ადგილზე გრუნტი სუსტია, მაშინ სატუმბო სადგურის საფუძველში კეთდება საერთო რკინა-ბეტონის ფილა. განცალკევებული სატუმბო სადგურის კონსტრუქცია უფრო მარტივია. სატუმბო სადგურის ფუნდამენტი შეიძლება იყოს ლენტური ან წერტილოვანი.

თუ სატუმბო სადგურში ხდება ვერტიკალური ტუმბოების დაყენება, გრუნტის მიუხედავად სადგური გეგმარდება გაერთიანებული.

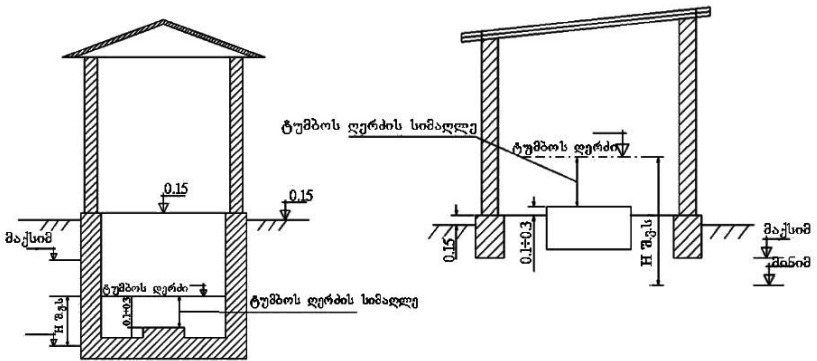
სამანქანო დარბაზის იატაკის ჩაღრმავება დამოკიდებულია სითხის დონის მერყეობაზე ამომწოვ რეზერვუარში, შემწოვი მილსადენების სიგრძეზე, სადგურის მართვის ხერხზე და განისაზღვრება შემდეგი თანმიმდევრობით ნიშნულების მიხედვით თანახმად ნახ. 4-სა:

1. დგინდება სატუმბო აგრეგატის ღერძის ნიშნული, როგორც ამოღების წერტილში სითხის მინიმალური ნიშნულის და ტუმბოს

შეწოვის სიმაღლის  $H_{გ.შს}$ -ს ჯამი. ტუმბოს შეწოვის სიმაღლე განისაზღვრება ფორმულით:

$$H_{გ.შს} = h_{გაკ}^{ღახ} - \sum h_{შეწ} - 0,5 \text{ მ} \quad (29)$$

$H_{გ.შს}$  შეესაბამება ტუმბოს წარმადობას  $q_{ტ}$ . როცა  $q_{ტ} = 177$  ლ/წმ, მაშინ  $h_{გაკ}^{ღახ}$  არის 6,8 მ-ის ტოლი (დანართი 8);  $\sum h_{შეწ}$  ვიღებთ 0,6მ-ს, ხოლო 0.5 მ არის წნევის მარაგი.



ნახ.4. სატუმბო სადგურის ჩადრმაეების განსაზღვრა

$$H_{გ.შს} = 6,8 - 0,8 - 0,5 = 5,7 \text{ მ}$$

ამ შემთხვევაში ტუმბოს ღერძის ნიშნული ტოლი იქნება:

$$18,19 + 5,7 = 23,89 \text{ მ}$$



2. ტუმბოს ფუნდამენტის ზედაპირის ნიშნულს ვიღებთ, როგორც სხვაობას სატუმბო აგრეგატის ღერძის ნიშნულსა და ტუმბოს ცენტრის სიმაღლეს შორის (ნახ. 4)

$$23,89 - 0,54 = 23,35 \text{ მ.}$$

3. სამანქანო დარბაზის იატაკის ნიშნული აიღება ფუნდამენტის ზედაპირის ქვემოთ 0,1-0,3 მ-ით

$$23,35 - 0,2 = 23,15$$

თუ სამანქანო დარბაზის იატაკი აღმოჩნდება სატუმბო სადგურთან მიწის ზედაპირის ზემოთ 0,15 მ ან მეტით, სატუმბო სადგური იქნება ზედაპირული, ხოლო თუ აღმოჩნდება ქვემოთ მაშინ სატუმბო სადგური იქნება ჩაღრმავებული.

4. სატუმბო სადგურის ჩაღრმავება ტოლია სხვაობისა მიწისა და იატაკის ნიშნულებს შორის.

სატუმბო სადგურთან მიწის ნიშნული 26,13 მ-ია, სამანქანო დარბაზის იატაკის ზედაპირის ნიშნული 23,15 მ-ის ტოლი.

სატუმბო სადგურის ჩაღრმავება შეადგენს

$$26,13 - 23,15 = 2,98 \text{ მ}$$

სატუმბო სადგურთან მიწის ნიშნულის შემცირება შესაძლებელია გრუნტის მოჭრით სხვადასხვა სახის მექანიზმების დახმარებით. ეს გამოიწვევს მიწის სამუშაოების მოცულობის გაზრდას, სამაგიეროდ ეს მოგვცემს საშენი მასალების ეკონომიის საშუალებას და ამასთან ერთად სატუმბო სადგურის კონსტრუქციას გაამარტივებს. მიწის სამუშაოებმა არ უნდა გამოიწვიოს ისეთი მოედნის წარმოქმნა, რომელზეც დაგროვდება ზედაპირული ან მიწისქვეშა წყლები.

ავტომატური მართვის სატუმბო სადგურებში მოსახერხებელია ტუმბოების დაყენება მოხდეს ჭარბნახამის ქვეშ (ტუმბოს ღერძი განლაგებულია წყლის მინიმალური დონის ქვემოთ). ეს ამარტივებს ტუმბოების გაშვების ელექტროსქემას, ამ შემთხვევაში სატუმბო აგრეგატის ღერძი უნდა იყოს (0,2-0,5 მ-ით)

სითხის მინიმალური დონის ქვემოთ. ტუმბოს ღერძის ნიშნული კი ტოლი იქნება:

$$18,19 - 0,3 = 17,98 \text{ მ.}$$

სამანქანო დარბაზის იატაკის ნიშნული:

$$17,89 - 0,54 - 0,2 = 17,15 \text{ მ}$$

სადგურის სიღრმე

$$26,13 - 17,15 = 8,98 \text{ მ}$$

ე.ი გაიზრდება:

$$8,98 - 2,98 = 6,00 \text{ მ-ით.}$$

შემდეგი გაანგარიშებისთვის სატუმბო სადგურს აიღება ჩაღრმავებული 2,98 მ-ით. სატუმბო სადგურის საძირკველში გათვალისწინებულია რკინა-ბეტონის ფილა. კედლები მიწის ნიშნულამდე შეიძლება იყოს დამზადებული რკინა-ბეტონისაგან ან ფუნდამენტის ბლოკებისაგან.

მიწისქვეშა ნაწილის გარე ზედაპირზე მაშინ კეთდება ჰიდროიზოლაცია. თუ შენობის ეს ნაწილი შენდება ღია ხერხით, მაშინ ჰიდროიზოლაცია კეთდება რულონური მასალებისაგან და გარედან დაცვის თვალსაზრისით იფარება აგურის წყობით (ნახევარი აგურის სისქით). აგურის წყობის სიმაღლე უნდა აცილდეს გრუნტის წყლების ნიშნულს 0,5 მ-ით. თუ შენობის ეს ნაწილი შენდება ჩაშვების ხერხით, მაშინ ჰიდროიზოლაციისათვის გარე ზედაპირი იღებება გამდნარი ბითუმიტ.

გეგმილში სატუმბო სადგურის სამანქანო დარბაზი შეიძლება იყოს მართკუთხა ან მგვალი მოხაზულობის. სამანქანო დარბაზის მოხაზულობის დასადგენად საჭიროა ვიხელმძღვანელოთ შენობის მიწისქვეშა ნაწილის ჩაღრმავების სიდიდით და სამშენებლო სამუშაოების წარმოების ხერხით. გრუნტის წყლების არსებობისას ჩაღრმავებული სატუმბო სადგურის მშენებლობა მიმდინარეობს ჩაშვების ხერხით. ზოგიერთ შემთხვევაში შეიძლება სამშენებლო

სამუშაოები ვაწარმოოთ ღია ხერხითაც ე.ი ამოთხრილ ქვაბულში წყალარინებით.

სატუმბო სადგურის ჩაშვების ხერხით მშენებლობისას შენობა მგვალი მოხაზულობისაა, ღია ხერხით მშენებლობისას კი მართკუთხა. თუ სატუმბო სადგურის ჩაღრმავება 3 მ-ს აღემატება, მაშინ ის გეგმილში მიიღება მრგვალი მოხაზულობის.

სამანქანო დარბაზის კონსტრუქციული ზომები განისაზღვრება სავარაუდო ფართობზე ძირითადი მოწყობილობის განაწილების, სატუმბო აგრეგატების განლაგებისა და უსაფრთხოების ტექნიკის მოთხოვნების გათვალისწინებით:

1. მართკუთხა შენობის სიგანის დასადგენად საჭიროა სქემაქტურად შევეერთოთ ფუნდამენტზე განლაგებული სატუმბო აგრეგატები შემწვოვ და საწნეო მილსადენებთან ფასონური ნაწილების და არმატურის საშუალებით.

სატუმბო აგრეგატები სამანქანო დარბაზის ფართობზე შეიძლება განლაგებული იყოს თანახმად დანართში 13 მოცემული სქემებისა. სქემის შერჩევის შემდეგ საჭიროა მასშტაბში გამოიხაზოს სატუმბო აგრეგატი, შემაერთებელი მილები ფასონური ნაწილებითა და არმატურით, საჭირო გასასვლელებისა და მანძილების უზრუნველყოფით (დაცვით). სქემა, რომლის მიხედვითაც აიღება სამანქანო დარბაზის მინიმალური ზომები, ფასონური ნაწილების და არმატურის ზომები დგინდება ცნობარის მონაცემებით [8].

ამისთვის მხედველობაში უნდა მივიღოთ შემდეგი:

ა) მილსადენები სამანქანო დარბაზში შეიძლება განლაგებული იყოს იატაკზე, არხებში ან სარდაფებში [9];

ბ) მილების შემაერთებელი მილტუჩები შენობის კედლისგან ან შენობის და აგრეგატების ფუნდამენტებისაგან არა ნაკლები 0,2-0,3 მ-ით უნდა იყოს დაცილებული;

გ)სამანქანო დარბაზის ზომების შესამცირებლად შემწოვი და საწნეო შემაერთებელი მილსადენები შეიძლება გადატანილი იყოს შენობის გარეთ ან მოთავსებული იყოს სამანქანო დარბაზში;

დ)ჩადრმავებულ სატუმბო სადგურებში უკუსარქველები სატუმბო სადგურის გარეთ უნდა იყოს გადატანილი და მოთავსდეს სპეციალურ ჭაში;

ე)მანძილი სატუმბო აგრეგატის ფუნდამენტის გრძელი მხრიდან შენობის კედლამდე უნდა იყოს არანაკლები 1,25 მ-სა;

ვ)კონსოლური ტუმბოების გამოყენებისას მანძილი ფუნდამენტის მოკლე მხრიდან შენობის კედლამდე ლილვის ღერძზე იყოს 0,25 მ-ით მეტი უნდა.

2. მართკუთხა შენობის სიგრძე განისაზღვრება გასასვლელი მანძილით კედელსა და აგრეგატს შორის (1,0 მ), აგრეგატის ზომით, მანძილით აგრეგატებს შორის. (1,0 მ დაბალმაზიან და 1.2 მ მაღალმაზიან ძრავებისას, შეიძლება იყოს მეტიც ტუმბოსთან მიერთებული მილსადენების სამონტაჟო ზომების ხარჯზე) და მანძილით აგრეგატის ფუნდამენტსა და მართვის ფარებს შორის (არა ნაკლები 1.5 მ-სა). სამანქანო დარბაზში მსხვილი აგრეგატების არსებობისას საჭიროა სამონტაჟო ადგილის გათვალისწინება, რომლის ზომები 1,2÷1,4 მ-ით აღემატება აგრეგატის ზომებს. სატუმბო სადგურის კონსტრუქციული სიგრძე გამოითვლება როგორც განხილული სიდიდეების ჯამი.

მიღებული კონსტრუქციული ზომები, შენობის სიგრძე და სიგანე საწარმოო შენობის ტიპების უნიფიცირებულ ზომებთან უნდა იყოს შეთანხმებული [10]. ამასთან ერთად საჭიროა მხედველობაში ვიქონიოთ ის, რომ სამანქანო დარბაზის ფარგლებში, თუმცა მისგან იზოლირებულად, განლაგებული უნდა იყოს სატუმბო სადგურის ელექტრული ნაწილი.

სატუმბო სადგურის მართკუთხა შენობის უნიფიცირებული ტიპები მიღებულია მალის ზომებით 6, 9, 12, და 18 მ. შენობის

მიწისზედა ნაწილის სიმაღლე (მიწის დონიდან გადახურვის ქვედა ზედაპირამდე), რომლებშიც დამონტაჟებულია ამწე-კოჭი იცვლება 3,6 მ-დან 9,6 მ-მდე ინტერვალით 1,2 მ, ხოლო შენობებში სადაც ხიდური ამწეებია შეადგენს 12,6 მ. მართკუთხა მიწისქვეშა ნაწილის ჩაღრმავება ნახევრად ჩაღრმავებულ სადგურებისათვის შეადგენს 1,2 მ-ს, ჩაღრმავებულ სადგურებისათვის 2,4 მ-დან 6 მ-დე ინტერვალით 1,2 მ. მრგვალი მოხაზულობის სატუმდო სადგურისათვის მიწისქვეშა ნაწილის სიღრმე შეიძლება იყოს 10 მ და მეტი. მიწისქვეშა ნაწილი აგება ხდება მონოლითური რკინა-ბეტონისაგან, მიწისზედასი კი ერთსართულიანი საწარმოო ტიპის შენობის მსგავსად, ტიპური ასაკრები რკინა-ბეტონის კოლონების, კოჭების, გადახურვის და კედლის პანელების გამოყენებით. შენობის კედლები მალით 6 მ კეთდება მზიდი აგურისაგან. შენობის სიგრძე უნდა იყოს 6-ის ჯერადი. თუ გრუნტის წყლები განლაგებული არიან შენობის ჩაღრმავებული ნაწილის ფარგლებში, შენობის ძირი კეთდება რკინა-ბეტონის ფილის სახით, რომელსაც გააჩნია კილო (ამონადები) კედლის პანელების დასაყენებლად. გრუნტის წყლების მაღალი დონის შემთხვევაში (როცა გრუნტის წყლის დონე 2-3 მ-ით აღემატება შენობის ძირს) შენობებში მალით 12 და 18 მ მთლიანად ჩაღრმავებული ნაწილი (ძირი და კედლები) მზადდება მონოლითური რკინა-ბეტონის კოლოფის სახით.

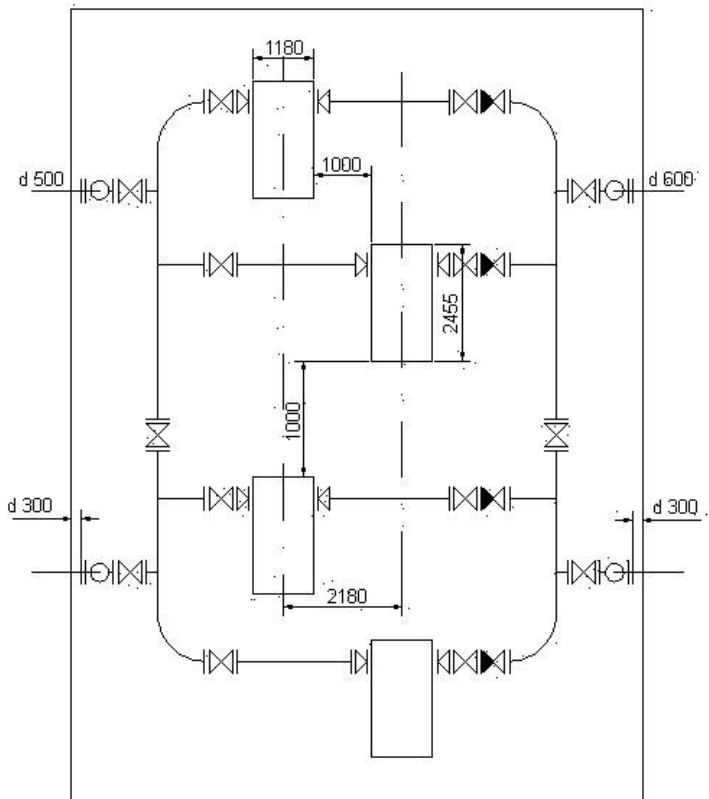
3. გეგმილში მრგვალი სატუმბო სადგურის სამანქანო დარბაზის ზომები ასევე დგინდება სატუმბო აგრეგატების, ფასონური ნაწილების, არმატურის განლაგებით და დანადგარებს შორის სავალდებულო მანძილების გათვალისწინებით ე.ი. იმავე მეთოდით, როგორც ეს განხილული იყო მართკუთხა მოხაზულობის სამანქანო დარბაზისათვის.

შემდეგი ანგარიშისათვის ვიღებთ აგრეგატების განლაგებას სქემა "ვ"-ის (დანართი 13) მიხედვით. სატუმბო აგრეგატების ზომები ნაჩვენებია ნახ-ზე 2.

ფასონური ნაწილების ზომები დამოკიდებულია მილსადენების დიამეტრებზე [8]. ჰიდრავლიკური გაანგარიშების შესრულებისას საჭიროა ვიხელმძღვანელოთ სიჩქარის შემდეგი საორიენტაციო მნიშვნელობებით  $0,5 \div 1,5$  მ/წმ შემწოვი და  $0,8 \div 2,5$  მ/წმ საწნეო მილსადენებისთვის. მცირე სიჩქარეები მიეკუთვნება ნავთობპროდუქტებს დიდი სიბლანტით, დიდი სიჩქარეები - ნავთობპროდუქტებს მცირე სიბლანტით.

სატუმბო სადგურის  $Q_{საღ} = 530,4$  ლ/წმ საანგარიშო ხარჯისას, აიღება სამი მუშა სატუმბო აგრეგატი თითოეული წარმადობით  $Q_{გ} = 177$  ლ/წმ. დასაშვები სიჩქარეების გათვალისწინებით მილსადენების დიამეტრები განსაზღვრულია (18) ფორმულის მიხედვით შეადგენს: შემწოვი მილისათვის  $D_{შ} = 500$  მმ ( $V = 1,35$  მ/წ) შემწოვ-შემაერთებელი მილებისათვის  $D_{შ.შ} = 400$  ( $V = 1,41$  მ/წ), საწნეო-შემაერთებელი მილებისათვის  $D_{ს.ს} = 300$  მმ ( $V = 2,5$  მ/წ). ტუმბოს ( $12D - 9$ ) შემწოვი მილყელის დიამეტრია  $D = 300$  მმ ( $V = 2,5$  მ/წ), საწნეო მილყელის  $D = 250$  მმ ( $V = 3,6$  მ/წ)

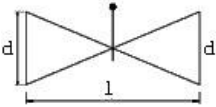
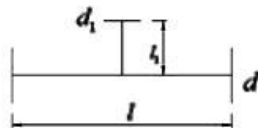
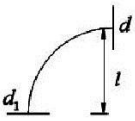
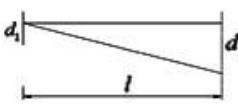
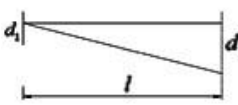
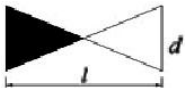
სატუმბო სადგურის შიგნით მილსადენების აწყობა ხდება ფოლადის მილებისაგან მილტუჩებიანი შემაერთებლებით, უნდა ვეცადოთ, რომ მილტუჩა შეერთებების რაოდენობა დავიყვანოთ მინიმუმამდე და შეერთების ის ადგილები, რომლებიც რემონტის დროს არ საჭიროებს დაშლას, შევცვალოთ შედუღებული შეერთებებით. სატუმბო სადგურის (ნახ. 5) შიგა მილების შეერთებისათვის საჭირო ფასონური ნაწილების და არმატურის ზომები მოყვანილია ცხრილში 10. [8,11].



ნახ. 5. სატუმბო სადგურის სქემატური გეგმა

ცხრილი 10.

ფასონური ნაწილებისა და არმატურის ზომები

ფასონური ნაწილების სქემა	$d$ , მმ	$d_1$ , მმ	$l$ , მმ	$l_1$ , მმ	$h$ , მმ	მასა, კგ
	400 300	- -	600 500	- -	1680 1290	500,0 312,0
	400 300	400 300	540 440	250 200	- -	105,9 46,0
	600 500 400 300	600 500 400 300	600 500 600 450	- - - -	- - - -	81,8 60,0 60,5 27,5
	500 400	400 300	300 220	- -	- -	61,7 26,0
	300 600	250 300	180 733	- -	- -	14,6 70,2
	300	-	700	-	-	209,8

სამანქანო დარბაზის სიგანე განისაზღვრება შემდეგი ზომებით:

ა) მანძილით ტუმბოს მილტუჩებს შორის:

$$(600 + 580) \cdot 2 = 2360$$



ბ) მანძილით კედლიდან შემწვრ-შემაერთებელი კოლექტორის ღერძამდე, რომელიც წარმოიქმნება მილტუჩის დაცილებით კედლიდან (300 მმ),  $d = 500$  მმ  $90^\circ$  სარინის (500 მმ),  $d = 400$  მმ  $90^\circ$  სარინის (600 მმ), ურდულის (600 მმ) და სამკაპის (250 მმ) ზომებით (გადამსვლელი  $500 \times 400$  მონტაჟდება ვერტიკალურ უბანზე):

$$300 + 500 + 600 + 600 + 250 = 2250 \text{ მმ}$$

გ) მანძილით კოლექტორის ღერძიდან ტუმბოს შემწვრ მილტუჩამდე, რომელიც წარმოიქმნება  $d = 400$  მმ  $90^\circ$  სარინის (600 მმ), ურდულის (600 მმ), გადამსვლელის (220 მმ) ზომებით:

$$600 + 600 + 220 = 1420 \text{ მმ}$$

დ) უსაფრთხო მანძილით ტუმბოებს შორის (1000 მმ)

ე) მანძილით ტუმბოს საწნეო მილტუჩიდან საწნეო-შემაერთებელ კოლექტორის ღერძამდე, რომელიც წარმოიქმნება გადამსვლელის (180 მმ), ურდულის (500 მმ) უკუსარქველის (700 მმ) და  $d = 300$  მმ  $90^\circ$  სარინის (450 მმ) ზომებით (უკუსარქველი მონტაჟდება საწნეო მილსადენზე ურდულის წინ. სატუმბო სადგურის ზომების შემცირების მიზნით უკუსარქველი დამონტაჟებულია საწნეო-შემაერთებელ მილზე, ვინაიდან ამ მილის დიამეტრი ნაკლებია და შესაბამისად უკუსარქველის ზომაც ნაკლებია (იხ. ცხრ. 10):

$$180 + 500 + 700 + 450 = 1830 \text{ მმ}$$

ვ) მანძილით საწნეო-შემაერთებელი კოლექტორის ღერძიდან შენობის კედლამდე, რომელიც წარმოიქმნება სამკაპის (200 მმ), ურდულის (500 მმ),  $d = 300$   $90^\circ$  სარინის (450 მმ),  $d = 600$  მმ  $90^\circ$  სარინის (600 მმ) ზომებით და მილტუჩის კედლიდან დაცილებით (300 მმ)

$$200 + 500 + 450 + 600 + 300 = 2050 \text{ მმ}$$

აქედან გამომდინარე სამანქანო დარბაზის სიგანე შეადგენს

$$2360 + 2250 + 1420 + 1000 + 1830 + 2050 = 10910 \text{ მმ}$$

სატუმბო სადგურის უახლოეს უნიფიცირებულ სიგანედ მივიღებთ 12 მ-ს მეტობით.

სამანქანო დარბაზის სიგრძის დასადგენად ვპოულობთ სატუმბო აგრეგატების საერთო სიგრძეს კედლიდან დასაშვები მანძილების გათვალისწინებით და შემაერთებელი კოლექტორზე მდებარე ფასონური ნაწილების და არმატურის სიგრძეების დაჯამების შედეგად შეადგენს.

ა) დარბაზის სიგრძე სატუმბო აგრეგატის მიხედვით:

$$1000 + 2455 \cdot 4 + 1000 = 11820 \text{ მმ}$$

ბ) დარბაზის სიგრძე შემაერთებელი კოლექტორის მიხედვით:

$$1000 + 2455 + 600 + 540 \cdot 4 + 600 + 600 + 1000 = 8415 \text{ მმ}$$

ვიღებთ ამათგან უდიდეს, ვინაიდან მოთხოვნების თანახმად სადგურის ელექტრული ნაწილი განთავსებული უნდა იყოს სადგურის შენობაში. სატუმბო სადგურის უნიფიცირებული სიგრძე შეადგენს 18 მ-ს, სამანქანო დარბაზის სიგრძე კი იქნება 12 მ. სატუმბო სადგურის ჩადრმავებული ნაწილის მოცულობა ტოლია:

$$12 \cdot 12 \cdot 2,98 = 429,12 \text{ მ}^3$$

სატუმბო სადგურის შენობის სიმაღლე განისაზღვრება კონსტრუქციულად (ნახ 6 და 7). შენობაში დამონტაჟებულმა ამწე-მოწყობილობამ, უნდა უზრუნველყოს სატუმბო აგრეგატების, მილსადენების მოწყობილობის მონტაჟი, დემონტაჟი, მათი დატვირთვა-გადმოტვირთვა სამანქანო დარბაზში ან სამონტაჟო ჭიშკრიდან შენობის პირველ სართულზე შემოსულ ავტოტრანსპორტზე. თანახმად საპროექტო ნორმებისა და მოწყობილობების წონისა, სატუმბო სადგურში მონტაჟდება ამწე-კოჭი ტვირთხილდვით 2 ტონა (დანართი 14). ვინაიდან სატუმბო სადგურის სიგანე 12 მეტრია, ამწე-კოჭი აიღება 11 მეტრი სიგრძის.

შენობის მიწისზედა ნაწილის კონსტრუქციული სიმაღლე განისაზღვრება (ნახ 7):

ერთის მხრივ ამწე-მოწყობილობის და ტუმბოს ზომებით:

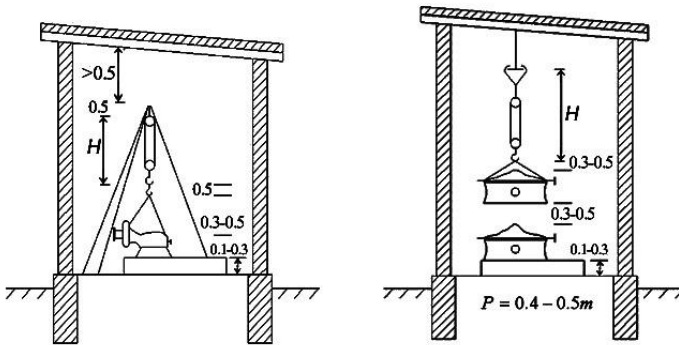
$$300 + 915 + 500 + 915 + 500 + 935 + 300 = 4365 \text{ მმ}$$

სადაც, 200 - ფუნდამენტის სიმაღლე იატაკის ზემოთ, 915 - ტუმბოს სიმაღლე, 500 - ამწე მოწყობილობის ჯამბარას სიგრძე, 935 - ტალის და ამწე-კოჭის საერთო სიმაღლე, 300-ამწე-კოჭის სამოდროს ორტესის სიმაღლეა.

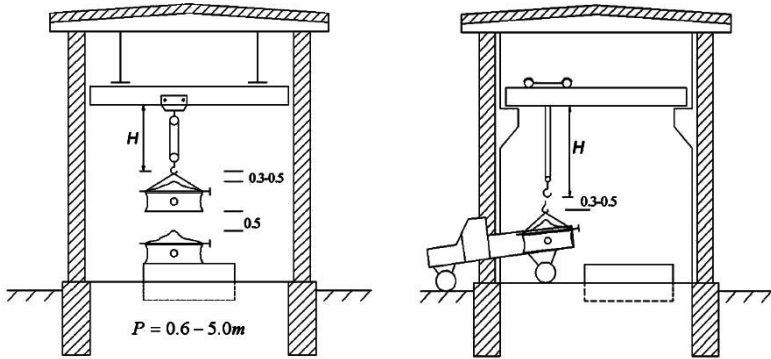
მეორე მხრივ კი ავტომანქანაზე ტუმბოს დატვირთვა-გადმოტვირთვის პირობებით:

$$1500 + 915 + 500 + 935 + 300 = 4150 \text{ მმ},$$

სადაც 1500-ავტომანქანის სიმაღლეა.



ნახ.6.  $P \leq 0,5$  ტვირთამწეობის ამწე-მოწყობილობის გამოყენება.



ნახ.7.  $P > 0,5$  ტ ტვირტამწეობის ამწე მოწყობილობის გამოყენება

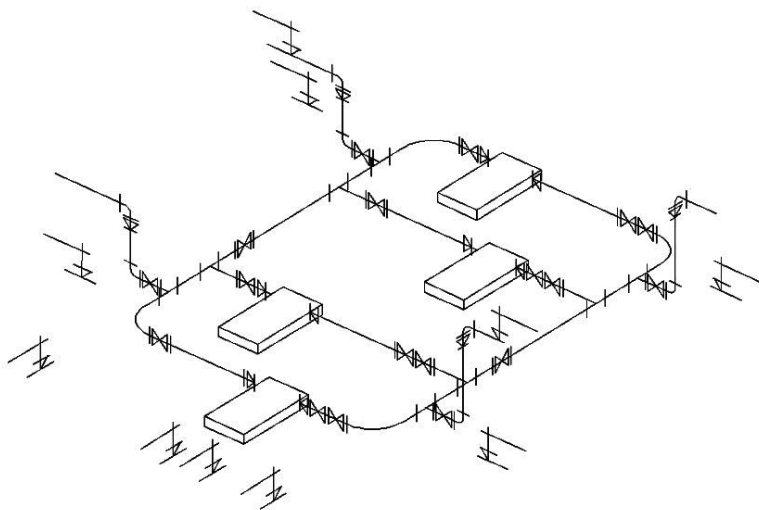
ვერტიკალური სატუმბო აგრეგატის გამოყენებისას. შენობის მიწისზედა ნაწილის სიმაღლე განისაზღვრება ელექტროძრავის სტატორის სიმაღლით, ტუმბოსა და ძრავის როტორის ლილვის სიგრძით, მანძილით მათ შორის (500 მმ), ჯამბარას სიგრძით (500 მმ) და ამწე კოჭისა და ტალის კონსტრუქციული ზომებით.

თანახმად გაანგარიშებისა სატუმბო სადგურის შენობის მიწისზედა ნაწილის სიმაღლეს ვიღებთ მეტობით, უახლოეს უნიფიცირებულ ზომას ე.ი 4,8 მ.

სატუმბო სადგურის შენობის მიწისზედა ნაწილის მოცულობა ტოლია

$$W_{\text{ვ}} = 12 \cdot 18 \cdot 4,8 = 10512 \text{ მ}^3$$

სატუმბო სადგურის სქემა აქსონომეტრიაში ნაჩვენებია ნახაზზე 8.



ნახ 8. სატუმბო სადგურის აქსონომეტრიული სქემა.

## თავი 2

### სატუმბო სადგურის მილსადენების ჰიდრავლიკური ანგარიში

#### 2.1. მილსადენების უბნების პროპორციულობის კოეფიციენტის განსაზღვრა

ჰიდრავლიკური გაანგარიშების მონაცემები გამოიყენება მილსადენების სისტემის მახასიათებლის აგებისათვის.

მიღებული წნევის დანაკარგები შემწოვი და შემაერთებელი მილსადენებისათვის სრული წნევის დადგენისას საორიენტაციოა (იხ. ქვეთავი 1.3).

წნევის დანაკარგების ჯამი მილსადენების თითოეულ უბანზე ტოლია:

$$\sum h = h_{\text{სიგ}} + h_{\text{ადგ}} \quad (30)$$

წნევის დანაკარგები სიგრძეზე მილსადენებში  $h_{\text{სიგ}}$  განისაზღვრება დამოკიდებულებებით (14-18). წნევის დანაკარგები ადგილობრივ წინაღობებში (ფასონურ ნაწილებში და არმატურაში) გამოითვლება ფორმულით

$$h_{\text{ადგ}} = \xi \frac{V^2}{2g} \quad (31)$$

სადაც,  $\xi$ -ადგილობრივი წინაღობის კოეფიციენტი (აიღება დანართიდან 15);  $V$ - სითხის მოძრაობის სიჩქარე ადგილობრივი წინაღობის შემდეგ, მ/წ;

სამანქანო დარბაზის ფარგლებში წნევის დანაკარგები სიგრძეზე ძალიან მცირე სიდიდეს წარმოადგენენ და მათი მნიშვნელობა შეიძლება მხედველობაში არ მივიღოთ.

მილსადენის უბნის პროპორციულობის კოეფიციენტი  $A$  (პარაბოლის კოეფიციენტი) გამოითვლება დამოკიდებულებიდან:

$$\sum h_w = A Q^2, \text{ მ} \quad (32)$$

სადაც,  $Q$ -მილსადენში სითხის საანგარიშო ხარჯია, მაშინ, როცა გაანგარიშებული იყო წნევის დაკარგვის ჯამი.

თუ გვეცოდინება მილსადენის უბანზე წნევის დანაკარგების ჯამი, მათში სითხის საანგარიშო ხარჯის დროს, მაშინ შეგვეძლება დავადგინოთ პროპორციულობის კოეფიციენტი შემწოვ  $A_1$ , შემწოვ-შემაერთებელ  $A_2$ , საწნეო-შემაერთებელ  $A_3$ , და საწნეო  $A_4$ , მილსადენის უბნებზე:

$$A_n = \frac{\sum h_w}{Q^2}, \frac{\nabla^2}{\text{მ}^5} \quad (33)$$

მიღებული პროპორციულობის კოეფიციენტები საჭიროა სატუმბო დანადგარის მილსადენების სისტემის მახასიათებლის ასაგებად მილსადენებისა და ტუმბოების ერთდროული მუშაობის სხვადასხვა შემთხვევისას [12]. თუმცა მილსადენების ცალკეული უბნების პროპორციულობის კოეფიციენტები მუდმივი სიდიდეებია, სისტემის ჯამური კოეფიციენტი კი იცვლება. ის დამოკიდებულია ერთდროულად მომუშავე ტუმბოთა რიცხვზე, ვინაიდან მასზე არის დამოკიდებული სატუმბო სადგურის შენობაში განლაგებული შემაერთებელი მილსადენების სიტემაში შემავალი უბნების ხარჯი.

1. წნევის დანაკარგები შემწოვ მილსადენში (ნახ. 4) მიიღება წნევის დანაკარგით სიგრძეზე ( $l = 22,0$  მ) და ადგილობრივ წინაღობებში: შესვლაზე, მოხვევაზე, გადასვლაზე, უნდულზე, სამკაპზე:

$$h_{\text{სიგრ.}} = i \cdot l = 3,0 + 0,022 = 0,066 \text{ მ}$$

$$h_{\text{აღბ.}} = (\xi_{\text{შეს.}} + \xi_{\text{მოსახ.}}) \cdot \frac{V^2}{2g} + (\xi_{\text{გაღ.}} + \xi_{\text{მოსახ.}} + \xi_{\text{ურდ.}} + \xi_{\text{სამკ}}) \frac{V_1^2}{2g} =$$

$$(0,1 + 0,5) \cdot \frac{1,35^2}{19,62} + (0,1 + 0,5 + 0,005 + 1,5) \frac{1,41^2}{19,62} = 0,056 + 0,218 = 0,274\text{მ}$$

წნევის დანაკარგების ჯამი ტოლია

$$\sum h = 0,066 + 0,274 = 0,34 \text{ მ}$$

შემწოვი მილსადენის პროპორციულობის კოეფიციენტი ტოლია

$$A_1 = \frac{0,34}{0,265^2} = 4,86 \text{ წ}^2/\text{მ}^5$$

2. შემწოვ-შემაერთებელ მილსადენში წნევის დანაკარგების გასაგებად ჯამდება წნევის დანაკარგები მოსახვევში, ურდულში და გადამსვლელში (ნახ.4)

$$h_{\text{აღბ.}} = (\xi_{\text{მოსახ.}} + \xi_{\text{ურდ.}}) \cdot \frac{V^2}{2g} + \xi_{\text{გაღ.}} \cdot \frac{V^2}{2g} = (0,5 + 0,05) \cdot \frac{1,41^2}{19,62} + 0,1 \frac{2,5^2}{19,62} =$$

$$0,056 + 0,032 = 0,088\text{მ}$$

$$A_2 = \frac{0,088}{0,177^2} = 2,81 \text{ წ}^2/\text{მ}^5$$

3. წნევის დანაკარგები საწნეო-შემაერთებელ მილსადენში განისაზღვრება წნევის დანაკარგების გათვალისწინებით გადამსვლელში, ურდულში, მოსახვევში, სამკაპში, უკუსარქველში

$$A_3 = (\xi_{\text{გაღ.}} + \xi_{\text{მოსახ.}} + \xi_{\text{უკუს.}} + \xi_{\text{ურდ.}} + \xi_{\text{სამკ}}) \frac{V^2}{2g} = (0,25 +$$

$$0,05 + 1,7 + 0,5 + 1,5) \frac{2,5^2}{19,62} = 1,27\text{მ}$$

$$A_3 = \frac{1,27}{0,177^2} = 40,54 \text{ წ}^2/\text{მ}^5$$



4. საწნეო მილსადენში  $\sum hw = 4,34$  მ (ცხრ. 4)

$$A_4 = \frac{4,34}{0,265^2} = 61,80 \text{ წ}^2/\text{მ}^5$$

## 2.2. მილსადენებისა და ტუმბოების ერთდროული მუშაობის გრაფო-ანალიტიკური ანგარიში

მოცემული ხარჯისა და წნევის მიხედვით ტუმბოს შერჩევისას (იხ. ქვეთავი 1,3) ვცდილობდით, რომ მოსალოდნელი მუშა წერტილი განლაგებული ყოფილიყო  $H - Q$  მრუდზე ან ოდნავ ქვემოთ, მხოლოდ რეკომენდირებულ ზონაში, თუმცა არ ვითვალისწინებდით მილსადენების სისტემისა და ტუმბოების ერთობლივი მუშაობის შესაძლო შემთხვევებს და მათ კავშირს სითხის დონესთან სითხის ამოღების წერტილში.

ტუმბოს რეალური (ნამდვილი) წარმადობა განისაზღვრება სატუმბო აგრეგატის მუშა წერტილით, ე.ი ტუმბოს (ტუმბოების) მახასიათებლის  $H - Q$ -ისა და მილსადენების სისტემის მახასიათებლის გადაკვეთით წერტილით:

$$H_g + \sum h = f(Q) \quad (34)$$

მილსადენებისა და ტუმბოების ერთობლივი მუშაობის გრაფიკის საანგარიშო ნაწილი იყოფა ორ დამოუკიდებელ ეტაპად:

- 1) ტუმბოების  $H - Q$  მახასიათებლის აგება მათი პარალელური მუშაობის დროს, რაც მოითხოვს უშუალოდ წარმადობის გრაფიკულ დაჯამებას ერთნაირი წნევის დროს (ნახ.9);
- 2) მილსადენების სისტემის მახასიათებლების აგება, რომელიც სრულდება (27) განტოლების მიხედვით

საერთოდ შესაძლებელია ტუმბოების და მილსადენების სისტემის უბნების ერთობლივი მუშაობის ათამდე სხვადასხვა

სქემა. სამი მუშა ტუმბოს და ორი შემწოვი და საწნეო მილსადენების შემთხვევაში სავარაუდო იქნება შემდეგი სქემები:

ა) სამი ტუმბო, ორი შემწოვი და ორი საწნეო მილსადენი  
( $\sum h 1.5$ )

ბ) სამი ტუმბო, ორი შემწოვი და ერთი საწნეო მილსადენი  
( $\sum h 3$ )

გ) ორი ტუმბო, ორი შემწოვი და ორი საწნეო მილსადენი  
( $\sum h 1$ )

დ) ორი ტუმბო, ორი შემწოვი და ერთი საწნეო მილსადენი  
( $\sum h 2$ )

ე) ერთი ტუმბო, ორი შემწოვი და ორი საწნეო მილსადენი  
( $\sum h 0.5$ )

ვ) ერთი ტუმბო, ორი შემწოვი და ერთი საწნეო მილსადენი  
( $\sum h 1'$ )

რიცხვები 1,5; 3; 1; 2 და 0.5 ნიშნავს, რომ საწნეო მილსადენში სითხის ხარჯი ერთი ტუმბოს ხარჯის 1,5; 3; 1; 2 და 0,5 ნაწილს შეადგენს.

წნევის დანაკარგები სატუმბო დანადგარის მილსადენების სისტემაში (ნახ. 4) ტუმბოების და მილსადენების ერთობლივი მუშაობის მოცემული სქემებისათვის შეიძლება ვიანგარიშოდ შემდეგი განტოლებებით:

$$\sum h 1,5 = A_1 (1,5Q_\delta)^2 + A_2 Q_\delta^2 + A_3 Q_\delta^2 + A_4 (1,5Q_\delta)^2 = (2,25A_1 + A_2 + A_3 + 2,25A_4) \cdot Q_\delta^2 \quad \text{მ} \quad (35)$$

$$\sum h 1 = A_1 (1,5Q_\delta)^2 + A_2 Q_\delta^2 + A_3 Q_\delta^2 + A_4 (3Q_\delta)^2 = (2,25A_1 + A_2 + A_3 + 9A_4) \cdot Q_\delta^2 \quad \text{მ} \quad (36)$$

$$\sum h 1 = A_1 Q_\delta^2 + A_2 Q_\delta^2 + A_3 Q_\delta^2 + A_4 Q_\delta^2 = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) \cdot Q_\delta^2 \quad \text{მ} \quad (37)$$

$$\sum h^2 = A_1 Q_0^2 + A_2 Q_0^2 + A_3 Q_0^2 + A_4 (2Q_0)^2 = (A_1 + A_2 + A_3 + 4A_4) \cdot Q_0^2 \quad \text{მ} \quad (38)$$

$$\sum h^{0,5} = A_1 (0,5Q_0)^2 + A_2 Q_0^2 + A_3 Q_0^2 + A_4 (2Q_0)^2 = (0,25A_1 + A_2 + A_3 + 0,25A_4) \cdot Q_0^2 \quad \text{მ} \quad (39)$$

$$\sum h^5 = A_1 (0,5Q_0)^2 + A_2 Q_0^2 + A_3 Q_0^2 + A_4 Q_0^2 = (0,25A_1 + A_2 + A_3 + A_4) \cdot Q_0^2 \quad \text{მ} \quad (40)$$

აქ  $Q_0$ -ერთი ტუმბოს წარმადობაა;  $A_1, A_2, A_3$  და  $A_4$  – შესაბამისი უბნების პროპორციულობის კოეფიციენტებია (იხ. ქვეთავი 2,1).

თუ სატუმბო სადგური კონსტრუქციულად არ განიხილება და მხოლოდ იანგარიშება, თითოეულ განტოლებაში ნაცვლად  $A_1, A_2$  და  $A_3$  მიიღება  $A_1$ , ნაცვლად  $A_4$  მიიღება  $A_2$ .  $A_1$  მნიშვნელობა განისაზღვრება მიღებული წნევის დანაკარგების სიდიდის მიხედვით მილსადენის შემწოვ და შემაერთებელ უბნებში და ერთი ტუმბოს მიღებული წარმადობის გათვალისწინებით.  $A_2$  –ს მნიშვნელობა ანგარიშის ამ შემთხვევაში დგინდება ისევე როგორც  $A_4$ .

იმ შემთხვევაში როცა სატუმბო სადგურში დაყენებულია სამი მუშა სატუმბო აგრეგატი და გათვალისწინებულია ორი შემწოვი და ორი საწნეო მილსადენი. ტუმბოების და მილსადენების ერთობლივი მუშაობისას მილსადენის სისტემების სავარაუდო სქემების მახასიათებლების აგება ხორციელდება (35) (ყველა დანადგარების ნორმალური მუშაობა) და (36) (ავარიული შემთხვევა, გამოვიდა წყობიდან ერთი საწნეო მილსადენი) განტოლებების თანახმად. ჩვენი შემთხვევისათვის:

$$\sum h_{1,5} = (2,25 \cdot 4,86 + 2,81 + 40,54 + 2,25 \cdot 61,80) \cdot Q^2 = 193,34Q^2$$

$$\sum h_3 = (2,25 \cdot 4,86 + 2,81 + 40,54 + 9 \cdot 61,80) \cdot Q^2 = 610,49Q^2$$

$$\sum h_1 = (4,86 + 2,81 + 40,54 + 61,80) \cdot Q^2 = 110,01Q^2$$

$$\sum h_2 = (4,86 + 2,81 + 40,54 + 4 \cdot 61,80) \cdot Q^2 = 295,41Q^2$$

$$\sum h_{0,5} = (0,25 \cdot 4,86 + 2,81 + 40,54 + 0,25 \cdot 61,80) \cdot Q^2 = 60,02Q^2$$

$$\sum h_{1'} = (0,25 \cdot 4,86 + 2,81 + 40,54 + 61,80) \cdot Q^2 = 106,37Q^2$$

$Q_6$  -ს სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის სამი ტუმბოს სკალის ფარგლებში (ნახ 8) განვსაზღვროთ წნევის დანაკარგები, რომლებიც შეესაბამება სითხის ხარჯს ერთ საწნეო მილსადენში (ცხრ. 11)

## საწნეო მილსადენის მახასიათებლების გაანგარიშება

საანგარიშო სიდიდეები	$Q_{\phi}$ მ <sup>3</sup> /წ						
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.3	0.4
$Q_{\phi}^2$	0.0025	0.01	0.0225	0.04	0.0625	0.09	0.16
$\sum h_w 1,5$	0.48	1,93	4,35	7,73	12,08	17,40	-
$Q_{\text{ბაგ}} = 3Q_{\phi}$	0.15	0.3	0.45	0.60	0.75	0,9	-
$\sum h_w 3$	1,53	6,11	13,74	24,42	38,15	-	-
$Q_{\text{ბაგ}} = 3Q_{\phi}$	0.15	0.3	0.45	0.6	0,75	-	-
$\sum h_w 1$	0,28	1,10	2,48	4,40	6,88	9,90	17,60
$Q_{\text{ბაგ}} = 2Q_{\phi}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0,8
$\sum h_w 2$	0,74	2,95	6,65	11,82	18,46	-	-
$Q_{\text{ბაგ}} = 2Q_{\phi}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	-	-
$\sum h_w 0,5$	0,15	0,60	1,35	2,40	3,75	5,40	9,60
$Q_{\text{ბაგ}} = Q_{\phi}$	0.05	0.1	0.15	0.20	0.25	0.3	0.4
$\sum h_w 1$	0,27	1,06	2,39	4,26	6,65	9,57	17,02
$Q_{\text{ბაგ}} = Q_{\phi}$	0.05	0.1	0.15	0.20	0.25	0.3	0.4

წნევის დანაკარგების მიღებული სიდიდეები გამოიყენება მილსადენის სისტემის მახასიათებლების ასაგებად (ნახ. 9). სამი ტუმბოს და ორი საწნეო მილსადენის ერთობლივი მუშაობისას გრაფიკზე აიგება მნიშვნელობები  $\sum h_{1,5}$ -სა  $Q_{სად.} = 3Q_{ტ}$  მიხედვით (მრუდი  $\sum h_{1,5}$ ). ამ შემთხვევაში ვღებულობთ, რომ სადგურის წარმადობა შეადგენს 586,7 ლ/წ და წნევა 32,80 მ (წერტილი 1). ანალოგიურად აიგება ტუმბოებისა და მილსადენი სისტემის ერთობლივი მუშაობის მახასიათებლები სხვა ვარიანტებისათვის. ერთი ტუმბოს წარმადობა შეადგენს 195,6 ლ/წ-ში (წერტილი 2). სამი ტუმბოსი და ერთი მილსადენის ერთობლივი მუშაობისას სატუმბო სადგურის წარმადობა შეადგენს 463,6 ლ/წ, წნევა კი 39,3 მ. (წერტილი 3 ), ორი ტუმბოსი და ერთი მილსადენის ერთობლივი მუშაობისას - 364,9 ლ/წ და 34,9 მ (წერტილი 4 ), ორი ტუმბოსი და ორი მილსადენის მუშაობისას - 416,2 ლ/წ და 30,0 მ (წერტილი 5 ).

### 2.3. სატუმბო სადგურის და ტუმბოების მუშაობის რეჟიმის ანალიზი

მილსადენების და ტუმბოების ერთდროული მუშაობის გრაფიკი საშუალებას იძლევა დავადგინოთ:

1. სატუმბო სადგურის და თითოეული ტუმბოს მწარმოებლობა მილსადენის და ტუმბოების ერთდროული მუშაობის სხვადასხვა სქემის და გეოდეზიური წნევების სხვადასხვა საანგარიშო მნიშვნელობების შემთხვევაში ( $H_{ბ\text{-}min}$  და  $H_{ბ\text{-}max}$ );

2. ტუმბოების მყარი შეწოვის უზრუნველყოფა სატუმბო აგრეგატის ღერძის მიღებული ნიშნულის მიხედვით (იხ. ქვეთავი 1.4);

3. მიღებული ელექტროამძრავების სიმძლავრის საკმარისობა (იხ. ქვეთავი 1.3);

4. ტუმბოების მუშაობის ეკონომიურობა, მისი მარგი ქმედების კოეფიციენტის მონაცემების მიხედვით.

სატუმბო სადგურის მწარმოებლობა განისაზღვრება უშუალოდ მუშა წერტილების აბსცისების მიხედვით. ე.ი წყლის ხარჯის სკალის მიხედვით (ნახ. 9). პირველი შემთხვევისათვის მილსადენების და ტუმბოების ერთდროული მუშაობისას  $Q_{სად} = 586,7$  ლ/წმ, მეორე შემთხვევისათვის  $Q_{სად} = 463,6$  ლ/წმ; მესამე შემთხვევისათვის  $Q_{სად} = 416,2$  ლ/წმ, მეოთხე შემთხვევისათვის  $Q_{სად} = 364,9$  ლ/წმ და ა.შ., რაც შეესაბამება ყველაზე არახელსაყრელ პირობებს ე.ი  $H_{ბ-max}$ .  $H_{ბ-min}$  – ის შემთხვევაში სადგურის მწარმოებელი იზრდება, მაგრამ  $H_{კატ}^{დას.}$  მცირდება.

როგორც ერთობლივი მუშაობის გრაფიკზე ჩანს (ნახ. 8) ერთი საწნეო მილის წყობიდან გამოსვლის შემთხვევაში სამი ტუმბოს მუშაობა არახელსაყრელია (წერტილი 3), სადგური აწოდებს 463,6 ლ/წმ-ში. ამ შემთხვევაში მისაღებია ორი ტუმბოს მუშაობა (წერტილი 5), ვინაიდან სადგური მიაწვდის 416,2 ლ/წმ-ში. სხვაობა მიწოდებაში შეადგენს 10,2 %. ამიტომ მუშაობის რეჟიმის შესარჩევად საჭიროა ეკონომიური ვარიანტების შედარება (ელექტროენერჯის ხარჯის და რეზერვუარების შევსების დროის გაზრდის გათვალისწინებით).

სატუმბო სადგურში ერთი ტუმბოს მუშაობა მიზანშეწონილი არ არის არც ერთ შემთხვევაში. ვინაიდან თუ იმუშავებს ორი საწნეო მილსადენი მათ არ ეყოფა ერთი ტუმბოს ხარჯი. ტუმბოს წარმადობა იქნება 222, 4 ლ/წმ, წნევა 29,14 მ, (წერტილი 6) რაც ტუმბოს მახასიათებლის მიხედვით შეესაბამება ტუმბოს არა მყარ მუშაობის ზონას. ერთი საწნეო მილსადენის მუშაობისას ტუმბო მიაწოდებს 210,8 ლ/წმ-ში (წერტილი 7), მაგრამ წნევა ნაკლებია საჭირო წნევაზე. გეოდეზიური წნევის შემცირებისას, ეს რეჟიმი მითუმეტეს ვერ უზრუნველყოფს საჭირო დაწნევას. ორი ტუმბოს და ერთი საწნეო მილსადენის მუშაობის შემთხვევაში სადგური მიაწოდებს 364,9 ლ/წმ-ში (წერტილი 4).

ერთი მილსადენის ავარიის დროს, შესაძლებელია მისი ნაწილობრივ გამოთიშვა, მეორე მილთან შემკვრელის დაყენების ხარჯზე. განვსაზღვროთ სატუმბო სადგურის წარმადობა იმ შემთხვევისათვის, როდესაც მილების სიგრძის შუაში დაყენებულია შემკვრელი და გაითიშება მხოლოდ ავარიული მილის სიგრძის ნახევარი.

მიღებული საწნეო მილის ნახევრის პროპორციულობის კოეფიციენტი განისაზღვრება ნახ. 10-ს თანახმად.

პირველ უბანზე წნევის დანაკარგების ჯამი შეადგენს  $4,34/2 = 2,17$  მ-ს, მეორე უბანზე  $2,17 \cdot 4 = 8,68$  მ-ს. ამ უბნებისათვის პროპორციულობის კოეფიციენტები ტოლი იქნება:

$$A_4' = \frac{2,17}{0,2652^2} = 30,9 \text{ წ}^2/\text{მ}^5; \quad A_4'' = \frac{8,68}{0,5304^2} = 30,9 \text{ წ}^2/\text{მ}^5$$

წნევის დანაკარგები ტუმბოს სხვადასხვა წარმადობისათვის განისაზღვრება განტოლებით:

$$\sum h_w 2' = (2,25A_1 + A_2 + A_3 + 2,25A_4' + 9A_4'') \cdot Q^2 = \quad (41)$$

$$(2,25 \cdot 4,86 + 2,81 + 40,54 + 2,25 \cdot 30,9 + 9 \cdot 30,9) \cdot Q^2 = 482,56 \cdot Q^2$$



ტუმბოს სხვადასხვა ხარჯისათვის ვიპოვოთ წნევის დანაკარგები (იხ. ცხრ. 12).

ცხრილი 12

წნევის დანაკარგების გაანგარიშება

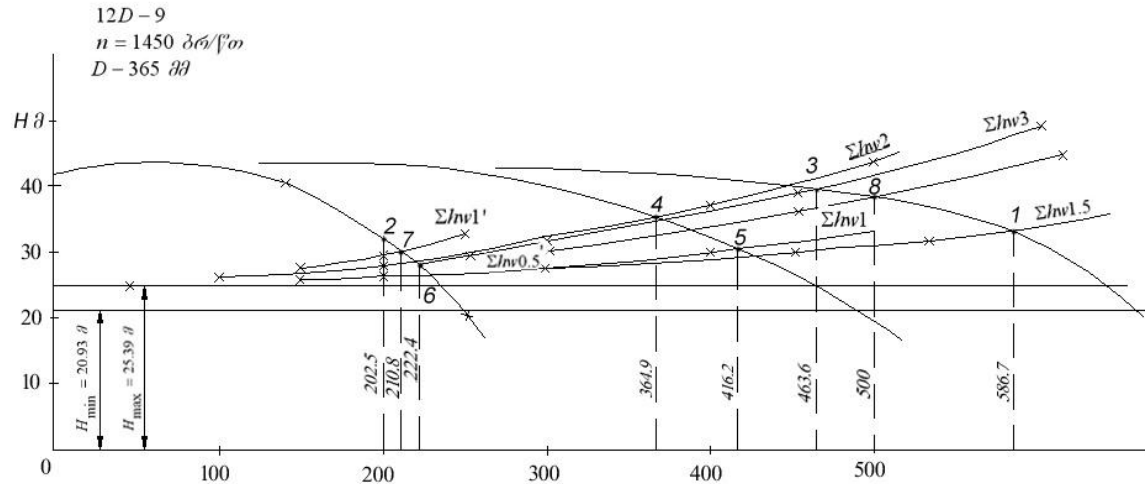
საანგარიშო სიდიდეები	$Q_{\text{ტ}} \cdot \text{მ}^3/\text{წმ}$				
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
$Q_{\text{ტ}}^2$	0.0025	0.01	0.0225	0.04	0.0625
$\sum h 2'$	1,21	4,83	10,86	19,30	30,16
$Q_{\text{საღ}} = 3Q_{\text{ტ}}$	0.15	0.3	0.45	0.60	0.75

მილის სისტემის მახასიათებელი ნახ.8 გამოისახება მრუდით  $\sum h 2'$ . ამ შემთხვევაში სატუმბო სადგურის წარმადობა შეადგენს 500 ლ/წმ-ში ან საანგარიშო ხარჯის 94 % (წერტილი 8).

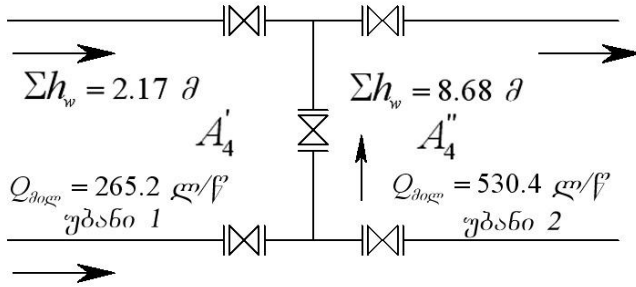
თუ სატუმბო სადგურის წარმადობა მაქსიმალური  $H_{\text{ტ max}}$  გეოდეზიური დაწნევისას აღემატება საანგარიშო ხარჯს, მაშინ საჭიროა ტუმბოების წარმადობის შემცირება მუშა ბორბლის დიამეტრის შემცირების ხარჯზე.

მიღებული შედეგების მიხედვით სატუმბო სადგურის ხარჯი 586,7 ლ/წმ და წნევა 32,7 მ (წერტილი 1) აღემატება გაანგარიშებულ მოთხოვნებს  $Q_{\text{საღ}} = 530,4$  ლ/წმ და  $H_{\text{საღ}} = 29,0$ მ. აქედან გამომდინარე საჭიროა სადგურის მწარმოებლობის 10,6%-ით შემცირება.

საწყისი მონაცემები მუშა ბორბლის ახალი დიამეტრის საპოვნელად განისაზღვრება შემდეგნაირად. ხარჯის სკალაზე ვპოულობთ სადგურის საჭირო ხარჯს 530.4 ლ/წმ ე.ი. სამი ტუმბოს



ნახ. 9 ტუმბოების და მილსადენების ერთობლივი მუშაობის გრაფიკი



ნახ. 10. საწნეო მილსადენებზე შემკვრელის დაყენების სქემა

მუშაობის დროს. ამ წერტილიდან დავუშვებთ მართობულს მახასიათებლის  $\Sigma h$  1.5-ის გადაკვეთამდე (წერტილი 1, ნახ. 10). ამ ხარჯის დროს ტუმბოებისაგან მოითხოვება დაწნევა 29,0 მ. ეს წნევა უნდა განავითაროს თითოეულმა ტუმბომ და უზრუნველყოს ხარჯი  $530,4/3=176,8$  ლ/წმ (წერტილი 2). წერტილი 2-ის კოორდინატებიდან ჩანს, რომ თითოეული ტუმბო ავითარებს საჭიროზე მეტ დაწნევას (წერტილი 3, ნახ. 10). საჭიროა შევამციროთ ტუმბოს წნევა 29.0 მ-დე, ე.ი კოორდინატებიდან ჩანს, რომ თითოეული ტუმბო ავითარებს საჭიროზე მეტ დაწნევას (წერტილი 3, ნახ.10). საჭიროა შევამციროთ ტუმბოს წნევა 29.0მ-დე, ე.ი გადავადგილოთ წერტილი 3 წერტილში 2, ახალი ჯამური  $H' - Q'$  კი წერტილში 1.

მუშა ბორბლის შემცირებული დიამეტრი განისაზღვრება განტოლებიდან:

$$\frac{Q}{Q_l} = \frac{D}{D_l} \quad (42)$$

(35) განტოლების გადასაწყვეტად  $H - Q$  მრუდზე უნდა ვიპოვოთ წერტილი, რომელიც პროპორციულია სამიებელი წერტილისა 2. ამისათვის აიგება პროპორციულობის მრუდი რომელიც გაივლის წერტილში 2 შემდეგი განტოლების მიხედვით

$$Q^2 = mH \quad (43)$$

პარაბოლის კოეფიციენტს ვიღებთ წერტილი 2-ის კოორდინატების მიხედვით ( $Q = 177,0$  ლ/წმ და  $H = 29,0$  მ).

$$m = \frac{Q^2}{H} = \frac{0,177^2}{29,0} = 0,0011$$

ვიღებთ  $Q$  –ს ორ-სამ მნიშვნელობას სამიებელი წერტილის მარჯვნივ და მარცხნივ და ვპოულობთ მათთვის შესაბამის  $H$  –ს (ცხრილი 13).

ცხრილი 13

პარაბოლის წერტილების კოორდინატების განსაზღვრა

$Q$ მ <sup>3</sup> /წმ	0.1	0.15	0.20	0.25
$Q^2$	0.01	0.0225	0.040	0.0625
$H$ , მ	9,10	20,45	36,36	56.82

მიღებული მონაცემების მიხედვით აგებულია მრუდი  $Q^2 = mH$ .  $C$  წერტილი პროპორციულია წერტილისა 2.  $C$  წერტილის ხარჯი შეადგენს 190 ლ/წმ. აქედან:

$$\frac{190}{177} = \frac{365}{D_1}; D_1 = \frac{177 \cdot 365}{190} = 340 \text{ მ}$$

12  $D$ -9 ტუმბოს ჩქარი სვლის კოეფიციენტი განისაზღვრება დანართიდან 15.

$$n_s = 3,65 \cdot n \frac{\sqrt{Q/2}}{H^{3/4}} \quad (44)$$

$$n_s = 3,65 \cdot 1450 \cdot \frac{\sqrt{0,177/2}}{29^{3/4}} = 126$$

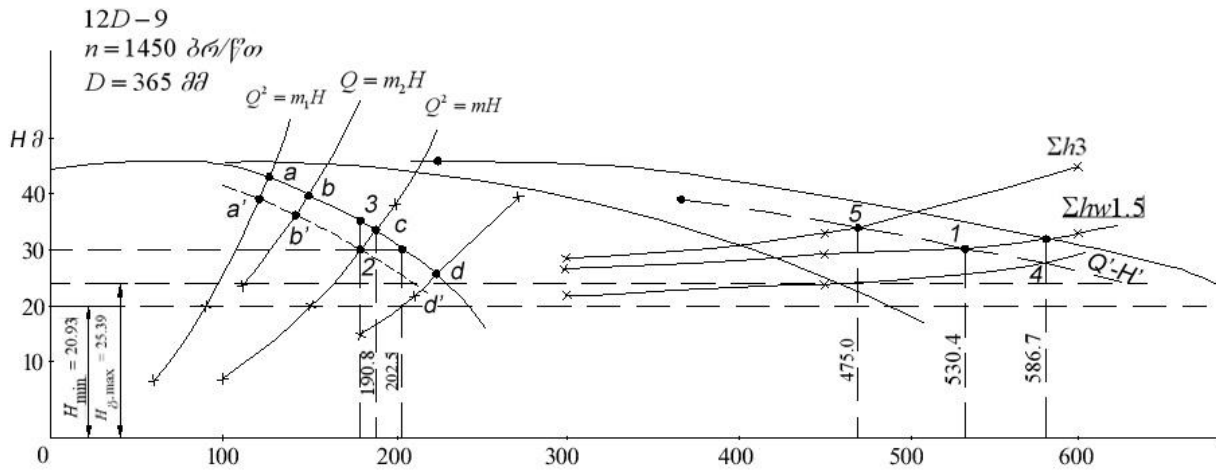
12D-9 ტუმბოს ბორბალი ჩქარი სვლის კოეფიციენტის მიხედვით ნორმალურია. მისთვის დასაშვებია დიამეტრის 11-15 %-ით შემცირება (დანართი 15). ჩვენს შემთხვევაში დიამეტრის მცირდება 6,8%-ით, რაც დასაშვებია.

მუშა ბორბლის ახალი დიამეტრის დადგენის შემდეგ გადაითვლება  $H-Q$  მახასიათებელი. 365 მმ დიამეტრიანი მუშა ბორბლით ტუმბოს მრუდზე აიღება წერტილები  $a, b, d$  (ორი მათგანი ტალღისებური ხაზის გარეთ). ამ წერტილების შეერთებით აიგება პროპორციის მრუდები (43) განტოლების გამოყენებით. სიდიდეები  $m_1, m_2, m_3$  იანგარიშება წერტილების  $a, b, d$  –ს წნევისა და ხარჯის მიხედვით:

$$m_1 = \frac{0,128^2}{40,5} = 0,00039; \quad m_2 = \frac{0,153^2}{38,0} = 0,00059 \text{ წ}^2/\text{მ}^5$$

$$m_3 = \frac{0,229^2}{26} = 0,00195 \text{ წ}^2/\text{მ}^5$$

პროპორციულობის მრუდის აგებისათვის საჭირო კორდინატები მოყვანილია ცხრილში 14.



ნახ. 11. ტუმბოს ახალი მახასიათებლის აგება

პროპორციულობის მრუდის კოორდინატების ანგარიშის შედეგები

საანგარიშო სიდიდეები	$m_1 = 0.00039$			$m_2 = 0.00059$			$m_3 = 0,00195$		
$Q$ მ <sup>3</sup> /წმ	0.06	0.09	0.135	0.12	0.15	0.21	0.18	0.21	0.27
$Q^2$	0.0036	0.00811	0.0182	0.0144	0.0225	0.0441	0.0324	0.0441	0.0729
$H$	9,23	20,77	46,67	24,41	38,14	74,75	16,62	22,62	37.38

ცხრილი 14-ის მონაცემების მიხედვით აგებულია პარაბოლები  $Q^2 = m_1 H$ ;  $Q^2 = m_2 H$ ;  $Q^2 = m_3 H$ . წერტილებისათვის  $a, b, d$  ვპოულობთ  $Q$  ახალ მნიშვნელობებს როცა  $D_1 = 340$  მმ-ს ტოლია.

$$Q_a = \frac{128 \cdot 340}{365} = 119,2 \text{ ლ/წ (a')}$$

$$Q_b = \frac{153 \cdot 340}{365} = 142,5 \text{ ლ/წ (b')}$$

$$Q_d = \frac{229 \cdot 340}{365} = 213,3 \text{ ლ/წ (d')}$$

$a', b', 1, d'$  წერტილებზე გადის მდორე მრუდი. სწორედ ეს არის ახალი  $H_1 - Q_1$  მრუდი 340 მმ დიამეტრის მუშა ბორბლისათვის.

ანგარიშიდან ჩანს, რომ სამი ტუმბოს პარალელური მუშაობისას ერთნახევარ საწნეო მილსადენში (მათ შორის ნახევარი გამორთულია) წარმადობა შეადგენს 500 ლ/წმ (წერტილი 8, ნახ 9) ან 94,0 % საანგარიშო ხარჯიდან.

ნახაზზე 11 ჩანს, რომ მინიმალური გეოდეზიური დაწნევისას ( $H_{\text{გ. min}} = 20,93\text{მ}$ ) სამი ტუმბო ორ მილსადენს მიაწოდებს 586,0 ლ/წმ (წერტილი 4, ნახ 11), ერთ მილსადენზე ავარიის დროს- 470 ლ/წმ (წერტილი 5, ნახ 11), შესაბამისად 10,7 % და 2,5 %-ით გაიზრდება სამი ტუმბოს მწარმოებლობა. ტუმბოს წნევა პირველ შემთხვევაში შეადგენს 28მ, მ.ქ.კ. 70%,  $H_{\text{გ.კ}}^{\text{ღ.ს}} = 7,0\text{მ}$ . ეს სიდიდე უზრუნველყოფს ტუმბოს შეწოვას. ძრავის სიმძლავრე ტოლია 90 კვტ, ადრე შერჩეული ძრავა 115 კვტ აკმაყოფილებს ამ მოთხოვნებს.



## თავი 2

### სატუმბო სადგურის მილსადენების ჰიდრავლიკური ანგარიში

#### 2.1. მილსადენების უბნების პროპორციულობის კოეფიციენტის განსაზღვრა

ჰიდრავლიკური გაანგარიშების მონაცემები გამოიყენება მილსადენების სისტემის მახასიათებლის აგებისათვის.

მიღებული წნევის დანაკარგები შემწოვი და შემაერთებელი მილსადენებისათვის სრული წნევის დადგენისას საორიენტაციოა (იხ. ქვეთავი 1.3).

წნევის დანაკარგების ჯამი მილსადენების თითოეულ უბანზე ტოლია:

$$\sum h = h_{\text{სიგ}} + h_{\text{ადგ}} \quad (30)$$

წნევის დანაკარგები სიგრძეზე მილსადენებში  $h_{\text{სიგ}}$  განისაზღვრება დამოკიდებულებებით (14-18). წნევის დანაკარგები ადგილობრივ წინაღობებში (ფასონურ ნაწილებში და არმატურაში) გამოითვლება ფორმულით

$$h_{\text{ადგ}} = \xi \frac{V^2}{2g} \quad (31)$$

სადაც,  $\xi$ -ადგილობრივი წინაღობის კოეფიციენტი (აიღება დანართიდან 15);  $V$ - სითხის მოძრაობის სიჩქარე ადგილობრივი წინაღობის შემდეგ, მ/წ;

სამანქანო დარბაზის ფარგლებში წნევის დანაკარგები სიგრძეზე ძალიან მცირე სიდიდეს წარმოადგენენ და მათი მნიშვნელობა შეიძლება მხედველობაში არ მივიღოთ.

მილსადენის უბნის პროპორციულობის კოეფიციენტი  $A$  (პარაბოლის კოეფიციენტი) გამოითვლება დამოკიდებულებიდან:

$$\sum h_w = A Q^2, \text{ მ} \quad (32)$$

სადაც,  $Q$ -მილსადენში სითხის საანგარიშო ხარჯია, მაშინ, როცა გაანგარიშებული იყო წნევის დაკარგვის ჯამი.

თუ გვეცოდინება მილსადენის უბანზე წნევის დანაკარგების ჯამი, მათში სითხის საანგარიშო ხარჯის დროს, მაშინ შეგვეძლება დავადგინოთ პროპორციულობის კოეფიციენტი შემწოვ  $A_1$ , შემწოვ-შემაერთებელ  $A_2$ , საწნეო-შემაერთებელ  $A_3$ , და საწნეო  $A_4$ , მილსადენის უბნებზე:

$$A_n = \frac{\sum h_w}{Q^2}, \frac{\nabla^2}{\text{მ}^5} \quad (33)$$

მიღებული პროპორციულობის კოეფიციენტები საჭიროა სატუმბო დანადგარის მილსადენების სისტემის მახასიათებლის ასაგებად მილსადენებისა და ტუმბოების ერთდროული მუშაობის სხვადასხვა შემთხვევისას [12]. თუმცა მილსადენების ცალკეული უბნების პროპორციულობის კოეფიციენტები მუდმივი სიდიდეებია, სისტემის ჯამური კოეფიციენტი კი იცვლება. ის დამოკიდებულია ერთდროულად მომუშავე ტუმბოთა რიცხვზე, ვინაიდან მასზე არის დამოკიდებული სატუმბო სადგურის შენობაში განლაგებული შემაერთებელი მილსადენების სიტემაში შემავალი უბნების ხარჯი.

1. წნევის დანაკარგები შემწოვ მილსადენში (ნახ. 4) მიიღება წნევის დანაკარგით სიგრძეზე ( $l = 22,0$  მ) და ადგილობრივ წინაღობებში: შესვლაზე, მოხვევაზე, გადასვლაზე, უნდულზე, სამკაპზე:

$$h_{\text{სიგრ.}} = i \cdot l = 3,0 + 0,022 = 0,066 \text{ მ}$$

$$h_{\text{აღბ.}} = (\xi_{\text{შეს.}} + \xi_{\text{მოსახ.}}) \cdot \frac{V^2}{2g} + (\xi_{\text{გაღ.}} + \xi_{\text{მოსახ.}} + \xi_{\text{ურდ.}} + \xi_{\text{სამკ}}) \frac{V_1^2}{2g} =$$

$$(0,1 + 0,5) \cdot \frac{1,35^2}{19,62} + (0,1 + 0,5 + 0,005 + 1,5) \frac{1,41^2}{19,62} = 0,056 + 0,218 = 0,274\text{მ}$$

წნევის დანაკარგების ჯამი ტოლია

$$\sum h = 0,066 + 0,274 = 0,34 \text{ მ}$$

შემწოვი მილსადენის პროპორციულობის კოეფიციენტი ტოლია

$$A_1 = \frac{0,34}{0,265^2} = 4,86 \text{ წ}^2/\text{მ}^5$$

2. შემწოვ-შემაერთებელ მილსადენში წნევის დანაკარგების გასაგებად ჯამდება წნევის დანაკარგები მოსახვევში, ურდულში და გადამსვლელში (ნახ.4)

$$h_{\text{აღბ.}} = (\xi_{\text{მოსახ.}} + \xi_{\text{ურდ.}}) \cdot \frac{V^2}{2g} + \xi_{\text{გაღ.}} \cdot \frac{V^2}{2g} = (0,5 + 0,05) \cdot \frac{1,41^2}{19,62} + 0,1 \frac{2,5^2}{19,62} =$$

$$0,056 + 0,032 = 0,088\text{მ}$$

$$A_2 = \frac{0,088}{0,177^2} = 2,81 \text{ წ}^2/\text{მ}^5$$

3. წნევის დანაკარგები საწნეო-შემაერთებელ მილსადენში განისაზღვრება წნევის დანაკარგების გათვალისწინებით გადამსვლელში, ურდულში, მოსახვევში, სამკაპში, უკუსარქველში

$$A_3 = (\xi_{\text{გაღ.}} + \xi_{\text{მოსახ.}} + \xi_{\text{უკუს.}} + \xi_{\text{ურდ.}} + \xi_{\text{სამკ}}) \frac{V^2}{2g} = (0,25 +$$

$$0,05 + 1,7 + 0,5 + 1,5) \frac{2,5^2}{19,62} = 1,27\text{მ}$$

$$A_3 = \frac{1,27}{0,177^2} = 40,54 \text{ წ}^2/\text{მ}^5$$

4. საწნეო მილსადენში  $\sum hw = 4,34$  მ (ცხრ. 4)

$$A_4 = \frac{4,34}{0,265^2} = 61,80 \text{ წ}^2/\text{მ}^5$$

## 2.2. მილსადენებისა და ტუმბოების ერთდროული მუშაობის გრაფო-ანალიტიკური ანგარიში

მოცემული ხარჯისა და წნევის მიხედვით ტუმბოს შერჩევისას (იხ. ქვეთავი 1,3) ვცდილობდით, რომ მოსალოდნელი მუშა წერტილი განლაგებული ყოფილიყო  $H - Q$  მრუდზე ან ოდნავ ქვემოთ, მხოლოდ რეკომენდირებულ ზონაში, თუმცა არ ვითვალისწინებდით მილსადენების სისტემისა და ტუმბოების ერთობლივი მუშაობის შესაძლო შემთხვევებს და მათ კავშირს სითხის დონესთან სითხის ამოღების წერტილში.

ტუმბოს რეალური (ნამდვილი) წარმადობა განისაზღვრება სატუმბო აგრეგატის მუშა წერტილით, ე.ი ტუმბოს (ტუმბოების) მახასიათებლის  $H - Q$ -ისა და მილსადენების სისტემის მახასიათებლის გადაკვეთით წერტილით:

$$H_g + \sum h = f(Q) \quad (34)$$

მილსადენებისა და ტუმბოების ერთობლივი მუშაობის გრაფიკის საანგარიშო ნაწილი იყოფა ორ დამოუკიდებელ ეტაპად:

- 1) ტუმბოების  $H - Q$  მახასიათებლის აგება მათი პარალელური მუშაობის დროს, რაც მოითხოვს უშუალოდ წარმადობის გრაფიკულ დაჯამებას ერთნაირი წნევის დროს (ნახ.9);
- 2) მილსადენების სისტემის მახასიათებლების აგება, რომელიც სრულდება (27) განტოლების მიხედვით

საერთოდ შესაძლებელია ტუმბოების და მილსადენების სისტემის უბნების ერთობლივი მუშაობის ათამდე სხვადასხვა

სქემა. სამი მუშა ტუმბოს და ორი შემწოვი და საწნეო მილსადენების შემთხვევაში სავარაუდო იქნება შემდეგი სქემები:

ა) სამი ტუმბო, ორი შემწოვი და ორი საწნეო მილსადენი  
( $\sum h 1.5$ )

ბ) სამი ტუმბო, ორი შემწოვი და ერთი საწნეო მილსადენი  
( $\sum h 3$ )

გ) ორი ტუმბო, ორი შემწოვი და ორი საწნეო მილსადენი  
( $\sum h 1$ )

დ) ორი ტუმბო, ორი შემწოვი და ერთი საწნეო მილსადენი  
( $\sum h 2$ )

ე) ერთი ტუმბო, ორი შემწოვი და ორი საწნეო მილსადენი  
( $\sum h 0.5$ )

ვ) ერთი ტუმბო, ორი შემწოვი და ერთი საწნეო მილსადენი  
( $\sum h 1'$ )

რიცხვები 1,5; 3; 1; 2 და 0.5 ნიშნავს, რომ საწნეო მილსადენში სითხის ხარჯი ერთი ტუმბოს ხარჯის 1,5; 3; 1; 2 და 0,5 ნაწილს შეადგენს.

წნევის დანაკარგები სატუმბო დანადგარის მილსადენების სისტემაში (ნახ. 4) ტუმბოების და მილსადენების ერთობლივი მუშაობის მოცემული სქემებისათვის შეიძლება ვიანგარიშოდ შემდეგი განტოლებებით:

$$\sum h 1,5 = A_1 (1,5Q_\delta)^2 + A_2 Q_\delta^2 + A_3 Q_\delta^2 + A_4 (1,5Q_\delta)^2 = (2,25A_1 + A_2 + A_3 + 2,25A_4) \cdot Q_\delta^2 \quad \text{მ} \quad (35)$$

$$\sum h 1 = A_1 (1,5Q_\delta)^2 + A_2 Q_\delta^2 + A_3 Q_\delta^2 + A_4 (3Q_\delta)^2 = (2,25A_1 + A_2 + A_3 + 9A_4) \cdot Q_\delta^2 \quad \text{მ} \quad (36)$$

$$\sum h 1 = A_1 Q_\delta^2 + A_2 Q_\delta^2 + A_3 Q_\delta^2 + A_4 Q_\delta^2 = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) \cdot Q_\delta^2 \quad \text{მ} \quad (37)$$

$$\sum h^2 = A_1 Q_0^2 + A_2 Q_0^2 + A_3 Q_0^2 + A_4 (2Q_0)^2 = (A_1 + A_2 + A_3 + 4A_4) \cdot Q_0^2 \quad \text{მ} \quad (38)$$

$$\sum h^{0,5} = A_1 (0,5Q_0)^2 + A_2 Q_0^2 + A_3 Q_0^2 + A_4 (2Q_0)^2 = (0,25A_1 + A_2 + A_3 + 0,25A_4) \cdot Q_0^2 \quad \text{მ} \quad (39)$$

$$\sum h^5 = A_1 (0,5Q_0)^2 + A_2 Q_0^2 + A_3 Q_0^2 + A_4 Q_0^2 = (0,25A_1 + A_2 + A_3 + A_4) \cdot Q_0^2 \quad \text{მ} \quad (40)$$

აქ  $Q_0$ -ერთი ტუმბოს წარმადობაა;  $A_1, A_2, A_3$  და  $A_4$  – შესაბამისი უბნების პროპორციულობის კოეფიციენტებია (იხ. ქვეთავი 2,1).

თუ სატუმბო სადგური კონსტრუქციულად არ განიხილება და მხოლოდ იანგარიშება, თითოეულ განტოლებაში ნაცვლად  $A_1, A_2$  და  $A_3$  მიიღება  $A_1$ , ნაცვლად  $A_4$  მიიღება  $A_2$ .  $A_1$  მნიშვნელობა განისაზღვრება მიღებული წნევის დანაკარგების სიდიდის მიხედვით მილსადენის შემწოვ და შემაერთებელ უბნებში და ერთი ტუმბოს მიღებული წარმადობის გათვალისწინებით.  $A_2$  –ს მნიშვნელობა ანგარიშის ამ შემთხვევაში დგინდება ისევე როგორც  $A_4$ .

იმ შემთხვევაში როცა სატუმბო სადგურში დაყენებულია სამი მუშა სატუმბო აგრეგატი და გათვალისწინებულია ორი შემწოვი და ორი საწნეო მილსადენი. ტუმბოების და მილსადენების ერთობლივი მუშაობისას მილსადენის სისტემების სავარაუდო სქემების მახასიათებლების აგება ხორციელდება (35) (ყველა დანადგარების ნორმალური მუშაობა) და (36) (ავარიული შემთხვევა, გამოვიდა წყობიდან ერთი საწნეო მილსადენი) განტოლებების თანახმად. ჩვენი შემთხვევისათვის:

$$\sum h_{1,5} = (2,25 \cdot 4,86 + 2,81 + 40,54 + 2,25 \cdot 61,80) \cdot Q^2 = 193,34Q^2$$

$$\sum h_3 = (2,25 \cdot 4,86 + 2,81 + 40,54 + 9 \cdot 61,80) \cdot Q^2 = 610,49Q^2$$

$$\sum h_1 = (4,86 + 2,81 + 40,54 + 61,80) \cdot Q^2 = 110,01Q^2$$

$$\sum h_2 = (4,86 + 2,81 + 40,54 + 4 \cdot 61,80) \cdot Q^2 = 295,41Q^2$$

$$\sum h_{0,5} = (0,25 \cdot 4,86 + 2,81 + 40,54 + 0,25 \cdot 61,80) \cdot Q^2 = 60,02Q^2$$

$$\sum h_{1'} = (0,25 \cdot 4,86 + 2,81 + 40,54 + 61,80) \cdot Q^2 = 106,37Q^2$$

$Q_6$  -ს სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის სამი ტუმბოს სკალის ფარგლებში (ნახ 8) განვსაზღვროთ წნევის დანაკარგები, რომლებიც შეესაბამება სითხის ხარჯს ერთ საწნეო მილსადენში (ცხრ. 11)

## საწნეო მილსადენის მახასიათებლების გაანგარიშება

საანგარიშო სიდიდეები	$Q_{\text{ბ}} \text{ მ}^3/\text{წ}$						
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.3	0.4
$Q_{\text{ბ}}^2$	0.0025	0.01	0.0225	0.04	0.0625	0.09	0.16
$\sum h_w 1,5$	0.48	1,93	4,35	7,73	12,08	17,40	-
$Q_{\text{ბსგ}} = 3Q_{\text{ბ}}$	0.15	0.3	0.45	0.60	0.75	0,9	-
$\sum h_w 3$	1,53	6,11	13,74	24,42	38,15	-	-
$Q_{\text{ბსგ}} = 3Q_{\text{ბ}}$	0.15	0.3	0.45	0.6	0,75	-	-
$\sum h_w 1$	0,28	1,10	2,48	4,40	6,88	9,90	17,60
$Q_{\text{ბსგ}} = 2Q_{\text{ბ}}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0,8
$\sum h_w 2$	0,74	2,95	6,65	11,82	18,46	-	-
$Q_{\text{ბსგ}} = 2Q_{\text{ბ}}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	-	-
$\sum h_w 0,5$	0,15	0,60	1,35	2,40	3,75	5,40	9,60
$Q_{\text{ბსგ}} = Q_{\text{ბ}}$	0.05	0.1	0.15	0.20	0.25	0.3	0.4
$\sum h_w 1$	0,27	1,06	2,39	4,26	6,65	9,57	17,02
$Q_{\text{ბსგ}} = Q_{\text{ბ}}$	0.05	0.1	0.15	0.20	0.25	0.3	0.4



წნევის დანაკარგების მიღებული სიდიდეები გამოიყენება მილსადენის სისტემის მახასიათებლების ასაგებად (ნახ. 9). სამი ტუმბოს და ორი საწნეო მილსადენის ერთობლივი მუშაობისას გრაფიკზე აიგება მნიშვნელობები  $\sum h_{1,5}$ -სა  $Q_{სად.} = 3Q_{ტ}$  მიხედვით (მრუდი  $\sum h_{1,5}$ ). ამ შემთხვევაში ვღებულობთ, რომ სადგურის წარმადობა შეადგენს 586,7 ლ/წ და წნევა 32,80 მ (წერტილი 1). ანალოგიურად აიგება ტუმბოებისა და მილსადენი სისტემის ერთობლივი მუშაობის მახასიათებლები სხვა ვარიანტებისათვის. ერთი ტუმბოს წარმადობა შეადგენს 195,6 ლ/წ-ში (წერტილი 2). სამი ტუმბოსი და ერთი მილსადენის ერთობლივი მუშაობისას სატუმბო სადგურის წარმადობა შეადგენს 463,6 ლ/წ, წნევა კი 39,3 მ. (წერტილი 3 ), ორი ტუმბოსი და ერთი მილსადენის ერთობლივი მუშაობისას - 364,9 ლ/წ და 34,9 მ (წერტილი 4 ), ორი ტუმბოსი და ორი მილსადენის მუშაობისას - 416,2 ლ/წ და 30,0 მ (წერტილი 5 ).

### 2.3. სატუმბო სადგურის და ტუმბოების მუშაობის რეჟიმის ანალიზი

მილსადენების და ტუმბოების ერთდროული მუშაობის გრაფიკი საშუალებას იძლევა დავადგინოთ:

1. სატუმბო სადგურის და თითოეული ტუმბოს მწარმოებლობა მილსადენის და ტუმბოების ერთდროული მუშაობის სხვადასხვა სქემის და გეოდეზიური წნევების სხვადასხვა საანგარიშო მნიშვნელობების შემთხვევაში ( $H_{ბ\text{-}min}$  და  $H_{ბ\text{-}max}$ );

2. ტუმბოების მყარი შეწოვის უზრუნველყოფა სატუმბო აგრეგატის ღერძის მიღებული ნიშნულის მიხედვით (იხ. ქვეთავი 1.4);

3. მიღებული ელექტროამძრავების სიმძლავრის საკმარისობა (იხ. ქვეთავი 1.3);

4. ტუმბოების მუშაობის ეკონომიურობა, მისი მარგი ქმედების კოეფიციენტის მონაცემების მიხედვით.

სატუმბო სადგურის მწარმოებლობა განისაზღვრება უშუალოდ მუშა წერტილების აბსცისების მიხედვით. ე.ი წყლის ხარჯის სკალის მიხედვით (ნახ. 9). პირველი შემთხვევისათვის მილსადენების და ტუმბოების ერთდროული მუშაობისას  $Q_{სად} = 586,7$  ლ/წმ, მეორე შემთხვევისათვის  $Q_{სად} = 463,6$  ლ/წმ; მესამე შემთხვევისათვის  $Q_{სად} = 416,2$  ლ/წმ, მეოთხე შემთხვევისათვის  $Q_{სად} = 364,9$  ლ/წმ და ა.შ., რაც შეესაბამება ყველაზე არახელსაყრელ პირობებს ე.ი  $H_{ბ-max}$ .  $H_{ბ-min}$  - ის შემთხვევაში სადგურის მწარმოებელი იზრდება, მაგრამ  $H_{კატ}^{დას.}$  მცირდება.

როგორც ერთობლივი მუშაობის გრაფიკზე ჩანს (ნახ. 8) ერთი საწნეო მილის წყობიდან გამოსვლის შემთხვევაში სამი ტუმბოს მუშაობა არახელსაყრელია (წერტილი 3), სადგური აწოდებს 463,6 ლ/წმ-ში. ამ შემთხვევაში მისაღებია ორი ტუმბოს მუშაობა (წერტილი 5), ვინაიდან სადგური მიაწვდის 416,2 ლ/წმ-ში. სხვაობა მიწოდებაში შეადგენს 10,2 %. ამიტომ მუშაობის რეჟიმის შესარჩევად საჭიროა ეკონომიური ვარიანტების შედარება (ელექტროენერჯის ხარჯის და რეზერვუარების შევსების დროის გაზრდის გათვალისწინებით).

სატუმბო სადგურში ერთი ტუმბოს მუშაობა მიზანშეწონილი არ არის არც ერთ შემთხვევაში. ვინაიდან თუ იმუშავებს ორი საწნეო მილსადენი მათ არ ეყოფა ერთი ტუმბოს ხარჯი. ტუმბოს წარმადობა იქნება 222, 4 ლ/წმ, წნევა 29,14 მ, (წერტილი 6) რაც ტუმბოს მახასიათებლის მიხედვით შეესაბამება ტუმბოს არა მყარ მუშაობის ზონას. ერთი საწნეო მილსადენის მუშაობისას ტუმბო მიაწოდებს 210,8 ლ/წმ-ში (წერტილი 7), მაგრამ წნევა ნაკლებია საჭირო წნევაზე. გეოდეზიური წნევის შემცირებისას, ეს რეჟიმი მითუმეტეს ვერ უზრუნველყოფს საჭირო დაწნევას. ორი ტუმბოს და ერთი საწნეო მილსადენის მუშაობის შემთხვევაში სადგური მიაწოდებს 364,9 ლ/წმ-ში (წერტილი 4).

ერთი მილსადენის ავარიის დროს, შესაძლებელია მისი ნაწილობრივ გამოთიშვა, მეორე მილთან შემკვრელის დაყენების ხარჯზე. განვსაზღვროთ სატუმბო სადგურის წარმადობა იმ შემთხვევისათვის, როდესაც მილების სიგრძის შუაში დაყენებულია შემკვრელი და გაითიშება მხოლოდ ავარიული მილის სიგრძის ნახევარი.

მიღებული საწნეო მილის ნახევრის პროპორციულობის კოეფიციენტი განისაზღვრება ნახ. 10-ს თანახმად.

პირველ უბანზე წნევის დანაკარგების ჯამი შეადგენს  $4,34/2 = 2,17$  მ-ს, მეორე უბანზე  $2,17 \cdot 4 = 8,68$  მ-ს. ამ უბნებისათვის პროპორციულობის კოეფიციენტები ტოლი იქნება:

$$A_4' = \frac{2,17}{0,2652^2} = 30,9 \text{ წ}^2/\text{მ}^5; \quad A_4'' = \frac{8,68}{0,5304^2} = 30,9 \text{ წ}^2/\text{მ}^5$$

წნევის დანაკარგები ტუმბოს სხვადასხვა წარმადობისათვის განისაზღვრება განტოლებით:

$$\sum h_w 2' = (2,25A_1 + A_2 + A_3 + 2,25A_4' + 9A_4'') \cdot Q^2 = (2,25 \cdot 4,86 + 2,81 + 40,54 + 2,25 \cdot 30,9 + 9 \cdot 30,9) \cdot Q^2 = 482,56 \cdot Q^2 \quad (41)$$

ტუმბოს სხვადასხვა ხარჯისათვის ვიპოვოთ წნევის დანაკარგები (იხ. ცხრ. 12).

ცხრილი 12

წნევის დანაკარგების გაანგარიშება

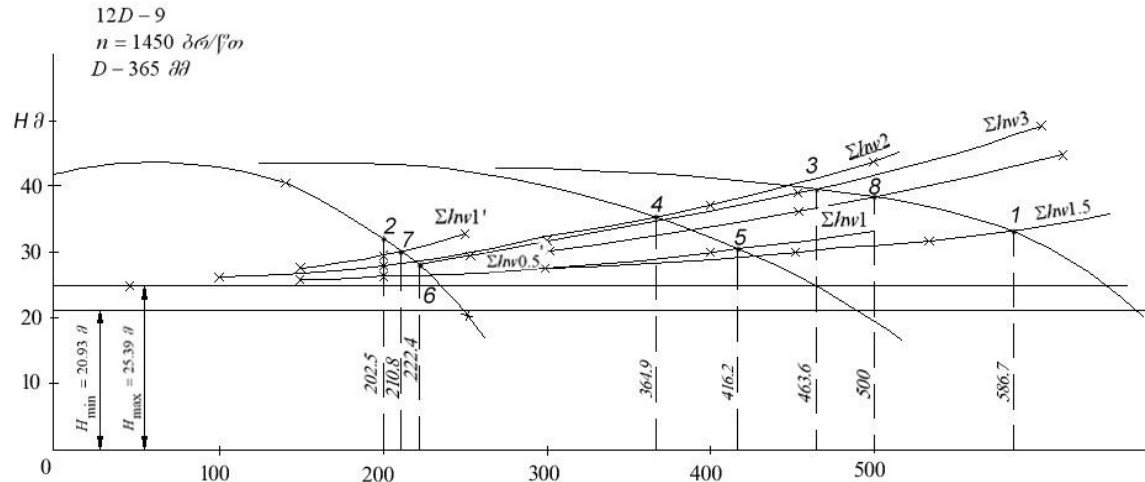
საანგარიშო სიდიდეები	$Q_{\text{ტ}} \cdot \text{მ}^3/\text{წმ}$				
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
$Q_{\text{ტ}}^2$	0.0025	0.01	0.0225	0.04	0.0625
$\sum h 2'$	1,21	4,83	10,86	19,30	30,16
$Q_{\text{საღ}} = 3Q_{\text{ტ}}$	0.15	0.3	0.45	0.60	0.75

მილის სისტემის მახასიათებელი ნახ.8 გამოისახება მრუდით  $\sum h 2'$ . ამ შემთხვევაში სატუმბო სადგურის წარმადობა შეადგენს 500 ლ/წმ-ში ან საანგარიშო ხარჯის 94 % (წერტილი 8).

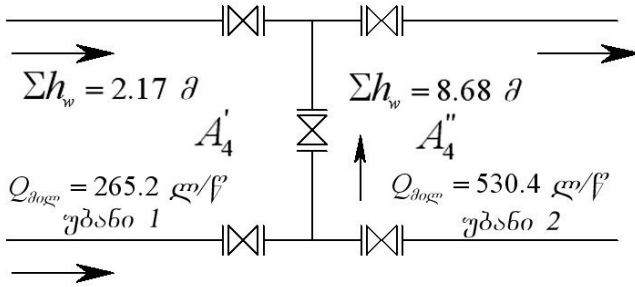
თუ სატუმბო სადგურის წარმადობა მაქსიმალური  $H_{\text{ტ max}}$  გეოდეზიური დაწნევისას აღემატება საანგარიშო ხარჯს, მაშინ საჭიროა ტუმბოების წარმადობის შემცირება მუშა ბორბლის დიამეტრის შემცირების ხარჯზე.

მიღებული შედეგების მიხედვით სატუმბო სადგურის ხარჯი 586,7 ლ/წმ და წნევა 32,7 მ (წერტილი 1) აღემატება გაანგარიშებულ მოთხოვნებს  $Q_{\text{საღ}} = 530,4$  ლ/წმ და  $H_{\text{საღ}} = 29,0$  მ. აქედან გამომდინარე საჭიროა სადგურის მწარმოებლობის 10,6%-ით შემცირება.

საწყისი მონაცემები მუშა ბორბლის ახალი დიამეტრის საპოვნელად განისაზღვრება შემდეგნაირად. ხარჯის სკალაზე ვპოულობთ სადგურის საჭირო ხარჯს 530.4 ლ/წმ ე.ი. სამი ტუმბოს



ნახ. 9 ტუმბოების და მილსადენების ერთობლივი მუშაობის გრაფიკი



ნახ. 10. საწნეო მილსადენებზე შემკვრელის დაყენების სქემა

მუშაობის დროს. ამ წერტილიდან დავუშვებთ მართობულს მახასიათებლის  $\Sigma h$  1.5-ის გადაკვეთამდე (წერტილი 1, ნახ. 10). ამ ხარჯის დროს ტუმბოებისაგან მოითხოვება დაწნევა 29,0 მ. ეს წნევა უნდა განავითაროს თითოეულმა ტუმბომ და უზრუნველყოს ხარჯი  $530,4/3=176,8$  ლ/წმ (წერტილი 2). წერტილი 2-ის კოორდინატებიდან ჩანს, რომ თითოეული ტუმბო ავითარებს საჭიროზე მეტ დაწნევას (წერტილი 3, ნახ. 10). საჭიროა შევამციროთ ტუმბოს წნევა 29.0 მ-დე, ე.ი კოორდინატებიდან ჩანს, რომ თითოეული ტუმბო ავითარებს საჭიროზე მეტ დაწნევას (წერტილი 3, ნახ.10). საჭიროა შევამციროთ ტუმბოს წნევა 29.0მ-დე, ე.ი გადავადგილოთ წერტილი 3 წერტილში 2, ახალი ჯამური  $H' - Q'$  კი წერტილში 1.

მუშა ბორბლის შემცირებული დიამეტრი განისაზღვრება განტოლებიდან:

$$\frac{Q}{Q_l} = \frac{D}{D_l} \quad (42)$$

(35) განტოლების გადასაწყვეტად  $H - Q$  მრუდზე უნდა ვიპოვოთ წერტილი, რომელიც პროპორციულია სამიებელი წერტილისა 2. ამისათვის აიგება პროპორციულობის მრუდი რომელიც გაივლის წერტილში 2 შემდეგი განტოლების მიხედვით

$$Q^2 = mH \quad (43)$$

პარაბოლის კოეფიციენტს ვიღებთ წერტილი 2-ის კოორდინატების მიხედვით ( $Q = 177,0$  ლ/წმ და  $H = 29,0$  მ).

$$m = \frac{Q^2}{H} = \frac{0,177^2}{29,0} = 0,0011$$

ვიღებთ  $Q$  -ს ორ-სამ მნიშვნელობას სამიებელი წერტილის მარჯვნივ და მარცხნივ და ვპოულობთ მათთვის შესაბამის  $H$  -ს (ცხრილი 13).

ცხრილი 13

პარაბოლის წერტილების კოორდინატების განსაზღვრა

$Q$ მ <sup>3</sup> /წმ	0.1	0.15	0.20	0.25
$Q^2$	0.01	0.0225	0.040	0.0625
$H$ , მ	9,10	20,45	36,36	56.82

მიღებული მონაცემების მიხედვით აგებულია მრუდი  $Q^2 = mH$ .  $C$  წერტილი პროპორციულია წერტილისა 2.  $C$  წერტილის ხარჯი შეადგენს 190 ლ/წმ. აქედან:

$$\frac{190}{177} = \frac{365}{D_1}; D_1 = \frac{177 \cdot 365}{190} = 340 \text{ მ}$$

12  $D$ -9 ტუმბოს ჩქარი სვლის კოეფიციენტი განისაზღვრება დანართიდან 15.

$$n_s = 3,65 \cdot n \frac{\sqrt{Q/2}}{H^{3/4}} \quad (44)$$

$$n_s = 3,65 \cdot 1450 \cdot \frac{\sqrt{0,177/2}}{29^{3/4}} = 126$$

12D-9 ტუმბოს ბორბალი ჩქარი სვლის კოეფიციენტის მიხედვით ნორმალურია. მისთვის დასაშვებია დიამეტრის 11-15 %-ით შემცირება (დანართი 15). ჩვენს შემთხვევაში დიამეტრის მცირდება 6,8%-ით, რაც დასაშვებია.

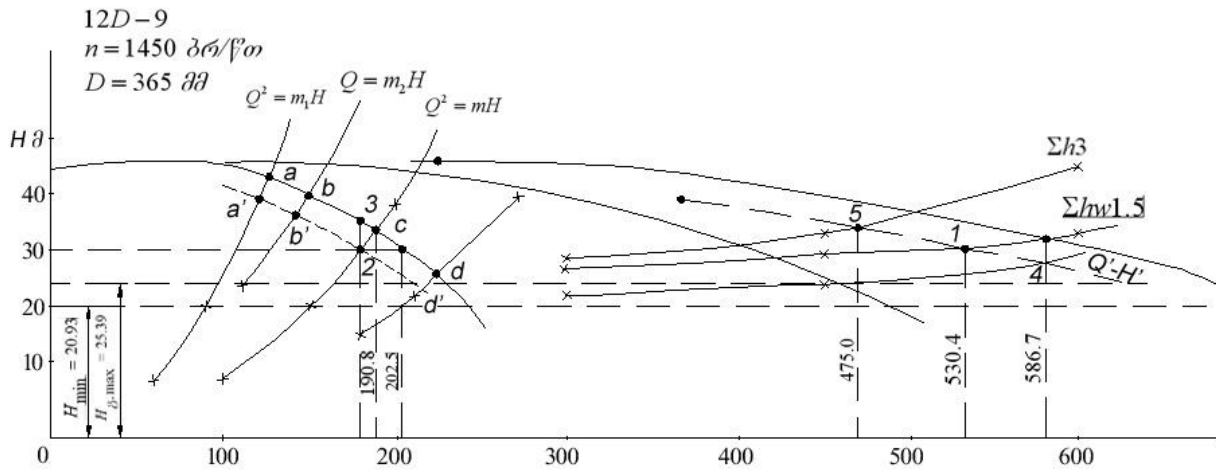
მუშა ბორბლის ახალი დიამეტრის დადგენის შემდეგ გადაითვლება  $H-Q$  მახასიათებელი. 365 მმ დიამეტრიანი მუშა ბორბლით ტუმბოს მრუდზე აიღება წერტილები  $a, b, d$  (ორი მათგანი ტალღისებური ხაზის გარეთ). ამ წერტილების შეერთებით აიგება პროპორციის მრუდები (43) განტოლების გამოყენებით. სიდიდეები  $m_1, m_2, m_3$  იანგარიშება წერტილების  $a, b, d$  –ს წნევისა და ხარჯის მიხედვით:

$$m_1 = \frac{0,128^2}{40,5} = 0,00039; \quad m_2 = \frac{0,153^2}{38,0} = 0,00059 \text{ წ}^2/\text{მ}^5$$

$$m_3 = \frac{0,229^2}{26} = 0,00195 \text{ წ}^2/\text{მ}^5$$

პროპორციულობის მრუდის აგებისათვის საჭირო კოორდინატები მოყვანილია ცხრილში 14.





ნახ. 11. ტუმბოს ახალი მახასიათებლის აგება

პროპორციულობის მრუდის კოორდინატების ანგარიშის შედეგები

საანგარიშო სიდიდეები	$m_1 = 0.00039$			$m_2 = 0.00059$			$m_3 = 0,00195$		
$Q$ მ <sup>3</sup> /წმ	0.06	0.09	0.135	0.12	0.15	0.21	0.18	0.21	0.27
$Q^2$	0.0036	0.00811	0.0182	0.0144	0.0225	0.0441	0.0324	0.0441	0.0729
$H$	9,23	20,77	46,67	24,41	38,14	74,75	16,62	22,62	37.38

ცხრილი 14-ის მონაცემების მიხედვით აგებულია პარაბოლები  $Q^2 = m_1 H$ ;  $Q^2 = m_2 H$ ;  $Q^2 = m_3 H$ . წერტილებისათვის  $a, b, d$  ვპოულობთ  $Q$  ახალ მნიშვნელობებს როცა  $D_1 = 340$  მმ-ს ტოლია.

$$Q_a = \frac{128 \cdot 340}{365} = 119,2 \text{ ლ/წ (a')}$$

$$Q_b = \frac{153 \cdot 340}{365} = 142,5 \text{ ლ/წ (b')}$$

$$Q_d = \frac{229 \cdot 340}{365} = 213,3 \text{ ლ/წ (d')}$$

$a', b', 1, d'$  წერტილებზე გადის მდორე მრუდი. სწორედ ეს არის ახალი  $H_1 - Q_1$  მრუდი 340 მმ დიამეტრის მუშა ბორბლისათვის.

ანგარიშიდან ჩანს, რომ სამი ტუმბოს პარალელური მუშაობისას ერთნახევარ საწნეო მილსადენში (მათ შორის ნახევარი გამორთულია) წარმადობა შეადგენს 500 ლ/წმ (წერტილი 8, ნახ 9) ან 94,0 % საანგარიშო ხარჯიდან.

ნახაზზე 11 ჩანს, რომ მინიმალური გეოდეზიური დაწნევისას ( $H_{\text{გ. min}} = 20,93\text{მ}$ ) სამი ტუმბო ორ მილსადენს მიაწოდებს 586,0 ლ/წმ (წერტილი 4, ნახ 11), ერთ მილსადენზე ავარიის დროს- 470 ლ/წმ (წერტილი 5, ნახ 11), შესაბამისად 10,7 % და 2,5 %-ით გაიზრდება სამი ტუმბოს მწარმოებლობა. ტუმბოს წნევა პირველ შემთხვევაში შეადგენს 28მ, მ.ქ.კ. 70%,  $H_{\text{გ.კ}}^{\text{დას}} = 7,0\text{მ}$ . ეს სიდიდე უზრუნველყოფს ტუმბოს შეწოვას. ძრავის სიმძლავრე ტოლია 90 კვტ, ადრე შერჩეული ძრავა 115 კვტ აკმაყოფილებს ამ მოთხოვნებს.

## თავი 3

### სატუმბო სადგურის დამხმარე მოწყობილობა

#### 3.1. სატუმბო სადგურის დამხმარე მოწყობილობის შერჩევა.

დამხმარე მოწყობილობებს განეკუთვნება სადრენაჟე ტუმბო და ვაკუუმ-ტუმბო. მათი განლაგება ხდება სამანქანო დარბაზის იატაკზე შენობის კედელთან. ამ აგრეგატების ზომები მცირეა და მათ სპეციალური მოედანი არ სჭირდება.

სადრენაჟე ტუმბოები სატუმბო სადგურის შენობიდან ახდენენ იმ სითხის ამოტუმბვას, რომელიც გროვდება ტუმბოს ჩობალის გაჟონვის შედეგად, მილსადენების რემონტის ან ავარიის დროს. სადრენაჟე ტუმბოს წარმადობად მიიღება  $10 \div 30$  ლ/წმ. წნევა, რომელიც დამოკიდებულია სამანქანო დარბაზის ჩაღრმავებაზე შეადგენს  $10 \div 20$  მ. ვიღებთ 4K-12 ტუმბოს AT-61-2 ძრავით. აგრეგატის წონა 280 კგ [8, 13].

ვაკუუმ-ტუმბოს არჩევენ ჰაერის მწარმოებლობის ( $მ^3/წთ$ ) და აუცილებელი ვაკუუმის ( $მ$ ) მიხედვით. (დანართი 16).

ვაკუუმ-ტუმბოს მწარმოებლობის დადგენა წინასწარი გამოთვლებისათვის დამოკიდებულია იმ დროზე, რომელიც საჭიროა ტუმბოდან და შემწვოვ მილსადენიდან ჰაერის მოცულობის ამოტუმბვისათვის და დადგენილი გაუხშობის მისაღებად:

$$Q_b = \frac{(W_{\text{მოლ}} + W_{\text{ფ}}) \cdot H_1}{T(H_1 - H_{\text{გ.ს.}})} \cdot K, \text{ მ}^3/\text{წთ} \quad (45)$$

სადაც,  $W_{\text{მოლ}}$  - ჰაერის მოცულობა შემწვოვ მოლსადენში,  $მ^3$ ;  $W_{\text{ფ}}$  - ჰაერის მოცულობა ცენტრიდანული ტუმბოს კორპუსში, ვიღებთ  $0,1 \div 0,5$   $მ^3$ ;  $H_1$  - წყლის სვეტის სიმაღლე, რომელიც შეესაბამება

ბარომეტრულ წნევას, აიღება 10 მ-ის ტოლი;  $H_{\text{გ.ბ.}}$  - ტუმბოს შეწოვის გეომეტრიული სიმაღლე, აიღება ტუმბოს ღერძიდან რეზერვუარში წყლის უდაბლეს დონემდე;  $T$  - დრო, დადგენილი გაუხშობის მისაღებად (აიღება 3-5 წუთი);  $K$  - მარაგის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ჰაერის მოხვედრას ჩოხალის და არასიმჭიდროვების გავლით. აიღება  $1,05 \div 1,1$  ტოლი.

$$Q_b = \frac{(12,4 + 0,5) \cdot 10}{3(10 - 5,7)} \cdot 1,1 = 11,03 \text{ მ}^3/\text{წთ}$$

ვიღებთ 2 ვაკუუმ-ტუმბოს PMK-36 მაქსიმალური წარმადობით 11,5 მ<sup>3</sup>/წთ, მაქსიმალური ვაკუუმი 97 %, ბრუნვათა რიცხვი 960 ბრ/წთ, წონა 680 კგ (დანართი 16).

### 3.2 სატუმბო სადგურის სამუშაო სიმძლავრის და დახურული სატრანსფორმატორო სათავსოს ფართობის განსაზღვრა

სატუმბო სადგურის სამუშაო სიმძლავრე განისაზღვრება ერთდროულად მომუშავე სატუმბო აგრეგატების, დამხმარე მექანიზმების, განათების და ა.შ. დატვირთვით. პრაქტიკისათვის საკმარისი სიზუსტით იგი გამოითვლება ფორმულით:

$$P = \frac{\sum P_H \cdot k_c}{\cos \varphi} + P, \text{ კვტ} \quad (46)$$

სადაც,  $P_H$  -სატუმბო აგრეგატების და მექანიზმების ელექტროძრავების ნომინალური სიმძლავრე (რეზერვების გათვალისწინების გარეშე), კვტ;  $K_c$  -კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ერთდროულ დატვირთვას სიმძლავრის მიხედვით, აიღება 0,9 ტოლი;  $\cos \varphi$  - სატუმბო სადგურის

სიმძლავრის კოეფიციენტი, ზოგადად მიიღება 0,8 ტოლია;  $P$  - განათებაზე დახარჯული სიმძლავრე, აიღება  $5 \div 10$  კვტ;

$$P = \frac{3 \cdot 115 \cdot 0,9}{0,8} + 5 = 393,13 \text{ კვტ.}$$

სატუმბო სადგურის სიმძლავრის, ძრავისა და ელექტროგადამცემი ხაზების ძაბვის მიხედვით ხდება ძალოვანი ტრანსფორმატორების არჩევა (დანართი 17). თუ მთელი სადგურის სიმძლავრის მიხედვით არჩევა ერთი ტრანსფორმატორი, მაშინ ხდება მეორე ასეთივე ტრანსფორმატორის დაყენება, რაც 100%-იან რეზერვს წარმოადგენს.

თუ ელექტროგადამცემ ხაზში ძაბვა 6კვ-ია (მიღებული ძრავის ძაბვა 380ვ), ვიღებთ ორ დამადაბლებელ TCM 560/6-10 ტიპის ტრანსფორმატორს სიგანით 1250 მმ, სიგრძით 2020 მმ, სიმაღლით 2030 მმ და წონითა 1520 კგ.

ძალოვანი ტრანსფორმატორების (მუშა და სარეზერვო) განლაგება სატრანსფორმატორო კაბინებში ხდება. კაბინის ზომები განისაზღვრება ტრანსფორმატორის ზომების შესაბამისად (ნახ. 11).

სატრანსფორმატორო კაბინის ზომები ტრანსფორმატორის ზომებს აღემატება 500-700 მმ-ით:  $A = a + (560 \div 700)$ , მმ.  $B = b + (500 \div 700)$  მმ. ტრანსფორმატორის კაბინის აგება ხდება უწყავი მასალებისაგან ბუნებრივი ვენტილაციით. ჰაერი მიეწოდება ორკალთა ლითონის კარების ხვრელებიდან.

თუ ტრანსფორმატორების ჩართვა ხდება ზეთოვანი (გვერდითი) ჩამრთველებით, მაშინ აუცილებელია იზოლირებული კაბინა ზომებით  $3 \times 3$  მ და გარე კარებით, ხოლო თუ ქოთნის ტიპის ჩამრთველებით, მაშინ მისი დაყენება ხდება გამანაწილებელ მოწყობილობაში.

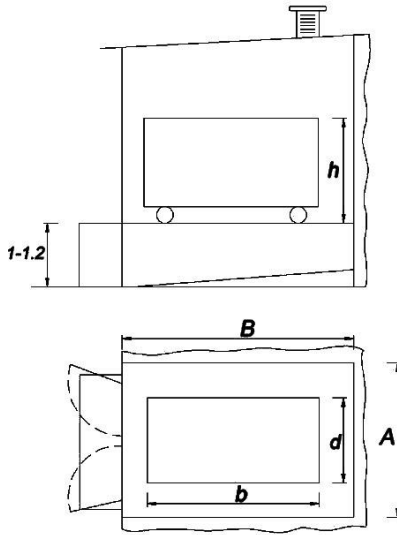
გამანაწილებელ მოწყობილობის სათავსოში ხდება გამანაწილებელი ფარების, მაღალი და დაბალი მხარის გამზომი

ხელსაწყოების, დენისა და ძაბვის ტრანსფორმატორების, დენისა და ძაბვის ავტომატური კონტროლის ხელსაწყოების განლაგება. საერთოდ ამ ხელსაწყოების განლაგება ხდება  $6 \times 3$  მ<sup>2</sup> ფართობის მოედანზე.

ყოველ ძრავას აქვს საკუთარი მართვის ფარი. ფარი შეიძლება შედგებოდეს ერთი ან რამდენიმე ერთმხრივი (სერია III O) ან ორმხრივი (სერია III D) პანელისაგან. პანელების რიცხვი დამოკიდებულია სატუმბო სადგურის ავტომატური მართვის ხარისხზე, ტიპი კი ფარის კონსტრუქციაზე. პანელის გაბარიტული ზომები მიიღება დანართი 18 მიხედვით. III D სერიის ფარის მომსახურებისათვის შენობის კედლებსა და ფარს შორის საჭიროა 1200 მმ სიგანის გასასვლელის დატოვება.

სატუმბო სადგურებში მართვის ფარების განლაგება ხდება სპეციალურ სათავსოში სამანქანო დარბაზის გარეთ ან სამანქანო დარბაზში კედელთან იატაკზე ან სპეციალურ მოედანზე 0,15 მ-ით დაცილებული მიწის ზედაპირიდან, ელექტრული ნაწილისაგან განცალკევებული.

პირველი აწევის სატუმბო სადგურში ძალური ტრანსფორმატორები შეიძლება განლაგდნენ სპეციალურ შენობაში, სატუმბო სადგურის შენობაზე მიშენებული ან მისგან განცალკევებული.



ნახ.12. ტრანსფორმატორის განლაგების სქემა

გამანაწილებელი მოწყობილობის შენობა შეიძლება მოთავსებული იყოს ტრანსფორმატორების შენობაში ან ჩადრმავებული სატუმბო სადგურის ზედა სართულზე.

სატუმბო სადგურის დახურული ელექტრული ნაწილის განლაგების სქემა მოყვანილია დანართში 19. სქემა “ა” გამოიყენება მაღალი ძაბვის, “ბ” - სინქრონული, “გ”, “დ” და “ე” კი დაბალი ძაბვის ძრავებისათვის.



### **3.3. სატუმბო სადგურის ავტომატიზაცია**

სატუმბო სადგურის პროექტირებისას ავტომატური მართვით აუცილებელია შემუშავებული იქნას სატუმბო აგრეგატების მართვისა და კონტროლის თანამიმდევრობის ტექნოლოგიური სქემა.

სატუმბო სადგურის სატუმბო აგრეგატების მუშაობის რეჟიმის ანალიზის საფუძველზე განისაზღვრება მართვის პარამეტრები ე.ი. დგინდება სატუმბო აგრეგატების მწარმოებლობის, დაწნევის და წყალსატარში დასაშვები წნევის საკონტროლო პარამეტრები, კონტროლისა და მართვის ხელსაწყოები აირჩევა.

სატუმბო სადგურის ავტომატური მართვის ელექტრული ნაწილის შემუშავება ხდება ინჟინერ-ელექტრიკოსის მიერ. მშენებლებმა უნდა გაითვალისწინონ დამატებითი ფართობი მართვისა და კონტროლის მოწყობილობის და ხელსაწყოების განლაგებისათვის. უმეტეს შემთხვევაში ფართობი, რომელიც გამოყოფილია სადგურის მექანიკური მართვის გამანაწილებელი მოწყობილობისათვის და ფარებისათვის საკმარისია ავტომატური მართვისათ მოწყობილობებისათვისაც.

### **3.4 მილსადენების თბური წაგრძელების კომპენსაცია**

ექსპლუატაციის პროცესში ხდება მილსადენების ტემპერატურის ცვლილება. ეს კი დაკავშირებულია გარემოსა და გადასატუმბი სითხის ტემპერატურის ცვლილებასზე. მილის კედლის ტემპერატურის მერყეობა იწვევს მის სიგრძის ცვლილებას.

მილის სიგრძის ცვლილების კანონი გამოისახება განტოლებით [11]

$$\Delta = \alpha \cdot l \cdot (t_{\text{ბ}} - t_{\text{გ}}) \quad (47)$$

სადაც,  $\Delta$  - მილსადენის დამოკლება ან წაგრძელება;  $\alpha$  - მილების მასალის წრფივი დაგრძობის კოეფიციენტი (ფოლადის მილებისათვის  $\alpha=0,00012$  1/°C);  $l$  - მილსადენის სიგრძე;  $t_{\text{ბ}}$  - ტემპერატურა მილის ჩაწყობის დროს;  $t_{\text{გ}}$  - გარემოს ტემპერატურა.

თუ მილსადენის ბოლოები ხისტად არის ჩამაგრებული, მაშინ ტემპერატურის გავლენის გამო მასში წარმოიქმნება წაგრძელების ან დამოკლების თერმული დაძაბულობა, რომლის სიდიდე დგინდება ჰუკის კანონით

$$\sigma = \pm E \frac{\Delta}{l} = \pm E \alpha \Delta t \quad (48)$$

სადაც,  $E$  - მილის მასალის დრეკადობის მოდულია (ფოლადისათვის  $E = 2,1 \cdot 10^6$  კგ/სმ<sup>2</sup> =  $2,1 \cdot 10^5$  მპა)

მილსადენის ჩამაგრების წერტილებში ეს დაძაბულობა წარმოქმნის ძალას, რომელიც მიმართულია მილსადენის ღერძის გასწვრივ და არ არის დამოკიდებული სიგრძეზე. იგი ტოლია

$$N = \sigma \cdot F \quad (49)$$

სადაც,  $\sigma$  - შეკუმშვის ან გაჭიმვის დაძაბულება, რომელიც წარმოიქმნება მილსადენში ტემპერატურის ცვლილების შედეგად;  $F$  - მილის ცოცხალი (კედლის) კვეთის ფართობია.

ძალის სიდიდე  $N$  შეიძლება ძალიან დიდი იყოს და მან მილსადენების, არმატურის, საყრდენების რღვევა ასევე მოწყობილობის (ტუმბოები, ფილტრები და ა.შ.) და რეზერვუარების დაზიანება.

მიწისქვეშა მილსადენის სიგრძის ცვლილება დამოკიდებულია როგორც ტემპერატურის მერყეობაზე, ასევე მიწაზე მილის ხახუნის ძალაზე, რომელიც ეწინააღმდეგება მილსადენის სიგრძის ცვლილებას. თუ თერმული დაძაბულობის

ძალა არ არის დამოკიდებული მილსადენის სიგრძეზე, მაშინ მილსადენის გრუნტზე ხახუნის ძალა პირიქით, მილის სიგრძის პირდაპირ პროპორციულია. არსებობს ისეთი სიგრძე რომელზეც ხახუნის ძალა შეიძლება გაუწონასწორდეს თერმულ ძალას. ამ შემთხვევაში მილსადენის სიგრძე არ განიცდის ცვლილებას. უფრო ნაკლების სიგრძის უბნებზე მილსადენი გადაადგილდება გრუნტში.

ისეთი უბნის ზღვრული სიგრძე  $l_{აჰ}$ , რომელზეც შესაძლებელია მილსადენის გადაადგილება გრუნტში, განისაზღვრება შემდეგი განტოლების მიხედვით

$$l_{აჰ} = \frac{\alpha \cdot E \cdot (t_{ბ} - t_{გ}) \cdot \delta}{k \cdot \mu} \quad (50)$$

სადაც,  $\delta$  - მილის კედლის სიგრძეა, სმ;  $k$  - გრუნტის დაწოლა მილის ზედაპირზე, კგ/სმ<sup>2</sup>;  $\mu$  - მილის გრუნტზე ხახუნის კოეფიციენტი.

### 3.5. კომპენსატორები

მილსადენის განტვირთვა თერმული დამაბულობისაგან ხორციელდება კომპენსატორების დაყენებით. კომპენსატორი ეწოდება მოწყობილობას, რომელიც მილსადენს საშუალებას აძლევს თავისუფლად წაგრძელდეს ან შეიკუმშოს ტემპერატურის ცვლილებისას შეერთებების დაზიანების გარეშე. გამოიყენება ლინზისებური, ჩობლისი, ნაღუნი კომპენსატორები

მილსადენის ტრასის არჩევისას უნდა გავითვალისწინოთ, რომ უბნის ტემპერატურული წაგრძელება კომპენსირდებოდეს მეორე უბნის დეფორმაციით, ე.ი. ხდებოდეს მილსადენის

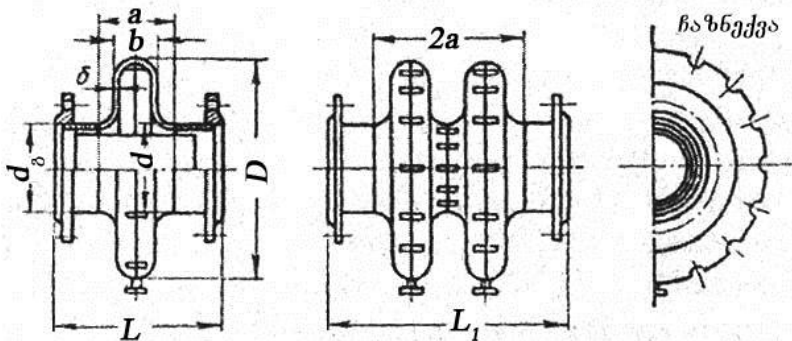
თვითკომპენსაცია. ამისათვის გამოიყენება ყველა მისი მოხვევა და ნალუნი.

**ლინზური კომპენსატორები** (ნახ. 13) გამოიყენება 150-დან 1200 მმ-მდე დიამეტრის მილსადენების 0,6 მპა-მდე მუშა წნევით წაგრძელების კომპენსაციისათვის .

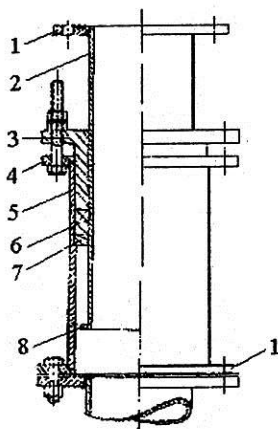
კომპენსატორები მზადდება ტვიფრული კონუსური დისკოებისაგან, თითოეული შედუღებული დისკოების წყვილი წარმოქმნის ტალღას. კომპენსატორში ტალღების რაოდენობა უნდა აღემატებოდეს 12, რათა არ მოხდეს განივი ღუნვა. ლინზური კომპენსატორების კომპენსაციის თვისება 350 მმ შეადგენს.

**ჩოხალიანი კომპენსატორები** (ნახ. 14) მიეკუთვნებიან ღერძულ კომპენსატორებს და გამოიყენება 1,6 მპა-მდე წნევისათვის. კომპენსატორები შედგებიან თუჯის ან ფოლადის კორპუსისაგან და მასში შემავალ ჭიქისაგან. შემჭიდროება ჭიქასა და კორპუს შორის იქმნება ჩოხალის მეშვეობით. ჩოხალის კომპენსატორის კომპენსაციის თვისება შეიძლება იყოს 150-დან 500 მმ-მდე.

ჩოხალიანი კომპენსატორები მონტაჟდება მილსადენებზე ზუსტი დაგებით, ვინაიდან შესაძლო გამრუდება შეიძლება გამოიწვიოს ჭიქის გაჭეკვა და კომპენსატორის რღვევა. ჩოხალიანი კომპენსატორები არასაიმედო არიან. ჰერმეტიკობის თვალსაზრისით მოითხოვენ მუდმივ ზედამხედველობას ჩოხალის შემჭიდროებაზე და ამის გამო შეზღუდულია მათი გამოყენება. ასეთი კომპენსატორები გამოიყენება 100 მმ-დან და



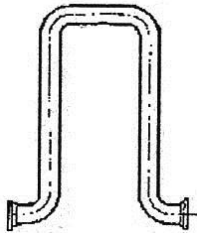
ნახ. 13. ღინზისებური კომპენსატორი ორი ფლანგით



ნახ. 14. ჩობლისი კომპენსატორი: 1-ფლანგი; 2 -კომპენსატორის შიგა მილი; 3-გრუნდბუქსა; 4-ფლანგი; 5-კომპენსატორის გარე მილი; 6-სატენი (ამოსავსები); 7-ჩობალის საბჯენი რგოლი; 8-საჭერი რგოლი.

ზემოთ დიამეტრის არაწვადი სითხეებისა და ორთქლს მილსადენებზე.

**ნალუნ კომპენსატორებს** აქვთ II-სებრი (ნახ.15), ლირასებური, S - სებური და სხვა სახის ფორმები. მზადდება



ნახ. 15. II - სებრი კომპენსატორი

მონტაჟის ადგილზე იმავე მილებიდან, რომლებიც გამოიყენება მილსადენის ასაკრებად. ეს კომპენსატორები გამოიყენებიან ნებისმიერი წნევისათვის, არიან გაწონასწორებული და ჰერმეტიკული. მათი უარყოფითი მხარე მნიშვნელოვანი გაზარიტებია.

### 3.6. მილსადენების საყრდენები

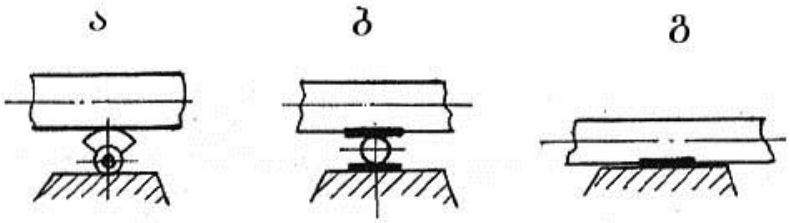
არსებობს მილსადენების თავისუფალი (მოძრავი) და უძრავი (ანკერული) საყრდენები.

უძრავ საყრდენებს აყენებენ იმ ადგილებში, სადაც საჭიროა მილსადენის დამაგრება გარკვეულ მდგომარეობაში

(განშტოების ადგილებში, კონპენსატორებს შორის, დანადგარების მიერთების ადგილების წინ და ა. შ.).

თავისუფალი (მოძრავი) საყრდენი ხელს არ უშლის მილსადენის გრძივ და განივ გადაადგილებას. ისინი შეიძლება იყოს მგორავი (ნახ. 16, ა, ბ) და სრიალა (ნახ. 16, გ).

სრიალა საყრდენი კონსტრუქციულად მარტივია და ამიტომ ფართოდაა გავცელებული. მგორავი საყრდენი კონსტრუქციულად უფრო რთულია და გამოიყენება უფრო საპასუხისმგებლო შემთხვევებში. იანგარიშება თავისუფალი საყრდენი ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ დატვირთვაზე.



ნახ. 16. მილსადენის საყრდენები

ვერტიკალური დატვირთვა  $Q$  შედგება მილსადენის, არმატურის, იზოლაციის, თოვლის, ყინულის და გამოცდის დროს მილსადენის შემსვები წყლის წონისაგან. საანგარიშო დატვირთვა შუალედურ საყრდენებზე ტოლია

$$Q = k \cdot q \cdot l \tag{51}$$

სადაც,  $k = 1, 2$  - გადამეტვირთვის კოეფიციენტი;  $q$  - ჯამური დატვირთვა მილის გრძივ მეტრზე, კგ/მ;  $l$  - სიგრძე მილის საყრდენებს შორის, მ.

ქარის დატვირთვა, რომელსაც გადასცემს ჰორიზონტალურად განლაგებული მილების შეკვრა იანგარიშება ფორმულით

$$S = k \cdot p_{\text{ქ}} \cdot D \cdot l \quad (52)$$

სადაც,  $p_{\text{ქ}}$  - ქარის დინამიკური (ჩქაროსნული) დაწნევა, კგ/მ<sup>2</sup>;  $D$  - შეკვრაში ყველაზე დიდი მილსადენის დიამეტრი იზოლაციის გათვალისწინებით, მ.

ჰორიზონტალური ძალები რომლებიც მოქმედებენ საყრდენებზე მილსადენის ღერძის გასწვრივ დაყოფილია შემდეგ ძალებად:

ა) ხახუნის ძალა, რომელიც წარმოიქმნება მილსადენსა და საყრდენს შორის;

ბ) ძალა, წარმოქმნილი კომპენსატორების მიერ;

გ) ძალა, რომელიც წარმოიქმნება ხუფზე ან დახურულ ურდულზე დაწოლის შედეგად (ეს ძალები არ გაითვალისწინება ნალუნი კომპენსატორების გამოყენების შემთხვევაში).

შუალედური საყრდენებისათვის მგორავი ან სრიალა საყრდენის მოწყობილობით საანგარიშო ჰორიზონტალური ძალვა მილსადენის ღერძის გასწვრივ განისაზღვრება ფორმულით (ხახუნის ძალა)

$$N = \mu \cdot Q \quad (53)$$

სადაც,  $\mu$  - ხახუნის კოეფიციენტი, სრიალა საყრდენის შემთხვევაში  $\mu = 0,3$  - ფოლადის ფოლადზე და ფოლადის თუჯზე ხახუნის დროს,  $\mu = 0,6$  - ფოლადის ბეტონზე ხახუნის დროს,

რგოლური საყრდენისათვის  $\mu = \frac{0,05}{R}$ , აქ  $R$  - რგოლის რადიუსია

სმ.



ლინზური კომპენსატორის მიერ წარმოქმნილი ძალა (განსახვავებენ ტემპერატურული დეფორმაციის ხარჯზე და შიგა წნევის ხარჯზე წარმოქმნილ) დგინდება შემდეგი ფორმულების გამოყენებით:

ა) ძალა, წარმოქმნილი მილსადენის ტემპერატურული დეფორმაციის ხარჯზე, რომელიც შეესაბამება ლინზის მაქსიმალურად დასაშვებ ჯდომას (შეკუმშვას) იანგარიშება ფორმულით

$$P_{ტემპ} = \frac{1,25 \cdot \delta^2}{1 - \beta} \cdot \frac{\pi \cdot \sigma_T}{k_3} \quad (54)$$

სადაც,  $\delta$  - ლინზის კედლის სისქე, სმ;  $\sigma_T$  - ფოლადის დენადობის ზღვარი, კგ/სმ<sup>2</sup>;  $\beta$  - კოეფიციენტი,  $\beta = \frac{d}{D}$  აქ  $d$  და  $D$  - შესაბამისად ლინზის შიდა და გარე დიამეტრებია, სმ;

$k_3$  - მარაგის კოეფიციენტი აიღება 1,2 ტოლი, როცა წნევა კომპენსატორში 0,25 მპა-ზე ნაკლებია და 1,3 -ის ტოლი როცა წნევა კომპენსატორში 0,25 მპა-ზე მეტია.

ბ) ლინზური კომპენსატორის მიერ შიდა წნევის ხარჯზე წარმოქმნილი ძალა იანგარიშება ფორმულით

$$P_{დაწ} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{8} \cdot P \quad (55)$$

სადაც,  $P$  - მილსადენში მუშა წნევაა, კგ/სმ<sup>2</sup>.

გ) ლინზური კომპენსატორის მიერ წარმოქმნილი ჯამური ძალა იანგარიშება ფორმულით

$$P_{\Sigma} = P_{ტემპ} + P_{დაწ} \quad (56)$$

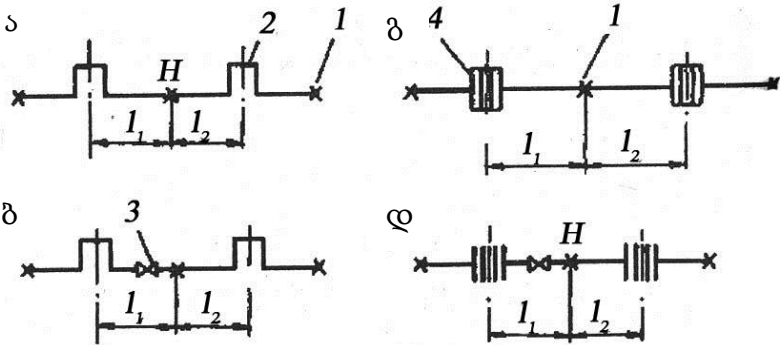
ანკერული საყრდენები შეიძლება იყოს დატვირთული (კიდური) ან განტვირთული. საანგარიშო ჰორიზონტალური ძალვა, რომელიც მოქმედებს განტვირთულ ანკერულ საყრდენზე

ერთი მილსადენის გაყვანის დროს, განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

ა)თუ მომიჯნე მალეში საკვალთი დაყენებული არ არის (ნახ. 17, ა, გ), ჰორიზონტალური ძალვა განისაზღვრება როგორც ანკერული საყრდენის ორივე მხრიდან მოქმედი ძალების სხვაობა. ამასთან ერთად სიდიდით ნაკლები ძალვა მრავლდება კოეფიციენტზე 0,8. ძალვა, რომელიც მოქმედებს  $H$  ანკერულ საყრდენზე ტოლია

$$P_{\text{საფ}} = (P_1 + N_1) - 0,8(P_2 + N_2) \quad (57)$$

სადაც  $P_1, N_1, P_2$  და  $N_2$  - შესაბამისად ტემპერატურულ დეფორმაციაზე კომპენსატორის მიერ წარმოქმნილი ძალაა და ხახუნის ძალა  $H$  საყრდენის მარცხენა და მარჯვენა მხრიდან;



ნახ.17. ანკერული საყრდენების საანგარიშო სქემები (მალეში საკვალთების და კომპენსატორების განლაგება) 1-ანკერული საყრდენი; 2-Π-სებური კომპენსატორი; 3-საკვალთი; 4-ლინზური კომპენსატორი.

ბ) თუ ერთ-ერთ მომიჯნავე მალში განლაგებულია საკვალთი, მაშინ ძალვა  $H$  საყრდენზე ტოლი იქნება

ნახ. 17, ბ-ზე მოყვანილი სქემისათვის

$$P_{\text{საანგ}} = P_1 + N_1 - 0,8N_2 \quad (60)$$

ნახ. 17, დ-ზე მოყვანილი სქემისათვის

$$P_{\text{საანგ}} = P_1 + N_1 - 0,8N_2 + \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p \quad (61)$$

კიდურა ანკერულ საყრდენზე მოქმედი ჰორიზონტალური ძალების განსაზღვრისას ანგარიშში შედის ძალები საყრდენის ერთი მხრიდან.

საყრდენი ზედაპირების ფართობები იანგარიშება შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

-სრიალა საყრდენის მუშა ზედაპირი, სმ<sup>2</sup>;

$$F = \frac{Q}{\sigma_{\text{სმ}}} \quad (62)$$

-რგოლური საყრდენის რგოლის სიგრძე, სმ;

$$S_{\text{რგ}} = \frac{Q}{\sigma_{\text{სმ}}} \quad (63)$$

სადაც,  $\sigma_{\text{სმ}}$  - თელვის დასაშვები დაწნევა. მისი სიდიდე აიღება სრიალა ფოლადის საყრდენებისათვის  $[\sigma_{\text{სმ}}] \leq 1500$  კგ/სმ<sup>2</sup> და გორგოლაჭიან საყრდენებისათვის  $[\sigma_{\text{სმ}}] \leq 1500$  კგ/სმ<sup>2</sup>.

უძრავი საყრდენების კონსტრუქციები და ზომები მრავალფეროვანია. ისინი დამოკიდებულია მილსადენების გაყვანის (განლაგების) ხერხზე და საყრდენზე მოქმედი ძალის სიდიდეზე.

მილსადენის ძალის დასაშვები სიგრძე სიმტკიცის პირობებიდან გამომდინარე იანგარიშება ფორმულით

$$l = \sqrt{\frac{\left(R - \frac{P_{\text{გამ}} \cdot D}{4\delta}\right) \cdot W \cdot m}{8,33 \cdot q}} \quad (64)$$

სადაც,  $l$  - მალის დასაშვები სიგრძეა, მ;  $R$  - ფოლადის საანგარიშო წინაღობა, კგ/სმ<sup>2</sup>;  $P_{\text{გამ}}$  - მილსადენის გამოცდის წნევა, კგ/სმ<sup>2</sup>;  $D$  - მილსადენის საშუალო დიამეტრი, სმ;  $W$  - მილის წინაღობის მომენტი, სმ<sup>3</sup>;  $m$  - მუშაობის პირობების კოეფიციენტი, ( $m \cong 0,8$ );  $q$  - ჯამური დატვირთვა მილის გრძივ მეტრზე, კგ/მ.

ჩალუნვის პირობებიდან გამომდინარე

$$l = \sqrt[4]{\frac{384 \cdot E \cdot J}{5 \cdot q}} \cdot f \quad (65)$$

სადაც,  $E$  - დრეკადობის მოდული;  $J = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$  - მილის ინერციის ღერძული მომენტი;  $f$  - ჩალუნვა.

დიდი დიამეტრის თხელკედლიანი მილსადენები დამატებით უნდა შემოწმდნენ გარე დატვირთვებისაგან განივი კვეთის მგრადობაზე

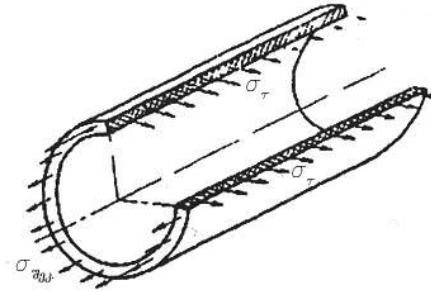
$$\sigma_{\text{გგ}} \leq 30,8 \cdot 10^4 \cdot \frac{\delta}{D} \quad (66)$$

სადაც  $\sigma_{\text{გგ}}$  - გალუნვის შედეგად მილსადენში წარმოქმნილი მაქსიმალური გრძივი კუმშვადი დამაბულობაა.

### 3.7. მილსადენების გაანგარიშება სიმტკიცეზე

გრუნტში ჩაწყობილი მილსადენები ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში იმყოფება გარე ძალების გავლენის ქვეშ. ეს ძალები იწვევენ რთულ დამაბულობას მილის

ტანში და შეერთების ადგილებში. მათ შორის მთავარია გრძივი, რგოლური და რადიალური დამაბულობებია (ნახ. 18).



ნახ. 18. დამაბულობის განაწილება მილსადენში

რადიალური დამაბულობა განპირობებულია შიგა წნევით (მისი ტოლია და მიმართულია საპირისპიროდ)

$$\sigma_r = -p \quad (67)$$

რგოლური დამაბულობა წარმოიქმნება შიგა და გარე დაწნევებისაგან. იგი განისაზღვრება მარიოტის კლასიკური ფორმულით

$$\sigma_\tau = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \delta} \quad (68)$$

სადაც,  $p$  - შიგა წნევა;  $D$  - მილის შიგა დიამეტრი;  $\delta$  - მილის კედლის სიგრძე.

გრძივი დამაბულობა წარმოიქმნება შიგა დაწნევიდან და იანგარიშება ფორმულით

$$\sigma_{ap} = \mu \cdot \frac{p \cdot D}{2 \cdot \delta} \quad (69)$$

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

გრძივი დაძაბულობა გამოწვეული მილის ტემპერატურის ცვლილების გამო განისაზღვრება ჰუკის ფორმულით

$$\sigma_{at} = a \cdot E \cdot (t_2 - t_1) \quad (70)$$

სადაც,  $a$  - ლითონის წრფივი გაფართოების კოეფიციენტი ( $a=0,000012$   $1/^\circ\text{C}$ );  $E = 2,1 \cdot 10^5$  მპა - ფოლადის დრეკადობის მოდული გაჭიმვისას, შეკუმშვისას, ღუნვისას;  $t_2$  - ჰაერის ტემპერატურა მილების თხრილში ჩაწყობის დროს;  $t_1$  - გრუნტის უმცირესი ტემპერატურა მილების ჩაწყობის სიღრმეზე.

შეკუმშვის ძალებთან შედარებით უფრო საშიშია გამრღვევი ძალები და მათ შემცირებისათვის საჭიროა ტემპერატურათა სხვაობის  $(t_2 - t_1)$ -ის შემცირება. გრძივი დაძაბულობის შემცირების მიზნით შედუღებულ მილსადენს თხრილში აწყობენ დღე-ღამის ყველაზე ცივ პერიოდში (ადრე დილით).

დაძაბულობებს შორის ყველაზე სახიფათოა რგოლური დაძაბულობა.

დიდი სიდიდის გრძივი დაძაბულობა წარმოიქმნება მილში მისი ცივი დრეკადი ღუნვისას (არასწორი რელიეფის გამო). გამოითვლება შემდეგი დამოკიდებულებით

$$\sigma_{ap} = E \cdot \frac{D_b}{2 \cdot p_{\text{ღ}}} \quad (71)$$

სადაც,  $D_b$  - მილის გარე დიამეტრი;  $p_{\text{ღ}}$  - ღუნვის რადიუსი.

დღეისათვის მაგისტრალური მილსადენები იანგარიშება ზღვრული მდგომარეობის მეთოდით. ზღვრული მდგომარეობის ქვეშ იგულისხმება კონსტრუქციის ისეთი მდგომარეობა, რომლის დროსაც მისი შემდგომი ნორმალური ექსპლუატაცია შეუძლებელია.

განასხვავებენ სამ ზღვრულ მდგომარეობას:

1) მზიდი (კონსტრუქციის სიმტკიცის და მგრადობის, მასალის დაღლის) უნარის მიხედვით, რომლის მიღწევის შემდეგ კონსტრუქცია კარგავს გარე ზემოქმედებაზე შეწინააღმდეგების უნარს ან დებულობს ისეთ ნარჩენ დეფორმაციებს, რომლთა შემდეგ მისი ექსპლუატაცია შეუძლებელია;

2) სტატიკური და დინამიკური დატვირთვებით ზედმეტი დეფორმაციების განვითარებით კონსტრუქციაში, რომელიც ინარჩუნებდა სიმტკიცეს და მგრადობას, ჩდება დეფორმაციები ან რხევები. ისინი გამორიცხავენ შემდგომი ექსპლუატაციის შესაძლებლობას;

3) ბზარების წარმოქმნით ან გახსნით ბზარები კონსტრუქციაში, რომელიც ინარჩუნებდა სიმტკიცეს და მგრადობას, ჩნდება და იხსნება ისეთ სიდიდემდე, რომლის შემდეგ კონსტრუქციის შემდეგი ექსპლუატაცია შეუძლებელია.

მილსადენის სიმტკიცე შენარჩუნება მოხდება, თუ შესრულდება პირობა: ძალების მაქსიმალური ზემოქმედება ნაკლები მილის მინიმალური მზიდ უნარზე იქნება

$$n \cdot p \cdot D \leq 2 \cdot \delta \cdot R_1 \quad (72)$$

სადაც,  $n$  - გადატვირთვის კოეფიციენტი;  $D$  - მილის შიგა დიამეტრი;  $R_1$  მილის ლითონის და შედუღებული შენაერთების საანგარიშო წინაღობა ( $R_1$  - მილის მზიდი უნარი)

$$R_1 = R_1^b \cdot k_1 \cdot m_1 \cdot m_2 \quad (73)$$

სადაც,  $R_1^b = \sigma_{\text{ხღ}}$  - მილის მასალი გაჭიმვის ნორმატიული წინაღობა (ტოლია მილის მასალის ზღვრული სიმტკიცისა);  $k_1, m_1, m_2$  - კოეფიციენტები, რომლებიც ითვალისწინებენ მუშაობის პირობებს.

ვინაიდან  $D = D - 2\delta$  ფორმულიდან (6.1) მივიღებთ

$$\delta = \frac{n \cdot p \cdot D_{\delta}}{2 \cdot (n \cdot p + R_1)} \quad (74)$$

იმისათვის რომ არ მოხდეს ზეზომის პლასტიკური დეფორმაციები, საჭიროა შესრულდეს პირობა

$$n \cdot p \cdot D \leq 0,9 \cdot 2\delta \cdot R_2^6 \quad (75)$$

აქედან

$$\delta = \frac{n \cdot p \cdot D_{\delta}}{2 \cdot (n \cdot p + 0,9 \cdot R_2^6)} \quad (76)$$

სადაც,  $R_2^6 = \sigma_{\text{ფენ}}$  (მილის მასალის დენადობის ზღვარი).

აიღება (6.2) და (6.3) ფორმულებიდან მიღებული  $\delta$ -ს უდიდესი მნიშვნელობა.

არსებული საშემდუღებლო-სამონტაჟო სამუშაოების შესრულების ტექნოლოგიებიდან გამომდინარე მილის კედლის მინიმალურად დასაშვები სისქე უნდა იყოს მილის დიამეტრის 1/120 მეტი და არა ნაკლები 4 მმ-სა.

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

$$\mu \cdot \frac{p \cdot D}{2 \cdot \delta} + E \cdot \alpha \cdot \Delta t + \frac{E \cdot D_{\delta}}{\rho_{\text{ფ}}} \leq R_1 \quad (77)$$

ღუნვის მინიმალურად დასაშვები რადიუსი იანგარიშება ფორმულით

$$\rho_{\text{ფას}} = \frac{E \cdot D_{\delta}}{2 \cdot \left( R_1 - \mu \frac{p \cdot D}{2 \cdot \delta} - E \cdot \alpha \cdot \Delta t \right)} \quad (78)$$

სადაც,  $\Delta t$  - უნდა იყოს დადებითი, რათა  $R_1$  მივიღოთ უდიდესი.



$\rho_{\text{ღახ}}$ -ის საორიენტაციო და სწრაფი დადგენისათვის შეიძლება ვისარგებლოდ შემდეგი ფორმულით

$$\rho_{\text{ღახ}} \geq 900D_{\text{გ}} \quad (79)$$

მილსადენის დრეკადი ღუნვის რეალური რადიუსი  $\rho_{\text{ღ}}$  ტრასის ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეში  $\rho_{\text{ღახ}}$ -ზე მეტი. როცა  $\rho_{\text{ღ}} \angle \rho_{\text{ღახ}}$  უნდა იყოს გამოყენებული უნდა იყოს მილსადენის სპეციალური ნაღუნი ჩასადგამები.

### **3.8. პროექტით გათვალისწინებული უსაფრთხოების ტექნიკის მოთხოვნები**

პროექტში უნდა შესრულდეს უსაფრთხოების და შრომის დაცვის ძირითადი მოთხოვნები მოწყობილობების მონტაჟის, დემონტაჟის (იხ. ქვეთავი 1.4) და ექსპლუატაციის [1] დროს.

1.დაცული იქნეს დასაშვები დაშორებები მოწყობილობებსა და შენობის კონსტრუქციებს შორის;

2.განლაგდეს საკვალთები, უკუსარქველები, წყალმზომი და სხვა მოწყობილობები ისე, რომ მათ ხელი არ შეუშალონ პერსონალის გადაადგილებას მორიგეობისას და სარემონტო სამუშაოების დროს.

3.მილსადენების მილტუჩები განლაგდეს ისეთი დაშორებებით, რომ უზრუნველყოფილი იქნეს სამუშაოები მათი შეერთებისათვის და გათიშვისათვის.

4.მოხდეს სატუმბო აგრეგატების შემაერთებელი მუფტების, კიბეების, მოედნების, იატაკის ღიობების შემოღობვა და ა.შ.

5.მოხდეს სადგურის აწყობისა და დაშლის მექანიზირება ნორმის შესაბამისი ტვირთამწე მოწყობილობების დაყენების

გზით, ასევე მისი ტრანსპორტირება დაყენების ადგილზე (ფუნდამენტზე) ან ავტომანქანის ძარაზე.

6. მოეწყოს გადასასვლელი ხიდეები მილსადენებზე, რომლებიც განლაგებულია სამანქანო დარბაზის იატაკზე (სამანქანო დარბაზის იატაკი უნდა იყოს სწორი და ხისტი).

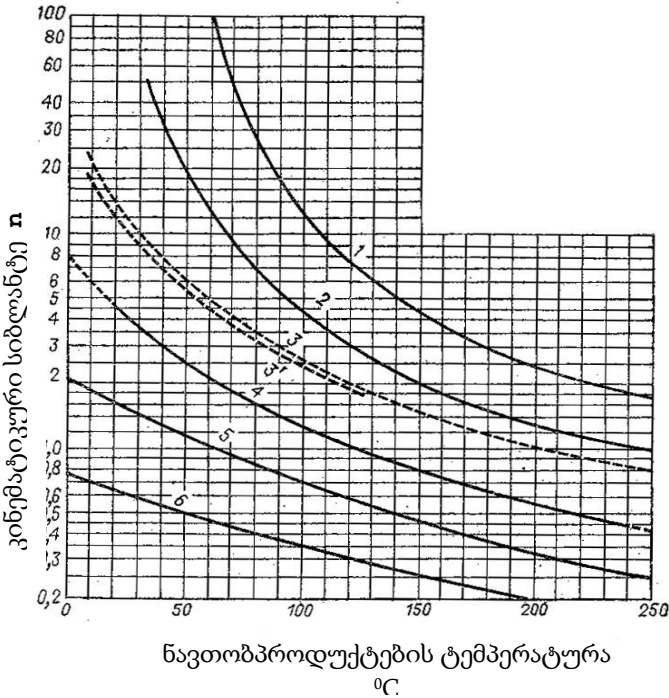
7. ნორმის შესაბამისად მოხდეს შენობაში ჰაერის სისუფთავის დაცვა, გათბობა და ვენტილაცია.

8. გატარდეს ღონისძიებები პერსონალის დენით დაზიანებისაგან დაცვისათვის (ძრავისა და გამშვები მექანიზმის დამიწება, დამცავი საშუალებების შექმნა და ა.შ.).

## ლიტერატურა:

1. Хранение нефти и нефтепродуктов. Учебное пособие/ В.Н Антипов и др. – М. изд. Нефть и газ. 2003 -560 с.
2. Мацкин Л.А., Черняк И.Л., Илембитов М.С. Эксплуатация нефтебаз. Изд. 3-е пер. и доп. – М. «Недра» 1975, 392 с.
3. СНиП 2.П.03-93
4. Оптимизация в технике в 2-х кн./Реклейтис Г., Рейвиндрон Ф., Рогедель К., пер. с англ., кн. 1 – М: «Мир», 1986, - 394 с.
5. Коренев И.Е. Проектирование водопроводных насосных станций. Учеб. Пособие к выполнению курсового проекта – Новочеркасск, НПИ, «Редакционно-издательский отдел», 1973. 92 с.
6. საქართველოს საგადასახადო კოდექსი – თბილისი: სპეციალური გამოცემა, 2005, 248 გ.
7. Керимов М.З. Трубопроводы нефти и газа. –М. Наука. 2002 - 256 с.
8. Справочник строителя. Монтаж систем водоснабжения и канализации. Под ред. А.К. Перешивкина, 4-е изд., перер., и доп. – М: Стройиздат, 1988. -653 с.
9. СНиП «04.02 – 84\* Водоснабжение. Наружные сети и системы. 2000.
10. გიზო ფარცხალაძე, ინგუზა მშენებელი. ლითონის კონსტრუქციები, სახელმძღვანელო, წიგნი 1, კონსტრუქციის ელემენტები -ბათუმი, „შოთა რუსთავე-ლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“, 2009, 332 გ.
11. Оборудование транспорта и хранения нефти. Учеб. Пос. для вузов./Г.В.Кононова – Ростов/Д, Феникс. 2006, 128 с.
12. Турк В. И., Минаев А.В., Карелин В.Я. Насосы и насосные станции. Учебник для ВУЗ-ов.–М,: Стройиздат, 1977, - 296 с.
13. [WWW.KONTMOTOR.RU](http://WWW.KONTMOTOR.RU), Контракт мотор, Электродвигатели, насосы, вентиляторы. 2007.
14. Эрих В.Н., Расина М.Г., Рудин М.Г. Технология нефти и газа. Изд. 2-е, пер. –Л. «Химия», 1977, 424 с.

პარაფინირებული გოგირდშემცველი ნავთობისაგან მიღებული  
ნავთობ-პროდუქტების კინემატიკური სიბლანტის  
დამოკიდულება ტემპერატურაზე



1- მაზუთი  $\rho = 0.939$  ტ/მ<sup>3</sup>; 2- ვაკუმური დისტილატი  $\rho = 0.906$  ტ/მ<sup>3</sup>; 3- გაუმარილებული ნავთობი  $\rho = 0.867$  ტ/მ<sup>3</sup> ( $P=4.0$  მპა); 3' - იგივე ( $P=0.5$  მპა); 4- დიზელის საწვავი  $\rho=0.838$  ტ/მ<sup>3</sup>; 5- თეთრი ნავთი  $\rho =0.789$  ტ/მ<sup>3</sup> ( $P=2.5$  მპა); 6- ბენზინი  $\rho =0.698$  ტ/მ<sup>3</sup> ( $P=4.0$  მპა); [14]-მიხედვით.

**ნიმუში**  
საკურსო პროექტის დავალება

დაგეგმარდეს \_\_\_\_\_ (რეგიონში, ოლქში) განლაგებული ნავთობპროდუქტების სატუმბო სადგური. დამუშავდეს ზოგიერთი კონსტრუქციული ელემენტი (ხელმძღვანელის მითითებით), გამოიხაზოს ტუმბოებისა და მილსადენების განლაგების ტექნოლოგიური სქემა დამხმარე ჰიდრავლიკური მოწყობილობების ჩვენებით. განმარტებითი ბარათის მოცულობა 10–15 თაბახის ფურცელი.

მონაცემები:

- |                                       |              |
|---------------------------------------|--------------|
| 1. ნავთობპროდუქტების წარმადობა        | 36200 ტ/დ.ღ. |
| 2. ნავთობპროდუქტების სახეობა          | თეთრი ნავთი  |
| 3. სითხის დონის ნიშნულები             |              |
| ა) სითხის ამოღების წერტილში           |              |
| max. – 22,65 მ; min. – 18,19 მ.       |              |
| ბ) მიწოდების წერტილში (რეზერვუარში) – | 43,58 მ.     |
| 4. მიწის ნიშნული სატუმბო სადგურთან    | 26,13 მ.     |
| 5. მილსადენის სიგრძე                  |              |
| ა) შემწოვის –                         | 22,0 მ;      |
| ბ) საწნეოს –                          | 3940 მ.      |
| 6. ძაბვა ელექტროგადამცემ ხაზებში –    | 6,3 კვ.      |

პროექტის ჩაბარების ვადა

**ერთი მეტრი ლითონის ნავთობაირსადენის ღირებულება  
2007 წლის საბაზრო ფასების გათვალისწინებით\***

მილის დიამეტრი, მმ	ერთი მეტრის ღირებულება, ლარი	
	მიწისქვეშა გაყვანისას	მიწისზედა გაყვანისას
1	2	3
100	105,21	727,50
200	121,58	746,64
300	136,87	762,95
400	159,35	820,16
500	188,26	859,13
600	204,85	884,70
700	336,96	913,22
800	665,92	1206,83
900	1045,57	1371,29
1000	1267,57	1554,79

\* - გაანგარიშებულია შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საინჟინრო-ტექნოლოგიური ფაკულტეტის ტექნოლოგიებისა და საინჟინრო მენეჯმენტის დეპარტამენტის მიერ.

საამორტიზაციო ანარიცხები და გამოქვითვები ძირითად  
საშუალებათა მიხედვით ([5]-ს მიხედვით)

ჯგუფის №	ქონება	ამორტიზაციის ნორმა, %
1	მსუბუქი ავტომობილები; ავტოსატრანსპორტო ტექნიკა გზებზე გამოსაყენებლად; სპეციალური ინსტრუმენტები, ინვენტარი და მოწყობილობა; კომპიუტერები, მონაცემთა დამუშავების მოწყობილობები და აღჭურვილობა;	20
2	საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობა; სატვირთო ავტომობილები, ავტობუსები, სპეციალური ავტომობილები და ავტომისაბმელები; მანქანები და მოწყობილობა მრეწველობის ყველა დარგისთვის, სამსხმელო წარმოებისათვის; სამჭედლო-საწნები მოწყობილობა; ელექტრონული მოწყობილობა; სამშენებლო მოწყობილობა; სასოფლო-სამეურნეო მანქანები და მოწყობილობა; ავეჯი ოფისისათვის;	15
3	სარკინიგზო, საზღვაო და სამდინარო სატრანსპორტო საშუალებები; ძალოვანი მანქანები და მოწყობილობა; თბოტექნიკური მოწყობილობა, ტურბინული მოწყობილობა, ელექტროძრავები და დიზელ-გენერატორები, ელექტროგადაცემისა და კავშირგამბულობის მოწყობილობები, მილსადენები;	8
4	შენობები, ნაგებობები;	7
5	ამორტიზირებადი აქტივები, რომლებიც შეტანილი არ არის სხვა ჯგუფში;	10

საქართველოს ენერჯეტიკის მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის **2006 წლის 15 მაისის №18 დადგენილების** თანახმად მოხმარებლისათვის ელექტროენერჯის შესასყიდი ტარიფები:

1. გარდა მოსახლეობისა (მაბევბის მიხედვით დღგ-ს ჩათვლით):

№	მაბევა	თეთრი/კვტსთ
1	220/380 ვოლტი (საშუალო)	13.8
2	6-10 კილოვოლტი	9.565
3	35-110 კილოვოლტი	7.566

2. მოსახლეობა (დღგ-ს ჩათვლით):

№	მოხმარებული ელექტროენერჯის რაოდენობა (30 კალენდარულ დღეში)	თეთრი/კვტსთ
1	100 კვტსთ-ის ჩათვლით	12.98
2	101 კვტსთ-დან 300 კვტსთ-ის ჩათვლით	16.52
3	301 კვტსთ და მეტი	17.50

მოსახლეობისათვის ელექტროენერჯის შესასყიდი ტარიფები არაგამჭოლია; მოხმარებელი ელექტროენერჯის საფასურს იხდის 30 კალენდარულ დღეში მოხმარებული ელექტროენერჯის სრულ რაოდენობაზე იმ ტარიფით, რომელიც დაწესებულია მოხმარებული ელექტროენერჯის შესაბამის რაოდენობაზე. საერთო მოხმარების მრიცხველების მქონე აბონენტები (მოსახლეობა) ინდივიდუალური მრიცხველების გარეშე მოხმარებული ელექტროენერჯის საფასურს იხდიან პირველი საფეხურის (100 კვტსთ-მდე) ტარიფით.

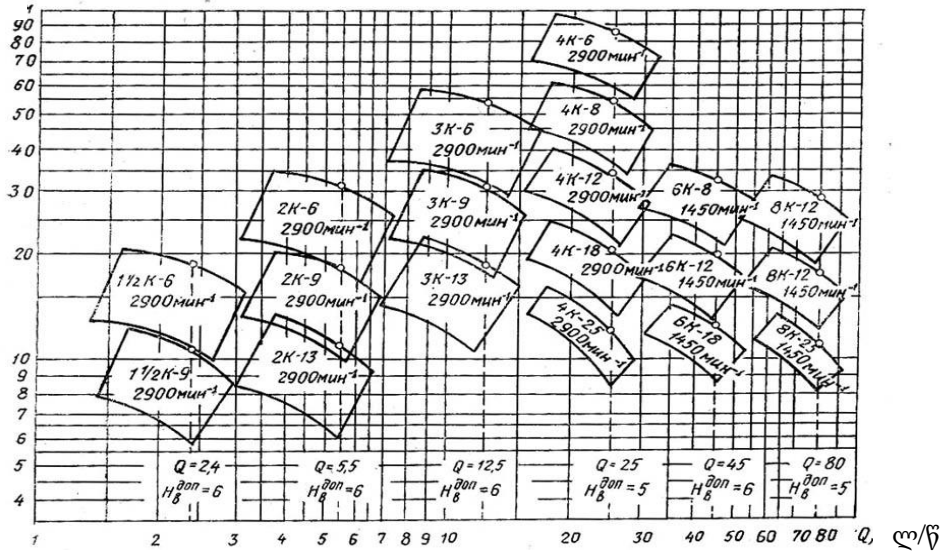


$m$ ,  $A$  და  $\beta$  -ს სიდიდეების მნიშვნელობები დინების რეჟიმის მიხედვით ([6] - ს მიხედვით)

რეჟიმი	$m$	$A$	$\beta$ ს <sup>2</sup> /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	$\lambda$	$\frac{8\lambda}{\pi^2 g} = 0,0827 \cdot \lambda$

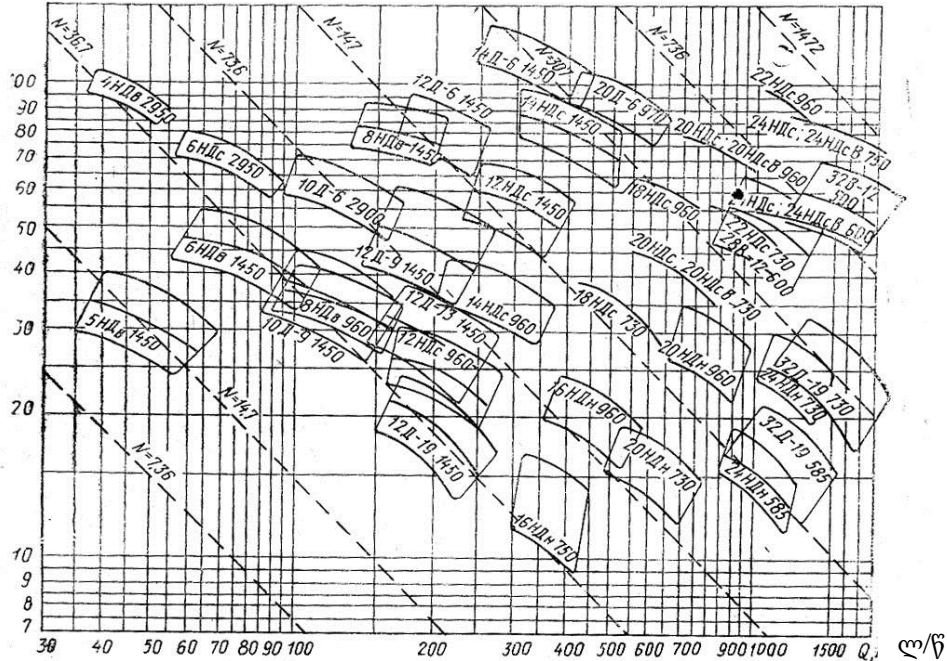
გაერთიანებული  $H - Q$  გრაფიკის ველი კონსოლური ტიპის ტუმბოებისათვის

$H$  მ

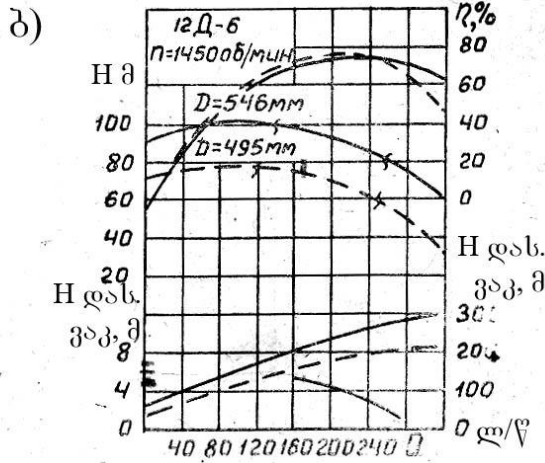
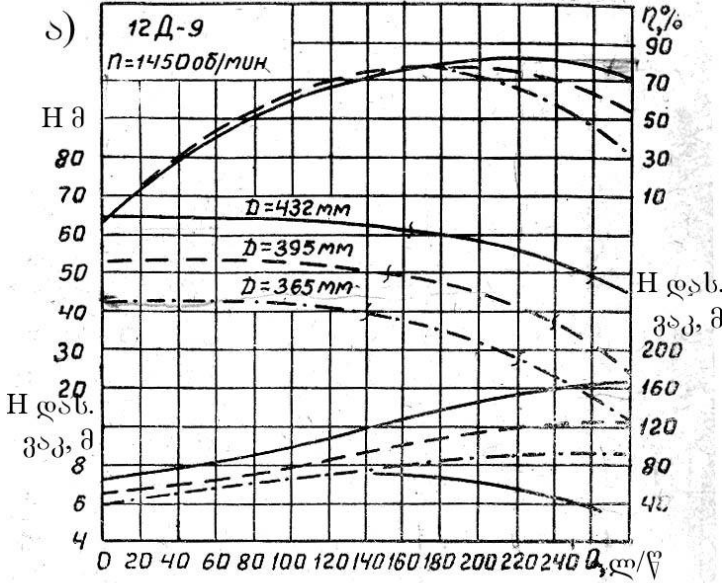


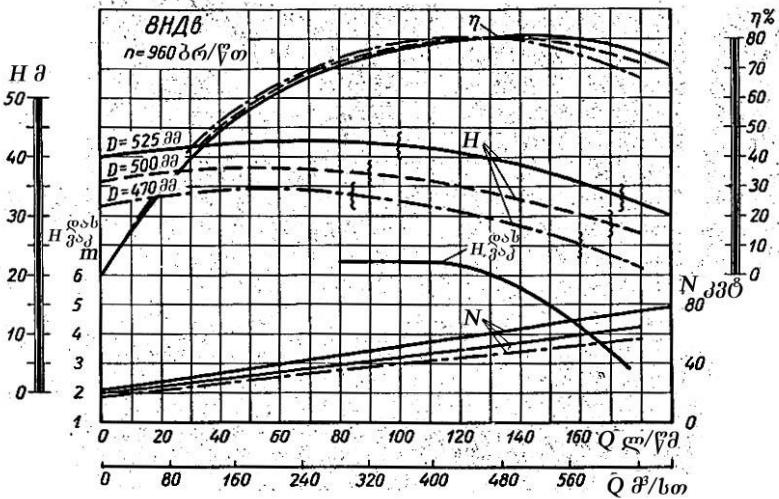
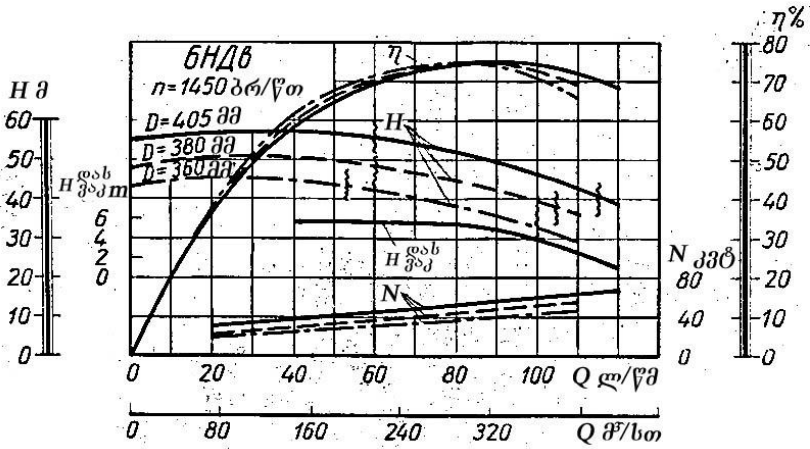
გაერთიანებული  $H - Q$  გრაფიკის ველი "D" ტიპის ტუმბოებისათვის

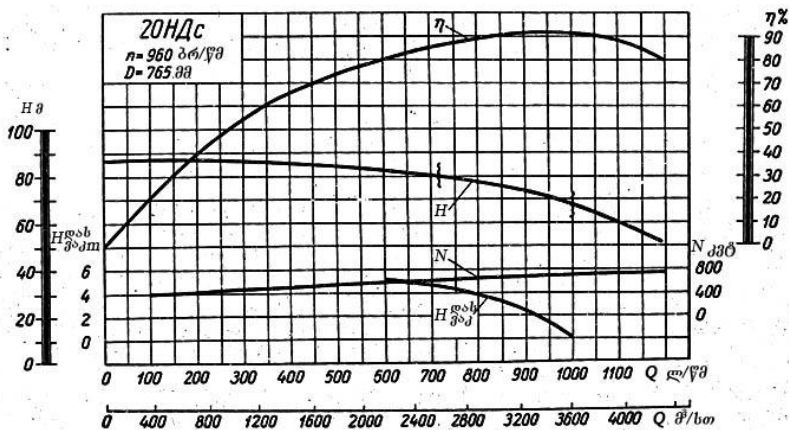
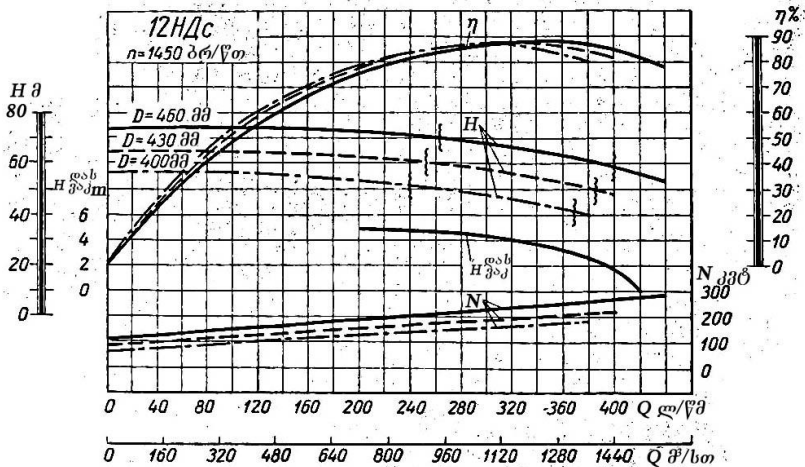
H მ

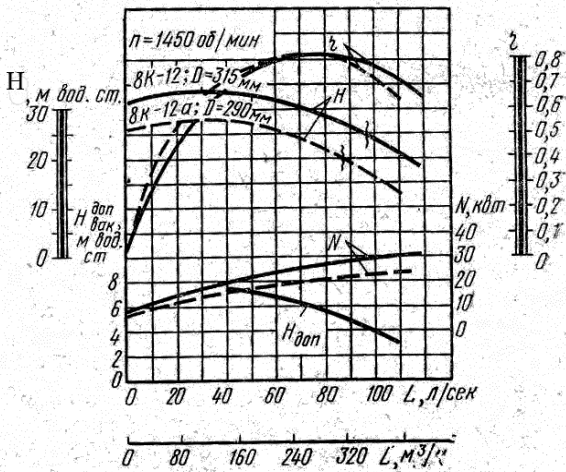
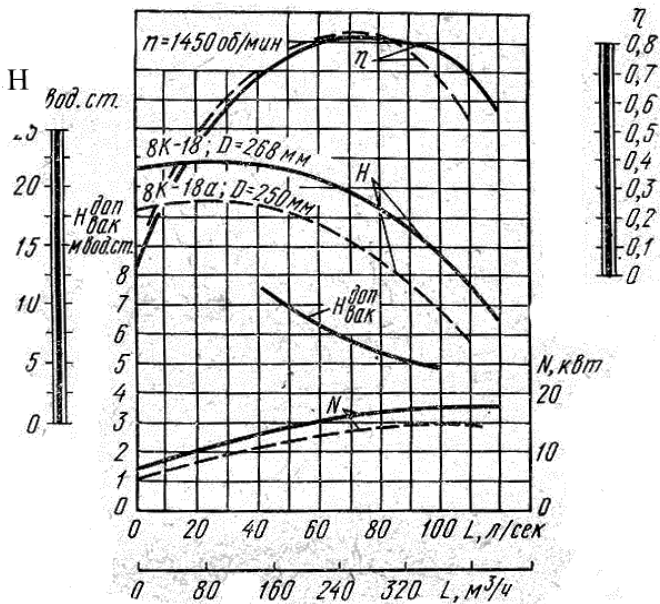


ტუმბოს მახასიათებლები



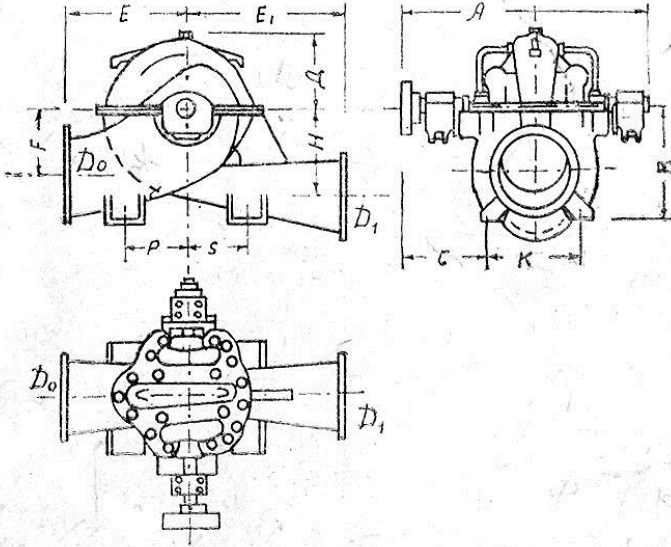






ტუმბოების ტექნიკური მაჩვენებლები

Д და НД ტიპის ტუმბოები

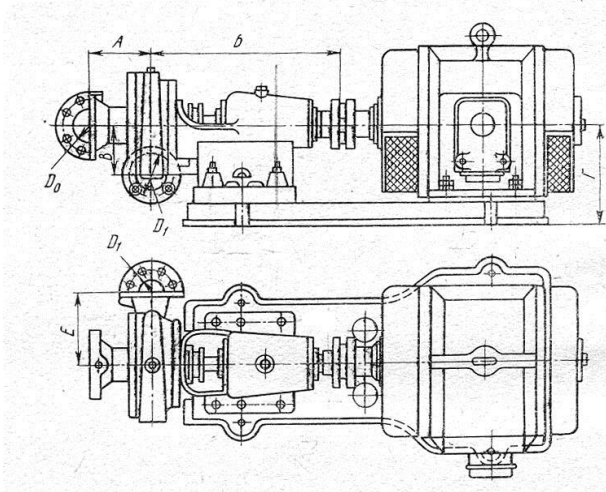




HD და D ტიპის ტუმბოს ზომები და მასა

ტუმბოს მარკა	ტუმბოს ზომები, მმ													მასა
	A	B	C	D	H	E <sub>1</sub>	E	F	K	P	S	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	
18HDВ-60	1122	500	432	390	335	648	610	243	610	380	325	325	200	740
12HDС-60	1233	600	378	420	435	770	622	335	600	300	300	350	300	1150
14HDС-M	1557	670	503	445	482	900	745	372	700	350	350	400	350	1510
18HDС	2130	850	665	560	620	1180	900	475	900	426	425	450	500	3320
20HDС	2104	950	695	646	692	1300	1000	532	900	500	500	600	500	4152
22HDС	2157	1050	712	700	758	1160	1100	595	1000	600	600	700	500	5000
24HDС	2841	1250	1010	864	925	1410	1285	700	1000	675	675	800	600	8868
16HDНМ	1537	760	505	490	440	500	850	460	660	300	300	500	400	1620
20HDН	2072	980	728	600	525	740	1020	550	780	360	360	600	500	2930
24HDН	2356	1150	668	745	660	750	1400	890	1000	450	450	800	600	5018
10Д-6-60	1122	465	432	338	315	460	510	230	380	260	260	250	150	650
12Д-9	1270	540	460	375	380	600	580	265	460	310	310	300	250	900
12Д-19М	1092	525	416	320	278	300	540	290	330	165	165	300	250	542
14Д-6М	1509	635	618	487	433	540	700	320	420	300	300	350	200	2400
20Д-6	2072	800	732	610	565	800	750	415	680	465	515	500	300	2140
32Д-19	2356	1150	668	745	660	750	1400	690	1000	450	450	800	600	5000

## K ტიპის ტუმბოები



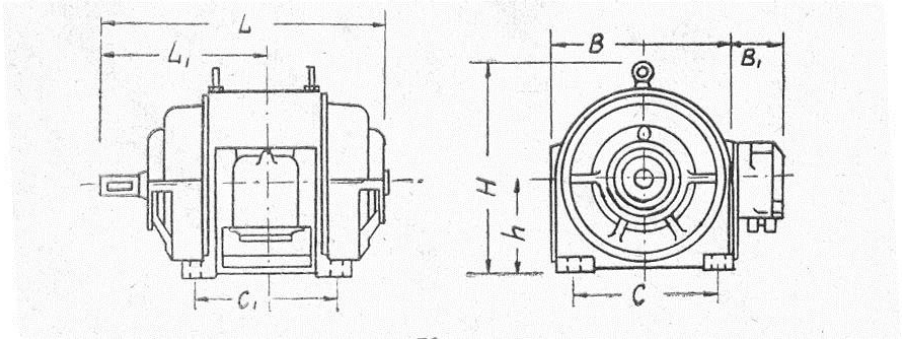
### ძირითადი ზომები

ტუმბოს მარკა	A	B	B	Γ	E	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>
1,1/2 K-6	120	306	75	205	120	40	32
2K-6	130	312	98	210	150	50	40
2K-9	130	308	80	205	115	50	40
3K-6	160	566	124	260	210	80	50
3K-9	155	360	105	238	150	76	50
4K-6	160	596	158	270	240	100	70
4K-8	160	580	135	285	210	100	70
4K-12	160	583	120	285	200	100	80
4K-18	158	362	108	238	150	100	80
6K-8	170	630	200	321	280	150	100
6K-12	170	596	180	285	250	150	100
8K-12	190	632	220	365	290	200	125
8K-18	189	632	200	321	280	200	150

ელექტროძრავების ტექნიკური მაჩვენებლები

ელძრავის მარკა	ნომინალური მნიშვნელობა			ნომინალური დატვირთვისას			ძრავის მასა მუფტის გარეშე
	ძაბვა, ვ.	სიმძლავრე ლილვზე, კვტ	სიჩქარე ბრ/სთ	სტატორის დენი, ა.	მ.ქ.კ. %	Cos φ	
<b>ДAM-6, ДАМТ-6 1500 სინქრონული ბრ/წთ</b>							
114/4	380	115	1460	221,0	91,5	0,86	910
115/4	380	135	1470	258,0	92,5	0,86	1026
116/4	380	155	1470	290,0	93,0	0,87	1090
117/4	380	180	1470	336,0	93,0	0,87	1160
126/4	380	225	1480	412,0	93,0	0,89	1640
127/4	380	260	1480	476,0	93,0	0,89	1770
128/4	380	300	1480	540,0	93,5	0,90	1870
136/4	6000	220	1480	27,2	89,5	0,87	1970
137/4	6000	260	1480	31,4	90,5	0,88	2075
138/4	6000	300	1480	35,7	91,0	0,89	2185
<b>ГAM-6, ГАМТ-6 1000 სინქრონული ბრ/წთ</b>							
115/6	380	75	975	146,0	90,5	0,86	970
116/6	380	95	975	184,0	91,0	0,86	1080
117/6	380	115	975	219,0	91,5	0,87	1150
125/6	380	130	980	240,0	92,0	0,89	1370
126/6	380	115	980	287,0	92,5	0,89	1455
127/6	380	185	980	340,0	93,0	0,90	1635
128/6	380	215	980	390,0	93,5	0,90	1710
136/6	380	240	985	444,0	93,0	0,88	1830
137/6	380	280	985	512,0	93,3	0,89	2000
138/6	6000	190	985	23,5	90,0	0,85	2100

ასინქრონული მოკლემერთულროტორიანი ძრავების სერია ДАМ-6, ДАМТ-6, ГАМ-6 და ГАМТ-6, შესრულება П2, მმ, გაზარტილი ზომები



ელძრავის მარკა	B	B <sub>1</sub>	C	H	h
114/4 115/4	760	200	620	860	375
116/4 117/4					
115/6 116/6					
126/4 127/4	870	200	710	990	450
128/4					
125/6					
128/6					
136/4 137/4	980	200	790	1110	500
138/4					
136/6 137/6					

ელძრავის მარკა	C <sub>1</sub>	L	L <sub>1</sub>
114/4 115/6	490	1180	705
115/4 116/4	590	1280	755
116/6 117/6			
117/4	640	1330	780
125/6 126/6	550	1395	765
126/4	550	1280	790
127/4 128/4	650	1380	800
127/6 128/6	650	1395	815
136/6	660	1405	835
136/4	760	1445	825
137/6 138/6	760	1505	885
136/4 137/4	860	1545	875

**4A სერიის ძრავების ტექნიკური მონაცემები**  
**(შესრულება IP23 დაცვის ხარისხის მიხედვით, გაცივების ხერხი ICA01)**

ძრავის ტიპი	სიმძლავრე, კვტ	სრიალი, %	მ.კ.კ. %	Cos φ	$\frac{M_{ავ}}{M_{ნომ}}$	$\frac{M_{ფ}}{M_{ნომ}}$	$\frac{M_{მინ}}{M_{ნომ}}$	$\frac{I_{ფ}}{I_{ნომ}}$
-------------	----------------	-----------	----------	-------	--------------------------	-------------------------	---------------------------	-------------------------

ბრუნვის სინქრონული სიხშირე 3000 ბრ/წთ

4AH160S2Y3	22	2,8	88	0,88	2,2	1,3	1	7
4AH160M2Y3	30	2,9	90	0,91	2,2	1,3	1	7
4AH180S2Y3	37	1,8	91,5	0,89	2,2	1,2	1	7
4AH180M2Y3	45	1,9	91	0,91	2,2	1,3	1	7
4AH200M2Y3	55	2	91	0,9	2,2	1,3	1	7
4AH200L2Y3	75	2	92	0,9	2,2	1,3	1	7
4AH225M2Y3	90	2,4	92	0,88	2,2	1,2	1	7
4AH250S2Y3	110	1,6	93,5	0,88	2,2	1,2	1	7
4AH250M2Y3	132	1,9	93,5	0,9	2,2	1,2	1	7
4AH280S2Y3	160	1,4	94	0,9	2,2	1,2	1	6,5
4AH280M2Y3	200	1,4	94,5	0,9	2,2	1,2	1	6,5
4AH315M2Y3	250	1,3	94,5	0,91	1,9	1	0,9	6,5
4AH355S2Y3	315	1,1	94,5	0,92	1,9	1	0,9	6,5
4AH355M2Y3	400	1,1	95	0,92	1,9	1	0,9	6,5

ბრუნვის სინქრონული სიხშირე 1500 ბრ/წთ

4AH160S2Y3	22	2,8	88	0,88	2,2	1,3	1	7
4AH160M2Y3	30	2,9	90	0,91	2,2	1,3	1	7
4AH180S2Y3	37	1,8	91,5	0,89	2,2	1,2	1	7
4AH180M2Y3	45	1,9	91	0,91	2,2	1,3	1	7
4AH200M2Y3	55	2	91	0,9	2,2	1,3	1	7
4AH200L2Y3	75	2	92	0,9	2,2	1,3	1	7
4AH225M2Y3	90	2,4	92	0,88	2,2	1,2	1	7
4AH250S2Y3	110	1,6	93,5	0,88	2,2	1,2	1	7
4AH250M2Y3	132	1,9	93,5	0,9	2,2	1,2	1	7
4AH280S2Y3	160	1,4	94	0,9	2,2	1,2	1	6,5
4AH280M2Y3	200	1,4	94,5	0,9	2,2	1,2	1	6,5
4AH315M2Y3	250	1,3	94,5	0,91	1,9	1	0,9	6,5
4AH355S2Y3	315	1,1	94,5	0,92	1,9	1	0,9	6,5
4AH355M2Y3	400	1,1	95	0,92	1,9	1	0,9	6,5

ბრუნვის სინქრონული სიხშირე 1000 ბრ/წთ

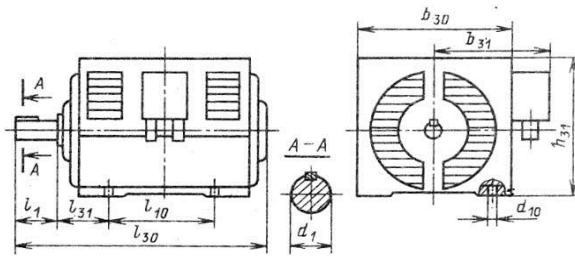
4AH180S6Y3	18,5	2,5	87	0,85	2	1,2	1	6
4AH180M6Y3	22	2,4	88,5	0,87	2	1,2	1	6
4AH200M6Y3	30	2,3	90	0,88	2	1,2	1	6
4AH200L6Y3	37	1,9	90,5	0,88	2	1,2	1	6,5
4AH225M6Y3	45	2	91	0,87	2	1,2	1	6,5
4AH250S6Y3	55	1,4	92,5	0,86	2	1,2	1	6,5
4AH250M6Y3	75	1,5	93	0,87	2	1,2	1	7
4AH280S6Y3	90	2,2	92,5	0,89	2	1,2	1	6
4AH280M6Y3	110	2,2	92,5	0,89	2	1,2	1	6
4AH315S6Y3	132	1,8	93	0,89	1,9	1,2	0,9	6
4AH315M6Y3	160	1,8	93,5	0,89	1,9	1,2	0,9	6
4AH355S6Y3	200	1,6	94	0,9	1,9	1,2	0,9	6,5
4AH355M6Y3	250	1,6	94	0,9	2	1,2	0,9	6,5



ბრუნვის სინქრონული სიხშირე 750 ბრ/წთ

4AH180S8Y3	15	2,6	86,0	0,8	1,9	1,2	1	5,5
4AH180M8Y3	18,5	2,7	87,5	0,8	1,9	1,2	1	5,5
4AH200M8Y3	22	2,6	89	0,84	1,9	1,2	1	5,5
4AH200L8Y3	30	2,3	89,5	0,82	1,9	1,2	1	5,5
4AH225M8Y3	37	2	90	0,81	1,9	1,2	1	5,5
4AH250S8Y3	45	1,5	91	0,81	1,9	1,2	1	5,5
4AH250M8Y3	55	1,6	92	0,81	1,9	1,2	1	6
4AH280S8Y3	75	2,5	92	0,85	1,9	1,2	1	5,5
4AH280M8Y3	90	2,5	92,5	0,86	1,9	1,2	1	5,5
4AH315S8Y3	110	2	93	0,86	1,9	1,2	0,9	5,5
4AH315M8Y3	132	2	93,5	0,86	1,9	1,2	0,9	5,5
4AH355S8Y3	160	1,8	93,5	0,86	1,9	1,1	0,9	5,5
4AH355M8Y3	200	1,8	94	0,86	1,9	1,1	0,9	5,5

პრავის ტიპი	პოლუსების რიცხვი	გაბარიტული ზომები, მმ		დასაყენებელი და მისაერთებელი ზომები, მმ						მასა კგ					
				$l_1$	$l_{10}$	$l_{31}$	$d_1$	$d_{10}$	$b_{10}$		$h$				
4AH160S	2	533	430	332	110	178	108	42	15	254	160	110			
	4											48	115		
4AH160M	2	588	430	332		210	108	42		15	254	160	130		
	4												48	135	
4AH180S	2	580	470	385		110	203	121		48	15	279	180	170	
	4, 6, 8													55	185
4AH180M	2	620	470	385			241	121		48		15	279	180	185
	4, 6, 8														55
4AH200M	2	665	535	460	110		267	133	60	19		318	200	265	
	4, 6, 8													695	140
4AH200L	2	705	535	460			110	305	55			19	318	200	295
	4, 6, 8														735
4AH225M	2	715	580	500		110	149	55	19		356	225	355		
	4, 6, 8												745	140	355
4AH250S	2	805	580	500		110	149	55	19		356	225	355		
	4, 6, 8												805	140	355

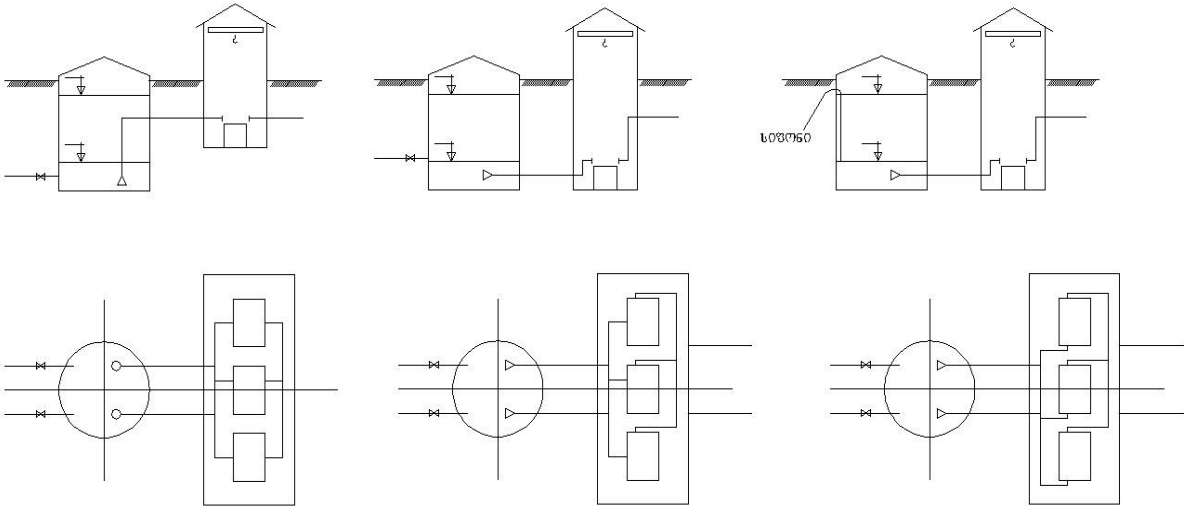


ძრავის ტიპი	პოლუსების რიცხვი	გაბარიტული ზომები, მმ			დასაყენებელი და მისაერთებელი ზომები, მმ					
		$l$	გაბარიტული ზომები, მმ		$l_1$	$l_{10}$	$l_{31}$	$d_1$	$d_{10}$	
4AH280S	2	935	575	620	465	140	368	190	70	24
	4, 6, 8	965				170			80	
4AH280M	2	975	575	620	465	140	419	190	70	24
	4, 6, 8	1005				170			80	
4AH315S	4, 6, 8, 10, 12	1000	630	672	500		406	216	90	28
4AH315M	2	1020				140	457		75	
	4, 6, 8, 10, 12	1050	170	90						
4AH355S	2	1165	710	750	538		500	254	85	28
	4, 6, 8, 10, 12	1205				210	100			
4AH355M	2	1225	710	750	538	170	560	254	85	28
	4, 6, 8, 10, 12	1265				210			100	

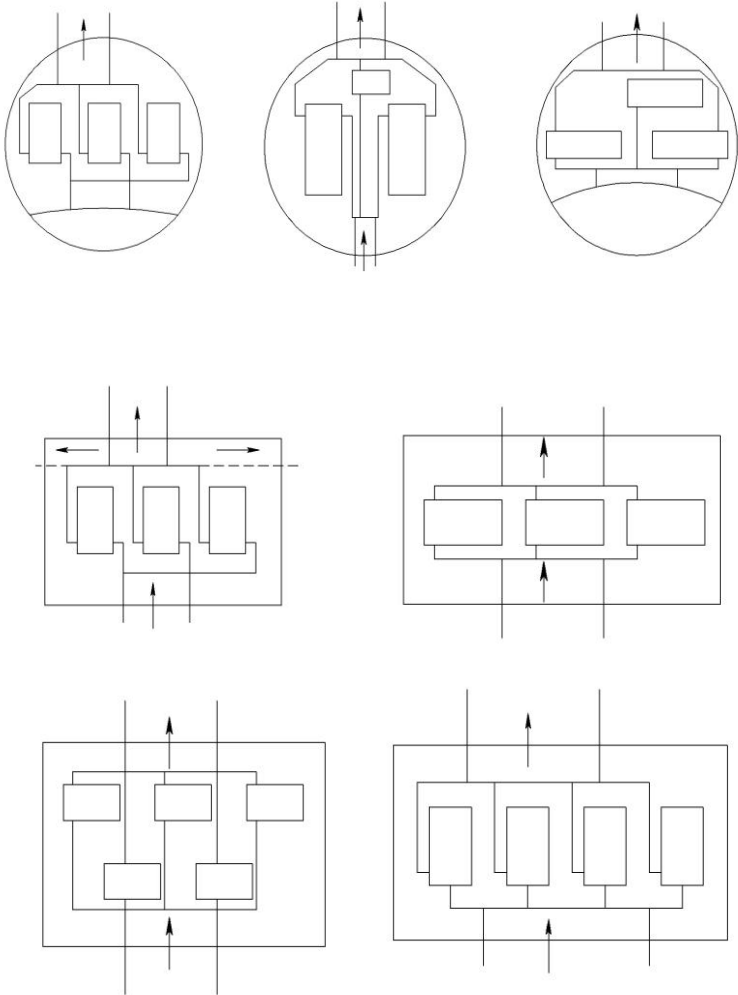
გრუნტზე დასაშვები სტატიკური დაწნევისა და გრუნტის დრეკადი თანაბარი შეკუმშვის კოეფიციენტის მნიშვნელობები

გრუნტები	გრუნტის კატეგორია	დასაშვები სტატიკური დაწნევა გრუნტზე <i>p<sub>დას.</sub> მპა</i>	$k \cdot 10^6$ კგ/მ <sup>3</sup>
სუსტი (თიხები და თიხნარი პლასტიკურ მდგომარეობაში, ქვიშნარი და საშუალო სიმკრივის მტვრისებური ქვიშა)	I	0,15	3
საშუალო სიმტკიცის (თიხები და თიხნარი ჩამოხეთქვის ზღვარზე, ქვიშა)	II	0,15=0,35	3-5
მტკიცე (თიხები და თიხნარი მყარ მდგომარეობაში, ღორღი, ლიოსი)	III	0,35 ±0,5	5-10
კლდოვანი საფუძველი	IV	≥0,5	10

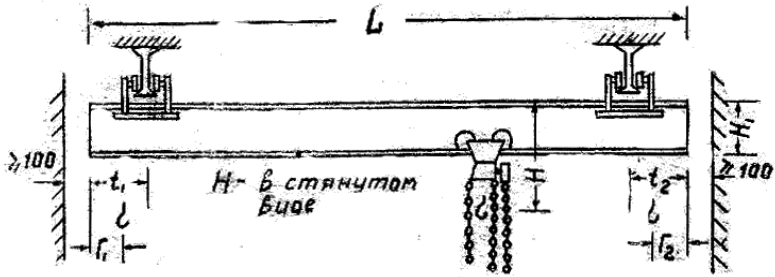
სატუმბო სადგურის სქემები



სატუმბო სადგურის სამანქანო დარბაზში სატუმბო აგრეგატების განლაგების სქემები



0,5 – 5 ტ. ხელის ამწე-კოქის ზომები და წონა



ამწე-კოქის სიგრძე, L, მ	ტვირთამწეობა, ტმ	ზომები, მმ					ამწეცემა გზის ორტყეგზის წომეი	საერთო წონა, კგ
		კონსოლის სიდიდე $t_1=t_2$		$\Gamma_1=\Gamma_2$	H	$H_1$		
		მინიმა ლური	მაქსიმა ლური					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5,5	0,5	200	750	150	590	220	18	371
	1,0	200	600	150	590	220	18	371
	2,0	200	500	200	875	265	24	595
	3,2	200	400	220	950	340	30	673
	5,0	250	400	220	1115	400	30	882
6,0	0,5	200	750	150	590	220	18	380
	1,0	200	600	150	590	220	18	380
	2,0	200	500	200	875	265	24	605
	3,2	200	400	220	950	340	30	694
	5,0	250	400	220	1115	400	30	1036

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6,5	0,5	200	1000	150	590	220	18	430
	1,0	200	800	150	650	220	24	486
	2,0	200	500	200	875	265	24	665
	3,2	200	500	220	950	340	30	740
	5,0	250	500	220	1115	400	36	1058
7,0	0,5	200	1000	150	590	220	18	440
	1,0	200	800	150	650	280	24	500
	2,0	200	750	200	935	325	30	725
	3,2	200	600	220	950	340	30	760
	5,0	250	500	220	1115	400	36	1088
7,5	0,5	200	1250	150	590	220	18	450
	1,0	200	1000	150	650	280	24	518
	2,0	200	750	200	935	325	30	750
	3,2	200	600	220	950	340	30	780
	5,0	250	600	220	1115	400	36	1160
8,0	0,5	200	1500	150	590	220	18	460
	1,0	200	1000	150	650	280	24	529
	2,0	200	750	200	935	325	30	765
	3,2	200	760	220	1010	400	36	968
	5,0	250	600	220	1115	400	36	1188
8,5	0,5	200	1500	150	650	280	18	545
	1,0	200	1250	150	650	280	24	548
	2,0	200	850	200	935	325	30	900
	3,2	200	800	220	1010	400	36	995
	5,0	250	700	220	1115	400	36	1212
9,0	0,5	200	1500	150	650	280	24	560
	1,0	200	1250	150	650	280	24	657
	2,0	200	1000	200	935	325	30	915
	3,2	200	800	220	1010	400	36	1022
	5,0	250	750	220	1115	400	36	1238

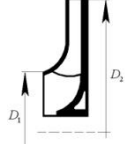
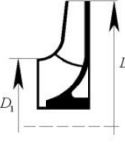

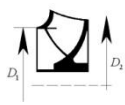
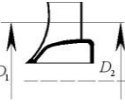


1	2	3	4	5	6	7	8	9
9,5	0,5	200	1750	150	650	280	24	570
	1,0	200	1250	150	650	280	24	574
	2,0	200	1000	200	935	325	30	950
	3,2	200	1000	220	1010	400	36	1048
	5,0	250	750	220	1245	490	36	1423
10,0	0,5	200	2000	150	650	280	24	590
	1,0	200	1500	150	650	280	24	679
	2,0	200	1250	200	995	385	36	960
	3,2	200	1000	220	1010	400	36	1074
	5,0	250	750	220	1245	490	36	1475
10,5	0,5	200	2000	150	650	280	24	600
	1,0	200	1750	150	710	340	30	699
	2,0	200	1250	200	995	385	36	1000
	3,2	200	1000	220	1010	400	36	1100
	5,0	250	1000	220	1245	490	36	1492
11,0	0,5	200	2000	150	650	280	24	645
	1,0	200	2000	150	710	340	30	744
	2,0	200	1500	200	995	385	36	1050
	3,2	200	1000	220	1010	400	36	1126
	5,0	250	1000	220	1245	490	36	1526

ადგილობრივი წინაღობის კოეფიციენტები

$\zeta = 0,1-0,2$	$\zeta = 2-3$	$\zeta = 5-8$	$\zeta = 1,7$
$\zeta = 0,5-0,6$	$\zeta = \frac{d}{90} \cdot \zeta_{\kappa}$	$\zeta = 0,1$	$\zeta = 0,25$
$\zeta = 1,5$	$\zeta = 0,1$	$\zeta = 1,5$	$\zeta = 1,5$
$\zeta = 1,5$	$\zeta = 1,0$	$\zeta = 0,5$	$\zeta = 0,05$
$\zeta = 0,15$	$\zeta = 3,0$	$\zeta = 0,5$	$\zeta = 0,75-1$
300მკმოდ 	$\frac{d-h}{h} = 0; \frac{1}{8}; \frac{1}{4}; \frac{1}{2}; \frac{3}{4}; \frac{7}{8}$ $\zeta = 0,05; 0,07; 0,25; 2,06; 1,70; 97,8$		

ტუმბოების ჩქარი სვლის კოეფიციენტები ([12] მიხედვით)

ტუმბო	ჩქარი სვლის კოეფიციენტები	მუშა ბორბლის კვეთის ესკიზი	$D_2/D_1$	ფრთის ფორმა	
ცენტრიდანული	ნელი სვლის	50-80		2,5-3	ცილინდრული
	ნორმალური	80-150		2	სივრცული შესასვლელში, ცილინდრული გამოსასვლელში
	ჩქარი სვლის	150-350		1,4-1,8	სივრცული
	დიაგონალური	350-500		1,1-1,2	—
ღერძული	500-1500		1	—	

წყალწრიული ვაკუუმ-ტუმბოს ტექნიკური მახასიათებლები

ტუმბოს მარკა	მაქსიმალური წარმადობა, მ <sup>3</sup> /წთ	მაქსიმალური ვაკუუმი, %	სიჩქარე, ბრ/წთ	მილყელის დიამეტრი, მმ		სიგრძე, მმ	სიგანე, მმ	სიმაღლე, მმ	წონა, კგ
				შემწოვი	საწნეო				
KBH-4	0,40	80	1450	25	25	392	240	278	38
KBH-8	0,80	80	1450	25	25	417	240	278	42
PMK-2	4,2	92	1450	65	65	575	360	390	105
PMK-3	11,50	97	960	125	76	1215	500	790	680
PMK-4	27,00	96	720	170	170	1645	680	1070	1240
BBH-1,5	1,55	90	1440	65	65	1136	-	400	110
BBH-3	2,84	90	1450	65	65	1265	-	605	120
BBH-6	6,00	95	1450	110	110	1500	610	830	320
BBH-13	12,00	97	960	125	125	2000	790	970	475

ძალოვანი ტრანსფორმატორების ტექნიკური მონაცემები  
და კონსტრუქციული ზომები

ტრანსფორმატორის ტიპი	ტრანსფორმატორის ზომები, მმ			წონა, კგ
	სიგანე	სიგრძე	სიმაღლე	
1	2	3	4	5
TM 360/6-10	1170	1860	1705	-
TM 560/10	1360	2420	1947	-
TM 750/10	1520	2405	2470	2720
TM 1000/10	1660	2570	2570	3300
TM 1000/35	1670	2810	3050	4210
TM 1800/10	1740	2960	3430	5720
TM 1800/35	1740	2960	3430	5940
TCM 60/6-10	905	995	1040	350
TCM 100/6-10	925	1665	1105	410
TCM 180/6-10	965	1580	1365	710
TCM 320/6-10	1120	1820	1645	1005
TCM 560/6-10	1250	2020	2030	1520
TMH 560/10	2035	2060	2315	2670

1	2	3	4	5
TMH 750/10	2135	2290	2570	2770
TMH 1000/10	2135	2570	3160	4410
TMH 560/35	1280	3720	3470	3700
TMH 1000/35	1320	3960	3785	5180
TMH 1800/35	1750	4000	3890	7010

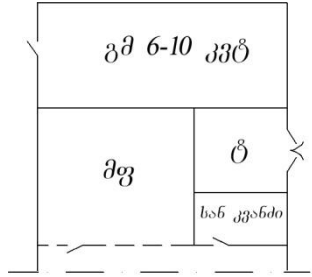
- შენიშვნა:** 1. ტრანსფორმატორის სათავსოს ზომები ტრანსფორმატორის ზომებზე 500 – 700 მმ-ით მეტია;
2. ძაბვა ტრანსფორმატორის დაბალ მხარეზე 35 კვტ, 10,5კვტ, 6,3 კვტ, 6კვტ, 10 კვტ, 0,4 კვტ.

დანართი 19

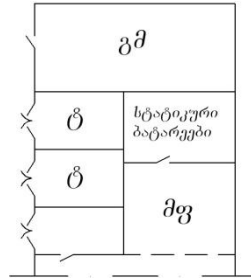
**ელექტროპანელების გაზარიტული ზომები, მმ**

პანელის გვერდი	პანელის ტიპი	
	III O	III D
სიგანე	300, 600, 800	600, 700, 800
სიღრმე	600	600
სიმაღლე	2160	2160

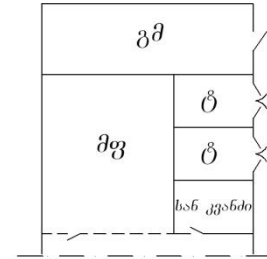
სატუმბო სადგურში ელექტრონაწილის განლაგების სავარაუდო სქემები.



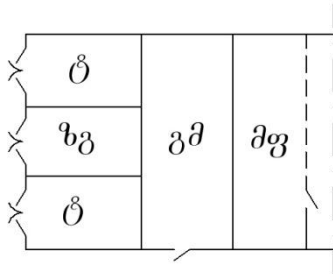
ა)



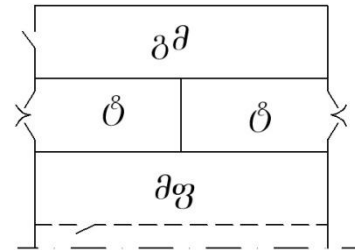
ბ)



გ)



დ)



ე)