

გიორგი ერაგია

ნავთობპროდუქტების ტერმინალებში გამოყენებული  
მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის შეფასება მათი  
უსაფრთხო ექსპლუატაციის მიზნით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
თბილისი, 0175, საქართველო  
ივნისი, 2012 წელი

საავტორო უფლება © 2012 წელი, ერაგია გიორგი

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავაცანით გიორგი ერაგიას მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „ნავთობპროდუქტების ტერმინალებში გამოყენებული მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის შეფასება მათი უსაფრთხო ექსპლუატაციის მიზნით“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

08.06.2012წ

ხელმძღვანელი: სრული პროფესორი მ. წიქარიშვილი

რეცენზენტი: 

---

სრული პროფესორი რ. ცხვედაძე

რეცენზენტი: 

---

ტმდ ჯ. გიგინეიშვილი  

---

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2012 წელი

ავტორი: გიორგი ერაგია

დასახელება: ნავთობპროდუქტების ტერმინალებში გამოყენებული მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის შეფასება მათი უსაფრთხო ექსპლუატაციის მიზნით

ფაკულტეტი : სამშენებლო

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: 8 ივნისი 2012 წ

ინდივიდუალური პროცენტების ან ინსტიტუტების მიერ შემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

---

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა ის მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

## რეზიუმე

განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო ობიექტების, როგორცაა გაზის და ნავთობპროდუქტების ტერმინალები, ატომური ელექტროსადგურები, საფრენი აპარატები, რკინიგზები, ხიდები, საზოგადოებრივი მომსახურების შენობები და ა.შ. კატასტროფები დიდ პრობლემად რჩება დღესდღეობით მთელ მსოფლიოში, რასაც თან სდევს ფინანსური ზარალი და რაც მთავარია ადამიანის მსხვერპლი. ამიტომ აუცილებელია სიღრმისეულად დამუშავდეს კონსტრუქციების ექსპლუატაციის დროს დინამიკური დატვირთვით მიღებული დეფექტების გამოცნობის და მათგან გამოწვეული ავარიების პროგნოზირების მეთოდები, რისკ-დონეების დადგენა და სიმტკიცის შეფასება ექსპლუატაციის ყველა სტადიაზე.

დისერტაციაში დამუშავებულია ნავთობპროდუქტების ტერმინალებში გამოყენებული მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის შეფასების მეთოდები და ავარიის რისკ-დონეების დადგენის საკითხები.

ნაშრომის სრული მოცულობა 153 გვერდი, იგი მოიცავს შესავალს, ოთხ თავს, დასკვნასა და ლიტერატურას, რომელიც 90 დასახელებისგან შედგება.

შესავალში წარმოდგენილია თემის აქტუალობა, მეცნიერული სიახლე და ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება.

პირველ თავში განხილულია თანამედროვე წარმოდგენების მიმოხილვა ნავთობპროდუქტების ტერმინალის ექსპლუატაციისას.

მეორე თავში წარმოდგენილია ავარიების განვითარების მოდელირება და დეფექტების გამოვლენის მეთოდები.

მესამე თავში შემუშავებულია მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის თეორიული შეფასება.

მეოთხე თავში წარმოდგენილია აპარატურულ-კომპიუტერული დიაგნოსტიკის კომპლექსი მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის კონტროლისათვის და მათი გამოყენების მაგალითები.

დისერტაციის სამუშაოების შედეგები დანერგულია პრაქტიკულ კვლევით სამუშაოებში და მაგალითების სახით მოყვანილია დისერტაციაში.

## Abstract

The disasters of extremely responsible objects, such as gas and oil terminals, nuclear power stations, aircrafts, railways, bridges, public service buildings, etc., nowadays still represents major problem in the world, followed by the financial losses and, most importantly, human lives. Therefore it is necessary to deeply develop at operation of received by dynamic load defects identification and caused by their damages methods of forecasting, definition of risk levels and strength determination at all stages of operation.

In the thesis are developed applied in oil terminal's pipelines and reservoirs strength assessment methods and issues of damages risk-levels determination.

The full volume of work includes 155 pages, it contains introduction, four chapters, conclusion and references that consists of 90 titles.

In the introduction is presented theme's topicality, scientific novelty and practical value of work.

In the first chapter are considered the current presentations review at oil terminal operation.

In the second chapter is presented the damages development modeling and defects detection methods.

In the third chapter has been developed the theoretical strength assessment of pipelines and reservoirs.

In the fourth chapter presents the apparatus - computer diagnostic complex for pipelines and reservoirs to strength control and examples of their application.

The practical results of thesis work are implemented in practical researches and are given as examples in the dissertation.

შინაარსი

ცხრილების ნუსხა . . . . .	9
ნახაზების და სურათების ნუსხა . . . . .	10
შესავალი . . . . .	12
თავი 1. თანამედროვე წარმოდგენების მიმოხილვა	
ნავთობპროდუქტების ტერმინალის ექსპლუატაციისას . . . . .	14
1.1. საწარმოს შემადგენელი ნაგებობებისა და საინჟინრო აღჭურვილობის დახასიათება . . . . .	14
1.2. ტერმინალის ავარიის რისკის ხარისხის შეფასება, უსაფრთხო ექსპლუატაციის ანალიზი . . . . .	28
1.3. უფრო ხშირად მომხდარი ავარიები . . . . .	29
1.4. დამაზიანებელი ფაქტორების სავარაუდო ზონების ზომების მონაცემები . . . . .	32
1.5 ადამიანზე საშიში ფაქტორების ზემოქმედების აღბათობის შეფასება . . . . .	35
1.6. მილსადენების და ნავთობპროდუქტების რეზერვუარების უსაფრთხო ექსპლუატაციისას წარმოშობილი პრობლემები და ამოცანები (ლიტერატურული მიმოხილვა) . . . . .	36
თავი 2. ავარიების განვითარების მოდელირება და დეფექტების გამოვლენის მეთოდები . . . . .	46
2.1. ავარიის წარმოქმნის და განვითარების სცენარების აღბათობა .	46
2.2. მილსადენებში და რეზერვუარებში დეფექტების გამოვლენის მეთოდები . . . . .	58
თავი 3. მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის თეორიული შეფასება . . . . .	73
3.1. ნავთობპროდუქტების რეზერვუარების სიმტკიცის უზრუნველყოფა . . . . .	73
3.2. უსაფრთხო ბზარისმაგვარი დეფექტები მაგისტრალურ მილსადენებში . . . . .	89
3.3. მილსადენების და რეზერვუარების კოროზიის საშიშროებები ავრესიულ გარემოსთან კონტაქტში . . . . .	93

3.4. რეზერვუარის კედლის გაანგარიშება სიმტკიცეზე და მდგრადობაზე შემოწმების მიზნით . . . . .	95
თავი 4. აპარატურულ-კომპიუტერული დიაგნოსტიკის კომპლექსი მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის კონტროლისათვის და მათი გამოყენების მაგალითები . . . . .	105
4.1. ინფორმაციული სისტემის შექმნის თავისებურებანი მილსადენების და რეზერვუარების დიაგნოსტიკის ამოცანისათვის . . . . .	105
4.2. აპარატურულ-კომპიუტერული დიაგნოსტიკის კომპლექსის ბლოკ- სქემა . . . . .	107
4.3. პირველადი, მეორადი და მესამეული დიაგნოსტიკის მეთოდები .	113
4.4. დიაგნოსტიკის მეთოდების არჩევითი მგრძობელობა . . . . .	116
4.5. ტერმინალის საპასუხისმგებლო კონსტრუქციების მუშაუნარიანობის მთლიანობის მონიტორინგის პროცესი . . . . .	118
4.6. მილსადენის და რეზერვუარის სიმტკიცის რისკ-დონეების დადგენა მონაცემთა ბაზის მიხედვით . . . . .	122
4.7. ფიზიკური და რიცხვითი ექსპერიმენტები აპარატურულ- კომპიუტერული დიაგნოსტიკის კომპლექსის რეალიზაციისათვის . . . . .	125
4.8. გაანგარიშების მაგალითები . . . . .	130
ძირითადი დასკვნა . . . . .	143
გამოყენებული ლიტერატურა . . . . .	145



## ცხრილების ნუსხა

- ცხრილი 1.1. ხაძრის გაჩენის და გავრცელების სტატისტიკა
- ცხრილი 1.2. რღვევის ზონების დახასიათება
- ცხრილი 1.3. საწარმოს ნაგებობაზე დარტყმით ტალღის ზემოქმედების შეფასება
- ცხრილი 1.4. აფეთქებისას ნაგებობების რღვევის ხარისხის შეფასება
- ცხრილი 1.5. ადამიანზე ხანძრის საშიშ ფაქტორების ზემოქმედების ალბათობის ანგარიშის შედეგები
- ცხრილი 1.6. მანძილი  $L_0$ , მ, მილსადენის სწორხაზოვანი მონაკვეთების საყრდენებს შორის ერთ ტალღიანი კომპენსატორით, დამოკიდებული კედლის სისქეზე  $\delta$  და მილის დიამეტრზე, მმ
- ცხრილი 1.7. პირობითი  $p_3$  და მუშა  $p_9$  მაღალი წნევის მილსადენები ფოლადებისათვის (ГОСТ 22790-89)

## ნახაზების და სურათების ნუსხა

- ნახ. 1.1. ა) გენგეგმა; ბ) საერთო ხედი
- სურ. 1.2. ტერმინალის ფრაგმენტი
- სურ. 1.3. ფოლადის ვერტიკალური რეზერვუარები
- სურ. 1.4. ღია რკინაბეტონის ნაგები
- ნახ. 2.1. ტერმინალის განლაგების ზოგადი სქემა
- ნახ. 2.2. ავარიის წარმოქმნის და განვითარების სცენარის ალბათობა
- ნახ. 2.3. ნავთობისა და გაზის შეგროვების, მომზადების და ტრანსპორტირების ტექნოლოგიური კომპლექსის ბლოკ-სქემა
- ნახ. 2.4. ავარიული სიტუაციები საპროექტო მოედნის ყველაზე სახიფათო მონაკვეთებზე
- ნახ. 2.5. ტერიტორიაზე პერსონალის დაზიანების სხვადასხვა ალბათობის ზონები
- ნახ. 2.6. ავარიის შედეგად გამოწვეული აფეთქების სცენარი
- ნახ. 3.1. ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარის სქემა (ა) და გარსში შინაგანი ძალების სისტემა განივდარის კვანძის ზონაში (ბ)
- ნახ. 3.2. ბლანტი სითხით ნაწილობრივ შევსებული ჭურჭლის მექანიკური მოდელი
- ნახ. 3.3. ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარის თხევადი პროდუქტით საანგარიშო სქემა: XY - ინერციული, ზღ - რეზერვუართან დაკავშირებული კოორდინატთა სისტემა
- ნახ. 4.1. აპარატურულ-კომპიუტერული დიაგნოსტიკის ბლოკ-სქემა მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის კონტროლისათვის
- ნახ. 4.2. დიაგნოსტიკის და კონტროლის მეთოდების კლასიფიკაცია
- ნახ. 4.3. კონსტრუქციის რღვევის გამომწვევი ფაქტორები
- ნახ. 4.4. მილსადენების და რეზერვუარების დაზიანებათა დიაგნოსტიკა
- ნახ. 4.5. სხვადასხვა წესის მილის და რეზერვუარის რღვევა
- ნახ. 4.6. საორიენტაციო შერჩევითი მგრძობელობა სხვადასხვა კონტროლის მოწყობილობისათვის
- ნახ. 4.7. ბლოკ-სქემა საკვლევი ობიექტების სტრუქტურული მთლიანობის მონიტორინგისათვის

- ნახ. 4.8. ექსპერიმენტული დანადგარი
- ნახ. 4.9. მილსადენის და რეზერვუარის კონტროლის ფრაგმენტები
- ნახ. 4.10. რეზერვუარის მოდელი სასრულ ელემენტთა მეთოდით
- ნახ. 4.12. საძირკვლის მოწყობის სქემა
- ნახ. 4.13. საძირკვლის მოწყობის სქემა
- ნახ. 4.14. მღუნავი მომენტების  $M$ , განივი  $Q$  და წრიული  $N_2$  ძალების და ექვივალენტური ძაბვების  $\sigma_3^{mop}$  განაწილება რეზერვუარის გარსის კედელში დრეკად ფუძეზე დაყრდნობილი ფსკერით
- ნახ. 4.15. რეზერვუარში ჯამური დაწნევების ეპიურები 7 ბალიანი კორიზონტალური სეისმურობისას
- ნახ. 4.16. თხევადი პროდუქტის მასური სიჩქარეების იზოხაზები რეზერვუარში 7 ბალიანი სეისმურობის დროს

## შესავალი

განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო ობიექტების, როგორცაა გაზის და ნავთობპროდუქტების ტერმინალები, ატომური ელექტროსადგურები, საფრენი აპარატები, რკინიგზები, ხიდები, საზოგადოებრივი მომსახურების შენობები და ა.შ., კატასტროფები დიდ პრობლემად რჩება დღესდღეობით მთელ მსოფლიოში, რასაც თან სდევს ფინანსური ზარალი და რაც მთავარია ადამიანის მსხვერპლი. ამიტომ აუცილებელია სიღრმისეულად დამუშავდეს კონსტრუქციების ექსპლუატაციის დროს დინამიკური დატვირთვით მიღებული დეფექტების გამოცნობის და მათგან გამომწვეული ავარიების პროგნოზირების მეთოდები, რისკ-დონეების დადგენა და სიმტკიცის შეფასება ექსპლუატაციის ყველა სტადიაზე.

ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ერთ-ერთი ყველაზე საპასუხისმგებლო ობიექტი ნავთობპროდუქტების ტერმინალი. ტერმინალის ცალკეული კონსტრუქციების რეზერვუარების, მილსადენების და სატუმბო სადგურის ექსპლუატაციის მცირედი უწყსრიგობა-დეფექტის გაჩენა შეიძლება გადაიზარდოს უმძიმეს კატასტროფაში სავალალო შედეგებით.

როგორც წესი, ავარიისა და კატასტროფის ძირითად მიზეზს წარმოადგენს ბზარების წარმოშობა და განვითარება, რომელთა მიზეზები უმეტეს შემთხვევაში სხვადასხვა ხასიათის დინამიკური დატვირთვაა, ცვეთა, კოროზია და მასალის თანდაყოლილი დეფექტები. აქედან გამომდინარე აუცილებელია ცალკეული კონსტრუქციების (რეზერვუარის და მილსადენების) სიმტკიცის შეფასება.

დროს საიდანაც ბზარების განვითარების პროცესი იწყება რღვევის წინა მდგომარეობა ეწოდება. იმისთვის, რომ ავიცილოთ ავარიები და კატასტროფები, აუცილებელია გაირკვეს რღვევის წინა მდგომარეობა, რაც მიიღწევა კონსტრუქციის მოცემული მდგომარეობის პროგნოზისა და ანალიზის მეთოდების საერთო სისტემის დამუშავებით.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომი: “ნავთობპროდუქტების ტერმინალებში გამოყენებული მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის შეფასება

მათი უსაფრთხო ექსპლუატაციის მიზნით” წარმოადგენს მეტად აქტუალურ პრობლემას.

**ნაშრომის მიზანია** ნავთობპროდუქტების ტერმინალებში გამოყენებული მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის შეფასების მეთოდების დამუშავება და ავარიის რისკ-დონეების დადგენა.

**ნაშრომის მეცნიერული სიახლე მდგომარეობს შემდეგში:**

– ნავთობტერმინალის ავარიული სიტუაციების მოდელირება დანადგარებიდან და საცავეებიდან ფეთქებადსაშისი პროდუქტების გაფრქვევის დროს სხვადასხვა სცენარეების მიხედვით, რომლებიც გამოიყენება რისკების და ავარიების შესაძლო შედეგების შეფასებისას;

– აპარატურულ-კომპიუტერული დიაგნოსტიკის კომპლექსის დამუშავება მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის კონტროლისთვის და მისი ინფორმაციულ-მეთოდური უზრუნველყოფა;

– მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის მახასიათებლების დადგენა, ბზარის მსგავსი დეფექტების სქემატიზაცია და საანგარიშო სქემის დამუშავება, ზედაპირული ბზარების კრიტიკული და უსაფრთხო ზომების, მილსადენების ავარიული უბნების რღვევის განვითარების მოდელირება;

– მილსადენის და რეზერვუარის სიმტკიცის რისკ-დონეების დადგენა მონაცემთა ბაზის მიხედვით.

ნაშრომი შედგება შესავალის, ოთხი თავის, ძირითადი დასკვნებისა და ციტირებული ლიტერატურისაგან.

# თავი 1. თანამედროვე წარმოდგენების მიმოხილვა ნავთობპროდუქტების ტერმინალის ექსპლუატაციისას

## 1.1. საწარმოს შემადგენელი ნაგებობებისა და საინჟინრო ადჭურვილობის დახასიათება

ნავთობის და ნავთობპროდუქტების საქაჩი საზღვაო ტერმინალი განკუთვნილია სარკინიგზო ცისტერნებიდან მაზუთის, ნავთობის და დიზელის საწვავის მისაღებად, შუალედური შენახვისათვის და მათი საზღვაო გემებში ჩასხმისათვის. გარდა ამისა, საწარმოში არის წარმოების შესაძლებლობა, კერძოდ ტანკერებიდან სამრეწველო რეზერვუარულ პარკებში ნავთობის და ნავთობპროდუქტების მიღება და ნავთობპროდუქტების სერთიფიკაცია.

სხვადასხვა ნორმატიულ-ტექნიკურ დოკუმენტებში მიღებული კლასიფიკაციის მიხედვით ასეთი ტიპის საწარმოები მიეკუთვნება:

- ფუნქციონალური დანიშნულების მიხედვით – სარკინიგზო-საზღვაო საქაჩს (გადასატვირთს);
- შესანახი ნავთობპროდუქტების ნომენკლატურის მიხედვით – ადვილადღებადი და წვადი ნავთობპროდუქტებისათვის;
- წლიური ტვირთბრუნვის მიხედვით – I კლასის.

სამშენებლო ნორმების და წესების (СНИП 2.11.03-93) შესაბამისად რეზერვუარული პარკის საერთო ტევადობის, გადატვირთვის მოცულობის, და ნავთობჩადვრის საწინააღმდეგო ღონისძიებების განხორციელების დაცვა.

საწარმოს შემადგენლობაში შედის ტექნოლოგიური შენობების და მოწყობილობების კომპლექსი, რომლებიც განკუთვნილია ნავთობის და ნავთობპროდუქტების მიღების, შენახვის და ჩამოსხმისთვის ტანკერებში.

რეზერვუარში ჩასხმისთვის, ნავთობპროდუქტების სერთიფიკაციისთვის, აგრეთვე დამხმარე-საწარმოო, საყოფაცხოვრებო და ადმინისტრაციული შენობები, რომლებიც უზრუნველყოფენ საწარმოს ნორმალურ ექსპლუატაციას.

საწარმოში მიღებული ნავთობი და ნავთობპროდუქტები მიეკუთვნება ადვილადაალებად და წვად სითხეებს. ტექნოლოგიურ პროცესში არ ხდება მათი ქიმიური გარდაქმნა. დამატებითი ქიმიური პროდუქტები არ წარმოიქმნება. მიღებული ნავთობის და ნავთობპროდუქტების ფიზიკურ-ქიმიური და ტექნოლოგიური თვისებები უნდა შეესაბამებოდეს სახელმწიფო სტანდარტებს და ტექნიკურ პირობებს. ზემოთხსენებულ სტანდარტებთან და ტექნიკურ პირობებთან შეუსაბამო ნივთიერებებზე მოქცევა პროექტით არ არის გათვალისწინებული.

აუცილებელი გამტარუნარიანობის, ნაგებობებისა და ტექნოლოგიური კომუნიკაციების სიმძლავრის ანგარიში უნდა შესრულდეს БНП 5-95-ის შესაბამისად.

ზოგადად, ნავთობის და ნავთობპროდუქტების ამოქაჩვის საზღვაო ტერმინალის გენერალური გეგმა შემუშავებულია არსებული უბნის საზღვრების, ადგილობრივი რელიეფის, აგრეთვე ნავთობპროდუქტების მიღების, შენახვის და მომხმარებელთან გაგზავნის პრინციპული ტექნოლოგიური სქემების გათვალისწინებით.

ტექნოლოგიური პროცესების ძირითადი ზონების განთავსებისას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს საპროექტო მოედნის კავშირს გარე ტრანსპორტთან, როგორცაა სარკინიგზო და საავტომობილო.

საწარმოს უფრო მოხერხებული და შეუფერხებელი მუშაობისათვის გენერალური გეგმით გათვალისწინებული უნდა იყოს ტერიტორიის მკვეთრი ზონირება მისი გამოყენების სახეების მიხედვით:

- სარკინიგზო ნავთობსატვირთო ოპერაციების ზონა;
- ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების შენახვის ზონა;
- საწარმოო ზონა;
- დამხმარე ზონა;
- სამეურნეო ზონა;
- ადმინისტრაციული ზონა.

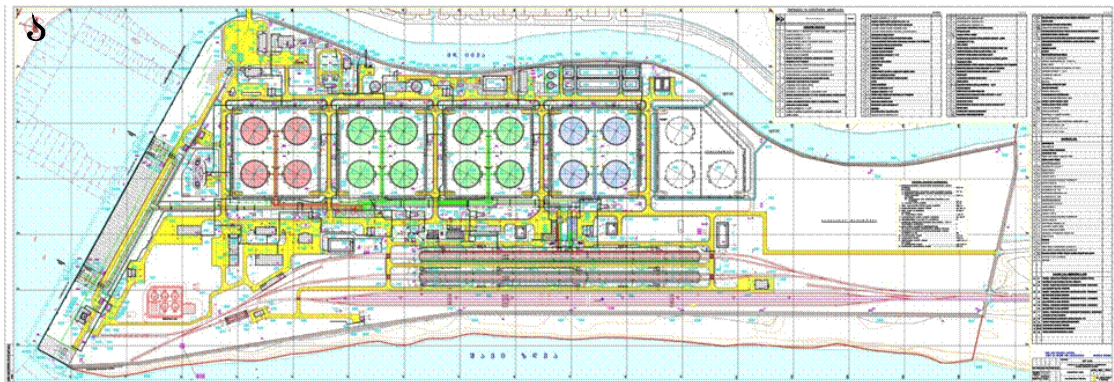
ტერმინალის ტექნოლოგიურ ხაზში ძირითად რგოლს წარმოადგენს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების შესანახი

რეზერვუარული პარკი და ნავთობპროდუქტების გადასატანი მილსადენის მაგისტრალი.

ჩვენ ჩამოვყალიბეთ ნავთობპროდუქტების ტერმინალის პროექტირების, მშენებლობის და არსებული პარამეტრების მსოფლიო გამოცდილება.

მაგალითის სახით განვიხილოთ საქართველოში განხორციელებული ნავთობპროდუქტების ტერმინალი, რომელიც მდებარეობს ყულევში.

ნახ. 1.1.-ზე მოცემულია ყულევის ნავთობპროდუქტების ტერმინალის გენ-გეგმა და საერთო ხედი.



ნახ. 1.1. ა) გენგეგმა; ბ) საერთო ხედი



ადმინისტრაციული თვალსაზრისით საწარმო განლაგებულია საქართველოს ხობის რაიონში, რაიონის ადმინისტრაციული ცენტრიდან ქ.ხობიდან განლაგებულია 20 კმ-ით მოშორებით.

უახლოესი რკინიგზის სადგურამდე დაშორება 9 კმ-ია, საზღვაო პორტამდე – 12 კმ, დასახლებულ პუნქტამდე, ყულევამდე – 0,4 კმ, ქ.ფოთამდე – 10 კმ.

ტერმინალი განლაგებულია მდ. ცივას, ხობის და საზღვაო აკვატორიის სანაპირო ზოლებს შორის.

სამხრეთ-დასავლეთით ზღვასა და საწარმოს საზღვარს შორის გადის აკუმულატორული ქვიშის ზეინული, ჩრდილო-დასავლეთით საზღვრიდან 50 მ-ის მოშორებით მიედინება მდ. ცივა და მის შემდეგ მარჯვენა მხარეს განლაგებულია დასახლება ყულევი.

სამხრეთ-აღმოსავლეთით 9 კმ-ის მოშორებით განლაგებულია რკინიგზის სადგური.

ტერმინალიდან ჩრდილო-დასავლეთით მდ. ხობის შესართავში განლაგებულია ნავსაბმელი ნაგებობების კომპლექსი, რომლის დანიშნულებაცაა ნავთობის და ნავთობპროდუქტების ტანკერებში ჩასხმა.

დასახლების სიმჭიდროვე 56,1 ადამიანია კვადრატულ კილომეტრზე.

საწარმოს განთავსების რაიონის კლიმატი – სუბტროპიკული, ტენიანი, ხასიათდება რბილი ზამთრით და ცხელი ზაფხულით.

მზის რადიაციის საშუალო წლიური ხანგრძლივობა 2100-2300 სთ წ-ში.

მოდრუბლული და ნახევრადნათელი დღეები შეადგენს დაახლოებით წელიწადის 65%.

ტერიტორია შედის ზომიერად – უხვი დატენიანების ზონაში.

ნალექების რაოდენობა შეადგენს 1600-1800 მმ-ს წ-ში.

ნალექების უმეტესი რაოდენობა მოდის აგვისტო-სექტემბერში, მცირე კი გაზაფხულზე.

საწვიმარი პერიოდების ხანგრძლივობა შეადგენს 4-7-10 დღეს. რაიონისათვის სახასიათოა წლის განმავლობაში ნალექების მეტნაკლებად თანაბარი რაოდენობით, საგაზაფხულო პერიოდის გამოკლებით. თავსხმა შეიძლება იყოს მთელი წლის განმავლობაში, მაგრამ უფრო ხშირად ივლის-ნოემბერში. აორთქლების სიდიდე შეადგენს 500-800 მმ-ს წ-ში.

ქარი დღისით ქრის ზღვიდან ნაპირისაკენ, ხოლო ღამით პირიქით, ქარის საშუალო სიჩქარე შეადგენს 4-6 მ/წმ-ში.

ტერიტორია შედის საქართველოს კოლხეთის დაბლობის ქვეზონაში. გეოლოგიურ აგებულებად მიღებულია ზეფაიურული ცარცოვანი, პალეოგენური, ნეოგენური, ძველმეოთხეული დანალექი ჩანართები. თანამედროვე დანალექი – მდინარის ალუვი, ჭაობის დანალექები, ქვიშოვანი დანალექები, ზღვის სანაპირო დიუნური ზოლები.

ალუვიური დანალექები წარმოადგენს თიხნარს, ქვიშას, თიხას და კენჭნარს. გრუნტის წყლები განლაგებულია მდ. ხობის შესართავთან 0,5-1 მ-ის სიღრმეზე და შემდგომ, მდ. ცივას დინების მიხედვით 3-5 მ-ის სიღრმეზე. დიუნური ზოლის შემკრები სახეობების წყალგაუმტარიანობის და ფილტრაციის კოეფიციენტი  $\geq 3$  მ/დღე-ღამეში და შესაბამისად 75 მ<sup>3</sup> დღე-ღამეში.

გრუნტის წყლების მინერალიზაცია 0,3-0,5 გ/ლ საზღვრებში, შემადგენლობა ჰიდროკარბონატულ-კალციუმური და ნატრ-მაგნიუმური.

ტერიტორიას აქვს მცირე დახრა ზღვისკენ, აბსოლუტური ნიშნული 0,000-0მ3 მ ნიადაგი ქვიშა-ჭაობი.

მცენარეები – ლერწამი, ლელქაში და სხვა სანაპირო ზოლზე მცენარეები არ არის.

საწარმოო განთავსებულია სეისმურ რაიონში.

სეისმური ინტენსივობა ფასდება სეისმური საშიშროების 3 დონის მიხედვით ნაგებობის ამტანიანობაზე დამოკიდებულებით.

სეისმურ დარაიონებასთან შესაბამისობაში, სეისმური ინტენსივობა რიხტერის შკალის ბალებში, საშუალო გრუნტული ძაღვებისათვის შეადგენს 9 ბალს მასიური მშენებლობისათვის.

გენერალური გეგმა შემუშავებულია საწარმოს ტექნოლოგიური სქემის გათვალისწინებით (ნახ. 1.1).

ნაგებობების გენგეგმაზე განლაგების ძირითადი პრინციპებია:

- ტერიტორია დაყოფილია ზონებად – საწარმოო შენახვის, დამხმარე ნაგებობების, ადმინისტრაციულ-სამეურნეო ზონა;
- ნაგებობების ურთიერთგანლაგება მიღებულია ტექნოლოგიური მილგაყვანილობის მინიმალური სიგრძის უზრუნველყოფის ჩათვლით;

– ნაგებობებს შორის ხანძარსაწინააღმდეგო გასასვლელების უზრუნველყოფა.

საწარმოს მშენებლობისათვის გაყვანილი მოედანი განლაგებულია სანაპირო ზონაში, 3 მხრიდან გარს აკრავს საზღვაო ნაგებობები, გრუნტის წყლების დონე ირხევა 0,3-0,7 მ. ამასთან დაკავშირებით გათვალისწინებულია მთელი ტერიტორიის ქვიშოვანი გრუნტის დაფარვა.

რეზერვუარები მოწყობილია ჯგუფურად, ოთხ-ოთხ რეზერვუარად (რეზერვუარული პარკები).

შესაძლო ავარიების დროს აკვატორიის ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებისაგან დასაცავად რეზერვუარების ჯგუფის გეგმური ნიშნულები მიმდებარე ტერიტორიის ნიშნულებზე ქვემოთაა განთავსებული.

რეზერვუარების ასეთი მოწყობა გამორიცხავს, რეზერვუარული პარკის ტერიტორიის საზღვრებს გარეთ ნავთობის და ნავთობპროდუქტების ავარიულ ჩარეცხვას და აგრეთვე აკვატორში ნავთობპროდუქტების მოხვედრისაგან დასაცავად მეორე ზონის შესრულების აუცილებლობას.

მოედნის ვერტიკალური დაგეგმვა შესრულებულია ნორმატიული დახრილობით, რომლებიც უზრუნველყოფენ წვიმის წყლების გადინებას.

ნავთობი და ნავთობპროდუქტები საწარმოში შემოდის რკინიგზით ცისტერნებით. ტვირთბრუნვის და ტექნიკური პირობების შესაბამისად, გათვალისწინებულია ნავთობის და ნავთობპროდუქტების მიღების შესაძლებლობა ტანკერებიდან (სურ. 1.2).



სურ. 12. ტერმინალის ფრაგმენტი

მარშრუტების მიწოდებისა და ადების ფორმირებისათვის გათვალისწინებულია გადასაყენებელი გზები.

ნავთობპროდუქტების ჩამოსხმისათვის გათვალისწინებულია ორი ორმხრივი გადახურული რკინიგზის ესტაკადა.

ესტაკადა № 1 (გზა № 1 და № 2) განკუთვნილია ბლანტი ნავთობის, რომელიც ჩამოსხმისას მოითხოვს გაცხელებას და მაზუთის ჩამოსხმისათვის.

უწესრიგო ცისტერნებიდან ჩამოსხმისათვის გათვალისწინებულია ზედა ჩამოსხმის გადასატანი მოწყობილობები. ჩამოსხმა-გადმოსხმის ოპერაციებისას ნავთობის და ნავთობპროდუქტების სიბლანტის შემცირებისათვის გათვალისწინებულია ნავთობპროდუქტების ცირკულაციური გაცხელება.

სარკინიგზო ცისტერნებიდან დიზელური საწვავის და მცირედ-ბლანტი ნავთობის ჩამოსხმისათვის და ტანკერებში დიზსაწვავის ჩასხმისათვის;

რკინაბეტონის ცისტერნებიდან მაზუთის და სწრაფად დალექვადი ნავთობის ჩამოსხმისათვის, რომელიც მოითხოვს ჩამოსხმისას გაცხელებას;

ტანკერებში და ცირკულაციურ გამათბობელში მაზუთისა და ნავთობის ჩამოსხმისათვის.

ნავთობპროდუქტების ჩამოსხმისათვის გამათბობლების და ტუმბოების რაოდენობა და მწარმოებლობა და ნაკადი განსაზღვრულია ანგარიშით, ნავთობპროდუქტების ჩამოსხმის ნორმატიული ვადების უზრუნველსაყოფად. დამხმარე ოპერაციებზე დახარჯული დროის ჩათვლით.

ნავთობის და ნავთობპროდუქტების შესანახად გათვალისწინებულია ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების შესანახი ფოლადის ვერტიკალური რეზერვუარები (სურ. 1.3).



სურ. 1.3. ფოლადის ვერტიკალური რეზერვუარები

ტექნოლოგიური მიღგაყვანილობა მოწყობილია მიწისზემოთ, ღია რკინაბეტონის ნაგებში (სურ. 1.4).





სურ.1. 4 ღია რკინაბეტონის ნაგები

ასეთი ჩაწყობა გათვალისწინებულია ექსპლუატაციისას მილგაყვანილობების მდგომარეობის კონტროლისა და შესაძლო გაუონვების ლოკალიზაციის შესაძლებლობებისათვის.

ყველა ფეთქებადსაშიში საწარმო განთავსებულია ღია მოედანზე, ფარდულის ქვეშ, ასეთი განლაგება გამორიცხავს სათავსოებში ფეთქებადსაშიში ნარევების წარმოქმნას და არ მოითხოვს მათი დაცვისათვის დამატებით ინჟინრულ სისტემას.

საწარმოს აქვს საწარმოო პროცესების ავტომატიზაციის და მექანიზაციის მაღალი ხარისხი.

კონტროლის ელექტრონული საშუალებების და ავტომატიკის ბაზაზე კომპიუტერული ტექნიკის საშუალებების გამოყენებით გათვალისწინებულია ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატური სისტემა.

გათვალისწინებული სისტემა შეესაბამება ГОСТ 24.104-85 მოთხოვნებს და უზრუნველყოფს:

- პროცესის პარამეტრებზე მუდმივ კონტროლს და რეჟიმების მართვა მათი რეგლამენტირებული მნიშვნელობების შენარჩუნებისათვის;

- ცვეთის რეგისტრაციას და ავარიის საწინააღმდეგო დაცვის საშუალებების მუშაუნარიანობის მდგომარეობის კონტროლს;
- ობიექტის საზღვრებში ჰაერის მდგომარეობის მუდმივ კონტროლს;
- კრიტიკული მნიშვნელობების მიხედვით პარამეტრების ცვლილებების მუდმივ ანალიზს და შესაძლო ავარიების პროგნოზირებას;
- მართვის საშუალებების მოქმედებას, რომლებიც აღკვეთენ საშიში სიტუაციების განვითარებას;
- ავარიული სიტუაციის ლოკალიზაციის საშუალებების მოქმედებას, ოპტიმალური სამართავი ზემოქმედებების არჩევას და რეალიზაციას;
- ავარიის გარეშე გაშვების ოპერაციების გატარებას, გაჩერებები ამ ყოველი აუცილებელი გადართვისათვის;
- მართვის სისტემაში ობიექტზე უსაფრთხო მდგომარეობის ინფორმაციის მიწოდებას.

გათვალისწინებულია საწარმოს შიგნით ტექნოლოგიური კავშირი საქალაქო ქსელებზე გასვლით.

გათვალისწინებულია დამცავი სიგნალიზაცია.

ხანძრის კერების ლიკვიდაციის და ლოკალიზაციისათვის, საწარმო აღჭურვილია ხანძარსაქრობი ავტომატური და არაავტომატური სისტემებით.

გათვალისწინებულია დაყოფილი საწარმოო საწვიმარი ჩასადენების კანალიზაცია ტექნოლოგიური მოედნებით და რეზერვუარის პარკების ტერიტორიით, ლოკალურ გამწმენდ ნაგებობებზე ჩადინების გაწმენდით დაბინძურებულ ნივთიერებების კონცენტრაციამდე, რომლებიც შეესაბამება ზღვრულად დასაშვებს.

სამეურნეო-საცხოვრებელ ჩასადინების შეკრებისა და წმენდისათვის გათვალისწინებულია კანალიზაციის ქსელი და ბიოლოგიური საწმენდი ნაგებობები.

თბომომარაგებისათვის გათვალისწინებულია საქვაბე მოწყობილობა, შედგენილი სრული საქარხნო მზადყოფნის ორი ბლოკისაგან.

ტერმინალის ტექნოლოგიურ ხაზში ძირითად რგოლს წარმოადგენს

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების შესანახი რეზერვუარული პარკი, რომელთა ჩადგმა შესრულებულია ყველა სანიტარული და ხანძარსა-წინააღმდეგო მოთხოვნების გათვალისწინებით.

ნავთობპროდუქტების შენახვის ზონა წარმოდგენილია მიწისზედა ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარების, ტევადობა 80000 მ<sup>3</sup>. ოთხი ჯგუფით, რომელიც შედგება ოთხი ტევადისაგან ყოველზე 200000 მ<sup>3</sup>. მეზობელ ჯგუფში განლაგებული ნაპირა რეზერვუარების კედლებს შორის დაშორებად მიღებულია 68 მ.

ჯგუფებში რეზერვუარებს შორის დაცილება 30 მ.

რეზერვუარების ყოველი ჯგუფი განთავსებულია ცალკეულ თხრილში, თხრილების კედლებს შორის დაცილება 40 მ, ქვაბულის სიმაღლე განსაზღვრულია რეზერვუარის ხსნარის ტევადობის ანგარიშის მიხედვით და გაზრდილი 0.2 მ-ით.

ამგვარად, გეგმასთან კავშირში რეზერვუარის პარკის ქვაბულის სიღრმედ მიღებულია 1,6-2,2 მ.

რეზერვუარის კედლები და ქვაბულის შიგა ფერდოს ძირამდე მანძილი 15 მ-ია.

ერთი ჯგუფის საზღვრებში ყოველი რეზერვუარი გამოიყოფა ბეტონის კედლით, რომლის სიმაღლეა 1,3 მ.

რეზერვუარების ჯგუფის ტერიტორია თხრილის შიგნით დაგეგმილია დახრილ 0,005 კანალიზაციის ჭების მიმართულებით.

რამდენადაც რეზერვუარული პარკები განთავსებულია დრენირებული გრუნტების ტერიტორიაზე, პროექტში შემოთავაზებულია შემდგომი კონსტრუქციის რეზერვუარის ყოველ ჯგუფში ფილტრაციის საწინააღმდეგო ეკრანის მოწყობა.

წყლის ობიექტების სანაპირო ზოლში რეზერვუარული პარკის განთავსებასთან დაკავშირებით, გათვალისწინებულია დამატებითი ღონისძიებები, მიწისზედა რეზერვუარების აგარიისას სითხეების დაღვრის აღმოფხვრის მიხედვით, რომელთა სახითაც გამოიყენება საწყობის შიგა საავტომობილო გზები, ძირითადი შემოზვინვიდან 10-35 მ-ის დაშორებით და მიმდებარე ტერიტორიის დაგეგმვის ნიშნულიდან 0,5 მ-ზე აწეული, რაც უზრუნველყოფს დიდი რეზერვუარის სითხის მოცულობის 50% შეკავებას.



რეზერვუარების ყოველი ჯგუფის გარშემო და მათ შორის გათვალისწინებულია ხანძარსაწინააღმდეგო რგოლები გასასვლელში.

რეზერვუარების ჯგუფში გასასვლელად და გადასაადგილებლად მცირე ტექნიკის შესასვლელების უზრუნველსაყოფად ქვაბულის ხანძარსაწინააღმდეგო მხარის ოთხ კუთხეში შემოთავაზებულია პანდუსის მოწყობა 3,5 მ სიგანით.

რეზერვუარი და რეზერვუარში შიგა ბეტონის კედლების გავლით გასასვლელების და პარკებში ჩაშვებისათვის გათვალისწინებულია რეზერვუარების ყოველ ჯგუფში 12 კიბე.

სამრეწველო ზონა განთავსებულია ჩამოსხმის სარკინიგზო ფრონტსა და რეზერვუარის პარკს შორის. მასში შედიან:

- სარკინიგზო ცისტერნებიდან დიზელური საწვავის და მცირესიბლანტის ნავთობის ჩამოსხმის და ტანკერებში დიზსაწვავის ჩასხმის სატუმბი სადგური;
- სარკინიგზო ცისტერნებიდან მაზუთის და ბლანტი ნავთობის ჩამოსხმისათვის სატუმბი სადგური;
- დახურულ გამანაწილებელი მოწყობილობა;
- საქვაბე საწვავის რეზერვუარებით;
- დიზელის ელექტროსადგური.

ნამდვილი ზონა წარმოადგენს ნაგებობების და მილგაყვანილობის ტექნოლოგიურ კვანძს ინჟინრული კომუნიკაციების მინიმალური განფენის გათვალისწინებით განლაგებულს.

სამეურნეო ზონა განსაზღვრულია რკინიგზის ჩიხზე რელსწინა გადმოსატვირთი მოედნის შესაძლო განთავსების ანგარიშიდან, აქვე შეთავაზება მატერიალურ-ტექნიკური საწყობის და გარაჟის ტექსახელსნოთი მშენებლობა. საცხოვრებელი კორპუსი ლაბორატორიით და სადისპეტჩეროთი ასრულებს მოცულობით დასაგეგმ კომპლექსს, ინჟინრული კომუნიკაციებით და სატრანსპორტო არტერიებით უზრუნველყოფილი გაერთიანებული ერთ მთლიან სისტემაში.

- დამხმარე ზონა – ესაა რიგი ავტონომიური კომპლექსებისა;
- ხანძარჩამქრობი;
- გამწმენდი ნაგებობები.

ხანძარჩაქრობის კომპლექსი შედგება ხანძარჩაქრობის სატუმბო სადგურისა და ხანძარსაწინააღმდეგო წყლის მარაგის ორი რეზერვუარისაგან თითოეულის ტევადობა 3000 მ<sup>3</sup>.

მიღგაყვანილობა ესტაკადებსა და სატუმბო სადგურების რაიონებში განთავსებულია მიწისზემოთ ნაგებში. ნაგები კანალიზებულია ესტაკადების კოლექტორებიდან მომავალი მიღგაყვანილობა ჩაწყობილია ესტაკადის ქვეშ გარსაცმებში სპეციალურ საყრდენზე.

დიზსაწვავის გადასატუმბი მიღგაყვანილობა არ არის თბოიზოლირებული.

ნავთობისა და მაზუთს გადასატუმბში ჩამოსხმის ფრონტის მიღგაყვანილობა ჩაწყობილია თბოიზოლაციაში წყლის თბოთანამგზავრებით მიღგაყვანილობაში ტემპერატურის კონტროლისათვის გათვალისწინებულია ტემპერატურული გადამწოდების მოწყობა.

ყველა მიღგაყვანილობას აქვს დახრა ტექნოლოგიური ჭებისკენ KT-1, KT-2, KT-3, E-1, E-2 ტევადებთან.

იზოლირებული მიღგაყვანილობა იღება ხT-177 ემალით FΦ-021 დაგრუნტების ზედაპირზე, არაიზოლირებულები ПΦ-513T-ით ГΦ-021 დაგრუნტების ზედაპირზე.

ობიექტის სანაპირო ზონაში და სეისმურობის გათვალისწინებით პროექტით განსაზღვრულია შედუღებული ნაკრების 100%-იანი კონტროლი არამრღვევი მეთოდებით.

325 მმ-იან და მეტ მიღგაყვანილობებზე მაგრდება სილფონური კომპენსატორები. სილფონური კომპენსატორების კომპენსირების უნარი აღებულია მიღგაყვანილობის – 3° (ცივი ხუთდღიანი საშუალო ტემპერატურა) ჩაკეტვის ტემპერატურის ანგარიშიდან და სეისმური ზემოქმედების გათვალისწინებით ნავთობპროდუქტის მაქსიმალური სამუშაო ტემპერატურებიდან.

სეისმური ზემოქმედება გათვალისწინებულია მაკომპენსირებელი უნარი, როგორც ±100მმ-ის დამატებითი გადახრა მიღგაყვანილობის 100 მ-ზე. კომპენსატორები წინასწარ გაიჭიმება მოცემულ სიდიდეზე (მიღგაყვანილობის სავარაუდო დაგრძელება თბური ზემოქმედებისაგან) კომპენსატორებამდე და შემდგომ მაგრდება მიმმართველი საყრდენები.

ნავთობისა და მაზუთის ჩასხმის მარშრუტი შემდეგია: ნავთობპროდუქტი რეზერვუარული პარკიდან მოედინება ორი შემსრუტავი პარკიდან მოედინება ორი შემსრუტავი ხაზით Dy 600 (ყოველ ხაზზე 2000 სთ) რეზერვუარული პარკის მართვის კვანძამდე და შემდგომ შემსრუტავი მილგაყვანილობებით Dy 1000 სატუმბ სადგურამდე. ყოველი შემსრუტველი მილი Dy 1000 საშუალებას იძლევა გატარდეს ბლანტი ნავთობპროდუქტი მწარმოებლობით 4000-მდე მ<sup>3</sup>/სთ, მცირედბლანტი (ნავთობი) 8000-მდე მ<sup>3</sup>/სთ. მაზუთის მილგაყვანილობის წინასწარი დაშლის და ორნაკადიანი ხაზით Dy 10000 მმ ნავმისადგომზე ნავთობის გადატუმბვის (ნავმისადგომი -1-8000; ნავმისადგომი 2-40000 მ<sup>3</sup>/სთ) პირობისას ნავთობს მაქსიმალური მწარმოებლობა – 12000 მ<sup>3</sup>/სთ (2-3 შემსრუტველი მილგაყვანილობა Dy 1000 და 3 ტუმბო 40000 მ<sup>3</sup>/სთ). ამასთან ნავთობის აღნუსხვა ხდება რეზერვუარების ჯგუფებზე, ამოქმედებულ განსაზღვრულ ტანკერებზე.

ნავთობის მილგაყვანილობის წინასწარი დაცლის და ორნაკადიანი ხაზით Dy 1000 მმ ნავმისადგომზე მაზუთის გადატუმბვის პირობისას მაზუთის გადატუმბვის მაქსიმალური მწარმოებლობა – 8000 მ<sup>3</sup>/სთ.

რეზერვუარული პარკის წყვილად შემოსარტყელი საშუალებას იძლევა ერთდროულად ჩატარდეს ნავთობის სხვადასხვა პროცესების მიღება და გადატუმბვა პარკში ნებისმიერ რეზერვუარში და ნებისმიერ რეზერვუარიდან.

ტანკერებში დიზსაწვავის ჩასხმა ხორციელდება „ღია“ ტიპის სატუმბი სადგურის პოზ. 20 მეშვეობით. დიზსაწვავის ჩასხმისათვის იყენებენ LNN H11-12 ტიპის 2 სატვირთო ტუმბოს, თითოეულის მწარმოებლობა 2000 მ<sup>3</sup>/სთ.

სათადარიგო ტუმბო H13 გამოიყენება როგორც დიზსაწვავის ჩასხმისათვის ტანკერში, ისე ესტაკადიდან დიზსაწვავის (შიგაპარკული გადატუმბვების განხორციელების შესაძლებლობით).

დიზსაწვავის გადატუმბვის სატვირთო ცენტრიდანული ტუმბოების ტორსული გამკვრივებების გაციება ხორციელდება გადასატუმბი სითხით.

ცენტრალური ტუმბოების ნაკადური მახასიათებლების რეგულირება ხორციელდება ტუმბოს საბრუნზე დამაგრებული დისკური საბრუნებელი ჩამკეტებით).

რეზერვუარულ პარკებში ტექნოლოგიური მილგაყვანილობის დახრა გათვალისწინებულია შემოზვინვისაგან მილგაყვანილობის დაცვის შესაძლებლობებით გათვალისწინებული სფერული ონკანების Dy-50 გავლით, რომლებიც მოწყობილია მილგაყვანილობის ბოლოებზე მილიდან მილში ნავთობპროდუქტის გადატუმბვით ACBH 50A (ან U180-2,1) ტიპის გადასატანი ტუმბოთი.

მილგაყვანილობებზე რეზერვუარების ძირითადი საკვალთების შემდგომ ამაგრებენ ორ-ორ უნივერსალურ კომპენსატორს საყრდენებით ზამბაროვანი საკიდების მოხმარებამდე და შემდგომ, კომპენსატორები უზრუნველყოფენ ტემპერატურულ, სეისმურ გადაადგილებებს, ასევე რეზერვუარის ჯდენისგან გამოწვეულ ძვრებს.

მაზუთის ყოველი მილგაყვანილობა, მაზუთის საკვალთები თბილიზოლირებულია და ჩაწყობილია თბოთანამგზავრებით ნავთობის მილგაყვანილობაც აგრეთვე თბილიზოლირებულია.

## **1.2. ტერმინალის ავარიის რისკის ხარისხის შეფასება, უსაფრთხო ექსპლუატაციის ანალიზი**

ნავთობის და ნავთობპროდუქტების ტერმინალი გადატუმბვის საზღვაო შემადგენლობის და მასში ნივთიერების მიმოქცევის რაოდენობის მიხედვით მიეკუთვნება პოტენციურად საშიშ ობიექტებს.

მეტად საშიშს ობიექტის შემადგენლობაში წარმოადგენს რეზერვუარი PBC-20000 (ბლოკი 1-8) ნავთობით.

ГОСТ 12.1.010-76-ის შესაბამისად საწარმოო პროცესები ისე უნდა შემუშავდეს, რომ აფეთქების გაჩენის ალბათობა ნებისმიერი წლის განმავლობაში არ აღარბეზდეს  $10^{-6}$ .

საწარმოო პროცესები უნდა შემუშავდეს ისე, რომ ადამიანებზე აფეთქების საშიში ფაქტორების ზემოქმედების ალბათობა არ აღარბეზდეს  $10^{-6}$ .

ნავთობის და ნავთობპროდუქტების გადასატანი საზღვაო ტერმინალი განეკუთვნება საშიში საწარმოების კატეგორიას, რადგანაც იქ ინახება და ტრანსპორტირდება ნივთიერებები-სითხეები, რომლებიც

თვითაალებადი უნარისაა, აგრეთვე იწვის ცეცხლის წყაროდან და იწვის დამოუკიდებლად მისი მოცილების შემდეგაც.

რისკის დაზღვევის და საშიში სამრეწველო ობიექტების სახელმწიფო რეესტრში ობიექტის რეგისტრაციის მიზნით წარმოებულია საშიში წარმოებების იდენტიფიკაცია.

საშიში წარმოებების იდენტიფიკაცია ხორციელდება „საშიში საწარმო ობიექტების იდენტიფიკაციის მეთოდური რეკომენდაციები“-ს შესაბამისად PD03-260-99-ГТЕН.

საშიშროების კატეგორიის განსაზღვრა დამოკიდებულია:

- პოტენციურად საშიში ნივთიერებების ზღვრული რაოდენობის სიდიდეზე;
- საწარმოზე მოქმედი პოტენციურად საშიში ნივთიერებების რაოდენობაზე.

### 1.3. უფრო ხშირად მომხდარი ავარიები

25 წლიანი პერიოდის განმავლობაში 1970-94 წწ. ყოფილ სსრკ-ს ტერიტორიაზე რეზერვუარულ პარკებში ხანძრების სტატისტიკური მონაცემებიდან. დადგენილია, რომ ხანძრის ძირითადი წყარო ესაა ცეცხლოვანი და სარემონტო სამუშაოები (23.8%), ელექტრომოწყობილობების ნაპერწკლები (14.4%), ატმოსფერულ ელექტროობის გამოვლინება (9.0%), სტატისტიკური ელექტროობის განმუხტვა (9.5%). ხანძრების მესამედი მოხდა პიროფორული ნარჩენების თვითაალებით, ცეცხლთან გაუფრთხილებელი მოქცევით, ცეცხლის წაკიდებით.

მოყვანილი მონაცემების მიხედვით შესაძლებელია ჩატარდეს ნავთობპროდუქტების შემნახველ ობიექტებზე (გაზებზე) საშიში და საზიანო ფაქტორების იდენტიფიკაცია. შესაძლებელია გამოიყოს შემდეგი საშიშროებები: აფეთქება (ა), ხანძარი (ბ), პერსონალის მოწამვლა (მ) ტოქსიკური ნივთიერებებით გარემომცველი ბუნებრივი არის (გბა) დაბინძურება (დ). ყველა ეს არასასურველი შემთხვევა შეიძლება მოხდეს ობიექტებზე რეგლამენტირებული ტექნოლოგიური სამუშაოების დარღვევის და ინსტრუქციიდან გადახრის შემთხვევაში.

შეიძლება საფუძვლად ვივარაუდოთ, რომ მითითებული საშიშროებები შეიძლება გამომჟღავნდეს ერთდროულად ანუ აფეთქებას თანახლდება ხანძარი, პერსონალის მოწამვლა და გზა-ის დაბინძურება. თავის მხივ ხანძარმა შეიძლება მიგვიყვანოს აფეთქებასთან და პერსონალზე და გზა-ზე შემდგომ ზემოქმედებასთან.

საშიში სამრეწველო ობიექტების რისკის ანალიზისას დაშვებულია განსხვავებული მეთოდების გამოყენება, მათ შორის ექსპერტული პროცესები. უკანასკნელს საფუძვლად უდევს სუბიექტური შეფასებები, რომლებიც ეყრდნობიან ცნობილ ექსპერტ-ინფორმაციას.

აპრიორულ ინფორმაციებთან მუშაობა წარმოადგენს ალბათობით ოპერაციების განსაკუთრებულ სახესხვაობას, სადაც გაერთიანებულია სუბიექტური (პერსონალური) ალბათობა.

არახელსაყრელი შემთხვევების დადგომის ალბათობის განსაზღვრისათვის, მაგალითად აფეთქებისას, უნდა ვიცოდეთ საწყისი შემთხვევების ალბათობა-ორთქლოვანი ნარეგების წარმოქმნა და აალების წყაროს გაჩენა.

ხანძრის გაჩენის და გავრცელების სტატისტიკა მოცემულია 1.1 ცხრილში.

ცხრილი 1.1

**ხანძრის გაჩენის და გავრცელების სტატისტიკა**

ხანძრის დასახელება	ხანძრის რაოდენობა	ხანძრების საერთო რაოდენობიდან %	დაღუპული ხალხის რაოდენობა	დაღუპული ხალხის საერთო რაოდენობიდან პროცენტი
ხანძრის გაჩენა მოწყობილობებიდან	2	3,10	0	0
მოწყობილობის გაუმართაობა	58	25,66	6	31,58
მეწ.დ.				15,79
ელექტროაღჭურვილობა	0	0	0	0
თბოგენეტირებული მოწყობილობების	25	11,06	0	0
ელექტროშემდუღებელი სამუშაოების სუწდ	1	0,44	0	0

აფეთქებები	6	2,65	0	0
ნივთ. მასალების თვითააღება				
ცეცხლთან გაუფრთხილებუ- ლი მოქცევა	86	38,05	9	47,37
ელვა	1	0,44	9	0
დაუდგენელი	7	3,01	1	5,26
სხვა	8	7,96	0	0

**შენიშვნა:** მეწდ-მოწყობილობების და ექსპლუატაციის წესების დარღვევა;  
სუნდ-სახანძრო უსაფრთხოების წესების დარღვევა.

უფრო მნიშვნელოვანია ააღების წყაროს ანალიზი. თავისი წვლილი შეაქვს დენის გაყვანილობის სისტემის გადახურებას ნაპერწკლებს, მეხის დაცემას და ხახუნს.

მნიშვნელოვანი წილი შესაძლო ავარიებში შეაქვს პერსონალის შეცდომებს.

გამოკვლევების თანახმად პერსონალის შეცდომების მიზეზი შეიძლება იყოს დაბნეულობა, ჩვევითი ასოციაციები, მოდუნებული სიფხიზლე, ფუნქციონალურ-იზოლირებული მოქმედებების გამოტოვება, ალტერნატიული არქივის შეცდომები, გვერდითი ფაქტების და არაცხადი პირობების არაადეკვატური გათვალისწინება, სივრცობრივი ორიენტაცია. მოცემულ შემთხვევაში ავარიის აღკვეთისათვის მნიშვნელოვან საშუალებას წარმოადგენს დარგობრივი წესების, ნორმების და ინსტრუქციების ზუსტი დაცვა და მომუშავეების პროფესიონალური არჩევა, უნდა აღინიშნოს, რომ ავარიების დიდი პროცენტი დაკავშირებული პერსონალის შეცდომებთან ყოფილ სსრკ ნავთობბაზებზე დაკავშირებული იმასთან, რომ საწარმოების უმეტესობაში ტექნოლოგიური პროცესების კონტროლი და მართვა ხორციელდება ხელით. რისკის ადამიანური ფაქტორის შემცირება შესაძლებელია საწარმოების კონტროლის ელექტრონული საშუალებების ბაზაზე მართვის ავტომატური სისტემების და გამოთვლითი ტექნიკის გამოყენებით ავტომატიკის გამოყენებაში.

## 14. დამაზიანებელი ფაქტორების სავარაუდო ზონების ზომების მონაცემები

ავარიის გაჩენის და განვითარების სავარაუდო სცენარი. ბლოკების ენერგეტიკული მაჩვენებლების ანგარიში შესრულებულია „ფეთქებად-ხანძარში ქიმიური, ნავთობქიმიური და ნავთობგადამამუშავებელი ფეთქებადუსაფთხოების საერთო წესები“.

ПБ 09-170-97 შესაბამისად ჩატარებულია ტექნოლოგიური ბლოკების ენერგეტიკული შეფასება. ამისათვის შესრულებულია შემდეგი:

- აორთქლებული რაოდენობის შეფასება;
- გაზჰერმეტიზაციისას რეზერვუარებში და ნავთობის დაღვრის ზედაპირის აფეთქებისას ფეთქებადსაშიში ბლოკის ენერგოპოტენციალები;
- აფეთქების დარტყმით ტალღის მოქმედების ზონის განსაზღვრული რადიუსი.

ცხრილ 1.2-ში მოყვანილია სხვადასხვა ნაგებობების რღვევის მახასიათებლები დარტყმითი ტალღის წნევის სიდიდეზე დამოკიდებულებით. საწარმოს ნაგებობაზე დარტყმითი ტალღის ზემოქმედების შეფასება მოყვანილია 1.3 ცხრილში.

**ცხრილი 1.2**

### რღვევის ზონების დახასიათება

ზონა	რღვევის ხასიათი	დარტყმითი ტალღის წნევა (კპა)
1	მთელი შენობების ძლიერი დაზიანება	>100
2	შენობის საშუალო დაზიანება მასიური ჩამოქცევით	70
3	საწარმოს შენობების საშუალო დაზიანება	28
4	ქარხნული მიწების მსუბუქი დაზიანება	14
5	შემინვის და წილობრივი რღვევა	<2



საწარმოს ნაგებობაზე დარტყმით ტალღის ზემოქმედების  
შეფასება

ობიექტი	რღვევის ხარისხის შესაბამისი წნევა P			
	სრული	ძლიერი	საშუალო	სუსტი
1	2	3	4	5
საცხოვრებელი და სამრეწველო ნაგებობები				
აგურის მრავალსართულიანი	30...40	20...30	10...20	8...10
აგურის მცირესართულიანი	35...46	25...35	15...25	8...15
ხის	20...30	12...20	8...12	6...8
საწარმოო შენობები მიძიმე ლითონური და რკინაბეტონის კარკასით	60...10	50...60	40...50	20...40
სამრეწველო შენობები უკარკასო კონსტრუქციით და მსუბუქი ლითონური კარკასით	60...80	40...50	30...40	20...30
საქალაქო კომუნალური მეურნეობის, ენერგეტიკის, კავშირის ნაგებობები და ქსელი				
თბოელექტროსადგურები	10...15	15...W	20...25	25...40
აგურის შენობების საქვაბეები, მარეგულირებელი სადგურები	10...15	15...25	25...35	35...45
კომუნალური მეურნეობის მიწის- ქვეშა ქსელი	1500	1000...1500	600...1000	400...600
მიწისზედა მილგაყვანილობა	20	50	120	–
მილგაყვანილობა ესტაკადებზე	20...30	30...40	40...50	–
კომუნალური მეურნეობის საკალთეების ქსელი	1500	1000	300	200
ტრანსფორმატორული ქვესადგურები	100	40...60	20...40	10...20
წყალდამწვევი კოშკები	70	40...60	20...40	10...20
ანტენური მოწყობილობები	10...20	20...30	30...40	>40
ელექტროგადამწოდების	120...200	70...120	50...70	20...40

მაღალვოლტიანი ხაზები				
კაბელური მიწისქვეშა ხაზები	1500	1000...1500	800...1000	800-მდე
ტრანსპორტის ნაგებობა				
ასფალტური და ბეტონური დაფარვების გზები	4000	3000	1500	300
ლითონისა და რკინაბეტონის ხიდები 50 მდ-ბიჯით	250...300	200...250	150...200	100...500
აეროპორტის ასაფრენ-დასაფრენი ზოლები	4000	3000	1500	400
სარკინიგზო ხაზები	400	250	175	125
ელექტროფიცირებული რკინიგზის ძალური ხაზები	120	100	60	40
ტრანსპორტი გადასაადგილებელი ტექნიკა, საცავი				
50 ტ-მდე მასით თბომავალი	90	70	50	40
ხის საბარგო ვაგონები	40	35	30	15
ცისტერნები ნავთობპროდუქტების და აირების რკინიგზით გადაზიდვისათვის	80	70	50	30
მთლიანლითონური გადახურული ვაგონები	150	90	60	35
გზის სამშენებლო მანქანები	300	200	125	80
სახანძრო მანქანები	70	50	35	10
ფოლადის მიწისზედა რეზერვუარები ტევადები	90	80	55	35
აირჰოლდერები და საცავები FCM ქიმიური ნივთიერებები	40	35	24	20
ნავთობპროდუქტების შესანახი ნაწილობრივ მიწაში ჩასმული რეზერვუარები	100	75	40	20
მიწისქვეშა რეზერვუარები	900	150	75	40

აფეთქებისას ნაგებობების რღვევის ხარისხის შეფასება მოყვანილია ცხრილ 14-ში.

აფეთქებისას ნაგებობების რღვევის ხარისხის შეფასება

დარტყმითი ტალღის საანგარიშო წნევა	ზონაში შემავალი ნაგებობების ნუსხა		
	ბლოკი 1-8	ბლოკი 13-14	ბლოკი 15-15
>100	ავარიული ბლოკი	ავარიული ბლოკი	ავარიული ბლოკი
70	რეზერვული სივრცე შემოზვინვით	ესტაკადები და ნაგებობები	ტექნოლოგიური მილგაყვანილობა
28	შემზვინვის გზები	ესტაკადები და ნაგებობები	ტექნოლოგიური მილგაყვანილობა
14	სატუმბო რეზერვ. წყლისათვის კანალიზაციური ნაგებობები რეზერვუარები ნავთობით, მაზუთით	შატუმბები	ესტაკადები
2	ადმინისტრაციული და დამხმარე შენობები	გზები	გზები

ანგარიშის პირობების მიხედვით რღვევის ზონაში არ შედის ადმინისტრაციული და საცხოვრებელი შენობები, ადმინისტრაციული შენობები შესრულებულია ლითონური კარკასით და შეუძლიათ გაუძლონ 20-30 ატმ წნევას.

**1.5 ადამიანზე საშიში ფაქტორების ზემოქმედების ალბათობის შეფასება**

ადამიანზე ხანძრის საშიში ფაქტორების ზემოქმედების ალბათობა დგინდება GOCT 12.1.004-91 და GOCT 12.1.010-76-ის თანახმად არა უმეტეს 10<sup>-6</sup>-ისა.

მოცემული ობიექტისათვის ადამიანზე ხანძრის (აფეთქების) ზემოქმედების ალბათობა შეფასებულია გამომდინარე:

- ფეთქებადსახანძრო შემთხვევის ალბათობიდან;

- აალების წყაროს გაჩენის ალბათობიდან;
- კარგი ამინდის პირობებში წვადი ნარევის წარმოქმნის ალბათობიდან;
- ობიექტის უბანზე ადამიანის არსებობის ალბათობიდან.

უბანზე ადამიანის ყოფნის ალბათობა განისაზღვრება ექსპონენტური განაწილების დონის მიხედვით, იმის გათვალისწინებით, რომ საწარმოს აქვს საწარმოო პროცესების ავტომატიზაციის მაღალი ხარისხი და ადამიანთა რაოდენობა ფეთქებადსაშიშ დანადგარზე არა უმეტეს 3-5 ადამიანს შეადგენს.

ადამიანზე ხანძრის საშიში ფაქტორების ზემოქმედების ალბათობის ანგარიშის შედეგები მოყვანილია ცხრილ 1.5-ში.

### ცხრილი 1.5

#### ადამიანზე ხანძრის საშიშ ფაქტორების ზემოქმედების ალბათობის ანგარიშის შედეგები

ბლოკის საზღვრები და განწყობეტიზირების ადგილების ვარიანტები	ხანძრის გაჩენის ალბათობა	ადამიანების ყოფნის ალბათობა	ადამიანზე სხვ. ზემოქმედების ალბათობა
რეზერვუარი PBC 20000 ნავთობით	$0,11 \times 10^{-6}$	0,91	$0,11 \times 10^{-6}$

### 1.6. მილსადენების და ნავთობპროდუქტების რეზერვუარების უსაფრთხო ექსპლუატაციისას წარმოშობილი პრობლემები და ამოცანები (ლიტერატურული მიმოხილვა)

ფეთქებადსაშიში და მომწამვლელი თხევადი პროდუქტების შესანახი და გადასაზიდი სხვადასხვა ტურბლების დაპროექტებისას და მათი გამოყენებისას გარკვეულ გეოლოგიურ და კლიმატურ პირობებში იგულისხმება, რომ მოქმედი ნორმატიული მოთხოვნების სისტემის სრულად შესრულება უზრუნველყოფს საცავების ექსპლუატაციის უსაფრთხოებას.

თუმცა გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ ხშირად წარმატებული საპროექტო გადაწყვეტილებების რეალიზაციას მონტაჟის დროს დაშვებული უმნიშვნელო შეცდომები, აგრეთვე გადახრები ექსპლუატაციის საანგარიშო რეჟიმებიდან იწვევენ საავარიო სიტუაციებს მძიმე შედეგებით.

ავარიის მიზეზები შეიძლება აგრეთვე დაკავშირებული იყოს დაპროექტებასთან, როცა ობიექტის სიმტკიცე მცირდება კრიტიკულ დონემდე დამპროექტებლის მცდელობისას მიაღწიოს ყველაზე ეკონომიურ (ოპტიმალურ) საკონსტრუქტორო გადაწყვეტები გაანგარიშების დაზუსტებული მეთოდების საფუძველზე, რომლებიც უშვებენ "უსაფრთხო" ლოკალურ ნარჩენ დეფორმაციებს. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ დაზიანებების და რღვევების ერთ-ერთ ძირითად მიზეზს წარმოადგენს მათი ბზარების მაგვარი დეფექტები, რადგან ნომინალური სიმტკიცე განისაზღვრება დეფექტების ზომებით, რომელთა დადგენა საკმაოდ რთულია. აღნიშნულმა გარემოებებმა გამოიწვია კონტროლის ეფექტური სისტემების დამუშავება და პრაქტიკაში დანერგვა.

კონსტრუქციების და ნაგებობების რღვევის პრობლემას ეძღვნება შრომების დიდი რაოდენობა და გამოკვლევები ამ სფეროში გრძელდება. ყველაზე მნიშვნელოვანი შედეგები წარმოდგენილია [17, 20, 35, 70, 72...76, 85...90] შრომებში. ქიმიურ, ნავთობგადამამუშავებელ და მომიჯნავე მრეწველობის დარგებში გამოყენებული წნევის ქვეშ მომუშავე რეზერვუარების, გაზჰოდერების, ჭურჭლების, აპარატების და მილსადენების პროექტირება, დამზადება, მონტაჟი და ექსპლუატაცია რეგულირდება სახელმწიფო და დარგობრივი სტანდარტების სისტემებით, სამშენებლო ნორმებით და უსაფრთხოების წესებით. სამრეწველო ობიექტზე ავარიების წარმოქმნის საფრთხეების და რისკების ანალიზის მიზნით გამოყენებისას რეკომენდირებულია ნორმატიული და მეთოდური მასალების რიგი [32, 37...52].

აშშ-ში ნავთობპროდიქტების ტერმინალების ექსპლუატაციის უსაფრთხოების საკითხები განსაზღვრულია სახელმწიფო, საშტატო და დარგობრივ ნორმატიულ დოკუმენტებში. აღნიშნული პრობლემატიკის ერთ-ერთ ძირითად დოკუმენტს წარმოადგენს ამერიკული ნავთობის

ინსტიტუტის სტანდარტი (API Standard 650. Eighth Edition, November 1988. Welded Steel Tanks for Oil Storage – ნავთობპროდუქტების შესანახი შედუღებული ფოლადის ავზები). რიგი სტანდარტები არეგულირებენ აალებადობის, ხანძრის და სხვა საავარიო სიტუაციების თავიდან აცილების და ლიკვიდაციის ღონისძიებებს.

### მილსადენების ექსპლუატაციის უსაფრთხოება

მილსადენების უსაფრთხო ექსპლუატაციის საკითხები განხილულია ფართო ლიტერატურაში და ასახულია რიგ ნორმატიულ დოკუმენტებში. ფოლადის მილსადენების სიმტკიცეზე გაანგარიშების მეთოდები დადგენილია СНиП 2.04.12-86-ში [31] და განხილვა ცნობარში [24], სადაც ასევე მოყვანილია მილსადენების კონსტრუირების საკითხები. მილების დათვალიერების და გამოცდების წესები რეგლამენტირებულია СНиП 3.06.07-86 მიერ. თბური ელექტროსადგურების და ბირთვული ენერგეტიკული დანადგარების მილსადენების გაანგარიშების მეთოდები მოყვანილია [11, 18, 19] ნაშრომებში. ცხელი, ტოქსიკური და თხევადი აირების მილსადენების მოწყობის და უსაფრთხო ექსპლუატაციის წესები რეგლამენტირებულია СПУГ-69 მიერ [22]; მაგისტრალური მილსადენების - СНиП 2.05.06-85\* მიერ [29], ქალაქებისა და სხვა დასახლებული პუნქტების ტერიტორიაზე გამავალი ნავთობპროდუქტების მილსადენებისათვის - СНиП 2.05.13-90 [30], და ორთქლისა და ცხელი წყლის მილსადენებისათვის განხილულია [23] ნაშრომში.

მიწისძვრებისას წყალმომარაგების და კანალიზაციის სისტემებისათვის მიწისქვეშა მილგაყვანილობის შესაძლებელი დაზიანებების ანალიზი ჩატარებულია ოკამოტოს მიერ [96], ხოლო გრუნტში ჩაღრმავებული სხვადასხვა კონსტრუქციების მილებისათვის სტატიკური და ავეთიკების დატვირთების ზემოქმედებისას – ფ. ბალსონის მიერ [95]. წნევის ქვეშ მომუშავე მილსადენების მყიფე რღვევის გაანგარიშების პრაქტიკული მაგალითები და ექსპერიმენტული მონაცემები მოცემულია [16, 71, 78] ნაშრომებში.

ბუნებრივი აირებით ჭარბი წნევით 1.2 მპა-მდე, გათხევადებული ნახშირწყალბადოვანი აირებით ჭარბი წნევით 1.6 მპა-მდე, რომლებიც გამოიყენებიან როგორც საწვავი, მომარაგების სისტემების დაპროექტებისადმი, მშენებლობისადმი და ექსპლუატაციისადმი წაყენებული მოთხოვნები დადგენილია "აირმეურნეობის უსაფრთხოების წესებ"-ში გაზის სექტორში [21], რაც ვრცელდება ქალაქების, დაბების და სასოფლო დასახლებების, სამრეწველო, სოფლის მეურნეობის და სხვა საწარმოებზე, აგრეთვე ყველა დანიშნულების შენობების შიდა მილგაყვანილობაზე და აირ-მოწყობილობებზე.

მიწისქვეშა ლითონის მილსადენებისათვის გამოსადეგობის ვადა დამოკიდებულია მათი კოროზიისაგან დაცვის ხარისხზე. ყველაზე საშიშს წარმოადგენს მოხეტიალე დენებისაგან გამოწვეული კოროზია. გაზსადენების კოროზიისაგან დაცვა ხორციელდება კომპლექსური-საიზოლაციო დაფარვებით და ელექტროქიმიური დაცვის საშუალებებით. აირსადენების და ელექტროქიმიური დაცვის საშუალებების დაპროექტებისას, მშენებლობისას და ექსპლუატაციისას მილსადენების ტრასაზე ხორციელდება საკონტროლო-გაზომვითი სამუშაოების კომპლექსი: ნიადაგის კოროზიული აქტივობის შეფასებისათვის (კუთრი ელექტრული წინაღობის მიხედვით) და მოხეტიალე დენების წყაროების დადგენისათვის, დაფარვის უწყვეტობის შეფასებისათვის მილის გრუნტში ჩალაგებამდე და დეფექტების გამოვლენისათვის იზოლაციაში გრუნტში ჩალაგების შემდეგ მილსადენის გარდამავალი წინაღობის გაზომვით კათოდური პოლარიზაციის მეთოდით.

ბოლო დროს მოძველებული ნიადაგში ჩადრმავებული ლითონის, მილსადენების მოდერნიზაციისა და აღდგენისათვის, რომლებიც ექსპლუატაციისას წარმოადგენენ გაზრდილ (კოროზიულ) საფრთხეს, იყენებენ პოლიეთილენის მილსადენებს, რომლებიც გაიყვანება გამოწვევის მეთოდით ლითონის მილების შიგნით. ამგვარი მეთოდით განხორციელდა მიწისქვეშა ფოლადის გაზსადენების რეკონსტრუქცია ქ. მოსკოვში. "რანდომ სოპოლიმერ"-ის პოლიპროპილენისაგან დამზადებული მილსადენების დაპროექტების და მონტაჟის წესები მოყვანილია СП 40-101-96-ში.

დანიშნულების მიხედვით მილსადენები დაიყოფა სატრანსპორტო და ტექნოლოგიურებზე. ტექნოლოგიური მილსადენების ძირითად დანიშნულებას წარმოადგენს თხევადი და აირისებრი პროდუქტების ტრანსპორტირება სამრეწველო დანადგარების სისტემაში. ტექნოლოგიური მილსადენები გამომდინარე მათი განლაგებისა აპარატის ან აგრეგატის მიმართ, წარმოადგენენ შიგა ან გარე მილსადენებს. შიდა ტექნოლოგიური მილსადენები ერთმანეთთან აერთებენ აპარატის ელემენტებს, ხოლო გარე აერთებენ აპარატებისა და აგრეგატების სისტემას ერთიან ტექნოლოგიურ კომპლექსში. ნავთობქიმიურ მრეწველობაში ტექნოლოგიური მილსადენების ღირებულება აღწევს მთლიანი აღჭურვილობის ღირებულების 25%-ს [27].

საწარმოებში, სადაც არსებობს წნევის ქვეშე მყოფი ავზები ხანძარსაშიში პროდუქტებით, სერიოზული ავარიები ხშირად იქმნებიან მილსადენების, არმატურის და სატუმბი აღჭურვილობის დაზიანების გამო, რომლებზეც უწესიერობები უფრო ხშირად წარმოიქმნება ვიდრე თვით ჭურჭლებზე. დამახასიათებელ მაგალითს წარმოადგენს მილსადენის დაზიანებით გამოწვეული კატასტროფა მიიმე შედგებით მეხიკოს გარეუბანში 1984 წლის 19 ნოემბერს [16]. ავარია წარმოიქმნა თხევადი ნავთობაირის საცავში თანამედროვე საწარმოში ამერიკის ნავთობის ინსტიტუტის სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, და ძირითადად ამერიკის შეერთებულ შტატებში დამზადებული აღჭურვილობით. საცავში ინახებოდა 14 ათასი მ<sup>3</sup> თხევადი ნავთობაირი (75% საცავის საერთო მოცულობისაგან), რომელიც შედგება 80% ბუტანი და 20% პროპანისაგან საერთო წონით 6.5 ათასი ტონა. საცავთან ერთ მოედანზე იმყოფებოდა ორი გაზის სატუმბი სადგური (თითოეულს ქონდა 20 სხვადასხვა მოცულობის რეზერვუარი) გაზის ბალონებში დასაჭირხნად. ავარიის ძირითად მიზეზს წარმოადგენს თხევადი ნავთობაირის გაჟონვა ერთ-ერთ მილსადენში დიამეტრით 0.2 მ საცავის რეზერვუარებში თხევადი აირის მიწოდებისათვის. აირის გაჟონვის შედეგად წარმოიქმნა აირ-ჰაერის ნარევის ღრუბელი ზომებით 200×150×2მ, რომელიც ააღდა აფეთქებით ჩირაღდნული მოწყობილობისაგან (რომელიც იყო განლაგებული დაზიანებიდან 100



მეტრში) გაჟონვის შემდეგ 5-10 წუთში. ტექნოლოგიური მილსადენის ბზარის არეში წარმოიქმნა აალებული აირის ძლიერი ჩირადნანი სფერული რეზერვუარის მიმართულებით, რომელიც აფეთქდა. ავარიის შედეგად წარმოიქმნა ცეცხლოვანი ბურთულა დიამეტრით 300 მ-დგ. საათნახევრის განმავლობაში მოხდა თითქმის ყველა ცილინდრული რეზერვუარების რვა ძლიერი და ბევრი ნაკლებად ძლიერი აფეთქებები, ხოლო აირ-ბალონურ სადგურში – აირიანი ბალონების ასობით აფეთქებები. აფეთქებებს თან ახლდა ხანძრები, რომლებიც გაგრძელდა დაახლოებით ოცი საათის განმავლობაში. კატასტროფის შედეგად დაიღუპა სულ მცირე 500, ტრაგედიები მიიღო 7230 ადამიანი, მათგან 144 გარდაიცვალა საავადმყოფოში. დაახლოებით 200 ათასი ადამიანი დარჩა უსახლკაროდ ან იქნა ევაკუირებული.

სამრეწველო მილსადენების კონსტრუქცია და გაანგარიშება განიხილება საცნობარო გამოცემაში. სამრეწველო საწარმოების მიწისზედა მილსადენები, რომლებიც აერთიანებს ტექნოლოგიურ ციკლის აგრეგატებს და წარმოადგენს ერთიან მილგაყვანილობის სისტემას, ჩვეულებრივ გამოიყენებიან ბუნებრივი, ბრძმედის, კოქსის და სხვა აირების, აგრეთვე ჰაერის ჭარბი წნევით 10... 500 კპა, ნედლეულის, ნახევარფაბრიკატების, მზა პროდუქციის, წარმოების ნარჩენების და ა.შ. ტრანსპორტირებისათვის ტემპერატურით 150 - 200°C-მდე.

ჩვეულებრივად, 100 კპა-მდე წნევის ქვეშ მომუშავე მილსადენებისათვის გამოიყენება დაბალ-ნახშირბადოვანი ВСт3пс მარკის ფოლადები ГОСТ 27772-88 მიხედვით, ხოლო 100 კპა მეტი წნევისას - ВСт3п5 და ВСт3Гпс5 მარკის ფოლადები. მეტალურგიულ საწარმოებში მაკოროზირებელ ატმოსფერულ გარემოში მომუშავე მილსადენებში გამოიყენება 10ХНДП მარკის ფოლადები. 200°C-მდე ტემპერატურაზე მომუშავე მილსადენების სისტემებისათვის ფოლადის შერჩევას აწარმოებენ СНИП II- 23-81 მიხედვით. გაზრდილი სიმტკიცის ფოლადებს (09Г2С, 14Г2, 14Г2Ф, 15Г2АФДпс) იყენებენ ტექნიკურ-ეკონომიკურ დასაბუთების შემთხვევაში, თანაც ფოლადის შერჩევისას 200°C მაღალ ტემპერატურაზე მომუშავე მილსადენისათვის უნდა იქნეს მიღებული მხედველობაში მასალის სიმტკიცის მაჩვენებლების შემცირება მასალის გახურების გამო. ელექტრო შედუღებით

დამზადებული სწორნაკერიანი მილების სორტამენტი რეგლამენტირებულია ГОСТ 10704-91-ით, და მილების დიაპაზონი შეადგენს დიამეტრზე 83...426 მმ, ხოლო კედლის სისქეზე - 3...9 მმ.

სამრეწველო მილსადენების დაპროექტებისას საექსპლუატაციო პირობების გათვალისწინებით მხედველობაში იღებენ:

- მაკოროზირებელი ზემოქმედება როგორც გარე, ისე შიდა გარემოში, განსაკუთრებით მასში გოგირდის და სხვა აგრესიული მინარევების არსებობისას;
- აირში შეწონილი ნაწილაკების ნაკადის აბრაზიული ზემოქმედება;
- ნაგებობაზე ტექნოლოგიური და ატმოსფერული ტემპერატურული რეჟიმების ზემოქმედება.

შიდა წნევის ქვეშ მომუშავე გრძელი მილსადენების სწორი მონაკვეთების სიმტკიცეზე გაანგარიშების მეთოდებს აქვთ ბევრი საერთო არც თუ ისე მოკლე წნევის ცილინდრული ჭურჭლების გაანგარიშებასთან. მილსადენების გაანგარიშების სპეციფიკა დიდწილად დაკავშირებულია მრუდხაზოვანი უბნების (მოდუნვების) არსებობასთან, ტემპერატურული პირობების ზეგავლენით, რთული არმატურის არსებობით, მუშაობის მძიმე პირობებით სხვადასხვა ენერგეტიკულ დანადგარებში, და ა.შ. უმეტეს შემთხვევაში მილსადენების სიმტკიცეზე გაანგარიშებას გრძივ-განივი დატვირთვის ზემოქმედებაზე ახორციელებენ როგორც რგოლური კვეთის ღრუ კოჭისათვის.

მილსადენებში გარე დატვირთვებისაგან და ტემპერატურული დაძაბულობისაგან წარმოქმნილი ძალები, აგრეთვე ალჭურვილობაზე გადაცემული ძალები უნდა იყვნენ მინიმალური, რაც მიიღწევა მინიმალური სიხისტის მილსადენი სისტემის ოპტიმალური განლაგებით და სპეციალური კომპენსატორული რგოლების გამოყენებით. მილსადენ სისტემებს დაბალი სიხისტით (მოქნილი სისტემები) შეუძლია მოახდინოს ტემპერატურული დაძაბულობის კომპენსირება მოდუნვის და მობრუნების ხარჯზე საყრდენების რაციონალური განლაგებისას. ხისტ სისტემებში გამოიყენებენ სხვადასხვა ტიპის კომპენსატორებს - სახსრულებს, გრძივად-მოძრავებს და ა.შ. მილსადენის ტრასის გრძელ სწორხაზოვან მონაკვეთებს დაყოფენ უძრავი საყრდენებით Lo სიგრძის

ტემპერატურულ ბლოკებზე (პირობითი ტემპერატურული ვარდნისათვის  $At_0 = 100^{\circ}\text{C}$ ), რაც განისაზღვრება კომპენსატორის კონსტრუქციით, ტალღების რაოდენობით და კედლის სისქით  $\delta$ .  $L_0$  მნიშვნელობები ერთ ტალღიანი კომპენსატორისათვის მოცემულია ცხრილში 1.6. ტემპერატურის ვარდნისას  $At$  ბლოკის სიგრძე  $L$  განისაზღვრება ფორმულით  $L = L_0 - At/At_0$ .

ცხრილი 1.6. მანძილი  $L_0$ , მ, მილსადენის სწორხაზოვანი მონაკვეთების საყრდენებს შორის ერთ ტალღიანი კომპენსატორით, დამოკიდებული კედლის სისქეზე  $\delta$  და მილის დიამეტრზე, მმ

5, მმ	630	820	1120	1320	1620	2020	2520	3020	3520
4	34	32	46	46	44	44	42	40	40
5	26	26	37	36	35	34	33	32	32
6	22	21	31	31	29	29	28	27	27

მუშა პროდუქტების ნაკადების მართვისათვის მილსადენის სისტემებში გამოიყენება მილგაყვანილობის და ტექნოლოგიური არმატურა - საკეტი, დროსელის, დამცავი მოწყობილობები; მარეგულირებელი არმატურა, უკუქცევითი მოქმედების არმატურა (პროდუქტის მუშა მოძრაობის უკუ მიმართულებით გადაადგილების შესაძლებლობის თავიდან აცილება), ავარიული და გამორთველი არმატურა (ავარიულ უბანთან ნაკადის ავტომატურად გადაკეტვის ან გამორთვისათვის), კონდენსატ-გამომყვანი და სხვა არმატურა.

ტექნოლოგიურ პროცესებში რომლებიც ხორციელდებიან მაღალი წნევისა და მაღალი ტემპერატურის პირობებში, გამოიყენება მაღალი წნევის მილსადენები [27]. მაღალი წნევის მილსადენებისადმი წაყენებული მოთხოვნების მაღალი დონე განისაზღვრება აღნიშნული ფაქტორების გარდა, მილებში წნევის პულსაციით, ტემპერატურული რეჟიმების ცვლადობით, ვიბრაციის გაზრდილი დონით, ხშირი ჰიდრაულიკური დარტყმებით და ტრანსპორტირებული პროდუქტების შესაძლო კოროზიული ზემოქმედებით.

სახელმწიფო სტანდარტები ადგენენ მილსადენების ელემენტები ორ მახასიათებელს [27]: პირობითი გავლა და პირობითი ზეწოლა.  $D_p$  მმ მნიშვნელობა პირობითად ახასიათებს შიდა დიამეტრს, რომელიც

აუცილებელი არ არის ემთხვეოდეს ნამდვილ დიამეტრს და რომელიც განისაზღვრება მოცულობითი ხარჯით  $V$ , მ<sup>3</sup>/სთ, და ნაკადის სიჩქარით  $v$ , მ/ს:  $D_p = [0.785F/(3600v)]^{1/2}$ . რეკომენდებული შემდეგი პირობითი გაველის რიგი  $D_p$  მმ: 10, 15, 20, 25, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500 და 600.

პირობითი წნევა – წარმოადგენს უდიდეს ჭარბ წნევას 20°C ტემპერატურაზე, რომლის დროსაც დასაშვებია ტექნოლოგიური მილსადენის დეტალების ხანგრძლივი მუშაობა მოცემული პარამეტრებით, დასაბუთებული გაანგარიშებით სიმტკიცეზე შერჩეული მასალებითა და 20°C ტემპერატურაზე სიმტკიცის მახასიათებლებით. მუშა წნევა - წარმოადგენს უდიდეს ჭარბ წნევას, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილია ტექნოლოგიური მილსადენის დეტალების ექსპლუატაციის მოცემული რეჟიმი (ცხრილი 1.7).

ცხრილი 1.7.

პირობითი  $p_p$  და მუშა  $p_m$  მაღალი წნევის მილსადენები  
ფოლადებისათვის (ГОСТ 22790-89)

ფოლადი	$P_p$ მპა	წნევა $p_m$ მპა, გარემოს ტემპერატურაზე, °C				
		200	300	400	450	510
20	20	20	15	11,5	7,8	-
	32	32	24	17,0	11,9	-
14XГC 15ГC	25	25	19	15		
	40	40	36	23		-
	50	50	37	29		
	63	63	48	37		-
30XMA 18X3MB 20X2M 22X3M	25	25	22	20.	18	-
	40	40	35	32	30	-
	63	63	54	51	47	-
	80	80	69	69	62	.
20X3MBΦ	32	32	29	26	24	17
	50	50	46	41	37	29
	80	80	72	69	60	45
	100	100	92	82,5	75	58

12X18H10T	20	20	18	19	14	11,5
10X17H13M2T	32	32	28	24	23	17
08X17H15M3T	40	40	35	30	28	23

ტექნოლოგიური მილსადენის დეტალების ჰიდრაულიკურ გამოცდებს ატარებენ 5...70°C ტემპერატურულ დიაპაზონში საცდელ ჭარბი წნევის მოქმედებაზე.

მაღალი წნევის მილსადენების ექსპლუატაციის საიმედოობა და უსაფრთხოება უზრუნველყოფილია გარე დათვალიერებით, შერჩევით და გენერალური რევიზიებით, და აგრეთვე პერიოდული გამოცდებით СПУТ-69 წესები ინსტრუქციების მიხედვით [22].

## თავი 2. ავარიების განვითარების მოდელირება და დეფექტების გამოვლენის მეთოდები

### 2.1. ავარიის წარმოქმნის და განვითარების სცენარების აღბათობა

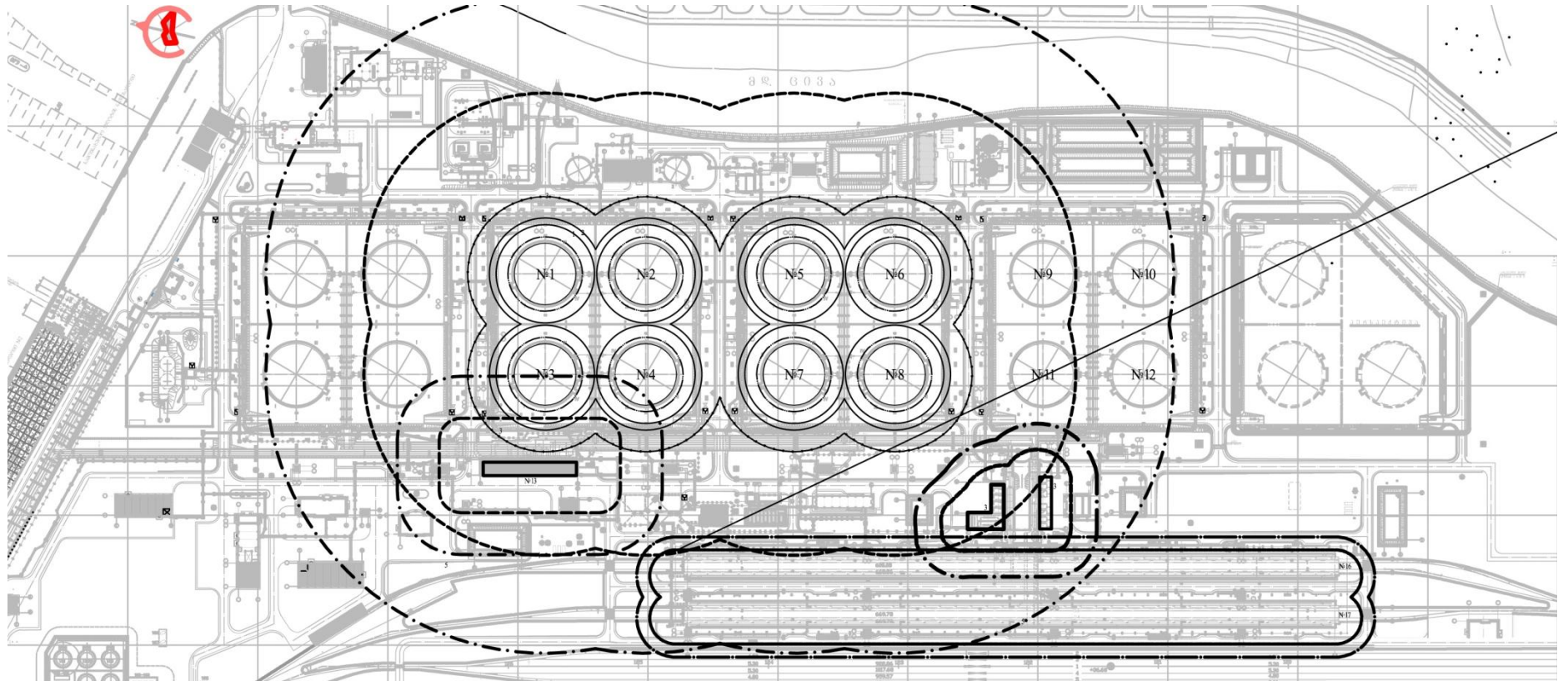
არსებული ტერმინალების განხილვიდან ჩანს, რომ უსაფრთხოების ავტომატური სისტემა ვერ იძლევა წინა ავარიული მდგომარეობის პროგნოზირებას და განსაკუთრებული რისკის მატარებელი მოწყობილობების (რეზერვუარების, მილსადენების და სატუმბო სადგურების) სიმტკიცის შეფასებას და მონიტორინგს.

ჩავატაროთ ავარიული სიტუაციების მოდელირება დანადგარებიდან და საცავეებიდან ფეთქებადსაშიში პროდუქტების გაფრქვევის დროს სხვადასხვა სცენარების მიხედვით, რომელიც გამოიყენება რისკების და ავარიების შესაძლო შედეგების შეფასებისას.

მოდელირება ჩავატაროთ ყუღევის ნავთობპროდუქტების ტერმინალის მაგალითზე. ტერმინალის განლაგების ზოგადი სქემა ნაჩვენებია ნახ. 2.1-ზე, სადაც აღნიშნულია სხვადასხვა ეფექტების ზონები, რომლებიც დაკავშირებულნი არიან შესაძლო ავარიებთან საწარმოში. ეს მონაცემები მიღებულია ავარიების შესაძლო შედეგების ყველაზე სახიფათო ვარიანტების გაანალიზების საფუძველზე ნავთობისა და გაზის წარმოების დარგის ობიექტებზე. ნახ 2.2-ზე მოცემულია ავარიის წარმოქმნის და განვითარების სცენარის აღბათობა.

აქვე განვიხილოთ ნავთობისა და გაზის შეგროვების, მომზადების და ტრანსპორტირების ტექნოლოგიური კომპლექსის ბლოკ-სქემა, რომელიც მოცემულია ნახ. 2.3-ზე. გამომდინარე ტექნოლოგიურ პროცესში მონაწილე ნაგებობების კრებულია და გენერალურ გეგმაზე ობიექტების განლაგებისგან, ყველაზე სახიფათო მოედნად ითვლება ნავთობის მომზადების სატუმბო სადგური. ეს განპირობებულია პოტენციურად სახიფათო ნივთიერებების არსებობით, რომლებიც მნიშვნელოვნად აღემატებიან ზღვრულ მნიშვნელობებს.





ნახ. 2.2. აგარიის წარმოქმნის და განვითარების სცენარის აღბათობა





ავარიების აღმოცენების და განვითარების სცენარების ასაგებად საწარმოო ავარიების და კატასტროფების პრევენციის ერთ-ერთ მთავარ ელემენტს წარმოადგენს მათი პროგნოზირება. მახასიათებლები, რომლებიც ახასიათებენ სახიფათო და არასასურველი სიტუაციების მოახლოებას, უმეტეს შემთხვევაში, დაფიქსირდება დიდი ხნით ადრე ვიდრე თვით ეს სახიფათო სიტუაციები გამოვლინდება. თუმცა გასათვალისწინებელია, რომ ნავთობისა და გაზის ტერმინალებზე ფეთქებად და ხანძარსაშიში ნივთიერებების არსებობა არ გამორიცხავს ავარიების წარმოქმნის შესაძლებლობას აღჭურვილობის უწყესრიგობის, პერსონალის შეცდომის ბუნებრივი ხასიათის ზემოქმედების და ა.შ. გამო.

მოცემული კომპლექსის აღჭურვილობის და ამ მოედანზე განლაგებული ნაგებობების უფრო დატეხილი განხილვისას შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ ყველაზე დიდ საფრთხეს წარმოადგენს სატუმბო სადგური, რეზერვუარების პარკი, მილსადენები, ესტაკადები და ჩამოსხმის პუნქტები.

ნავთობის და გაზის შეგროვების და ტრანსპორტირების სისტემაში, გარდა მოედნის ობიექტებისა, ექსპლუატაციაში იმყოფება მილსადენები, რომელთა სიგრძე რამდენიმე ათას კილომეტრს აღწევს. ბევრი მილსადენი ძალიან დიდხანს იმყოფება ექსპლუატაციაში და განიცდის შიდა და გარე კოროზიას, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს საავარიო სიტუაციები. ავარიებს ნავთობისა და გაზის მომარაგებულ მილსადენებზე აქვთ გაზრდილი რისკის ხარისხი მაღალი საექსპლუატაციო წნევის გამო, ფეთქებად და ხანძარსაშიში ნივთიერებების და პერსონალის ქმედებებში შეცდომის გამო.

სასაქონლე ნავთობის მომზადებისას დიდ საფრთხეს წარმოადგენენ რეზერვუარული პარკები ნავთობის მომზადებისა და გადატუმბვის პროცესში.

მოედნის ობიექტების დამახასიათებელ თვისებურებას წარმოადგენს პერსონალის მუდმივი ყოფნის აუცილებლობა. რაც გამოწვეულია უსაფრთხოების წესების შესრულების საუღლდაუგლო კონტროლის და გაზრდილი რისკის შესაძლო ზონების პროგნოზირების აუცილებლობით.

შემდგომ განხილულია ავარიული სიტუაციები საპროექტო მოედნის ყველაზე სახიფათო მონაკვეთებზე: სატუმბო დარბაზის სამრეწველო ბლოკში, ნავთობის ჩამოსხმის პუნქტში, რეზერვუარების პარკში და მილსადენებში (ნახაზზე 2.4).

დანარჩენ მონაკვეთებზე ავარიული სიტუაციები არ განხილულა, რადგან შესაძლო ავარიების შედეგები (დამაზიანებელი ფაქტორების წინასწარი შეფასების მიხედვით) და შესაძლო რისკები ნაკლებად მნიშვნელოვანი იქნება.

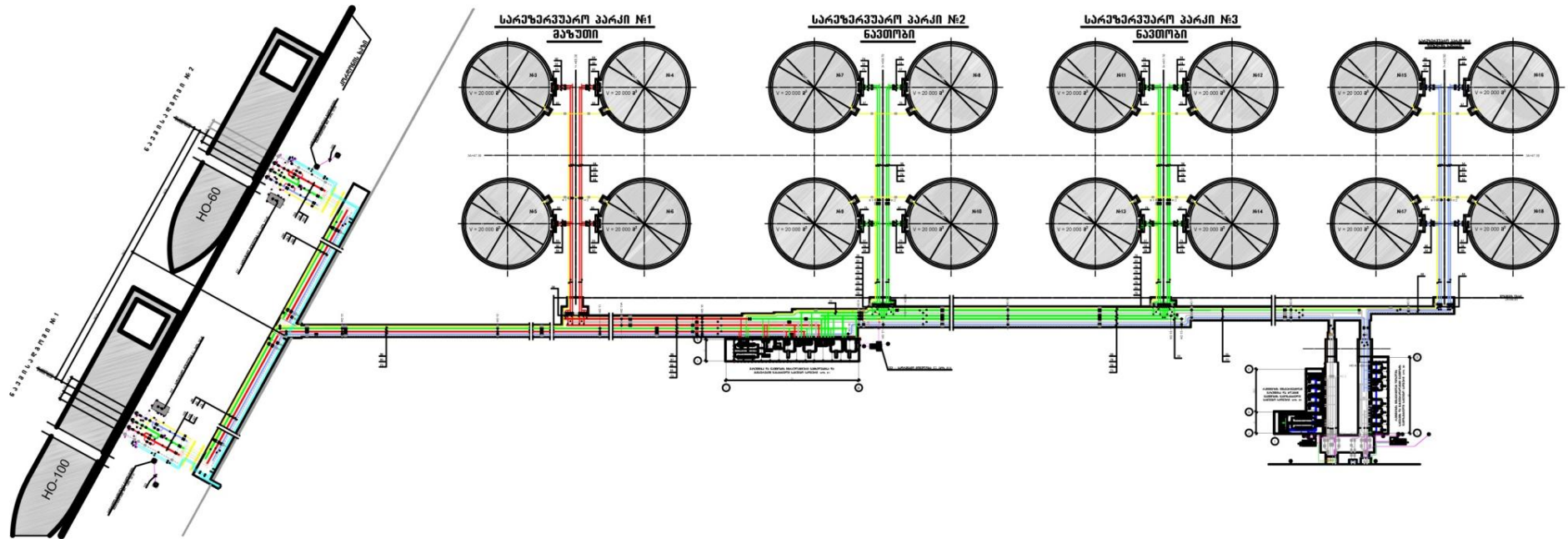
### **სცენარი №1. ნავთობის ჩამოსხმის პუნქტი**

საფრთხეები ჩამოსხმის ესტაკადის მოედანზე განპირობებულია თანამგზავრი ნავთობის, გაზის და ნავთობის ორთქლის ხანძრის საფრთხით. საავტომობილო ცისტერნაში ( $V=15$  მ<sup>3</sup>) ნავთობის ღია ჩამოსხმისას შესაძლებელია აფეთქება სტატიკური მუხტის დაგროვების გამო, კერძოდ, დამიწებული მოწყობილობების არსებობის შემთხვევაში.

იმიტირებულია აფეთქება საავტომობილო ცისტერნიდან 12 მ<sup>3</sup> ნავთობის გადმოფრქვევის შედეგად, რომელიც აალებად მდგომარეობაში ისხმება ტერიტორიაზე.

ნავთობის ჩამოსხმის მოედანი ( $S=2000$  მ<sup>2</sup>) გარშემორტყმულია ბორდიურების ქვით სიმაღლე 0.15 მ. დაღვრილი ნავთობის ფართობი შეადგენს 1600 მ<sup>2</sup> (ტექნოლოგიური დანადგარებისგან თავისუფალი ფართობი). ნავთობის ფენის სისქე აღწევს 8 მმ. ძირითადად დამაზიანებელ ფაქტორებს წარმოადგენენ საჰაერო დარტყმითი ტალღა, თბური გამოსხივება და ტოქსიკური დატვირთვები (მხუთავი გაზი).

**ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გაყვანა**



ნახ. 2.4. ავარიული სიტუაციები საპროექტო მოედნის ყველაზე სახიფათო მონაკვეთებზე

## სცენარი №2. ნავთობის სატუმბო საღებური და მილსადენი

მაღალი წნევის ქვეშ მყოფი მოწყობილობის ჰერმეტიკულობის დარღვევისას ხდება პროდუქტის გაჟონვა სათავსოში და მისი აორთქლება, შესაძლებელია გაზრდილი წნევით და ფეთქება ხანძარსაშიში აირორთქლჰაერის ნარეგების წარმოქმნით. გაზის შედროგება სავენტილაციო სისტემის მწყობრიდან გამოსვლის შესაძლოა აღწევდეს სათავსოს შიდა მოცულობის 5%-ს. დაგროვილი გაზის ნარეგის მთლიანი მოცულობის აფეთქება შესაძლებელია მოხდეს გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ შემთხვევითი ნაპერწკლის მოქმედებით. ასევე შესაძლებელია აალება აფეთქების შემდეგ მოწყობილობების დაზიანების გამო. ამ შემთხვევაში, მთავარ დამაზიანებელ ფაქტორებს წარმოადგენენ დარტყმითი ტალღა, თბური გამოსხივება და ტოქსიკური დატვირთვები.

## სცენარი №3. რეზერვუარი

რეზერვუარში PBC-300 (h=15 მ) იმყოფება ნავთობის ფენა სიმაღლით 12.5 მ-მდე. დანარჩენ მოცულობაში იმყოფება ნავთობის ორთქლი h=3.5 მ-მდე. ხანძარი შესაძლებელია წარმოიქმნას პროდუქტების გადმოღვრით ან რეზერვუარის, სარქველების, მიღტუნა შეერთების ჰერმეტიზაციის დარღვევის გამო, რეზერვუარის რღვევის და ა.შ. აფეთქების წარმოქმნა საგარაუდლოა რღვევის ადგილებში.

განხილულია ავარიული სიტუაცია ნაპერწკლის შემთხვევაში მოხვედრით აფეთქების გამო (ელგა ან ელექტროობის განმუხტვა, ღია ალი საცეცხლე სამუშაოების ჩატარებისას და ა.შ.) ნავთობის ფენის შემდგომი აალებით. ძირითად დამაზიანებელ ფაქტორებს წარმოადგენენ დარტყმითი ტალღა, თბური გამოსხივება ნავთობის ფენის აალების გამო და ტოქსიკური დატვირთვები (მხუთავი გაზი).

## ანალიზის შედეგები

მოდელირებისას გათვალისწინებულია, რომ მოედანზე განლაგებული აღჭურვილობა “მიბმულია” გეომეტრიულ კოორდინატებში რეალურ რელიეფზე.

სცენარი 1. GVSF პროგრამით მოდელირების შედეგები გვიჩვენებს, რომ ჭარბი წნევების შემდეგ მათი დაკვანტვის დონეების სკალით, აფეთქების პერსონალზე მექანიკური და თბური ზეგავლენის შედეგად, დაზიანებული ფაქტორების განაწილება და მათი მოქმედება რადიუსზე, აგარიული აფეთქების პარამეტრები დეტონაციური და დეფლაგრაციული სცენარებით და ალის ბურთის პარამეტრების ანალიზით, ნათელია, რომ საავტომობილო ცისტერნის აგარიული აფეთქების შემთხვევაში ნავთობის ჩამოსხმის პუნქტზე მნიშვნელოვანი მატერიალური ზარალი არ იქნება, მაგრამ 5 მ-ის მანძილზე მყოფი ადამიანები მიიღებენ პირველი ხარისხის დამწვრობას და სახვა დაზიანებებს.

სცენარი 2. აფეთქებისას სატუმბო დარბაზში  $\Delta P=10+50$  კპა ჭარბი წნევისას მიყვავართ სატუმბო სადგურის შენობის ძლიერ დაზიანებებთან. სხვა ობიექტები მნიშვნელოვნად არ დაზიანდებიან, რადგან იმყოფებიან ზონაში 5-დან 10 კპა-მდე მოსალოდნელი წნევის ქვეშ. ნახაზზე 25. ნაჩვენებია ტერიტორიაზე პერსონალის დაზიანების სხვადასხვა ალბათობის ზონები. პერსონალის სატუმბო სადგურში ყოფნისას ადამიანთა დაღუპვის ალბათობა  $W=0.9...0.99$ . 17-18 მ. დაშორებით ადამიანთა დაღუპვის ალბათობა სატუმბო სადგურში აფეთქებისას შეადგენს  $W=10^{-2}$ .

PROPAN პროგრამით სამშენებლო კონსტრუქციების გაანგარიშებისას სატუმბო სადგურში აფეთქების შემთხვევაში ღიობების ნულოვანი კოეფიციენტით ობიექტი

მიიღებს რკინაბეტონის და ფოლადის ძლიერ დაზიანებებს პანელების და გადახურვების ნგრევით.

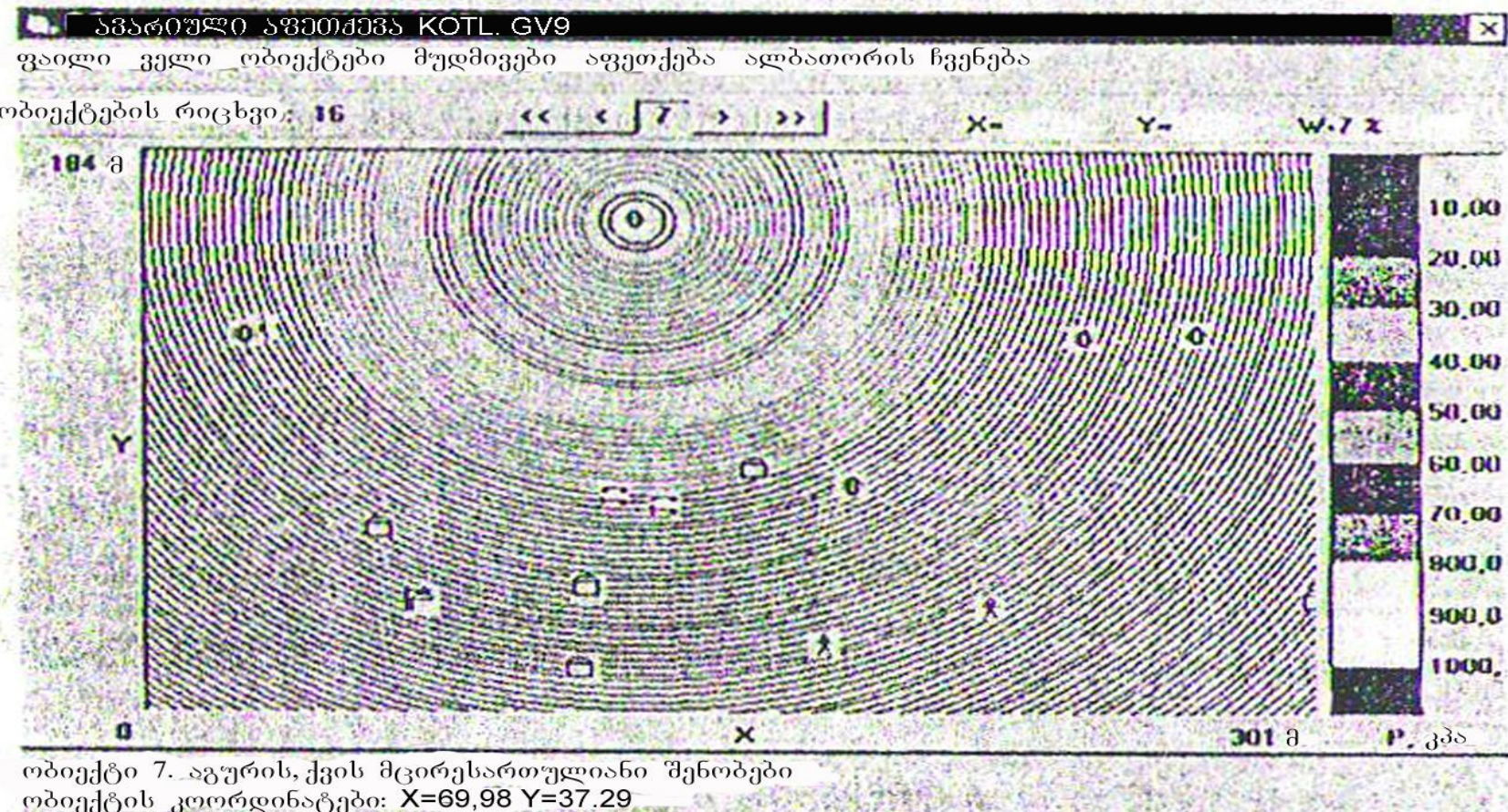
პროგრამა იძლევა რეკომენდაციას ადამიანთა უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად მოეწყოს ღიობები 105 მ<sup>2</sup> ფართობით, რაც შეესაბამება ღიობების კოეფიციენტს  $K=0.14$ .

სცენარი 3. ერთ-ერთი რეზერვუარის აფეთქებისას შესაბამისი მეთოდის შესაბამისად საშიში ნივთიერებების რაოდენობად მიღებულია 100 კგ გაზი, თანაც აფეთქება შემოიფარგლება ერთი რეზერვუარით.

GVSF პროგრამით გაანგარიშებისას საშიში ნივთიერებების რაოდენობა გადათვლით გაზრდილია 500 კგ გაზამდე. გაანგარიშების შედეგებიდან ნათელია, რომ გაზის ასეთი რაოდენობა იწვევს “დომინოს” ეფექტს და იწვევს მიმდებარე რეზერვუარის აფეთქებას (ნახ. 2.6), ეს მნიშვნელოვნად ზრდის დამაზიანებელი ფაქტორების ეფექტური ფართობის ზონას, რასაც მივყავართ მოედანზე მნიშვნელოვან რღვევამდე და ადამიანთა დაღუპვის ალბათობის გაზრდამდე.

ჩატარებული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ რისკის გამოთვლისას გამოყენებული პროგრამები იძლევიან შესაძლებლობას მნიშვნელოვნად დავაჩქაროთ გაანგარიშების შესრულება და სამრეწველო უსაფრთხოების დეკლარაციის განმარტებითი ბარათების შედგენა სიზუსტის საკმაოდ მაღალი ხარისხით. მოცემული პროგრამებით შესაძლებელია დავამუშაოთ პროგრამული ავარიების და კატასტროფების მრავალი სცენარი, რომელიც შესაძლებელია წარმოიქმნას სახიფათო საწარმოო ობიექტების ექსპლოატაციისას. მაგრამ ეს მეთოდი ვერ უზრუნველყოფს ავარიების და კატასტროფების პროგნოზირებას.





ნახ. 2.5. ტერიტორიაზე პერსონალის დაზიანების სხვადასხვა ალბათობის ზონები



გოცხლრობითი აწეთაგა KOTL.GV9

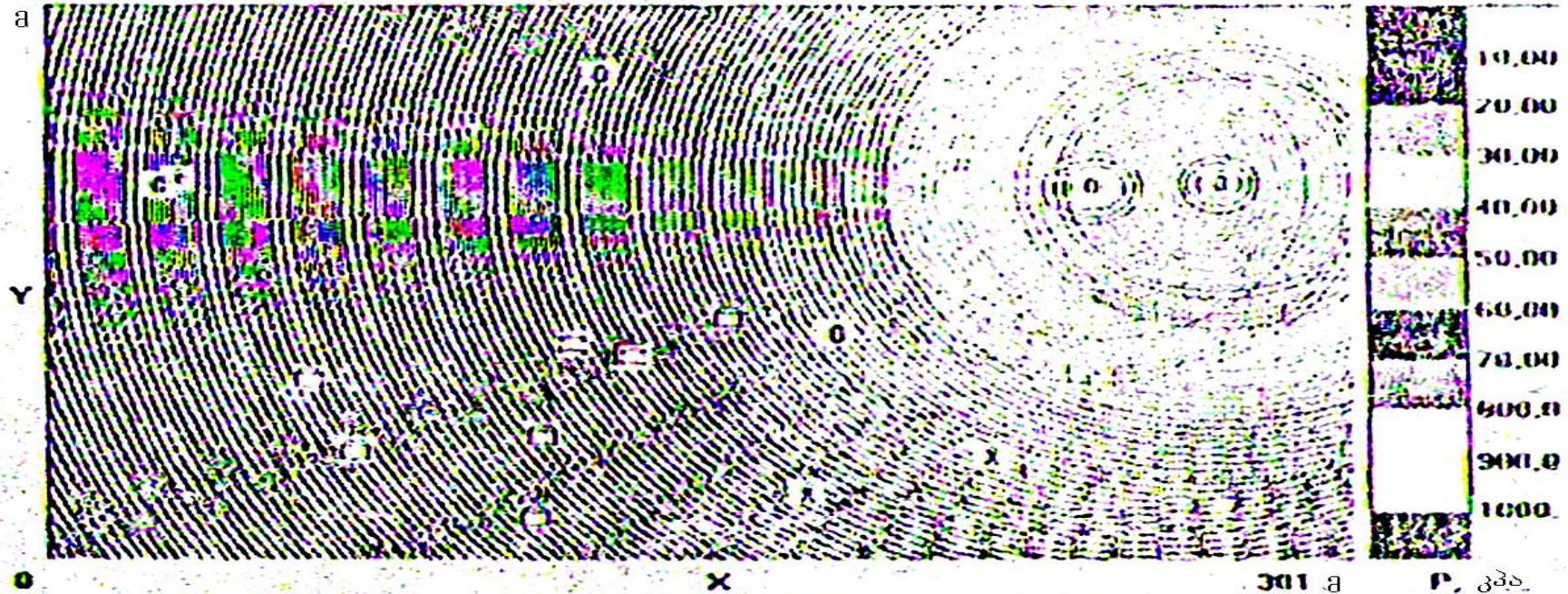
ფაიმოცულობითი ღი ველი ობიექტები შუდმივები აფეთქება ალბათობის ჩვენება

ობიექტის რიცხვი: 16

<< < 13 > >>

X=153.6 Y=51.48 W=28 2

184 a



ობიექტი 13. შენობის ელემენტები (სასსრები)  
ობიექტის კოორდინატები X=132.66 Y=69.00

ნახ. 2.6. ავარიის შედეგად გამოწვეული აფეთქების სცენარი

## 2.2. მილსადენებში და რეზერვუარებში დეფექტების გამოვლენის მეთოდები

მასალის საწყისი დეფექტურობა კონსტრუქციებში დაკავშირებულია კრისტალური გისოსის მიკროსტრუქტურის არაერთგვაროვნებასთან, ანუ წერტილოვანი, ხაზური, ზედაპირული და მოცულობითი დეფექტით. კონსტრუქციის დატვირთვისას ხდება მისი დეფორმირება, და დატვირთვის ზრდასთან ერთად დრეკადი დეფორმაციების შემდეგ წარმოიქმნება პლასტიკური დეფორმაციები. სტრუქტურის არაერთგვაროვნების გამო დატვირთვისას დაბეჭდვის ველი აგრეთვე არაერთგვაროვანია, და დეფექტის სიახლოვეს წარმოიქმნება დაბეჭდვის კონცენტრაცია. ლითონების პლასტიკურობა, ძირითადად უკავშირდება წრფივი დეფექტების (დისლოციების) მოძრაობას და გამრავლებას, მასალის ანიზოტროპიის გამოვლენას, უწყვეტობის დარღვევით დისლოკაციის გვერდით, ფორების და ბზარების ფორმირებით [20, 63, 64].

ერთ-ერთ ძირითად პარამეტრს, რომელიც განსაზღვრავს ლითონკონსტრუქციების მზიდ თვისებებს, წარმოადგენს ფოლადის ბზარმდებლობა სტატიკური, ციკლური და დინამიკურ დატვირთვების ქვეშ. ბზარები რეზერვუარების და ჭურჭლების ლითონკონსტრუქციაში შესაძლოა, წარმოიშვან და განვითარდნენ, ტრანსპორტირების, მონტაჟისა და ექსპლუატაციის სტადიებზე, რომელიც დიდად არის დამოკიდებული მთელ რიგ ფაქტორებზე (ლითონის დეფექტურობა, ექსპლუატაციის ტემპერატურა, დაძაბული მდგომარეობის სახეობა, შესანახი პროდუქტის ქიმიური აგრესიულობა, ნარჩენი დაბეჭდვები და ა.შ.).

დადლილობითი დეფექტების აღმოჩენის და დადლილობითი რღვევის მომენტის პროგნოზირების სირთულე დაკავშირებულია იმასთან, რომ ბზარები იზრდებიან მნიშვნელოვანი პლასტიკური დეფორმაციების გარეშე, ხოლო თვით რღვევა მოულოდნელად ხდება - როდესაც დეფექტების ზომები აღწევენ კრიტიკულ მნიშვნელობებს.

რღვევის მიზეზი შეიძლება აგრეთვე იყოს ნარჩენი (საწყისი) დაბეჭდვები, ანუ სტატიკურად გაწონასწორებული დაბეჭდვები

კონსტრუქციებში, რომლებიც თავისუფალნი არიან გარე მექანიკური და თერმული ზემოქმედებისაგან.

ძაბვები გარე დატვირთებისაგან და ტემპერატურის ზემოქმედებისაგან მარტივად პროგნოზირდება დრეკადობის თეორიის, თერმოდრეკადობის და მასალათა გამძლეობის გაანგარიშების მეთოდებით. ძაბვები დატვირთულ კონსტრუქციებში შესაძლებელია გაკონტროლდეს დეფორმაციების გაზომვით (ძაბვაზე გადათვლით). რაც შეეხება ნარჩენ ძაბვებს, მათი განსაზღვრა და გამოვლენაც კი ურღვევი მეთოდებით რთულ ამოცანას წარმოადგენს.

პრაქტიკულად სხვადასხვა ინტენსივობის ნარჩენი ძაბვები არსებობენ მილსადენებში და რეზერვუარებში. ეს შეიძლება გამოწვეული იყოს წარმოების ტექნოლოგიით, სამონტაჟო ოპერაციებით, პლასტიკური დეფორმაციის ლოკალური არეების გამოჩენით ძაბვების კონცენტრაციის ზონების სიახლოვეს განმეორებითი დატვირთვებისას და ა.შ. რადგან ძაბვები გარე დატვირთვების და ტემპერატურის ზემოქმედებებიდან ემატება ნარჩენ ძაბვებს, მათი კონტროლი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ კონსტრუქციის საიმედოობის შეფასება უნდა ხორციელდებოდეს გარე დატვირთვების და ნარჩენი ძაბვების გათვალისწინებით (ე.ი. დატვირთვის წინ საწყისი ძაბვების). მოცემული ძაბვების სისტემის მნიშვნელობა მდებარეობს იმაში, რომ ბზარების ზრდაზე, რაც წარმოადგენს კონსტრუქციის რღვევის საფრთხეს, მოქმედებენ ძაბვები მიუხედავად მათი წარმოშობისა.

სიმტკიცის უზრუნველყოფის ამოცანის გადაწყვეტა დამუშავების, პროექტირების და ექსპლუატაციის ეტაპზე ეფუძნება საანგარიშო-ექსპერიმენტულ მეთოდებს.

დაპროექტებისას სიმტკიცის საანგარიშო უზრუნველყოფა ეფუძნება სამშენებლო მექანიკის, დრეკადობის და პლასტიკურობის თეორიების, და აგრეთვე ნაგებობების დინამიკის და რხევების თეორიის მეთოდებზე [24, 25, 26, 33, 92, 93]. დატვირთული ლითონკონსტრუქციების საიმედოობისა და ხანგამძლეობის უზრუნველყოფის გადაწყვეტა ხორციელდება ბზარების თეორიის,

ბლანტი (დეფორმაციული) და მყიფე (მცირედეფორმაციული) მოდელების საფუძველზე [14, 70, 89, 90, 91].

ექსპერიმენტული მეთოდები გამოიყენება მასალების მექანიკური და სხვა მახასიათებლების განსაზღვრისათვის და აგრეთვე კონსტრუქციული ელემენტების სიმტკიცის კონტროლისათვის. ნატურული ობიექტების და მათი მოდელების სიმტკიცე მოწმდება გამოცდებით ექსპლუატაციური ტიპის დატვირთვების ზემოქმედებაზე. სიმტკიცის და ნარჩენი რესურსის შეფასება ხორციელდება მონიტორინგით და პერიოდული სარეგლამენტო დათვალიერებით.

დიაგნოსტიკის, ხარვეზების პოვნის, მუშაუნარიანობის კონტროლისა და აღდგენის ოპტიმალური პროგრამების დამუშავების საკითხები განხილულია [56] ნაშრომში.

ექსპლუატაციაში მყოფი ობიექტების მდგომარეობის კონტროლი (დეფექტების ტიპის, ზომების და სიმკვრივის გამოვლენისათვის, აგრეთვე კონსტრუქციის მდგომარეობის პარამეტრები ცვლილებების თვალთვალისათვის), ხორციელდება ძირითადად ურღვევი კონტროლის მეთოდებით, ხოლო ავარიების, დაზიანებების და კონსტრუქციების რღვევის შემთხვევაში – გამოცდების ტრადიციული მეთოდებით: მექანიკური, ტექნოლოგიური, მეტალოგრაფიული, მიკროფრაქტოგრაფიული და ა.შ. [56, 57].

აგრესიული პროდუქტების შესანახი რეზერვუარების ტექნიკური მდგომარეობის დიაგნოსტიკისათვის გამოიყენება მეტალოგრაფიული გამოკვლევები, ლითონის ქიმიური შემადგენლობის და მექანიკური თვისებების შესაძლო ცვლილებების და გამყიფების გამო პროდუქტის ზეგავლენის ქვეშ. ამასთან გამოიყენება როგორც მრღვევი, ისე ურღვევი მეთოდები. მრღვევი მეთოდით გამოსაკვლევი რეზერვუარის რკალიდან ამოიჭრება ფრაგმენტები ზომებით არანაკლები 200...300 მმ ნიმუშების დასამზადებლად. ურღვევი მეთოდით მექანიკური მახასიათებლები, დენადობის ზღვარი და დროებითი წინააღმდეგობა, თანახმად ГОСТ 22761-77 და ГОСТ 22762-77, განისაზღვრება სისხლის საზომის გამოყენებით. ლითონკონსტრუქციებში ბზარების გამოვლენისას აფასებენ მასალის დარტყმით სიბლანტეს. ВСТ3СН4, ВСТ3СН5 მარკების ფოლადებისაგან და მათი უცხოური ანალოგებისაგან დამზადებული

რეზერვუერებისათვის დარტყმით სიბლანტეს განსაზღვრავენ 11 ტიპის ნიმუშებზე ГОСТ 9454-78 მიხედვით +20°C ტემპერატურაზე და რეზერვუარის განლაგების რაიონის ჰაერის მინიმალურ ტემპერატურაზე. დარტყმითი სიბლანტე უარყოფით ტემპერატურაზე უნდა იყოს არანაკლები 0.3 მჯ/მ. დარტყმითი სიბლანტის განსაზღვრისას დიაგნოსტიკის ჩამტარებელი ორგანიზაციის გადაწყვეტილებით, როგორც დამატებითი დასაშვებია მცირე ნიმუშები ურღვევი მეთოდი მიკროსინჯების სისქით, რომელიც არ აღემატება კოროზიული ღრმულების სიღრმეს, ან სისქით 2.5-5.2% რეზერვუარის კედლის სისქისაგან. ნიმუშების აღება ხორციელდება მექანიკური ან ფიზიკური მეთოდებით ლითონზე ცეცხლის გამოყენების გარეშე. ლითონის ნიმუშების აღებას გამოკვლევების ჩასატარებლად ქიმიური შემადგენლობის დასადგენად ახორციელებენ ГОСТ 7122-81 შესაბამისად [34].

რეზერვუარების ლითონკონსტრუქციების შენადული ნაკერების ხარისხის კონტროლს ახორციელებენ СНиП 3.03.01-87 შესაბამისად შემდეგი ურღვევი მეთოდებით: ულტრაბგერითი, აკუსტიკური-ემისიური, მაგნიტური ფხვნილოვანი, რადიოგრაფური, და ა.შ. ულტრაბგერითი და რადიოგრაფური კონტროლი ხორციელდება ГОСТ 14782-86, 20415-82, 7513-82 და OCT 26-2044- 83, 26-11-03-84 შესაბამისად. ფერადი და მაგნიტური ფხვნილოვანი კონტროლის მეთოდებს ახორციელებენ ГОСТ 1844-80, 21105-87, 22261-82 და OCT 26-5-88, 26-6-88, 26-5-83 შესაბამისად.

გამოცდის მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია ობიექტის კონსტრუქციულ ფორმაზე და ექსპლუატაციის პირობებზე, ე.ი. დატვირთვების ტიპზე, მათ ხანგრძლივობაზე და გარემოს პარამეტრებზე. არსებობს სხვადასხვა მიდგომა გამოცდის მეთოდების კლასიფიკაციისათვის.

გამოცდებით დადლილობაზე ციკლური დატვირთვის დროს განსაზღვრავენ მასალის გამძლეობის ზღვარს. მაღალისიშირიანი დატვირთვისას და ციკლების დიდი რაოდენობის დროს (ჩვეულებრივი დადლილობა) დაზიანებები ჩვეულებრივ გროვდებიან ცოცვადობის დაზიანებებთან პარალელურად. შედარებით ნელი ციკლური დატვირთვისა და ციკლების მცირე რაოდენობის დროს (რამდენიმე



ასეული ან ათასი) და საკმაოდ მაღალი ძაბვების დროს, დაზიანებების დაგროვება, ძირითადად, წარმოადგენს ცოცვადობის შედეგს (მცირე ციკლური დაღლილობა).

## არამრღვევი კონტროლის მეთოდები, ნარჩენი ძაბვების კონტროლი

მრეწველობაში პროდუქციის ხარისხის და ტექნიკური დიაგნოსტიკის შეფასებისათვის გამოიყენება დეფექტოსკოპური კონტროლის სხვადასხვა ურღვევი მეთოდები. ლითონკონსტრუქციებში დეფექტების და ბზარების გამოვლენისათვის გამოიყენება რადიაციული ინტროსკოპია, რადიომეტრია, ელექტრორენტგენოგრაფია, რენტგენის გამოთვლითი ტომოგრაფია, აკუსტიკური ემისიის მეთოდი, ულტრაბგერითი მეთოდი, ელექტრომაგნიტური მეთოდი და ა.შ.

კონსტრუქციების გამოცდების და კვლევის მეთოდებს მიეძღვნა ნაშრომების დიდი რაოდენობა, რომელთა შორის აღსანიშნავია [12, 15, 18, 28, 53...60, 79, 80] შრომებში. შემდგომ მოყვანილია მოკლე ცნობები ლითონკონსტრუქციების სიმტკიცის მხოლოდ რამდენიმე კონტროლის მეთოდზე. ძირითადი ყურადღება გამახვილებულია ყველაზე ეფექტური ლითონის დეფექტების გამოვლენის ურღვევ მეთოდებზე, რომლებიც თავისი განვითარების პროცესის შედეგად იწვევენ კონსტრუქციების რღვევას.

ულტრაბგერითი რხევების წყაროდ, ულტრაბგერით დეფექტოსკოპიაში, გამოიყენება პიეზოელექტრული და მაგნიტოსტრიქციული გარდაქმნელები.

გარდაქმნელის პიეზოელექტრული კრისტალი (გამომსხივებელი), რომელიც განლაგებულია ელექტროდებს შორის, რომლებზეც მიეწოდება ულტრაბგერითი სიხშირის ცვლადი დენი, ვიბრირებს იმავე სიხშირით და გამოასხივებს ულტრაბგერით რხევას, თანაც გამოსხივების ამპლიტუდა პროპორციულია ძაბვისა ელექტროდებს შორის. პიეზო-კრისტალების მასალად გამოიყენება კვარცი, ბარიუმის ტიტანატი, ლითიუმის სულფატი, და სხვა. ულტრაბგერითი გამოსხივების დიდი ამპლიტუდის უზრუნველსაყოფად გამოიყენებენ

გამომსხივებლის რეზონანსულ სიხშირეს.  $H$  სისქის ბრტყელი გამომსხივებლის საკუთარი სიხშირეების სპექტრი  $f_i$  ( $i=1, 2, 3...$ ) განისაზღვრება გამოსახულებით  $f_i=C/A=C\lambda/2H$ , სადაც  $C$  - ბგერის სიჩქარეა კრისტალში,  $\lambda$  - ტალღის სიგრძეა,  $i$ - ჰარმონიკის ნომერია.

ძირითადი სიხშირისათვის ( $i=1$ ) როცა  $C=5600$  მ/წმ-ს 2.8 მმ სისქის კვარცის ფირფიტა იწყებს ულტრაბგერითი რხევების გამოსხივებას სიხშირით 1 მჰც. უფრო მაღალი სიხშირეების გამოყენებისათვის გამოიყენება სპექტრის უფრო მაღალი კომპონენტები.

ულტრაბგერითი კონტროლის ყველაზე გავრცელებულ მეთოდებს წარმოადგენენ მეთოდები, რომლებიც დაფუძნებულია ინტენსივობის გაზომვაზე, რეზონანსური მეთოდი და იმპულსური ექო-მეთოდი [306]. კონსტრუქციებში დეფექტების სიდიდის განსაზღვრა ხორციელდება ექოსიგნალის სიდიდის შეფასებით. დეფექტის ფორმისა და ორიენტაციაზე ბგერითი ველის დერძის მიმართ მსჯელობენ ექო-სიგნალის ფორმისა და სიმაღლის მიხედვით. ამგვარ მონაცემებს იღებენ იმპულსური სპექტრომეტრიის გამოყენებით – დეფექტებისაგან ექო-სიგნალების ანალიზით იმპულსების სიხშირის და ამპლიტუდის ფუნქციაში.

შენადნული ნაკერის ულტრაბგერითი კონტროლის დროს გამოიყენება კუთხური გამომსხივებელი კუთხური მაძიებელი თავაკებით, რადგან ნორმალური მაძიებელი თავაკები არ იძლევიან ნაკერის გამრუდებულ ზედაპირებთან კონტაქტის დამყარების საშუალებას. გამოიყენება ბგერითი ტალღების შემდეგი შემავალი კუთხეები ფოლადის ფურცელის კედლის სისქეზე დამოკიდებულებით:

ფურცლის სისქე, მმ	<30	30 ... 60	>60
სხივის დაცემის კუთხე, გრად.	70	60	45

ულტრაბგერითი კონტროლის მეთოდი განსაკუთრებით ეფექტურია ლითონის ფურცლების შემოწმებისას განშრეგებაზე, როდესაც არაერთგვაროვნებები ლითონში ხასიათდებიან დიდი სიგრძით ბგერითი სხივის ნორმალის მიმართულებით.

რეზერვუარების კედლების, ფსკერისა და გადახურვის კოროზიული ცვეთის სიდიდის განსაზღვრისათვის გარედან ან შიგნით იყენებენ ულტრაბგერით სისქისზომებს.

მრეწველობა აწარმოებს ულტრაბგერითი დეფექტოსკოპების და სისქისმზომების სხვადასხვა ნაირსახეობებს. განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი.

ფირმა ჰიტაჩი-ს (Hitachi) პორტატული ულტრაბგერითი დეფექტოსკოპი აღჭურვილია თხევადკრისტალური ეკრანით და პრინტერით. მოდელის IT 1800 მუშაობს სიხშირეზე 0.4...10 მჰც. გასაზომი სისქეების დიაპაზონი 1.5...1000 მმ (სისქეების 5 - საფეხურიანი დიაპაზონი). იძლევა საშუალებას გამოვაგლინოთ სხვადასხვა წარმოშობის დეფექტები, აგრეთვე გამოვაგლინოთ ლითონის უბნები სხვადასხვა სიმკვრივით და სტრუქტურით. გაზომვის შედეგები ჩანს ტელემონიტორზე, გადაიტანება ციფრულ ეკრანზე და ამოიბეჭდება პრინტერზე ოქმის სახით.

იმავე ფირმის ულტრაბგერითი დეფექტოსკოპი DT-2000 (მუშა სიხშირე 0.2...15 მჰც, გასაზომი სისქეების დიაპაზონი 0...600 მმ, გარჩევადობა 0.1 მმ). ხელსაწყო იძლევა საშუალებას შევაფასოთ ზოგიერთი მახასიათებლები სტრუქტურები და უზრუნველყოფს კოროზიული დაზიანებების რუქის მიღებას თხევადკრისტალურ ეკრანზე. მიკროკომპიუტერის პროგრამა საშუალებას იძლევა ჩავატაროთ დეფექტების კლასიფიკაცია შენადული ნაკერის განიკვეთში, შევაფასოთ თუჯის გრაფიტირების ხარისხი და გადავწყვიტოთ სხვა სტრუქტურული ამოცანები.

ფირმა კენონის (Cannon) მრავალფუნქციური დანიშნულების ულტრაბგერითი დეფექტოსკოპი M-60 (2... 50 მჰც, გასაზომი სისქეების დიაპაზონი 0.8...5000 მმ) უზრუნველყოფს კოროზიული დაზიანების ადგილების ფერად გამოსახულებას გადამწოდის ნაკეთობის ზედაპირზე გადაგორების რეჟიმში. ჩამონტაჟებული მიკროკომპიუტერი უზრუნველყოფს დეფექტოსკოპური კონტროლის მონაცემების მათემატიკურ დამუშავებას. დეფექტოსკოპებს M-500, M-600 აქვთ დეფექტოსკოპის შედეგების დამუშავების მაღალი სიჩქარე ჩამონტაჟებული მაღალეფექტური მიკროპროცესორის და დიდი მოცულობის დამმასხოვრებელი მოწყობილობის ხარჯზე



გამოსახულების სხვადასხვა ინდიკაციის დროს (კვთეების, სიბრტყეების ინდიკაცია, სამგანზომილებიანი ინდიკაცია).

ულტრაბგერითი სისქის მზომები საშუალებას იძლევიან გავზომოთ სისქეები 0.2...50 მმ ინტერვალში სიზუსტით 0.1 მმ-დე გარემო ჰაერის ტემპერატურაზე მინუს 10°C-დან პლუს 40°C-მდე GOCT 4787-86 და GOCT 25863-83 მიხედვით. ფირმა კავატეტსუ-მ (Kawatetsu Advantech) დაამუშავა რამოდენიმე მოდიფიკაციის TI-7 სერიის მრავალმიზნობრივი სისქის მზომი ჩამონტაჟებული მიკროპროცესორით, რომლის დანიშნულებაა რეზერვუარებში, მილსადენებში და სხვა კონსტრუქციებში კედლის სისქეების გაზომვა და კორიზიის მდგომარეობის შეფასება. გასაზომი სისქეების დიაპაზონი (1...200)±0,1 მმ. ნაკეთობის სისქის კონტროლის სიჩქარე 1000...12000 მ/წმ, ხელსაწყო მუშა სიხშირე 5 მჰც, წონა 200გ, ზომები 68x131x29 მმ.

ბზარების დიაგნოსტიკის ეფექტურ მეთოდებს ობიექტების ექსპლუატაციის პირობებში წარმოადგენენ კონტროლის მეთოდები, რომლებიც ეფუძნებიან დადლილობითი ბზარების წარმოქმნის და ზრდის თანმხლებ ფიზიკურ პროცესებს. ერთ-ერთ ასეთ პროცესს წარმოადგენს კონსტრუქციაში ძაბვების დრეკადი ტალღების გამოსხივება წარმოქმნილი ბზარის სიახლოვეს მასალის დისლოკაციური სტრუქტურის ლოკალური დინამიკური რესტრუქტურისაციის გამო [20, 63...69]. მასალაში აკუსტიკურ გამოსხივებას დაკავშირებულს სტრუქტურის გადაწყობასთან, ეწოდება *აკუსტიკური ემისია* [60...62].

რადგან აკუსტიკური ტალღები ლითონში ვრცელდებიან დიდ მანძილებზე მნიშვნელოვანი თანდათანობითი ჩაქრობის გარეშე და შეიცავენ ინფორმაციას მიმდინარე პროცესებზე, შესაძლებელია დაფიქსირდეს გამოსხივება კონსტრუქციის ზედაპირებიდან სპეციალური აპარატურით. კონსტრუქციის მდგომარეობის შესწავლას აკუსტიკური ემისიის რეგისტრაციით და ანალიზით ეწოდება *აკუსტიკურ-ემისიური მეთოდი*.

აკუსტიკური ემისიის მეთოდის ფართომასშტაბიანი დანერგვის სირთულეები ნატურალ კონსტრუქციებში დაზიანებების გამოსავლენად

ძირითადად დაკავშირებულია ხმაურით, რომელიც წარმოიქმნება ხასუნისაგან დატვირთვის მოდების ადგილებში და შეერთებებში, სადაც ადგილი აქვს შეუღლებული ელემენტების დამყოლობას. ამიტომაც ჯერჯერობით აქტუალურად რჩება შენადული ნაკერებში დეფექტების გამოვლენის უტყუარობის, და თვით მეთოდის მგრძობელობის გაზარდის ამოცანა.

აკუსტიკური ემისიის მეთოდი გამოიყენება მასალების და კონსტრუქციების მექანიკური გამოცდებისათვის. ნიმუშები მასალების გამოცდისათვის გამოიყენება სპეციალური მუშა ნაწილით, სადაც ბზარების წარმოქმნის ადგილმდებარეობები წინასწარ არის ცნობილი და შესაძლებელია ვიზუალურად დადგინდნენ. დანადგარები მასალების ნიმუშების გამოცდისათვის აკუსტიკური ემისიის მეთოდით შედგებიან ნიმუშების დამტვირთავი საშუალებებისაგან და აპარატურისაგან, რომელიც უზრუნველყოფს მექანიკური პარამეტრების (დეფორმაციები, ძაბვები) და აკუსტიკური ემისიის პარამეტრების გაზომვას და რეგისტრაციას. აკუსტიკური ემისიის მეთოდის გამოყენებისას კონსტრუქციების სიმტკიცის გამოცდისა და კონტროლისათვის მათი დატვირთვა განისაზღვრება რეალური საექსპლუატაციო და გამოსაცდელი დატვირთვებით.

აკუსტიკური ემისიის სიგნალები წარმოიშვებიან საკონტროლო ნაკეთობის დეფორმაციისას. აქედან გამომდინარე, დატვირთვის მეთოდი ახდენს მნიშვნელოვან ზეგავლენას მეთოდის ეფექტურობაზე. ნაშრომში [82] შემოთავაზებულია აკუსტიკური ემისიის ანალოგების პარამეტრები უშუალოდ გამოვიყენოთ მაღალი წნევის შედუღებული ჭურჭლების რღვევის ალბათობის შესაფასებლად. განსაკუთრებულად ინფორმაციულია აკუსტიკური ემისიის მონაცემები პასუხისმგებელი დანიშნულების ობიექტების გამოსადგობის ვადის საკითხის გადაწყვეტისას [83].

ხმაურის დაბალი დონის დროს აკუსტიკური ემისია დატვირთულ კონსტრუქციებში ფიქსირდება იმპულსების თანმიმდევრული სერიის სახით [60]. აკუსტიკური ემისიის იმპულსების სერიის ძირითადი პარამეტრებს ციკლურად დატვირთულ კონსტრუქციებში ერთი (p-ური)

ციკლი საზღვრებში წარმოადგენს დატვირთვის იმპულსების რაოდენობა  $N'_p$ , იმპ/ციკლი (აკუსტიკური ემისიის უწყვეტი ხასიათისას - აკუსტიკური ემისიის ჯამური ათვლა ციკლში) და  $\mathbf{r}$ -ი იმპულსის ამპლიტუდა.

აკუსტიკური ემისიის ათვლის საშუალო სიჩქარე  $\dot{N}_p$ , იმპ/წმ (აქტიურობა) ციკლში განისაზღვრება ციკლის ხანგრძლივობის მიმართ  $t$

$$\dot{N}_p = \frac{N'_p}{t} .$$

ბზარის სიგრძის სრული ნაზრდი ციკლზე რამოდენიმე ნახტომის რეგისტრაციის დროს განისაზღვრება მათი დაჯამებით. ბზარის სიგრძის ნაზრდის აკუსტიკური-ემისიური ანალოგს წარმოადგენს ციკლის ექვივალენტური ამპლიტუდა, როგორც იმპულსების ამპლიტუდის ჯამი

$$a_p = \sum_{r=1}^{N'_p} A_{rp} .$$

ციკლების  $\Delta n$  ბაზაზე პარამეტრების გასაშუალება იძლევა იმპულსების საშუალო რაოდენობას ციკლში (აკუსტიკური ემისიის საშუალო ჯამური ათვლა ციკლში) ან აკუსტიკური ემისიის საშუალო აქტიურობას (ათვლის საშუალო სიჩქარეს) ციკლური დატვირთვისას

$$N'_{cp} = \frac{N}{\Delta n} \sum_{p=n_1}^{n_2} N'_p .$$

აქტიურობის  $N_{cp}$  და ექვივალენტური ამპლიტუდის  $a_{cp}$  საშუალო მნიშვნელობები

$$\dot{N}_{cp} = T/(\Delta n t_n) , \quad a_{cp} = a_{\Sigma}/\Delta n$$

აკუსტიკური ემისიის გამოყენება ითვალისწინებს ბზარების პარამეტრების და შესაბამისი აკუსტიკური სიგნალების, ე.ი. აკუსტიკური ემისიის პარამეტრების, დამოკიდებულებების რეალიზაციის ობიექტური მეთოდების არსებობას. ამგვარი მეთოდების დამუშავებისას გამოიყენება რღვევის მექანიკაზე და დრეკად-

პლასტიკურობის დინამიკური თეორიაზე დაფუძნებული მათემატიკური მოდელები.

ნაშრომში [60] მოცემულია ერთ-ერთი ამგვარი მოდელების დასაბუთება, რომელიც აღგენს კავშირებს აკუსტიკური ემისიის მექანიკურ პარამეტრებსა და მზარდ დადლილობით ბზარებს შორის. მოდელი ეფუძნება რიგ ჰიპოთეზებს, რომელთაგან მთავარს წარმოადგენენ შემდეგი ჰიპოტეზები. ძაბვების სტატიკური ველები და სხეულის წერტილების გადაადგილებები ბზარის სიხლოვეს აღიწერება რღვევის წრფივი მექანიკით, და მასალის გადასვლა პლასტიკურ მდგომარეობაში ხდება მიზესის დენადობის პირობის შესრულებისას. აკუსტიკური ემისიის ჯამური ათვლა პლასტიკური დეფორმირების დროს პროპორციულია პლასტიკურად დეფორმირებული მასალის მოცულობისა. აკუსტიკური ემისიის სიგნალების ამპლიტუდები ბზარის ნაპირების ხახუნისაგან პირდაპირ პროპორციულია მაქსიმალური ძაბვებისა, რომლებიც ვითარდებიან ბზარის ნაპირების ურთიერთ კონტაქტის ზონაში, ამ ზონის ფართობისა და უკუპროპორციულია კონტაქტის ხანგრძლივობისა.

კონსტრუქციის ელემენტებში დადლილობითი ბზარის ზრდის სინქარის შეფასება აკუსტიკური ემისიის პარამეტრების მიხედვით მჭიდროდ უკავშირდება ინფორმაციული პარამეტრების ანალიზის აუცილებელობას კომპიუტერზე. ნაშრომის [84] თანახმად, განსხვავებები აკუსტიკური ემისიის იმპულსების ამპლიტუდების ალბათობების განაწილების ფუნქციებში განვითარებადი დადლილობითი ბზარის ნახტომებისაგან და აკუსტიკური ემისიის პარამეტრების სხვა შემდგენებისაგან დადლილობითი გამოცდების დროს განაპირობებს ახალი ინფორმაციული პარამეტრების დანერგვის მიზანშეწონილობას, რომლებიც უფრო მჭიდროდ არიან დაკავშირებულნი დადლილობითი ბზარის პარამეტრებთან ვიდრე ტრადიციული პარამეტრები (აკუსტიკური ემისიის ინტენსივობა, აკუსტიკური ემისიის იმპულსების საშუალო ამპლიტუდა). მათ რიცხვს შესაძლებელია მივაკუთნოთ დატვირთვის ერთი ციკლის დროს აკუსტიკური ემისიის იმპულსების ამპლიტუდების ჯამის  $A_0$  დონის გადაჭარბების და აკუსტიკური ემისიის

იმპულსების ჯამის ამავე დონის  $A_i$  სიდიდის გადაჭარბების ალბათობა  $Q$ .

ბოლო ხანს აკუსტიკური ემისიის კონტროლის მეთოდები ფართოდ გამოიყენება საპასუხისმგებლო კონსტრუქციების პნევმო-გამოცდების დროს, როგორცაა წნევის ჭურჭლები, თხევადი აირების შესანახი რეზერვუარები.

აკუსტიკური ემისიის კონტროლი გამოყენება, როგორც ჩანს, პერსპექტიულია გრძელი მილსადენების ტექნიკური მდგომარეობის შეფასებისას, განსაკუთრებით იმ მილსადენებისათვის, სადაც დეფექტების განვითარება შესაძლებელია მილების და მონალუნების შიდა მხარეს. აკუსტიკური ემისიის კონტროლი მიზანშეწონილია გავერთიანოთ დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის განსაზღვრის საშუალებებთან რღვევის უდიდესი საშიშროების ზონებში, მაგალითად, ტენზომეტრირებით ან ხელსაწყო **ПИОН-01**-ის გამოყენებით. ნარჩენი ძაბვების პორტატული ინდიკატორი **ПИОН-01** განკუთვნილია ნარჩენი

ძაბვების დონის კონტროლისათვის დეტალებში ფერომაგნიტური მასალებისაგან. წარმატებით გამოიყენება დატვირთვის ქვეშ მყოფი დეტალებში და კონსტრუქციებში ლოკალური უბნების გამოსავლენად ძაბვების ამადლებული დონით. ხელსაწყოს მუშაობა დაფუძნებულია ზედნადები გარდაქმნელის მეშვეობით გადამაგნიტების მაგნიტური ხმაურის ემ-ის სიდიდის რეგისტრაციაზე, რაც ფუნქციონალურად დაკავშირებულია ძაბვების დონესთან კონტროლის ზონაში. საკონტროლო დეტალების ზედაპირის მინიმალური ზომებია  $15 \times 12$  მმ, კონტროლირებული ფენის მაქსიმალური სიღრმეა 0.4 მმ, მგრძობელობა ძაბვების მიმართ 10 მპა.

აკუსტიკური ემისიის პარამეტრების გასაზომად შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას აპარატურა მგრძობელობის ზღვართ მექანიკური გადაადგილების მიმართ არანაკლებ  $10^{-12}$  მ, სიხშირული ზოლით 0,1...2.0 მჰც, რომელსაც აქვს სიხშირული და ამპლიტუდური აპარატული სელექციის მოწყობილობები. ნიმუშების სტანდარტული სქემებით გამოცდისას გამოიყენება ერთარხიანი აპარატურა, რომელიც ახდენს მხოლოდ ორი პარამეტრის რეგისტრაციას: ათვლის სიჩქარის და სიგნალების ამპლიტუდას. აკუსტიკური ემისიით ნატურული

კონსტრუქციების დადლილობითი ბზარების დეტალური შესწავლისას ბზარის წარმოქმნის ზონაში გართულებული მიდგომისას საჭიროა აკუსტიკური ემისიის დიდი რაოდენობის პარამეტრების გაზომვა.

კონსტრუქციების მასალების დეფექტურობის განსაზღვრისათვის გამოიყენება სხვადასხვა ელექტრო და მაგნიტური კონტროლის მეთოდები (ინდუქციური, ელექტრული პოტენციალის გაზომვის ზონდური მეთოდი, თერმოელექტრული, მაგნიტური, და ა.შ.).

მასალების დეფექტურობის კონტროლის მაგნიტური მეთოდები ეფუძნება მაგნიტურ ველის გაზომვებს, რომლის ძალური ზემოქმედება ფიქსირდება სხვადასხვა ხერხებით.

დეტალის ზედაპირულ ბზარზე წარმოიქმნება, დამოკიდებული დეფექტის განლაგებაზე და ზომაზე, განბნევის ველი მაგნიტური წინააღმდეგობის ზრდის და მაგნიტური ძალური ხაზების გარდატეხისას (დეფექტის არეში ძლიერდება მაგნიტური ველის ტანგენციალური დაძაბულობა). ძალური ხაზების ძირითადი ნაწილი გვერდს უვლის ბზარს, ხოლო მცირე ნაწილი აღწევს ზედაპირზე განბნევის ნაკადის სახით, თანაც გაბნევის ველის სიგანე აღემატება ბზარის სიგანეს, რაც იძლევა მისი ფიქსირების საშუალებას სიგანეზე 1 მკმ-დე. განბნევის ველი ფიქსირდება მაგნიტურ ფხვნილთა მეთოდით, მაგნიტოგრაფიის მეთოდით ან ზონდური მეთოდით: ზედაპირული ბზარების არსებობისას აფიქსირებენ ძალური ხაზების გადახრას საწყისი მდებარეობიდან.

ზედაპირული ბზარების აღმოსაჩენად რკინისა და ფოლადის ნაკეთობებში გამოიყენება მაგნიტურ ფხვნილთა მეთოდი შავი, ფერადი, ან ფერო მაგნიტური მაფლუორესცირებელი ფერომაგნიტური ნაწილაკების გამოყენებით ზომით დაახლოებით 10 მიკრონი თხევადი ემულსია. ზედაპირული ბზარის ზონაში დიდი გრადიენტების გამო, ფხვნილი მიიზიდება და შექმნის რაიმე ფიგურას. მეთოდის ეფექტურობა მცირდება ბზარების განლაგების სიღრმის ზრდასთან ერთად, რის გამოც განპირობებულია მისი გამოყენება ზედაპირული დეფექტების გამოსავლენად.

მაგნიტური ველის შესაქმნელად გამოიყენება მუდმივი მაგნიტები და ცვლადი და იმპულსური ძაბვის წყაროები [56]. განბნევის ველის

დაძაბულობის მნიშვნელობას იღებენ 100 ანგსტრემი/სმ დეფექტების გარეშე დეტალის ზედაპირზე მაგნიტური ველის დაძაბულობისას  $15 \div 25$  ანგსტრემი/სმ. ბზარების კონტროლს აწარმოებენ დამაგნიტების პროცესში ან მის შემდეგ. განმაგნიტებას აწარმოებენ დაბალ-სიხშირიანი მიღევადი ამპლიტუდით ცვლადი ველის მოდებით ან კიურის წერტილზე მაღალ ტემპერატურაზე გახურებით.

მოცემული მეთოდის ავტომატიზაციის შეზღუდული შესაძლებლობების გამო ავტომატიზირებულ დანადგარებში ხშირად იყენებენ მაგნიტოგრაფულ მეთოდს, რომელიც ფერომაგნიტური ნაწილაკები იმყოფებიან ფართო მაგნიტური ლენტზე ჩანართების სახით, რომელზეც დამაგნიტების ადგილები შეესაბამებიან განბნევის ველს.

მაგნიტურ ფხვნილთა მეთოდი იძლევა საშუალებას გამოვაკლინოთ ზედაპირული ბზარები გახსნის მინიმალური სიგანით 0,001 მმ-დე და სიღრმით 0.01...0.05 მმ. მეთოდი გამოიყენება ლითონის დეტალების კონტროლისათვის ღია ფერის ზედაპირით და უწყვეტობის ზედაპირისქვეშა დარღვევით სიღრმეზე 0.1...0.3 მმ. მაგნეტო-ლუმენისისცენრული მეთოდით ხდება ზედაპირული ბზარების გამოვლენა გახსნის მინიმალური სიგანით 0.5 მმ და სიღრმით 0,01 მმ დეტალებზე მუქი და ღია ზედაპირებით [81].

მსხვილგაბარიტული დეტალების და კვანძების ნებისმიერი ორიენტაციის ზედაპირული დეფექტების კონტროლისათვის გამოიყენება გადასატანი მაგნიტური დეფექტოსკოპები მასით 30 კგ-დე, სტაციონარული მაგნიტოლუმინესცენტური დეფექტოსკოპები მაგნიტური ველის აგზნებით გრძივი და ცირკულარული მაგნიტური ველების ერთდროული მოქმედებით [81].

რადიაციული დეფექტოსკოპია წარმოადგენს კონსტრუქციების ხარისხის ურღვევი კონტროლის ერთ-ერთ ყველაზე ეფექტური მეთოდს, რომელიც უზრუნველყოფს სხვადასხვა მაკროსკოპური დეფექტების გამოვლენას (შეუდებლობა, ფორიანობა, ბზარები და ნიჟარები, გარე ჩანართები და ა.შ.)

ზოგიერთ მრეწველობის დარგში რადიაციული დეფექტოსკოპიის წილი შედუღებული, რჩილული და სხვა უშლელი შეერთებების, აგრეთვე სხმულების კონტროლისას ურდვევი კონტროლის სხვა მეთოდებს შორის აღწევს 80%.

რადიაციული დეფექტოსკოპია ხორციელდება რადიოგრაფული, რადიოსკოპური და რადიომეტრული მეთოდებით [36]. რადიოგრაფული და რადიოსკოპური კონტროლისას ნაკეთობას აშუქებენ და ინფორმაცია ფიქსირდება შესაბამისი დეფექტების გამოსახულებით რენტგენის ფირზე და ფლუორესცირებულ ეკრანზე.

დეფექტების არსებობა და მახასიათებლები განისაზღვრება ინტენსივობის განაწილებით გაშუქების შედეგად, რომელიც ფიქსირდება რენტგენის ფირზე, რომელიც განთავსებულია დეტალის უკანა მხარეს.

საზომ მოწყობილობად გამოიყენება ფოტომეტრები და დენსიტომეტრები ფოტოელექტრონული მამრეველებებით [56].

რენტგენოგრაფული მეთოდი ასევე შეიძლება გამოყენებული იქნეს ძაბვების გასაზომად მასალაში ფიქსირებული დაგრძელებებით გაზომვების ბაზად ატომებს შორის მანძილისა ან სიბრტყეთაშორისი მანძილის გამოყენებით. გაზომვები დაფუძნებულია დიფრაქციისა და რენტგენის სხივების ინტერფერენციის ეფექტებზე.



### თავი 3. მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის თეორიული შეფასება

#### 3.1. ნავთობპროდუქტების რეზერვუარების სიმტკიცის უზრუნველყოფა

ჭურჭლების ექსპლუატაციის უსაფრთხოება განისაზღვრება მათი უზრუნველყოფილი სიმტკიცით. თუმცა, ავარიები ასეთ ობიექტებზე შეიძლება წარმოქმნას კონსტრუქციების მდგომარეობის კონტროლისა და მონიტორინგის არსებული სისტემის ხარვეზების, ასევე ყოვლისმომცველი ნორმატიული ტექნიკური დოკუმენტის არარსებობის გამო.

დიდი მოცულობის რეზერვუარების ავარიები იწვევენ მძიმე შედეგებს, რაც დაკავშირებულია ადამიანთა მსხვერპლთან და მიმდებარე სამრეწველო და სამოქალაქო შენობა-ნაგებობების რღვევასთან.

ნავთობპროდუქტების და თხევადი აირების საცავეების ექსპლუატაციის უსაფრთხოება უნდა იყოს უზრუნველყოფილი პროექტირებისას, აგებისას და ექსპლუატაციისას. მნიშვნელოვან ამოცანას, რომლის გადაწყვეტა საშუალებას იძლევა გაუმჯობესდეს საცავეების საიმედოობა, წარმოადგენს მათი მეცნიერულად დასაბუთებული კომპლექსური ტექნიკური შემოწმებების ჩატარება და ლითონის, საძირკვლის, თბოსაიზოლაციო კონსტრუქციების და ტექნოლოგიური აღჭურვილობის მდგომარეობის დიაგნოსტიკის და ოპერატიული კონტროლის სისტემით აღჭურვა.

ქვემოთ განხილულია ფოლადის თხევადი პროდუქტების შესანახად განკუთვნილი რეზერვუარების ზოგიერთ სტატიკურ დატვირთვებზე კონსტრუქციების სიმტკიცეზე გაანგარიშების საინჟინრო მეთოდები. ძირითადი ყურადღება ეთმობა დიდი მოცულობის ვერტიკალურ ცილინდრულ რეზერვუარებს, რომლებიც წარმოადგენენ უდიდეს საფრთხეს ექსპლუატაციის დროს, განსაკუთრებით სეისმურად აქტიურ რეგიონებში.

რეზერვუარების დინამიკური გაანგარიშებისას სეისმურ ზემოქმედებაზე ითვალისწინებენ კონსტრუქციებში დაბევს სტატიკური დატვირთვებიდან, ანუ სტატიკური გაანგარიშების შედეგები წარმოადგენენ საწყის პირობებს დინამიკური გაანგარიშებისათვის. მასალის დრეკადი მუშაობის დაშვებაში დინამიკურ დაბევს აჯამებენ სტატიკურ დაბევბთან.

რეზერვუარების სიმტკიცეზე გაანგარიშებისას გამოიყენება დატვირთვების მასალების საანგარიშო წინაღობის შემასწორებელი კოეფიციენტები. რადგან სეისმურ გაანგარიშებაში აგრეთვე მხედველობაში მიიღება სტატიკური დატვირთვები, სრულ გაანგარიშებას აწარმოებენ დატვირთვების სპეციალური კომბინაციით. ზოგიერთი კოეფიციენტი გადაიხედება რამოდენიმე ნორმატიული დოკუმენტით, ამიტომ აგრეთვე უნდა განვიხილოთ მათი ურთიერქმედება. გათვლებში გაითვალისწინება შემდეგი ფაქტორები:

$n_c$  - დატვირთვების კომბინაციის კოეფიციენტი СНиП II-7-81 მიხედვით,  $n_c=0.5\div 1.0$ ;

$y_n$  - ნაგებობის დანიშნულების საიმედოობის კოეფიციენტი СНиП 2.01.07-85 მიხედვით,  $y_n=0.95\div 1.0$ ;

$y_f$  - დატვირთვების საიმედოობის კოეფიციენტი СНиП 2.01.07-85 მიხედვით და დამატებითი კოეფიციენტი СНиП 2.09.03-85 მიხედვით,  $y_f=1.1\div 1.3$ ;

$y_m$  - მასალის საიმედოობის კოეფიციენტი СНиП H-23-81\* მიხედვით,  $y_m=1.025\div 1.1$ ;

$y_c$  - მუშაობის პირობების კოეფიციენტი СНиП 2.09.03-85 და СНиП H-23-81\* მიხედვით,  $y_c=0.7\div 1.0$ ;

$m_{sn}$  - მუშაობის პირობების კოეფიციენტი СНиП II-7-81 მიხედვით,  $m_{sn}=1.0\div 1.4$

დრეკადი კონსტრუქციების სიმტკიცეზე გაანგარიშებისას დატვირთვები მრავლდება კოეფიციენტებზე  $y_n$ ,  $y_f$  და  $n_c$ , ხოლო მასალების საანგარიშო წინაღობები მრავლდება კოეფიციენტებზე  $y_c$ ,  $m_{kr}$  და იყოფა  $y_m$  -ზე.

რეზერვუარის გარსს ანგარიშობენ დატვირთვების მთლიან სისტემაზე, მათ შორის თხევადი პროდუქტის ჰიდროსტატიკურ ზემოქმედებაზე (სრული ჩასხმისას). კონსტრუქციაში შინაგან ძალებს განსაზღვრავენ ღეროვანი სისტემების სამშენებლო მექანიკის მომენტების მეთოდით ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარების მიმართებაში. მოცემული მეთოდი გავრცელებულია თხელ-კედლიანი კონსტრუქციების სამშენებლო მექანიკაში და ასევე ფართოდ გამოიყენება ბრუნვითი გარსების, რგოლური ფილებისა და კოჭების გაანგარიშებისას. ამიტომაც გამოყვანის გარეშე გათვლებით თანმიმდევრობით მოცემულია რეზერვუარის გამოთვლისას საჭირო ყველა ფორმულა, რაც წარმოადგენს ანგარიშის ალგორითმის საფუძველს.

ქვემოთ გამოყენებულია შემდეგი აღნიშვნები (ტექნიკური სისტემაში განზომილებით: ძალა - კგძ, სიგრძე - სმ, დრო - წმ):

A - რეზერვუარის გარსის რადიუსი, სმ; H - რეზერვუარის სიმაღლე, სმ;  $n_0$  - გარსის სარტყელების რაოდენობა;  $\delta_{კედ}$  - გარსის პირველი (ქვედა) სარტყელის კედლის სისქე, სმ;  $\delta_c(n_0)$  - სარტყელების კედლის სისქეები (ნუმერაცია ქვემოდან), სმ;  $H_c(n_0)$  - ყველა სარტყელის სიმაღლე;  $H_*$  - პროდუქტის ჩასხმის სიმაღლე, სმ;  $\delta_{ფს}$  - ფსკერის სისქე, სმ;  $\delta_0$  - ფურცლების სისქე, სმ;  $J_D$  - დაფარვის წონა, კგფ;  $J_k$  - მცურავი სახურავი წონა, კგფ;  $G_c$  - თოვლის წონა ფართობის ერთეულზე, კგძ/სმ<sup>2</sup>;  $G_s$  - თბოიზოლაციის წონა ფართობის ერთეულზე, კგძ/სმ<sup>2</sup>;  $V_m$  - გარსის მასალა მოცულობითი წონა, კგძ/სმ<sup>3</sup>; E - გარსის მასალის დრეკადობის მოდული, კგძ/სმ<sup>2</sup>;  $\mu$  - გარსის მასალის პუასონის კოეფიციენტი;  $R_u$  - მასალის საანგარიშო წინაღობა, კგძ/სმ<sup>2</sup>;  $V_{ოდ}$  - შესანახი თხევადი პროდუქტის მოცულობითი წონა კგძ/სმ<sup>3</sup>;  $P_H$  - წნევა (შიდა თანაბარი წნევა), კგძ/სმ<sup>2</sup>;  $\beta_0$  - საძირკვლის საწოლის კოეფიციენტი, (კგძ/სმ<sup>2</sup>)/სმ;  $K_0$  - გრუნტის კატეგორია სეისმური თვისებების მიხედვით;  $K_{0k}$  - სეისმურობის განმეორებადობა რაიონისათვის;  $K_{L0}$  - ნაგებობის პასუხისმგებლობის კლასი;  $\nu$  - პროდუქტის სიბლანტის კოეფიციენტი, სმ<sup>2</sup>/წმ;  $K_T$  - გარსის ფუნდამენტზე ხახუნის კოეფიციენტი;  $n_n$  - ფუნდამენტთან ჩამაგრების

საანკერო ჭანჭიკების რაოდენობა,  $K_c$  - სეისმურობის კოეფიციენტი;  $g$  - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება.

### შიდა ძალების გაანგარიშება

კონსტრუქციაში შიდა ძალების განაწილებას განსაზღვრავენ რეზერვუარში ყველაზე დაძაბულ ზონაში, გარსის სარტყლებში და ფსკერში. გარსში შიდა ძალების სისტემა კონტურის ერთეულ სიგრძეზე მოიცავს მღუნავ მომენტებს, განივ ძალებს, წრიულ ძალებს, ღერძულ ძალებს, კედლის კონტურულ დაწნევას ფსკერზე.

ცალკეული ძალების ექსტრემალურ მნიშვნელობების შესაბამისი ძაბვები არ იძლევიან სიმტკიცის ამომწურავ შეფასებას, და კონსტრუქციის საშიში კვითები და საშიში წერტილები განისაზღვრებიან ექვივალენტური ძაბვების ექსტრემუმებით. მიუხედავად ამისა შიდა ძალების და ძაბვების მაქსიმუმების სისტემა შეიძლება გამოყენებულ იქნას კონსტრუქციის მდგომარეობის დამატებითი საკონტროლო შეფასებებისათვის.

მოყვანილია საანგარიშო ფორმულები გარსში შიდა ძალების გამოთვლის თანმიმდევრობით საკუთარი წონის ზემოქმედებისას, საყრდენი და გარსის დაყრდნობის ორი ტიპის ჰიდროსტატიური წნევისათვის: ა) საკუთარ კონტურზე, მათ შორის საძირკველში ჩამაგრებული კედლით, ბ) ბრტყელი ფსკერით დრეკად საძირკველზე.

გარსის კედლის პირობითი დაწოლის კოეფიციენტი კგძ/სმ<sup>3</sup>,

$$\beta_j = E \delta_j / A^2. \quad (3.1)$$

გარსის კედლის ცილინდრული სიხისტე:

$$D_j = \frac{E \delta_j^3}{12(1 - \mu^2)}. \quad (3.2)$$

გარსის კედლის მოქნილობის კოეფიციენტი 1/სმ

$$\alpha_j = \sqrt[4]{\beta_j / (4D_j)}. \quad (3.3)$$

გარსის კედლის ღუნვითი სიხისტე, კგძ,

$$i_j = \beta_j / (2\alpha_j^3). \quad (3.4)$$

ფსკერის ცილინდრული სიხისტე:

$$D_{\text{ფ}} = \frac{E\delta_{\text{ფ}}^3}{12(1-\mu^2)} \cdot \quad (3.5)$$

ფსკერის მოქნილობის კოეფიციენტი, 1/სმ,

$$\alpha_{\text{ფ}} = \sqrt[4]{\beta_0/(4D_{\text{ფ}})}. \quad (3.6)$$

ფსკერის ღუნვითი სიხისტე:

დაყრდნობისას დრეკად საძირკველზე, კვძ,

$$i_{\text{ფ}} = \beta_0/(4\alpha_{\text{ფ}}^3). \quad (3.7)$$

საკუთარ კონტურზე დაყრდნობისას, კვძ,

$$i_{\text{ფ}} = \frac{E\delta_{\text{ფ}}^3}{12A(1-\mu)} \cdot \quad (3.7, \text{ა})$$

კედლის  $\bar{i}_{\text{ფ}}$  და  $\bar{i}_{\text{ფ}}$  ფსკერის სიხისტეების ფარდობითი ცვლილები

$$\bar{i}_{\text{ფ}} = i_{\text{ფ}}/(i_{\text{ფ}} + i_{\text{ფ}}), \quad (3.8)$$

$$\bar{i}_{\text{ფ}} = i_{\text{ფ}}/(i_{\text{ფ}} + i_{\text{ფ}}). \quad (3.9)$$

დერძული ძალვა კედელში შედგება ზემოთგანლაგებული ლითონის და იზოლაციის წონისაგან, მათ შორის კონსტრუქციის ცილინდრული ნაწილის და თოვლიანი დაფარვით. ძალვა ქვედა სარტყელის  $i$ -ურ ბოჭკოში იქნება

$$N_B(X) = \left[ \sum_i (Q_1^{(i)} + Q_3^{(i)}) + Q_2 + Q_4 + Q_5 \right] / (2\pi A), \quad (3.9, \text{ა})$$

სადაც დაჯამება ხორციელდება გარსის ზემოთგანლაგებული სარტყელების რაოდენობის მიხედვით  $Q_1^{(i)}$ ;  $Q_2$  - დაფარვის კონსტრუქციის წონა;  $Q_3^{(i)}$  - გარსის ზემოთგანლაგებული თბოიზოლაციის წონა;  $Q_4$  - დაფარვის თბოიზოლაციის წონა;  $Q_5$  - თოვლის წონა (გაჭიმვა შიდა დაწნევის ხარჯზე მხედველობაში არ მიიღება გაანგარიშების მარაგში).

СНнП-ის კოეფიციენტების გათვალისწინებით ფორმულა (3.9, ა) შემდეგნაირად ჩაიწერება

$$N_B(X) = \left\{ n_{cl}\gamma_n\gamma_{fi} \left( \sum_i Q_1^{(i)} + Q_2 \right) + n_{cl}\gamma_n\gamma_{f4} \left( \sum_i Q_3^{(i)} + Q_4 \right) + n_{c3}\gamma_n\gamma_{fi} Q_5 \right\} / (2\pi A), \quad (3.9, \text{ბ})$$

სიმარტივისათვის СНиП -ის კოეფიციენტები ფორმულებში გამოტოვებულია.

კონტურული წნევა (ძალა გარსის საყრდენი კვეთის კონტურის სიგრძის ერთეულზე) განისაზღვრება ძალების დაჯამებით ყველა  $n_0$  სარტყელზე

$$N_c = V_m \sum_{i=1}^{n_0} \delta_c^{(i)} H_c^{(i)} + J_p / (2\pi A) + \frac{1}{2} A(G_c + G_s) + HG_s. \quad (3.9.გ)$$

კედლის ჩამაგრების მდუნავი მომენტები (შემდგომ მომენტები) დაწნევისაგან

$$\bar{M}_j^1 = P_H / (2\alpha_j^2) \quad (3.10)$$

პროდუქტის ჰიდროსტატიკური დაწნევისაგან

$$\bar{M}_j^2 = V_j (\alpha_j \cdot H_* - 1) / (2\alpha_j^3), \quad (3.10,ა)$$

კონტურული დაწნევისაგან  $M_{cm}^{(3)} = 0$ .

ფსკერის ჩამაგრების მომენტები დრეკად ფუძეზე დაყრდნობისას, კონტურული დაწნევისაგან  $N_c$

$$\bar{M}_j^{(3)} = N_c / (2\alpha_j) \quad (3.11)$$

თანაბარი და ჰიდროსტატიკური დაწნევისაგან  $\bar{M}_j^{(1,2)} = 0$ .

ფსკერის ჩამაგრების მომენტები კონტურზე დაყრდნობისას, კვდ: თანაბარი დაწნევისაგან

$$\bar{M}_j^{(1)} = -P_H A^2 / 8, \quad (3.11ა)$$

ჰიდროსტატიკური დაწნევისაგან

$$\bar{M}_j^{(2)} = -V_j H_* A^2 / 8, \quad (3.11ბ)$$

კონტურული დაწნევისაგან  $\bar{M}_j^{(3)} = 0$ .

ჩამაგრების მომენტების ჯამი დატვირთვის ყველა კომპონენტისაგან

$$\bar{M}_\Sigma = \sum_{j=1}^3 (\bar{M}_{cm}^{(j)} + \bar{M}_{\partial H}^{(j)}). \quad (3.12)$$

გარსის კედელში და ფსკერში კიდის ეფექტების საანგარიშო მდუნავი მომენტები, ტოლია:

$$M_{\delta} = \sum_{j=1}^3 (\bar{M}_{\delta}^{(j)} - \bar{i}_{\delta} \bar{M}_{\Sigma}), \quad (3.13)$$

$$M_{\text{ფ}} = \sum_{j=1}^3 (\bar{M}_{\text{ფ}}^{(j)} - \bar{i}_{\text{ფ}} \bar{M}_{\Sigma}). \quad (3.14)$$

განმბრჯენვა  $H_p$  გარსის დაყრდნობის სიბრტყეში, თანაბარი დაწნევისაგან  $H_p^{(1)} = -P_n / \alpha_{cm}, 3$

ჰიდროსტატიკური დაწნევისაგან  $H_p^{(2)} = -V_{\delta} (2\alpha_{\delta} H_* - 1) / (2\alpha_{\delta}). 3$

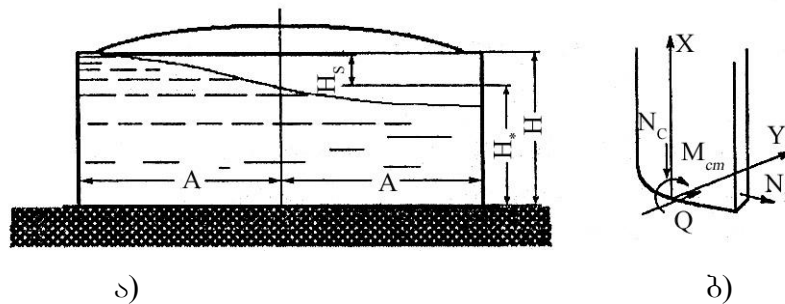
ჰიპერბოლურ-ტრიგონომეტრიული ფუნქციები, რომლებიც გამოიყენება გარსში შინაგანი ძალების განაწილების გაანგარიშებისათვის კოორდინატაზე (ნახ. 3.1):

$$f_1 = \exp(-\alpha_{cm} X) \cos(\alpha_{cm} X),$$

$$f_2 = \exp(-\alpha_{cm} X) \sin(\alpha_{cm} X),$$

$$f_3 = f_1 + f_2,$$

$$f_4 = f_1 - f_2.$$



ნახ. 3.1. ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარის სქემა (ა) და გარსში შინაგანი ძალების სისტემა განივღარის კვანძის ზონაში (ბ)

შინაგანი ძალების განაწილება დატვირთვის ყოველი ( $j$  - ური) კომპონენტისათვის (ინდექსი გამოტოვებული):

მღუნავი მომენტი,  $M(x) = M_{cm} f_3 + H_p \alpha_{cm}^{-1} f_2$ , განივი ძალისაგან,  
 $Q(x) = -2M_{cm} \alpha_{cm} f_2 + H_p f_4$ . მომენტგარეშე წრიული ძალები,  
 $N^1 = PA$ ;  $N^{(2)} = V_{\delta} (H_* - X)$ ;  $N^{(3)} = 0$ .

წრიული ძალის განაწილება დატვირთვით ყოველი კომპონენტისათვის ( $j=1,2,3$ ),

$$N_2(X) = 2A \alpha_{cm}^2 M_{cm} f_4 + 2A \alpha_{cm} H_p f_1 + N^{(j)}. \quad (3.15)$$

ძალეების კომპონენტები ჯამდება.

ამოწერილი ფარდობები განაზოგადებენ გარსის დაყრდნობის ვარიანტს მისი ხისტად ჩამაგრების დროს ფორმულების თანმიმდევრულად გამოყენებისას: (51.1)...(51.3)  $\beta_{cm}, D_{cm}, \alpha_{cm}$ ; (51.10), (51.10ა)  $\bar{M}_{cm}^{(1)}, \bar{M}_{cm}^{(2)}$ ; (51.15),  $H_p^{(1)}, H_p^{(2)}$ ;  $f_1, f_2, f_3, f_4$  განსაზღვრისათვის, და შემდგომ, რომლებშიც  $M_{cm}^{(j)}$  იცვლება  $\bar{M}_{cm}^{(j)}$ -ითი.

ფარდობების მეორე ვარიანტი გარსის ხისტი ჩამაგრების შემთხვევისათვის (ქვედა სარტყელის კედლის  $\delta$  სისქით) შემდგენაირია:

გარსის ჩაღუნვა განივღარის კვანძის ზონაში,

$$W(X) = \frac{-P_m A^2}{E\delta} \left[ 1 - \frac{X}{H_p} - \theta_1 - \left( 1 - \frac{1}{\beta_1 H_p} \right) \aleph \right],$$

$$\theta_1 = \exp(-\beta_1 X) \cos(\beta_1 X), \quad \aleph = \exp(-\beta_1 X) \sin(\beta_1 X),$$

$$\beta_1^4 = 3(1 - \nu^2) / (A^2 \delta^2),$$

სადაც  $P_m = P(X)_{X=0}$  - ჰიდროსტატიკური წნევის მაქსიმუმია (პონტონის ან მცურავი სახურავის თოვლით წონის ჩათვლით);

კიდის მღუნავი მომენტი  $M_\theta(X)$ , განივღარის კვანძში ინტენსიურად მცირდება კოორდინატაზე შემდეგი ფორმულების მიხედვით

$$M_\theta(X) = M_\theta^{\max} (\theta_1 - \aleph / C); \quad C = 1 - 1 / (\beta_1 H_p);$$

$$M_\theta(X) = AC\delta P_m / D_\theta; \quad D_\theta = \sqrt{12(1 - \mu^2)}.$$

განივი ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა განივღარის კვანძში  $X=0$  კვეთაში კონტურის სიგრძის ერთეულზე,  $Q_\theta^{\max} = (2\beta_1 - H_p^{-1}) A \delta P_m / D_\theta$ , წრიული ძალვა,  $N_\theta(X) = E\delta W(X) / A$ .

წრიული ძალვა, კგძ/სმ, სტატიკური წნევისაგან (უმომენტო თეორია) გარსის ყველა სარტყელისათვის (საყრდენი ზონის გარდა) განისაზღვრება ფორმულით  $N_0(X) = P(X)A$ .

შემდგომ შინაგანი ძალეების ექსტრემუმებისათვის გამოიყენება აღნიშვნები:  $N_{10} = N_c, N_{20} = N_2(0), M_0 = M(0), Q_0 = Q(0), M_m = M(X_2), N_{2m} = N_2(X_3), Q_m = Q(X_4)$ .



## ძაბვების გაანგარიშება

შინაგანი ძაბვების მნიშვნელობების მიხედვით გამოითვლება კილის ეფექტის ძაბვები, ძაბვების ექსტრემალური კომპონენტის მნიშვნელობები განივღარის კვანძის ზონაში, გარსის ყველა სარტყელში და ფსკერში. ექვივალენტური ძაბვები როგორც მიზნობრივი ფუნქციების ექსტრემუმები, გამოითვლება იტერაციის მეთოდით კომპიუტერზე.

კილის ეფექტის ძაბვები (გარსის დაყრდნობის სიბრტყეში):  
ღერძული ფიბრული ძაბვები (კუმშვა)

$$\sigma_{10} = N_{10}/\delta + 6|M_0|/\delta^2 \quad (3.16)$$

წრიული ძაბვები (გაჭიმვა)

$$\sigma_{20} = N_{20}\delta \quad (3.17)$$

მხები ძაბვები კედლის ცენტრში

$$\tau_0 = 3/2 Q_0/\delta \quad (3.18)$$

ექვივალენტური ფიბრული ძაბვები გარსის კედელში

$$\sigma_{30} = \sqrt{\sigma_{10}^2 + \sigma_{20}^2 + \sigma_{10}\sigma_{20}} \quad (3.19)$$

ძაბვები ფსკერში

$$\sigma_{\text{ბირ}} = |Q_0|/\delta_{\text{ბირ}} + 6|M_{\text{ბირ}}|/\delta_{\text{ბირ}}^2 \quad (3.20)$$

განივღარის კვანძის ზონაში ძაბვების ექსტრემუმები:  
ღერძული ფიბრული ძაბვები (კუმშვა)

$$Q_{1max} = N_{10}/\delta + 6|M|/\delta^2, \quad (3.21)$$

წრიული ძაბვები (გაჭიმვა)

$$\sigma_{2max} = N_{2m}\delta, \quad (3.22)$$

მხები ძაბვები

$$\tau_{max} = \frac{3}{2} Q_m/\delta, \quad (3.23)$$

სადაც  $M_m, N_{2m}$  და  $Q_m$  - შესაბამისი ექსტრემუმების უდიდესი მნიშვნელობებია მოდულის მიხედვით.

ექვივალენტური ძაბვა განივდარის კვანძის ზონაში გამოითვლება, როგორც მიზნობრივი ფუნქციის მაქსიმუმი

$$\sigma_s = \max \sqrt{|\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_1 \sigma_2|} \quad (3.24)$$

სადაც  $\sigma_2$  - წრიული გამჭიმავი ძაბვა -  $X$  კოორდინატის ფუნქციაა;  $\sigma_1 = \sigma_{10}$  - მკუმშავი ფიბრული ძაბვა კედელში

$$\sigma_1 = N_{10} / \delta - 6 |M(X)| / \delta^2 \quad (3.25)$$

( $\sigma_1 \sigma_2$  ნამრავლის “+” ნიშანი შეესაბამება  $\sigma_1$  და  $\sigma_2$  ძაბვების ერთნაირ ნიშნებს)

$\sigma_1^j, \sigma_2^j$  ძაბვების მდგენელები და ექვივალენტური ძაბვები  $\sigma_{\text{შ}}^j$  გარსის ყველა ( $j - x$ ) სარტყელში

$$\sigma_{\text{შ}}^j = \sqrt{(\sigma_1^j)^2 + (\sigma_2^j)^2 + \sigma_1^j \sigma_2^j} \quad (3.35)$$

$\sigma_1$  ძაბვის გაანგარიშებისას მხედველობაში მიიღება გარსის, თბოიზოლაციის, სახურავის და თოვლის წონა, ხოლო  $\sigma_2$  გაანგარიშებისას - შინაგანი დაწნევის წნევა, სითხის ჰიდროსტატიკური წნევა საკუთარი წონისაგან, პონტონის წონისაგან ან მცურავი სახურავით თოვლისთვის (მათი არსებობისას).

სიმტკიცის შემოწმება ხორციელდება ძაბვების კომპონენტების და დატვირთვების სრული სისტემისაგან ექვივალენტური ძაბვების შედარებით დასაშვებ ძაბვებზე.

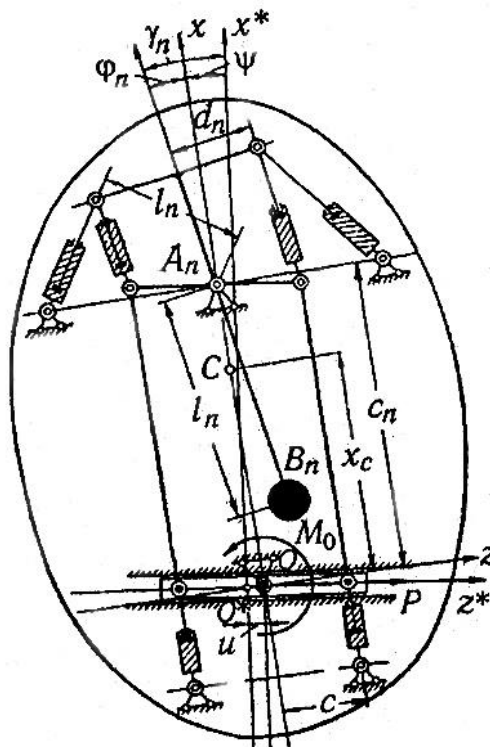
### რეზერვუარების სითხით გაანგარიშება

სითხით სრულად შევსებული დახურული რეზერვუარი ან სხვა რაიმე ჭურჭელი შესაძლებელია განვიხილოთ როგორც მყარი სხეული, ვინაიდან მოძრაობისას ზედაპირული ტალღები არ წარმოიქმნებიან, ხოლო სითხეების კუმშვადობა საკმაოდ მცირეა.

რეზერვუარების ნაწილობრივი შევსება - წარმოადგენს ყველაზე რეალურ შემთხვევას მათი ექსპლუატაციის დროს. ჭურჭლებში მათი ნაწილობრივი შევსების დროს აჩქარებული მოძრაობისას წარმოიქმნებიან ზედაპირული ტალღები (მათ სიმაღლეს ვერტიკალური

რეზერვუარებისათვის აქვთ 0.1 რადიუსის თანრიგი), და თუ ღრეწო მშვიდი პროდუქტის ზედაპირსა და სახურავს შორის იქნება მცირე, შესაძლებელია ტალღების დარტყმა სახურავზე, მისი დაზიანება და პროდუქტის გარეთ ამოფრქვევა.

ჰიდროდინამიკური დაწნევის ველების გამოთვლის პრობლემას დინამიურად დატვირთულ სითხით ნაწილობრივ შევსებულ ჭურჭლებში ეძღვნება ბ.გ. კორენევის, გ.ს. ნარიმანოვის, დ.ე. ოხოციმსკის, ბ.ი. რაბინოვიცის, ლ.ნ. სრეტენსის, ს. ჯაკობსონის, ვ. ჰაუზნერის და სხვების შრომები.



ნახ 3.2. ბლანტი სითხით ნაწილობრივ შევსებული ჭურჭლის მექანიკური მოდელი (სიმეტრიის ერთ-ერთ სიბრტყეში), კინემატიკური შეშფოთების მოქმედების დროს. სითხე შეცვლილია მათემატიკური ქანქარების ნაკრებით (ნახაზზე ნაჩვენებია ერთ-ერთი მათგანი). სითხის სიბლანტესთან დაკავშირებული დისიპატიური მომენტები მოდელირებული არის დემპფერების სისტემით: C – ცარიელი ჭურჭელის სიმძიმის ცენტრი, u - O წერტილის გადაადგილება  $Oz^*$  ღერძზე,  $\Psi$  – ჭურჭლის მობრუნება,  $\gamma_n$  – ქანქარას მობრუნება  $ox^*$  ღერძის მიმართ.

ხორციელდებოდა ჭურჭლის თხევადი შევსებით დინამიკის მათემატიკური მოდელირების მცდელობები დინამიკაში მექანიკური ანალოგების მეშვეობით. ნახ. 3.2-ზე ნახვენებია ერთ-ერთი ამ მოდელისაგან (Микишев Г.Н., Рабинович Б.И. Динамика тонкостенных конструкций с отсеками, содержащими жидкость. Москва: Машиностроение, 1971), რომლისთვისაც შედგენილია დინამიკის განტოლებების სისტემა ჭურჭლის კორპუსის დეფორმაციის გათვალისწინების გარეშე მისი სიმცირის გამო. ჭურჭელი სითხით იმყოფება მასური ძალების ველში გრადიენტით  $\sigma^*x^*$  ღერძის პარალელურად. ჭურჭლის კინემატიკური შემფოთება ჰორიზონტალური მიმართულებით  $\sigma^*z^*$  ღერძის გასწვრივ წარმოებს  $\sigma^*x^*z^*$  სიბრტყეზე მოძრავი გარეჭილით, რომელიც სახსრულად დაკავშირებულია სიმეტრიის ღერძთან "o" წერტილში.

გ. ჰაუნერის სამუშაოებში [97] შემოთავაზებულია არადეფორმირებადი რეზერვუარის მარტივი, მაგრამ ეფექტური მოდელი მის გარსთან მიერთებული ხისტად სითხის მყარი მიერთებული მასით (რომელიც საშუალებას იძლევა გავითვალისწინოთ იმპულსური ჰიდრო-დინამიკური ეფექტი) და გარსთან დრეკადად დაკავშირებული სითხის ზედაპირული ნაწილის მასით, რომელიც კონვექტიურ (ტალღურ) ეფექტს ქმნის.

რეზერვუარების და სითხით ნაწილობრივ შევსებული ჭურჭლების მზიდი კონსტრუქციების სეისმურ დატვირთვებზე გაანგარიშების მეთოდები შემუშავებულია ნ.ა. ნიკოლაენკოს მიერ. მის მიერ დამუშავებული გაანგარიშების მეთოდის საფუძვლად დაედო რეკომენდაციებს. მეთოდის ნაგარაუდევია, რომ რეზერვუარების კონსტრუქცია იდეალურად ხისტია (არადეფორმირებადი), ანუ გარსის ვიბრაცია უგულვებელყოფილია. ამგვარი მოსაზრება ეფუძნება იმას, რომ გარსის საკუთარი რხევების სიხშირეები მნიშვნელოვნად აღემატება რეზერვუარში სითხის საკუთარი რხევების სიხშირეებს. სითხე ითვლება არაკუმშვად და მისი სიბლანტე გათვალისწინებულია (რელის მიხედვით) სითხის ფარდობითი სიჩქარის პროპორციული ხახუნის შემოყვანით, რომელიც ამუხრუჭებს სითხის მოძრაობას. სითხის რხევების ამპლიტუდები ითვლება მცირედ სიღრმესთან შედარებით, ხოლო სითხის რეზონანსული რხევები არ ირღვევა, ე.ი. გარეშე

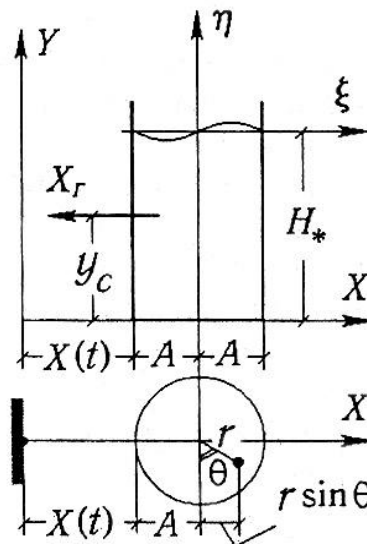
კინემატიკური ზეგავლენის ამპლიტუდურ-სისშირული სპექტრის კომპონენტები არ აღემატებიან ზღვრულ მნიშვნელობებს, რაც იწვევს სითხის რეზონანსული რხევების რღვევას. ასევე ითვლება, რომ მანძილი მშვიდი სითხის სარკიდან სახურავამდე საკმარისია რომ გამოირიცხოს ტალღის რეზერვუარის სახურავზე დარტყმა. რეზერვუარის საანგარიშო სქემა შეიძლება წარმოდგენილი იყოს გადატანითი მოძრაობის მქონე საძირკველზე ხისტად ჩამაგრებული ვერტიკალური კონსოლის ტიპის დრეკადი სისტემით თავისუფლების გარკვეული ხარისხით.

მიღებული წინაპირობების ფარგლებში სითხის არაგრივალური მოძრაობა და რეზერვუარში დაწნევის ველი განისაზღვრებიან პოტენციალური თეორიის შეფარდებებით. ქვემოთ მოცემულია შეფარდებები ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარისათვის.

გადატანითი გადაადგილებისას სიჩქარით  $\dot{X} = v(t)$  სითხის ნაწილაკების აბსოლუტური სიჩქარეების პოტენციალი  $\Phi$  უდრის

$$\Phi(A, \theta, \xi, t) = 2A \sin \sum_{k=1}^{\infty} \left[ f_k \frac{ch[\chi_k(\xi + H_0)/A] + v(t)}{ch(\chi_k h_0)} \right] \frac{J_1(\chi_k r/A)}{(\chi_k^2 - 1)J_1(\chi_k)},$$

სადაც  $J_1(\chi_k r/A)$ ,  $J_1(\chi_k)$  - პირველი გვარის ბესელის ფუნქციებია,  $\chi_k$  - განტოლების  $J_1'(\chi_k) = 0$ ,  $h_0 = H_0/A$  ფესვია და დანარჩენი აღნიშვნები გასაგებია ნახ. 3.3-ზე მოყვანილი სქემიდან.



ნახ. 3.3. ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარის თხევადი პროდუქტით საანგარიშო სქემა: XY - ინერციული,  $\xi\eta$  - რეზერვუართან დაკავშირებული კოორდინატთა სისტემა

ფუნქცია  $f_k$  განისაზღვრება დიფერენციალური განტოლებიდან

$$\ddot{f}_k(t) + 2\tilde{\nu}_k \dot{f}_k(t) + \tilde{\omega}_k^2 f_k(t) = -\dot{v}(t), \quad (3.27)$$

სადაც  $\tilde{\nu}_k = \delta_k \tilde{\omega}_k / (2\pi)$  - დემპფირების პარამეტრია;  $\tilde{\omega}_k$  - სითხის ზედაპირული ტალღების საკუთარი რხევების სიხშირეები ტოლია

$$\tilde{\omega}_k = \sqrt{\frac{g}{A} \chi_k th(\chi_k h_0)}; \quad (3.28)$$

$g$  - თავისუფალი ვარდნის აჩქარებაა;  $\delta_k$  -  $k$ -ფორმის ტალღის რხევების ლოგარითმული დეკრემენტი, რომელიც დამოკიდებულია რეინოლდსის რიცხვზე  $R_r$ .

გაანგარიშებისას გაითვალისწინება სითხის რხევების მხოლოდ ძირითადი ფორმა ერთი საკვანძო დიამეტრით კვანძური წრეწირის გარეშე: როცა  $k = 1$ , კოეფიციენტი  $\chi_1 = 1,8412$  (ზედაპირული ტალღების დანარჩენ ფორმებზე მოდის დაახლოებით 2% სრული ჰიდროდინამიკური დატვირთვისაგან). რხევების ძირითადი ფორმის შესაბამისი რხევების დეკრემენტის მნიშვნელობა განისაზღვრება გამოსახულებით

$$\tilde{\delta}_1 = \frac{0,451\pi}{\sqrt{R_1}} \left[ \frac{1,3}{sh 1,84 h_0} \left( \frac{1-h_0}{sh 1,84 h_0} + 1 \right) + 4,09 \right], \quad R_1 = \frac{\tilde{\omega}_1 A^2}{\tilde{\nu}_1}.$$

როცა  $h_0 > 1$  რხევების დეკრემენტი სუსტად არის დამოკიდებული  $h_0$ -ზე, და მიახლოებით ფორმულას აქვს სახე  $\tilde{\delta}_1 = 1,84\pi / \sqrt{R_1}$ .

სიჩქარეების პოტენციალის მიხედვით განისაზღვრება შეფარდებები ჰიდროდინამიკური დაწნევებისათვის სითხისთვის სიმკვრივით  $\rho$ , გარსზე ჰიდროდინამიკური ჯამური დატვირთვით  $X$  და ზედაპირული ტალღის პროფილით  $\xi$ .

$$p(A, \theta, \eta, t) = -\rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} = -2\rho \sin \theta \sum_{k=1}^{\infty} \left[ \ddot{f}_k \frac{ch \left[ \chi_k \frac{(\eta + H_*)}{A} \right]}{ch \left( \chi_k \frac{H_*}{A} \right)} + \dot{v}(t) \right] d_k;$$

$$X_{\Gamma} = \rho \int_{-H_*}^0 \int_0^{2\pi} \frac{\partial \Phi}{\partial t} \sin \theta d\theta d\eta = -2\pi \rho A^2 H_* \sum_{k=1}^{\infty} \left[ \ddot{f}_k \frac{th(\chi_k h_0)}{h_0 \chi_k} + \dot{v}(t) \right] d_k,$$

$$d_k = \frac{1}{\chi_k^2 - 1};$$

$$\zeta(r, \theta, t) = -\frac{1}{g} \frac{\partial \Phi}{\partial t} = -\frac{2A}{g} \sin \theta \sum_{k=1}^{\infty} [\ddot{f}_k(t) + v(t)] \frac{J_1(\chi_k r/A)}{(\chi_k^2 - 1) J_1(\chi_k)}.$$

ტოლქმედი ძალის  $X$  მოდების  $y$  წერტილის კოორდინატა

$$\frac{y_C}{H_*} = \frac{\frac{1}{2} + \frac{1}{h_0} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{2}{\chi_k (\chi_k^2 - 1)} \left[ th(\chi_k h_0) - \frac{1}{h_0 \chi_k} \left( \frac{1}{ch(\chi_k h_0)} - 1 \right) \right] \ddot{f}_k}{1 + \frac{1}{h_0} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{2}{\chi_k (\chi_k^2 - 1)} th(\chi_k h_0) \frac{\ddot{f}_k}{\dot{v}(t)}}.$$

მოციყვანოთ ფორმულები ნებისმიერი კინემატიკური (სეისმური) დატვირთვისათვის ნულოვან საწყის პირობებში:

$$f_k(t) = -\frac{1}{\tilde{\omega}_{1k}} \int_0^t \exp[-\tilde{\nu}_k(t-\tau)] \sin \tilde{\omega}_{1k}(t-\tau) \dot{v}(t) d\tau, \quad \tilde{\omega}_{1k}^2 = \tilde{\omega}_k^2 - \tilde{\nu}_k^2;$$

$$\rho(t) = -2\rho A \sin \theta \left\{ \left( \frac{1}{2} - \sum_{k=1}^{\infty} C_k(y) \right) \dot{v}(t) + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{C_k(y) \Delta_k}{\tilde{\omega}_{ik}} \times \int_0^t \exp[-\tilde{\nu}_k(t-\tau)] \sin[\tilde{\omega}_{ik}(t-\tau) + \alpha_k] \dot{v}(t) d\tau \right\};$$

$$X_{\Gamma} = 2\pi\rho A^2 H_* \left\{ \left( \frac{1}{2} - \sum_{k=1}^{\infty} B_k \right) \dot{v}(t) + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{B_k \Delta_k}{\tilde{\omega}_{ik}} \times \int_0^t \exp[-\tilde{\nu}_k(t-\tau)] \sin[\tilde{\omega}_{ik}(t-\tau) + \alpha_k] \dot{v}(t) d\tau \right\};$$

$$\zeta = \frac{2A}{g} \sin \theta \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\bar{a}_k}{\tilde{\omega}_{ik}} \int_0^t \exp[-\tilde{\nu}_k(t-\tau)] \sin[\tilde{\omega}_{ik}(t-\tau) + \alpha_k] \dot{v}(t) d\tau;$$

$$C_k(y) = \{ch[\chi_k(\xi + H_0)/A]\} / ch(\chi_k h_0);$$

$$\Delta_k = \sqrt{(\tilde{\omega}_{1k}^2 - \tilde{\nu}_k^2)^2 + 4\tilde{\nu}_k^2 \tilde{\omega}_{1k}^2}; \quad tg \alpha_k = \frac{2\tilde{\nu}_k \tilde{\omega}_{1k}}{\tilde{\omega}_{1k}^2 - \tilde{\nu}_k^2}.$$

მოყვანილი თანაფარდობები ჰიდროდინამიკური დაწნევის და შეჯამებული დინამიკური ძალების მიხედვით იძლევიან საშუალებას ნაგებობების დინამიკის ცნობილი მეთოდებით გამოვთვალოთ რეზერვუარის გარსში და ფსკერში გადაადგილებები და შინაგანი ძალები სეისმური დატვირთვის მოქმედებაზე, თუ გარსის მოდელად მივიღებთ ვერტიკალურ კონსოლს ღუნვის ან ღუნვის და ძერის ძირითადი კოჭური ფორმის გათვალისწინებით.

გარდა სიმტკიცეზე გაანგარიშებისა აწარმოებენ რეზერვუარის ძვრაზე და გადაყირავებაზე მდგრადობის ანგარიშს ჰორიზონტალური სეისმურობის დროს. ანკერული ჩამაგრებების არარსებობის შემთხვევაში მოწმდება მდგრადობის უზრუნველყოფის პირობები:

$$X_g < F_R, M_{g\alpha} < M_{შგ}$$

აქ  $X_g$  და  $M_{g\alpha}$  – გადამადგილებელი ძალა და გადამყირავებელი მომენტი,  $F_R$  და  $M_{შგ}$  – ფრიქტიული ძალა (განსაზღვრული კულანის კანონის მიხედვით) და შემკავებელი მომენტი.

მდგრადობის ერთ-ერთი პირობის შეუსრულებლობის შემთხვევაში იგულისხმება ანკერების ჩამაგრება, რომლებიც იანგარიშება ჭრაზე და გაგლეჯაზე.

ცილინდრული და სფერული რეზერვუარების დინამიკური გაანგარიშების დეტალური მეთოდური მითითებები სეისმურობაზე ნავთობპროდუქტების მადემპფირებელი მონაცემებით მოყვანილია რეკომენდაციებში.

ვერტიკალური რეზერვუარების სეისმურობაზე სიმტკიცეზე დინამიკური გაანგარიშებისას (ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მიმართულებებით) შესაძლებელია პროგრამა REZER-ის გამოყენება. ჰიდროდინამიკური დატვირთვები პროგრამაში განისაზღვრება ზემოდ მოყვანილი თანაფარდობების მიხედვით. გაანგარიშებისას ხდება კონსტრუქციის საკუთარი წონისაგან, თბოიზოლაციისაგან თოვლისაგან, ჰიდროსტატიკური დაწნევისაგან და (ვაკუუმისაგან) სტატიკური ძალების და დაბევის გათვალისწინება. გამოყენებულია ნორმატიული ბაზის კოეფიციენტების სისტემა და განხორციელებულია შინაგანი დინამიკური ძალების და დაბევის შეჯამება სტატიკურ ძალებთან და დაბეებთან.

რადგან დინამიკა შეყვანილია შესაბამისი დინამიკურობის კოეფიციენტებით ჯამური დაბევი და ექვივალენტური დაბევი, როგორც მიზნობრივი ფუნქციების ექსტრემუმები, გამოითვლება სტატიკური ფორმულების მიხედვით.



### 3.2. უსაფრთხო ბზარისმაგვარი დეფექტები მაგისტრალურ მილსადენებში

ამჟამად შექმნილია წინაპირობები ბზარების მექანიკის თეორიული საფუძვლების და საინჟინრო მეთოდების, და აგრეთვე ტექნიკური დიაგნოსტიკის საშუალება პრაქტიკული გამოყენებისათვის, რომლებიც იძლევიან საშუალებას საკმარისი საიმედოობით განისაზღვროს ბზარის მსგავსი დეფექტები დაზიანებულ სისტემებში. ამავდროულად უნდა ჩატარდეს ამგვარი დეფექტების საფუძვლიანი ანალიზი, თუ რამდენად მისაღებია მათი არსებობა კონსტრუქციის მასალის ფიზიკური და მექანიკური დაზიანებების გათვალისწინებით მისი უსაფრთხო ექსპლუატაციის შენარჩუნებით, აგრეთვე დამუშავებულია რეგლამენტირებული კონტროლის რეკომენდაციები.

ბზარების მექანიკის კრიტერიალური მიდგომებივ გამოყენებით უსაფრთხო (დასაშვები) დეფექტების ზომების პროგნოზირებისათვის უნდა იყოს დაფუძნებული დეტერმინირებულ ან/და ალბათურ გაანგარიშებებზე. ალბათური გაანგარიშებების განხორციელებისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნას საიმედოობის თეორია, დაფუძნებული მასალების მექანიკურ თვისებების, დატვირთვების, ზეგავლენების და დეფექტოსკოპური კონტროლის სტატისტიკურ მონაცემებზე.

ჩამოვთვალოთ ბზარების მსგავსი დეფექტების უსაფრთხო ზომების განსაზღვრის ძირითადი ეტაპები მაგისტრალური მილსადენებში.

1. ექსპლუატაციის პირობებში მაგისტრალური მილსადენების რღვევის თავისებურებების ანალიზი.
2. ფიზიკურ-მექანიკური მოდელის ფორმირება, რომელიც ითვალისწინებს დაზიანების დაგროვებას ექსპლუატაციის პროცესში.
3. ბზარის მიერ დაზიანებული მილსადენის ზღვრული კრიტერიუმის შერჩევა და დასაბუთება ციკლური და კოროზიული დაზიანებების ზემოქმედების პირობებში.
4. მილის ფოლადის 17Γ1C-Y ძირითადი მექანიკური თვისებების (სიძვიფის კრიტიკული ტემპერატურა  $T_{ko}$ , რღვევის სიბლანტე  $K_{lc}$ ,

სიმტკიცის და დენადობის ზღვარი, დეფორმაციული განმტკიცების მაჩვენებლებით) ტემპერატურების ფართო დიაპაზონში.

5. ექსპლუატაციისას გამოვლენილი ბზარის მსგავსი დეფექტების სტატისტიკური მონაცემების ანალიზი გეომეტრიული ზომები განაწილებაზე (სიღრმე და სიგრძე) და საანგარიშო დეფექტის სქემატიზაცია.

6. საანგარიშო სქემის დასაბუთება და საანგარიშო შემთხვევების ანალიზი. ძაბვების ინტენსივობის კოეფიციენტის ანალიზი და საანგარიშო ფორმულების შერჩევა ბზარის მსგავსი შიდა და გარე ზედაპირული დეფექტებისათვის.

7. მოდელის შექმნა უსაფრთხოების კოეფიციენტის დასაბუთებისათვის ბზარის მსგავსი მისაღები (უსაფრთხო) დეფექტების დადგენის მიზნით.

8. უსაფრთხო შიდა და ზედაპირული დეფექტების ზომების პროგნოზირება ექსპლუატაციის პერიოდში.

#### **მაგისტრალური მილსადენების რღვევის თავისებურებები.**

მაგისტრალური გაზსადენები სამუშაო წნევით 5,5-10 მპა და დიამეტრი 1020-1420 მმ წარმოადგენენ ერთადერთ ლითონკონსტრუქციებს, რომლებშიც არაერთხელ აღინიშნებოდა მნიშვნელოვანი სიგრძის მყიფე რღვევები, რომლებიც ზოგჯერ რამოდენიმე კილომეტრს აღწევენ. მაგისტრალური მილსადენების რღვევები მტყუნებების ცვლილებების ინტენსივობა ხასიათის მიხედვით შესაძლება დაიყოს ორ ნაირსახეობად:

- რღვევები წინასწარი გაშვების გამოცდებისას და ექსპლუატაციის საწყის პერიოდში, რომლებიც დაკავშირებული არიან საწყისი ტექნოლოგიური ბზარის მსგავსი დეფექტების არსებობასთან და აგრეთვე დეფექტები, რომლებიც გამოვლინდებიან მილების ტრანსპორტირებისას და სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოები პროცესში;

- რღვევები ექსპლუატაციის პირობებში ბზარების, კოროზიული და ლითონის სხვა ფიზიკურ-მექანიკური დაზიანებების წარმოქმნისა და ზრდის, ექსპლუატაციის რეჟიმების დარღვევის გამო.

მილსადენების გამოვლენილი რღვევები არ იყვნენ დაკავშირებული უსაფრთხოების არასაკმარისი ზღვართან, ე.ი. არ იყვნენ გამოწვეული მოქმედი წრიული ძაბვების გადაჭარბებით საანგარიშო ძაბვებზე. რღვევების უმრავლესობა გამოწვეული იყო მილების ფოლადის ბზარების წარმოქმნის და ზრდის არასაკმარისი სიმტკიცით, ტემპერატურული ზეგავლენისას გრძივი მდგრადობის დაკარგვით, განივი ღუნით მილების ქვეშ მიწის ჯდომისას, კოროზიული დაზიანებებით, დატვირთვის მოქმედი პირობების გადახრით საანგარიშოსგან. მაგისტრალური მილსადენების რღვევის გარემოებების შესწავლისას დადგინდა, რომ ბევრ შემთხვევაში რღვევების ადგილას აღინიშნებოდნენ განსხვავებული სიგრძის ნაკაწრები და კაწრულები მაქსიმალური სიღრმით 1-1,5 მმ. რღვევების ადგილები მდებარეობდნენ მილის ზედა ან ქვედა მსაზღვრელის არეს (სიმეტრიის ვერტიკალური სიბრტყის სიახლოვეს), და არ აღინიშნებოდა დაზიანებების მდებარეობის შემთხვევები მილების სიმეტრიის ჰორიზონტალური სიბრტყის სიახლოვეს. ამავდროულად მილსადენების მყოფე რღვევა გამოწვეულია არა მხოლოდ ლითონის თვისებებით მაგრამ აგრეთვე დატვირთვის პირობებით, ექსპლუატაციის ტემპერატურით, კოროზიულად აქტიური გარემოს ზემოქმედებით.

ზემოთაღნიშნულის შემაჯამებით და იმის გათვალისწინებით, რომ მილსადენების ექსპლუატაცია მათი დიდი სიგრძის გამო ხორციელდება მკვეთრად განსხვავებულ კლიმატურ პირობებში, ჩვენ შეგვიძლია აღვნიშნოთ მაგისტრალურ მილსადენებში ლითონის მუშაობის შემდეგი თავისებურებები:

1. ატმოსფერული მოვლენების თავისებურებები (ნალექების რაოდენობა, ატმოსფეროში სხვადასხვა კოროზიული მინარევების არსებობა, და ა.შ.), და აგრეთვე ნიადაგების ნაირსახეობების და ტიპების ფართო დიაპაზონი, რომლებშიც გატარებულია მილსადენი შეიძლება გამოიწვიონ სხვადასხვა (ხასიათისა და ინტენსივობის მიხედვით) კოროზიული-მექანიკური პროცესები მათი რეალიზაციის სხვადასხვა მექანიზმებით.

2. მილსადენების ლითონი მუშაობს სხვადასხვა კლიმატურ ზონებში და ფართო ტემპერატურათა დიაპაზონში (60°C-დან -40°C-მდე).

3. მილსადენის ლითონში ექსპლუატაციის პროცესში გროვდება ფიზიკურ-მექანიკური დაზიანებები, რომლებიც დაკავშირებული არიან ლითონის დაძველებასთან, კოროზიულ პროცესებთან, ციკლურ დატვირთვებთან და ა.შ.

4. მილსადენებში პრაქტიკულად გარდაუვალია როგორც ტექნოლოგიური, სატრანსპორტო, სამშენებლო და აგრეთვე საექსპლუატაციო წარმოშობის ბზარის მსგავსი დეფექტების (მილის მსაზღვრელის გასწვრივ ორიენტირებული ანაგლეჯები და ნაკაწრები) არსებობა. თანაც ზემოდ აღნიშნული მილების ლითონის მუშაობის თვისებები ახდენენ მნიშვნელოვან ზეგავლენას ბზარის მსგავსი დეფექტების წარმოქმნაზე და განვითარებაზე.

მექანიკური (სტატიკური და ციკლური) დატვირთების ზემოქმედებისაგან გამოწვეული ბზარის მსგავსი დეფექტების კრიტიკულამდე ნელი განვითარების პრობლემას უნდა დაეთმოს განსაკუთრებული ყურადღება.

ნათელი ხდება, რომ მაგისტრალური მილსადენის რღვევის მოდელის შექმნა მასში ბზარის მსგავსი დეფექტების, სტატიკური დატვირთვების, კოროზიული პროცესების, ლითონის ციკლური დაზიანებების და დინამიური ეფექტების არსებობისას ძალიან რთულ პრობლემას წარმოადგენს. გარდა ამისა, პრაქტიკულად შეუძლებელია უნივერსალური მოდელის შემუშავება, რომელშიც რეალიზებული იქნება ლითონის რღვევის მექანიზმების და პროცესების სრული მრავალფეროვნება მაგისტრალურ მილსადენებში ლითონის მუშაობის თავისებურებების გამო. აუცილებელია გამოიყენოთ მექანიკური მახასიათებელი ან მახასიათებლები, რომლებიც ითვალისწინებენ არა დაზიანებების დაგროვების და რღვევის მექანიზმების სხვადასხვა პროცესების თავისებურებებს, არამედ მათ შედეგებს. ასეთ მახასიათებლად შესაძლებელია გამოვიყენოთ რღვევის სიბლანტის (ბზარმდებლობის) დამოკიდებულება ლითონის დაყვანილ ტემპერატურაზე. ამ შემთხვევაში, დაყვანილი ტემპერატურა განისაზღვრება, როგორც სიმიციის კრიტიკული ტემპერატურით, აგრეთვე მაგისტრალური მილსადენის ექსპლუატაციის ტემპერატურით. ამგვარი მოდელის გამოყენება და ბზარის მსგავსი დეფექტების

დასაშვები ზომების სქემის განსაზღვრა რეგლამენტირებულია ბირთვულ ელექტროსადგურებზე აღჭურვილობის და მილსადენების ნორმებით.

### 3.3. მილსადენების და რეზერვუარების კოროზიის საშიშროებები აგრესიულ გარემოსთან კონტაქტში

კოროზია წარმოადგენს მასალის დაზიანებას, რომელიც, როგორც წესი, იწყება კონსტრუქციის ზედაპირიდან და გამოწვეულია მრავალრიცხოვანი პროცესებით, კერძოდ – გარემოსთან ქიმიური და ელექტრო ქიმიური ურთიერთქმედებით. კოროზიას ხშირად მიყვარს საკონსტრუქციო მასალების მიერ სიმტკიცის თვისებების დაკარგვამდე, სტრუქტურის დაზიანებამდე და აუცილებელი ფუნქციების შესრულების უნარის დაკარგვამდე.

კოროზია წარმოადგენს პროცესს, რომელიც ვითარდება შედარებით ხანგრძლივი დროის დიაპაზონში. ამიტომ კონსტრუქციების კოროზიული ცვეთის შედეგების შეფასებას ატარებენ მრავალრიცხოვანი თანმხლები ფაქტორების გავლენიდან გამომდინარე, რაც განპირობებულია გარემოს, სტატიკური და დინამიკური (ციკლური) დატვირთვების ზემოქმედებით.

კოროზიის სხვადასხვა მექანიზმებს შორის ჯ. კოლინზის [14] მიერ აღნიშნულია ყველაზე მნიშვნელოვნები: ქიმიური, ელექტროქიმიური და ბიოლოგიური, ეროზიული, ნაპრალოვანი, წერტილოვანი, კრისტალთშორისი, კავიტაციური, შერჩევითი გამოტუტვა, წყალბადოვანი დაზიანებების, კოროზიული ცვეთა, კოროზია ძაბვის ქვეშ. კონსტრუქციების ყველაზე გავრცელებული დაზიანებები დაკავშირებულია კოროზიული და დაღლილობითი პროცესების ურთიერთქმედების გამოვლინებასთან.

ლითონის ღია ან ანტიკოროზიული დაცვის დაზიანებების მქონე ზედაპირების ქიმიური კოროზია დაკავშირებულია ქიმიურად აქტიურ სითხეებთან უშუალო კონტაქტთან და წარმოადგენს განსაკუთრებულ საფრთხეს ფეთქებადსაშიში პროდუქტების შენახვისა და

ტრანსპორტირებისას ჭურჭლებისა და მილსადენების ექსპლუატაციის დროს.

დაჩქარებული კოროზიული პროცესი წარმოიქმნება ლოკალური დაზიანებების ადგილებში, მაგალითად ბზარებში, რომლებიც ჩნდება პერიოდულად დატვირთულ კონსტრუქციებში მცირე ციკლის ან მრავალციკლური დაღლილობის ზემოქმედებისას. უხარისხო შედუღება შეიძლება გახდეს კრისტალთშორისი კოროზიის განვითარების მიზეზი ზოგიერთი ლითონების მარცვლების საზღვრებზე, რაც ამცირებს მათ სიმტკიცეს.

მილსადენებში მოძრავი თხევადი გარემოს, შესაძლოა აბრაზიულ ნაწილაკებთან ურთიერთქმედების გამო შეიმჩნევა ეროზიული კოროზია, ხოლო წნევის ჭურჭლებში ტემპერატურის მნიშვნელოვანი ვარდნისას კავერნების წარმოქმნის დროს - კავიტაციური კოროზია.

კონსტრუქციებში ცვეთის სხვადასხვა პროცესები (ფრიქციული, ადჰეზიური, დეფორმაციული, ზედაპირული დაღლილობითი, დარტყმითი), რომლებიც ერთმანეთთან ხშირად ურთიერთქმედებენ, აჩქარებენ კოროზიას.

ლითონკონსტრუქციებში ციკლური დატვირთვების ზემოქმედებისას შესაძლებელია კოროზიის და დაღლილობის არახელსაყრელი მოვლენების ურთიერთქმედება. დაჩქარებულ კოროზიას ხელს უწყობენ მიკროდაზიანებები, რომლებიც გზას უხსნიან აგრესიული გარემოს ზემოქმედების შესაძლებლობას ლითონის ახალ ადგილებში. თავის მხრივ, კოროზია ხელს უწყობს დაღლილობის დაზიანებების დააჩქარებას. ეს ერთმანეთის დამაჩქარებელი პროცესები, რასაც ეწოდება კოროზიული დაღლილობა, ძალიან სახიფათოა, რადგან ისინი ხელს უწყობენ კონსტრუქციების დაჩქარებულ დაზიანებას და რღვევას.

ყველაზე გავრცელებულია კოროზია პროდუქტის ლითონზე ქიმიური ზემოქმედების შედეგად, თანაც კოროზიის ინტენსივობა დამოკიდებულია როგორც ლითონის სტრუქტურაზე, ასევე მის შემადგენლობაზე და მასთან ურთიერთმოქმედი გარემოს თვისებებზე, მის ტემპერატურაზე და მოძრაობის ფარდობით სიჩქარეზე.

კოროზიის შედეგად მცირდება დატვირთვის ქვეშ მომუშავე ლითონის მასა. აქედან გამომდინარე, კოროზიის სიღრმის და

განვითარების შედეგების პროგნოზს აფასებენ მისი სიჩქარის R მიხედვით, რაც განისაზღვრება ექსპერიმენტებით კოროზიულ გარემოში მოთავსებულ ნიმუშებზე.

გარემოს კომბინირებული ზეგავლენა, დატვირთვები და კოროზია აუცილებლად უნდა იქნეს მიღებული მხედველობაში ავარიების რისკის შეფასებისას. [94] ნაშრომში მოყვანილი მონაცემები გვიჩვენებს, რომ კონსტრუქციების ფოლადის ელემენტების მახასიათებელი ხანგამძლეობის  $\beta_0$  საუკეთესო შეფასება შეიძლება დადგინდეს  $i$  ელემენტების რიცხვით დაჯამებით, ავარიების რაოდენობის ( $r = 1$ ), მუშა დაბრუნების დონის  $\sigma_i$ , ექსპლუატაციის ვადის  $t_i$  და კოროზიისაგან წინააღმდეგობის  $D_i$ , რომელიც დამოკიდებულია გარემოს პირობებზე შემდეგი თანაფარდობით:

$$\beta_0 = \left\{ \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \left[ t_i \left( \frac{\sigma_i}{\sigma_0} \right)^n / D_i \right]^\alpha \right\}, \quad (3.29)$$

სადაც  $\alpha$  – ხანგამძლეობის განაწილების ფორმის პარამეტრია, რომელიც განისაზღვრება ლაბორატორიულად.

### 3.4. რეზერვუარის კედლის გაანგარიშება სიმტკიცეზე და მდგრადობაზე შემოწმების მიზნით

რეზერვუარის კედლის გაანგარიშება სიმტკიცეზე ექსპლუატაციისას შემოწმების მიზნით განვახორციელებთ სამშენებლო ნორმების და წესების СНиП Н-23-81 მოთხოვნების შესაბამისად.

$$\sigma = \frac{[n_1 \rho(H - x) + n_2 P_u] r}{100\delta} \leq \gamma_c R_y^*, \quad (3.30)$$

სადაც  $\sigma$  – დაბნა რეზერვუარის საანგარიშო სარტყელში, მპა;

$n_1$  - გადატვირთვის კოეფიციენტი ჰიდროსტატიკური

დატვირთვისათვის  $n_1 = 1,0$ ;

$\rho$  – ნავთობპროდუქტის სიმკვრივე, მიიღება მოცემულ

რეზერვუარში შესაბამისი პროდუქტის სიმკვრივის უდიდესი

მნიშვნელობა, კგ/მ<sup>3</sup>;

$H$  - ნათობპროექტის ჩასხმის სიმაღლე, მ;

$x$  - მანძილი რეზერვუარის ფსკერიდან საანგარიშო დონემდე, მ;

$n_2$  - გადატვირთვის კოეფიციენტი ჭარბი წნევისათვის და ვაკუუმისათვის,  $n_2 = 1, 2$ ;

$P_u$  - რეზერვუარის გადახურვის ქვეშ სივრცეში ჭარბი წნევის ნორმატიული სიდიდე,  $P_u = 0, 2$  კპა;

$r$  - რეზერვუარის რადიუსი (მიიღება პროექტის მიხედვით), მ;

$\bar{\delta}$  - რეზერვუარის კედლის რეალური სისქე საანგარიშო

სარტყელში, მ;

$\gamma_c$  - მუშაობის პირობების კოეფიციენტი, კედლის I-ლი

სარტყლისათვის  $\gamma_c = 0, 7$ ; ყველა დანარჩენი სარტყლებისათვის  $\gamma_c = 0, 80$ ;

$R_y^*$  - ფოლადის საანგარიშო წინაღობა დენადობის ზღვარზე, მპა.

რეზერვუარის კედლის მდგრადობაზე გაანგარიშება შემოწმების მიზნით, განვახორციელოთ ცნობილი ფორმულით:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{01}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{02}} \leq \gamma_c, \quad (3.31)$$

სადაც  $\sigma_1$  და  $\sigma_2$  - შესაბამისად საანგარიშო დერძული და წრიული ძაბვებია რეზერვუარის კედელში, მპა;

$\sigma_{01}$ ,  $\sigma_{02}$  - შესაბამისად კრიტიკული დერძული და წრიული ძაბვებია;

$\gamma_c$  - მუშაობის პირობების კოეფიციენტი,  $\gamma_c = 1$ .

საანგარიშო დერძული ძაბვები განისაზღვრება ფორმულით:

$$\sigma_1 = \frac{n_3(Q_n + Q_{sr}) + Q_{\sigma} \cdot n_4 + Q_{\text{ვკ}} \cdot n_2}{2\pi r \bar{\delta}}, \quad (3.32)$$

სადაც  $n_3$  - საიმედოობის კოეფიციენტი საკუთარი წონის დატვირთვისაგან,  $n_3 = 1, 05$ ;

$Q_n$  - რეზერვუარის დაფარვის წონა (მიიღება პროექტის მიხედვით), მნ;

$Q_{sr}$  - ზემოთ მდებარე კედლის სარტყლების წონა, მნ;

$Q_{\sigma}$  - დაფარვაზე თოვლის დატვირთვის ნორმატიული მნიშვნელობა, მნ;



$Q_{გაკ}$  - ნორმატიული დატვირთვა დაფარვაზე ვაკუუმისაგან, მნ, MH;

$n_4$  - საიმედოობის კოეფიციენტი თოვლის დატვირთვაზე.

დაფარვაზე თოვლის დატვირთვის სრული ნორმატიული მნიშვნელობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$Q_{\sigma} = q\mu k_1 \pi r^2, \quad (3.33)$$

სადაც  $q$  – მიწის 1 მ ჰორიზონტალური ზედაპირის თოვლის დაფარვის წონის ნორმატიული მნიშვნელობაა მნ/მ;

$\mu$  – მიწაზე თოვლის დაფარვის წონიდან დაფარვაზე თოვლის ფენაზე გადასვლის კოეფიციენტი;

$k_1$  - СНиП 2.01.07-85-ის რეკომენდაციებით მიღებული კოეფიციენტი.

ზემოთ მდებარე რეზერვუარის კედლის სარტყლების წონა განისაზღვრება ფორმულით:

$$Q_{სრ} = \sum_{i=1}^b 2\pi h_i \gamma_{\sigma} \bar{\delta}, \quad (13.34)$$

სადაც  $b$  – ბოლო სარტყლის ნომერი (ნომერის მნიშვნელობა),

სარტყლების ათვლა უნდა დაიწყოს დაბლიდან;

$h_i$  – რეზერვუარის კედლის  $i$ -რი სარტყლის სიმაღლე, ფურცლების პირაპირა შეერთებისას მიიღება 1.5 მ-ის ტოლი;

$\gamma_{\sigma}$  – ფოლადის კუთრი წონა, მნ/მ<sup>3</sup>.

ვაკუუმისაგან ნორმატიული დატვირთვა დაფარვაზე:

$$Q_{\sigma} = \pi r^2 P_{max}, \quad (3.35)$$

სადაც  $P_{\sigma}$  – ვაკუუმის ნორმატიული მნიშვნელობა აირის სივრცეში.

ღერძული კრიტიკული ძაბვები განისაზღვრებიან ფორმულით:

$$\sigma_{01} = cE \frac{\bar{\delta}}{r}, \quad (3.36)$$

სადაც  $C$  – კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება ცხრილიდან  $C=0.11$ ;

$E$  – ფოლადის დრეკადობის მოდული,  $E = 2 \cdot 10^5$  მპა.

საანგარიშო წრიული ძაბვები რეზერვუარის კედელში განისაზღვრებიან ფორმულით:

$$\sigma_{\sigma} = \frac{P_B n_B + P_{\sigma} n_{\sigma}}{\delta} \quad (3.37)$$

სადაც  $P_e$  – რეზერვუარზე ქარის დაწნევის ნორმატიული მნიშვნელობა, მპა;

$n_B$  - ქარის დატვირთვის საიმედოობის კოეფიციენტი,  $n_B = 0,5$ ;

$\delta$  – რეზერვუარის კედლის სისქისე საშუალო არითმეტიკული

$$\bar{\delta} = \sum_1^b \frac{\delta_i}{b} \quad (3.46)$$

სადაც  $\delta$  – კედლის  $i$  –ური სარტყლის რეალური სისქეა, სმ.

ქარის დაწნევის ნორმატიული მნიშვნელობა განისაზღვრება ფორმულით :

$$P_f = \omega_0 K_2 C_0 \quad (3.38)$$

სადაც  $C_0$  – აეროდინამიკური კოეფიციენტია;

$\omega_0$  – ქარის დაწნევის ნორმატიული მნიშვნელობა, მპა;

$K_2$  – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ქარის დაწნევის ცვლილებას სიმაღლის მიხედვით. კრიტიკული წრიული ძაბვები განისაზღვრება ფორმულით:

$$\sigma_{02} = 0.55E \frac{r}{h_0} \left( \frac{\bar{\delta}}{r} \right)^{1.5} \quad (3.39)$$

სადაც  $h_0$  – რეზერვუარის სიმაღლეა.

### რეზერვუარის ნარჩენი რესურსის პროგნოზირება

ფოლადის ვერტიკალური რეზერვუარები მუშაობენ სტატიკური და მცირეციკლური დატვირთვის პირობებში. ამიტომაც მათი დიაგნოსტიკებისათვის აუცილებელია ნარჩენი რესურსის გაანგარიშება როგორც სტატიკური დატვირთვისას ლითონის კოროზიის გათვალისწინებით, ასევე მცირეციკლური დატვირთვისას.

რეზერვუარის კედლის ნარჩენი რესურსი მცირეციკლური დატვირთვისას შეიძლება განისაზღვროს მცირეციკლური რღვევის მექანიკის საფუძველზე.

რეზერვუარის კედლის ნარჩენი რესურსი განისაზღვრება როგორც ციკლთა ჯამი ციკლური რღვევის ორი სტადიის მიხედვით:

$$N_c = N_0 + N_p \quad (3.40)$$

სადაც  $N_0$  – ციკლების რიცხვია ბზარების წარმოქმნამდე;

$N_p$  – ციკლების რიცხვია კრიტიკული ბზარის წარმოქმნამდე.

### რეზერვუარის კედლის რესურსის გაანგარიშება ბზარების წარმოქმნამდე

ციკლების რიცხვი ბზარების წარმოქმნამდე შესაძლებელია განისაზღვროს ფორმულით:

$$N_0 = \left[ \frac{1}{4} \left( \frac{1,28E \ln \frac{1}{1-\psi}}{1,28n_\sigma \sigma_a^* \cdot \frac{1}{\varphi_c} - \sigma_{-1}} - 1 \right) \right]^2, \quad (3.41)$$

$$\left[ \frac{1}{4n_N} \left( \frac{1,28E \ln \frac{1}{1-\psi}}{1,28 - \sigma_a^*/\varphi_c - \sigma_{-1}} - 1 \right) \right]^2,$$

სადაც  $E$  – დრეკადობის მოდულია,  $E = 2 \cdot 10^5$ , მპა;

$\psi$  – ფარდობითი შევიწროება, რომელიც განისაზღვრება ექსპერიმენტალურად ან საცნობარო მონაცემებით;

$n_\sigma$  – მარაგის კოეფიციენტი ძაბვების მიხედვით,  $n_\sigma = 2$ ;

$\sigma_a^*$  – პირობითი ძაბვების ამპლიტუდა რეზერვუარის კედლის საანგარიშო წერტილში, მპა;

$\sigma_{-1}$  – ამტანობის ზღვარი ფოლადისათვის, მპა;

$\varphi_c$  – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მახასიათებლების შემცირებას შედუღების შედეგად,

ნახშირბადმცირე ფოლადებისათვის:

ხელით რკალური შედუღებისას  $\varphi_c = 0.8$ ;

ავტომატური რკალური შედუღებისას  $\varphi_c = 0.9$ ;

$n_N$  – მარაგის კოეფიციენტია ხანგამძლეობის მიხედვით,  $n_N = 10$ .

პირობითი ძაბვების ამპლიტუდას რეზერვუარის კედლის საანგარიშო წერტილში განსაზღვრავენ შემდეგნაირად:

$$\text{თუ } 2\sigma_a \leq \sigma_T, \text{ მაშინ } \sigma_a^* = \sigma_a, \quad (3.42)$$

სადაც  $\sigma_T$  – კედლის ლითონის დენადობის ზღვარია, რომელიც განისაზღვრება მექანიკური გამოცდებით ან სამშენებლო ნორმებით, მპა;

$\sigma_a$  – კედლის საანგარიშო წერტილში ძაბვების ამპლიტუდა:

$$\sigma_a = 0.5K_\sigma \cdot \sigma_H, \quad (3.43)$$

სადაც  $\sigma_H$  – ნომინალური ძაბვაა კედელში

$$\sigma_H = \frac{\rho g (H_{\max} - x) \cdot r}{\delta}, \quad (3.44)$$

სადაც  $H_{\max}$  - რეზერვუარში ნავთობპროდუქტის უდიდესი დონე.

თუ კი  $2\sigma_a > \sigma_T$ ,

$$\text{მაშინ } \sigma_a = K_\sigma \cdot \sigma_H / 2, \quad (3.45)$$

სადაც  $K_e$  – დეფორმაციების კონცენტრაციის კოეფიციენტი დრეკად-პლასტიკურ ზონაში, რომელიც განისაზღვრება ნოიბერის დამოკიდებულებით

$$K_\sigma \cdot K_e = \alpha_0^2, \quad (3.46)$$

სადაც  $\alpha_0$  – ძაბვების კონცენტრაციის თეორიული კოეფიციენტი,  $\alpha_0 = 1.9 \div 5$ ;

$K_\sigma$  - ძაბვების კონცენტრაციის კოეფიციენტი დრეკადპლასტიკურ ზონაში,

$$K_\sigma = \frac{\sigma_T}{\sigma_H}. \quad (3.47)$$

დენადობის ზღვარის  $\sigma_T$  და ამტანობის ზღვარის  $\sigma_B$  მნიშვნელობები უნდა იქნას მიღებული:

თუ გამოცდებისას  $\sigma_T$  და  $\sigma_B$  მნიშვნელობები შეესაბამებიან მშენებლობის პერიოდში მოქმედი სახელმწიფო სტანდარტების და ფოლადზე ტექნიკურ მოთხოვნებს – ამ დოკუმენტებში აღნიშნულ მინიმალური მნიშვნელობებით;

თუ გამოცდებისას  $\sigma_T$  და  $\sigma_B$  მნიშვნელობები ნაკლებია, ვიდრე ეს გათვალისწინებულია მშენებლობის პერიოდში მოქმედი სახელმწიფო

სტანდარტებით და ფოლადზე ტექნიკურ მოთხოვნებით - გამოცდებისას მიღებული მინიმალური მნიშვნელობებით.

ფორმულაში (3.41) არ ითვალისწინება რეზერვუარის კოროზიული ცვეთა. რეზერვუარის კედლის ნარჩენი რესურსი კოროზიის გათვალისწინებით უნდა იქნეს გაანგარიშებული ფორმულით:

$$N_{ნარ} = N_0 \cdot (1 - \beta), \quad (3.48)$$

სადაც  $N_0$  – რეზერვუარის კედლის რესურსია კოროზიული ზემოქმედების გათვალისწინების გარეშე ფორმულა (19) მიხედვით;

$\beta$  – გარემოს ზემოქმედების კოეფიციენტი, სიხშირეებისათვის 1.0 ჰერცამდე.

$$\beta = \lambda I g N, \quad (3.49)$$

სადაც  $\lambda$  – კოროზიის კოეფიციენტია,  $\lambda = 0.02 \div 0.1$

(სიხშირის შემცირება ერთი თანრიგით იწვევს გაზრდას 10-15%-ით).

თუ ვიცით რეზერვუარის ნარჩენი რესურსი, მაშინ დარჩენილი ექსპლუატაციის ვადა შესაძლებელია გამოითვალოს ფორმულით:

$$T = \frac{N_{oc}}{n_0}, \quad (3.50)$$

სადაც  $n_0$  – რეზერვუარის შევსების მთლიანი ციკლების რიცხვი, 1/წელი.

### **რეზერვუარის კედლის რესურსის გაანგარიშება ბზარის წარმოქმნის შემდეგ**

რეკომენდირებულია ნარჩენი რესურსის ციკლების რიცხვის მიხედვით გაანგარიშების შემდეგი თანმიმდევრობა ბზარის ზრდასთან დაკავშირებით.

კონტროლის ურდვევი მეთოდებით ავლენენ საწყისი ბზარის  $L_0$  მაქსიმალურ სიგრძეს (სიღრმეს) და განსაზღვრავენ ძაბვების ინტენსივობის  $K_{ic}$  კრიტიკული კოეფიციენტის მნიშვნელობას ექსპერიმენტალურად ან გაანგარიშების მეთოდით.

განსაზღვრავენ ბზარის კრიტიკულ სიგრძეს  $L_{კრ}$  ფორმულით:

$$L_{კრ} = \frac{2K_{ic}^2}{\pi \sigma}. \quad (3.51)$$

ანგარიშობენ ძაბვების კონცენტრაციის კოეფიციენტის ნაზრდს ფორმულით:

$$\Delta K = \Delta\sigma\sqrt{0.5\pi L_{კრ}}, \quad (3.52)$$

სადაც  $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$ .

ექსპერიმენტალურად განსაზღვრავენ მასალის მუდმივების A და n მნიშვნელობებს (მოცემულია სნ და წ ცხრილებში) ფ-3-ის მიხედვით  $A=2 \cdot 10^{-10}$ ;  $n=3.85$ .

რეზერვუარის კედლის ნარჩენი რესურსი ბზარის განვითარების სტადიაზე განისაზღვრება ციკლების რიცხვით, რომელიც შეესაბამება ბზარის ზრდას საწყისი სიგრძიდან ( $L_0$ ) კრიტიკულ სიგრძემდე ( $L_{კრ}$ ) და განისაზღვრება ფორმულით:

$$N_p = \frac{L_0^{(1-0.5n)} - L_{კრ}^{(1-0.5n)}}{(0.5n-1) \cdot A \cdot (0.5\pi)^{0.5n} \cdot \Delta\sigma^n}. \quad (3.53)$$

რეზერვუარის ნარჩენი ექსპლუატაციის ვადა განისაზღვრება ფორმულით:

$$T = \frac{N_p}{n_0} \quad (3.54)$$

### რეზერვუარის ნარჩენი რესურსის პროგნოზირება კოროზიული ცვეთის კრიტერიუმის მიხედვით

პროგნოზირების თანმიმდევრობა.

ნარჩენი რესურსის პროგნოზირება ხორციელდება რეზერვუარის პერიოდული დათვალიერების, კედლის, ფსკერის, დაფარვის (მცურავი სახურავის) კონსტრუქციის ფაქტიური სისქეების გაზომვის, გაზომვის შედეგების სტატისტიკური დამუშავები და ნარჩენი რესურსის შემდგომი გაანგარიშების გზით ყოველი კონსტრუქციულ ელემენტზე ცალცალკე.

რეზერვუარის დათვალიერებისას უნდა განისაზღვროს: კოროზიული ზედაპირის ფართობი, ერთ დამოუკიდებელ გაზომვაზე მოსული ზედაპირის ფართობი, კოროზიის არაერთგვაროვნობის ხარისხი და გაზომვების აუცილებელი რაოდენობა.

გაზომვების შედეგების დამუშავების მეთოდი.

გაზომვების შედეგების სტატისტიკური დამუშავება შეიცავს:

- გაზომვების მინიმალური აუცილებელი რაოდენობის განსაზღვრას (ამოკრების მოცულობა);
- მიღებული ამოკრების ერთგვაროვნობის შეფასება;
- ვარიაციის კოეფიციენტის და კოროზიის სიღრმის განაწილების პარამეტრების განსაზღვრა;
- კოროზიის მაქსიმალური სიღრმის განსაზღვრა კონსტრუქციის ელემენტების მიხედვით.

გაზომვების წერტილების აუცილებელი მინიმალური რაოდენობის შერჩევა რეზერვუარის კორპუსის ელემენტის ზედაპირზე (კედელი, გადახურვა, ფსკერი, სახურავი) უნდა განხორციელდეს საჭირო შეფასების სარწმუნოების ალბათობიდან  $\gamma$ , დასაშვები ცდომილების  $\Delta$  და კოროზიის არაერთგვაროვნების ხარისხის, რომელიც ხასიათდება კოროზიის სიღრმის ვარიაციის კოეფიციენტიდან გამომდინარე.

ვარიაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობა  $v$  საორიენტაციოდ შეიძლება იყოს შერჩეული:

- კოროზიის მცირე არაერთგვაროვნობამდე  $< 0,2$ ;
- კოროზიის მნიშვნელოვან არაერთგვაროვნობამდე  $0,3+0,5$ ;
- კოროზიის ძლიერი არაერთგვაროვნობამდე  $> 0,5$ .

ალბათობას  $\gamma$  ირჩევენ არანაკლებ  $0,90$ , მაქსიმალურ დასაშვები ცდომილებას  $\Delta - 0,10$ .

### *რეზერვუარის ნარჩენი ექსპლუატაციის ვადის პროგნოზირება.*

რეზერვუარის ნარჩენი ექსპლუატაციის ვადის პროგნოზირებას ახორციელებენ რეზერვუარის ყველა ელემენტის (კედლის  $i$ -ური სარტყელი, ფსკერი, სახურავი) ნარჩენი ექსპლუატაციის ვადის გაანგარიშებით და ამ სიდიდის მინიმალური მნიშვნელობის განსაზღვრით:

$$T_{\min} = T^i. \quad (3.55)$$

რეზერვუარის ელემენტის ნარჩენი ექსპლუატაციის ვადის შეფასება ხდება ფორმულით:

$$T^i = \frac{(\bar{\delta}^i - [\delta]_m^i)}{\bar{C}^i}, \quad (3.56)$$

სადაც  $\bar{\delta}^i$  - i-ური ელემენტის საშუალო სისქე, მმ;

$[\delta]_m^i$  - i-ური ელემენტის მინიმალური დასაშვები სისქე, მმ;

$\bar{C}^i$  - i-ური ელემენტის კოროზიის საშუალო სიჩქარე, მმ/წელი



**თავი 4. აპარატურულ-კომპიუტერული დიაგნოსტიკის კომპლექსი  
მილსადენების და რეზერვუარების სიმტიკის  
კონტროლისათვის და მათი გამოყენების მაგალითები**

**4.1. ინფორმაციული სისტემის შექმნის თავისებურებანი  
მილსადენების და რეზერვუარების დიაგნოსტიკის  
ამოცანისათვის**

საერთო პრინციპების მქონე ეფექტური ინფორმაციული სისტემების შექმნის პრობლემა აქტუალურია პრაქტიკული პროგრამირების სფეროსათვის.

ამ შემთხვევაში ეფექტურობაში იგულისხმება:

- უნარი ადეკვატურად გასცეს პასუხი, მომხმარებლის მოთხოვნას;
- მუშაობის უზრუნველყოფა მოცემულ სფეროში არსებული მოთხოვნებითა და მექანიზმების გამოყენებით;
- შენახვისა და გამოყენების მინიმალური ხარჯები.

სამწუხაროდ წაყენებულ მოთხოვნებს შორის პრინციპული განსხვავებები, შეუძლებელს ხდის შეიქმნას მსგავსი სისტემა. მაგრამ დიაგნოსტიკის ინფორმაციული სისტემებისათვის შეიძლება გამოყოფილ იქნას რიგი თავისებურებანი, რომლებიც საშუალებას გვაძლევენ გავაერთიანოთ ისინი ერთნაირი ამოცანების კლასში.

ინფორმაციული სისტემა დიაგნოსტიკაში ძირითადად ემსახურება: პირველადი ინფორმაციის მიღებას, თავდაპირველ დამუშავებას და შენახვას, საბოლოო დამუშავებასა და შედეგების მოთხოვნილ ფორმაში გადაცემას. მსგავსი სისტემები შეიძლება შეიქმნას დამოუკიდებელი (თვითმომსახურებადი) სახით, რომელსაც გააჩნია დამასრულებელი ფუნქცია, შესრულებული სტანდარტული გამომთვლელი კომპლექსის ბაზაზე. ან იყოს დაყოფილი რამოდენიმე დამოუკიდებელ ფუნქციონალურ კომპლექსად, რომელთაც გააჩნიათ ინფორმაციის ურთიერთ გაცვლის უნარი.

რეალიზებასთან დამოკიდებულებით, სისტემებისათვის შეიძლება გამოვეყნოთ მომხმარებელთან ურთიერთობის რამოდენიმე წერტილი.

თითოეული ინტერფეისის შექმნის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნას მომხმარებლის კვალიფიკაცია. ამასთან მნიშვნელოვანია გათვალისწინებულ იქნას, როგორც მოცემული სისტემის მომხმარებლის კვალიფიკაცია, ასევე დიაგნოსტიკის საკითხებში მისი კვალიფიკაცია. აქედან გამომდინარე ინფორმაციის გადაცემის ფორმა შესაძლებელია მიახლოებული იყოს, როგორც ფიზიკური სიდიდეების გაზომვების შედეგებთან, ასევე აბსტრაქტულ მაჩვენებლებთან რომელიც ასახავს, კონტროლის შედეგებს. რიგი განსაკუთრებულებანი გამოწვეულია პროგრამული უზრუნველყოფის სპეციფიკით, დიაგნოსტიკისათვის. მსგავსი სისტემების ინტერფეისს წაყენება გამძლეობისა და საიმედოობის მაღალი მოთხოვნები. ამასთან ხარჯები სისტემური ნაწილის შესაქმნელად გაცილებით მცირეა, ვიდრე ფართო მოხმარების პროგრამირებისათვის. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ძირითადი აქცენტი პროგრამირებისას გადატანილია, ინფორმაციის დამუშავების მათემატიკური ალგორითმების შექმნასა და აპარატულ ინტერფეისებზე. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ ინტერფეისებზე პრაქტიკულად არ არსებობს, არამრღვევ კონტროლში გამოყენებული დამუშავების მეთოდებისა და მონაცემთა ფორმატის სტანდარტები. რადგანაც პროგრამული უზრუნველყოფა არამრღვევ კონტროლის სისტემებისათვის საჭიროა მივაკუთვნოთ საშუალო სირთულის სისტემებს, მიზანშეწონილია თანამედროვე მაღალწარმოებადი პროგრამირების მეთოდის გამოყენება, პროექტის სისტემური ნაწილის შემუშავებისას.

დიაგნოსტიკის სისტემებში, როგორც წესი გამოიყენება ინფორმაციის დამუშავების რთული მეთოდები, რაც კომპლექსის საფუძველს წარმოადგენს. პროგრამის ამ ნაწილისათვის ძალზე მნიშვნელოვანია გადატანის უნარიანობა. გადატანის უნარიანობაში იგულისხმება, დამუშავების ალგორითმების გადატანა კომპლექსის გადატანა ძველი სისტემიდან ახალში. ეს საკითხები განსაკუთრებით აქტუალურია დიდი კომპლექსების შექმნისა, სადაც ამან შესაძლოა დიდი როლი ითამაშოს არქიტექტურული სისტემების შერჩევაში.

## 4.2. აპარატულ-კომპიუტერული დიაგნოსტიკის კომპლექსის ბლოკ-სქემა

კომპიუტერული ტექნოლოგიების სწრაფმა განვითარებამ შესაძლებელი გახდა კონსტრუქციების კონტროლისა და დიაგნოსტიკის პროცესებში მათი ფართოდ გამოყენება. ის არის უნიკალური საშუალება არამრღვევი კონტროლის ავტომატურ რეჟიმში განსახორციელებლად.

განვიხილოთ დიაგნოსტიკის პროცესი, როგორც ინფორმაციული პროცესი, რომელიც შეიძლება შემდგენაირად წარმოვიდგინოთ: პირველადი ანათვლების შესახებ ინფორმაციის მიღება გარდამქმნელის დახმარებით და მისი გადაყვანა დამუშავებისთვის მოსახერხებელ ფორმაში; ინფორმაციის დამუშავება და შედეგების გადაცემა, ანალიზისა და შემდგომი ინტერპრეტირებისთვის მიღებული ინფორმაციის გაანალიზება და გათვლების ფორმულირება. კონკრეტული ობიექტის შესახებ. ამ ობიექტის ნორმალურად ფუნქციონირების შესაძლებლობების გამოკვლევა ან მისი დარჩენილი რესურსების პროგნოზირება.

**განვიხილოთ ეს პროცესი დაწვრილებით.** გარდამქმნელებში შეიძლება იგულისხმებოდეს ნებისმიერი მოწყობილობა, როგორც აქტიური, ასევე პასიური მოქმედების პრინციპით, რომლებიც უზრუნველყოფენ ურთიერთკავშირს კონტროლირებად ფიზიკურ პარამეტრსა (რამოდენიმე პარამეტრსა) და გარდამქმნელიდან გამოსულ რეგისტრირებად პარამეტრს შორის. მთელ რიგ არამრღვევი კონტროლის მეთოდში „გამოძახილი“ შეიძლება რეგისტრირდებოდეს ისეთი ფორმით, რომელიც შეიძლება უშუალოდ იქნას გაანალიზებული სხვადასხვა ნაწილებს შორის, რომელთა აპარატული რეალიზაცია შეიძლება პრინციპულად განსხვავდებოდეს.

თანამედროვე სპეციალიზირებული აპარატული საშუალებების დონე ორიენტირებული მსგავს სისტემებზე (როგორცაა java – პროცესორი) საშუალებას გვაძლევს, მივაღწიოთ სრულ ინტეგრაციას, ინფორმაციული სისტემების სხვადასხვა ნაწილში.

java-ს გამოყენებით მომხმარებელი მთლიანად გადაწყვეტს

გადასატანი ინტერფეისის პრობლემას, რაც არსებითად გადავიღებს მომხმარებლისათვის სისტემის ათვისებას და შესაძლებლობას მისცემს გამოიყენოს მაღალხარისხოვანი პლატფორმირების ფართო სპექტრი. პრობლემის ამ გზით გადაწყვეტის უარყოფით მხარედ შეიძლება ჩაითვალოს, დაბალი მწარმოებლობა, java სისტემის ტრადიციული მოხმარების დროს. მაგრამ ამავედროულად ეს არც ისე ძვირია დღევანდელი დღის შესაძლებლობების მაქსიმუმისათვის, გადატანის უნარიანობისა და ხანგრძლივი მოქმედების მხრივ. სამწუხაროდ დღეისათვის java პროცესორები მწირად არის წარმოდგენილი ბაზარზე და მათი გამოყენება სისტემის აპარატულ ნაწილში მომავლის საქმეა.

უნდა აღინიშნოს, რომ დიაგნოსტიკის სისტემებს გააჩნიათ ხანგრძლივი ზემოქმედების ვადა, შესაძლებელია გადააჭარბოს 10 წელიწადსაც. ამ ხნის განმავლობაში შეიძლება წარმოიქმნას ძველი სისტემის ადაპტაციის საკითხი ახალ აპარატულ პლატფორმებზე, ან მორალურად მოძველებული კომპონენტების შეცვლის საკითხი. ასევე შესაძლებელია საჭირო გახდეს გამოიყენოთ მხოლოდ კაპილარული, ულტრაბერითი, ოპტიკური მეთოდები. სხვა მეთოდებში გამოიყენება „გამოძახილი“ ელექტრული სიგნალის სახით, რომელიც გაცილებით მისაღებია რეგისტრირებისთვის და შემდგომი დამუშავებისათვის. პირველადი ინფორმაცია როგორც წესი რეგისტრირდება დროსა და სივრცეში განსაზღვრული გამოძახილების სახით. ინფორმაციის შემდგომი დამუშავება შეიძლება განხორციელდეს, როგორც ანალოგიური ასევე ციფრული სახით (დამოკიდებულია ალგორითმის სირთულეზე). მეთოდი და მოწყობილობა პირველადი ინფორმაციის მიღების არამრღვევი კონტროლის ამოცანებისათვის, ფართოდ არის განვითარებული და ღრმად შესწავლილი, როგორც პრაქტიკული ისე სასწავლო სახით.

იმის მიხედვით, თუ რა კონტროლის მეთოდი იქნება გამოყენებული, პირველადი ინფორმაციის დამუშავების ალგორითმები შეიძლება განსხვავდებოდნენ, მაგრამ გარკვეულ საზღვრებში, საბოლოო შედეგად, გაცილებით ხელსაყრელი ადამიანის აღქმის უნარის თვალსაზრისით, არის საკონტროლო ობიექტის გამოსახულება,

სქემატურად ან სამ განზომილებაში, რომელზეც დატანილია საძიებელი ფიზიკური სიდიდის განლაგება.

ეგულისხმობთ, რომ საძიებელი სიდიდის მნიშვნელობა საკმაოდ რეკონსტრუირებადია, მიღებულ პირველად ინფორმაციაზე დაყრდნობით. გარდა ვიზუალური წარმოდგენისა საჭიროა გვექონდეს, დეფექტების პარამეტრების რაოდენობრივი მნიშვნელობა, რომლებიც აუცილებელია შემდგომ სიმტკიცისა და არსებული რესურსების ჩატარებისათვის.

კონტროლის მეთოდების, კონტროლირებადი პარამეტრებისა და დეფექტების ტიპების მრავალფეროვნების მიუხედავად, რაოდენობა ალგორითმებისა, საბოლოო შედეგის მისაღებად არც ისე ბევრია. ის ძირითადად დადის, სხვადასხვა კომპლექსური გარდაქმნის ტიპებზე, განტოლებათა სისტემის ამოხსნასა და რეკონსტრუქციის დამუშავების მეთოდზე. უნდა აღინიშნოს, რომ არამრღვევი კონტროლის რამოდენიმე მეთოდის გამოყენებისას და მიღებული შედეგების დაჯამებისას შესაძლებელია მივიღოთ მძლავრი ეფექტი.

დღეისათვის ნებისმიერი ალგორითმის რეალიზაცია შესაძლებელია განხორციელდეს თანამედროვე გამოთვლელი მიკროპროცესორული ტექნიკის დახმარებით, როგორც სტანდარტული გამოთვლელი ტექნიკის ბაზაზე, ასევე სპეციალიზირებულ ავტონომიურ, მცირე გაბარიტიან მოწყობილობებზე, შესაბამისი მწარმოებლურობით. რეალიზაციის ვარიანტი განისაზღვრება არსებული მატერიალური რესურსებით.

დიაგნოსტიკის მეთოდის საბოლოო მიზანს არ წარმოადგენს მხოლოდ ინფორმაციის მიღება დეფექტებისა და მათი ფიზიკური პარამეტრების შესახებ, ასევე მისი მიზანია გადაწყვეტილების ფორმულირება, კონტროლირებადი ობიექტის ნორმალური ფუნქციონირებისა და არსებული რესურსების შესახებ. ზოგიერთი ობიექტისთვის შესაძლებელია განხორციელდეს გათვლები სიმტკიცეზე და მასზე დაყრდნობით შედეგის დასკვნა. ერთგვაროვანი ობიექტისათვის შექმნილია მეთოდური რეკომენდაციები, რომლებიც ფორმულირებას უკეთებენ გადაწყვეტილების მიღების პროცესს. სხვა შემთხვევებისათვის საჭიროა ევოლუციური მიდგომა, ან გამოიყვანება ასოცირებული გადაწყვეტილებები. ხშირად გადაწყვეტილებები მიიღება

სუბიექტურად ადამიანის მხრიდან საკუთარ გამოცდილებაზე დაყრდნობით.

ინფორმაციული პროცესის მოცემული რგოლი ნაკლებად არის ფორმულირებადი და ალგორითმირებადი. ეს გამოწვეულია კონტროლირებადი ობიექტისა და მისი ფიზიკური მახასიათებლების მრავალფეროვნებით. მაგრამ რიგ შემთხვევებში, სადაც არსებობს დამუშავებული მეთოდური მითითებები, მიზანშეწონილია მათი გამოყენება პროგრამული უზრუნველყოფის სახით, რომელიც უშუალოდ გამოიყენებს წინათ დამუშავებული ინფორმაციის შედეგებს და ავტომატურად არეგისტრირებს დასკვნას ობიექტის მდგომარეობის შესახებ. მომავალში ამ მიზნით შეიძლება გამოყენებული იქნას თვითმსწავლელი სტრუქტურები, ნეირონული პროცესორების საფუძველზე, რომლებსაც გააჩნიათ უკუკავშირი, რომელიც უარყოფს ან ადასტურებს მიღებულ დასკვნას (შეცვლილი კონსტრუქციების რღვევაზე გამოცდის საფუძველზე) შეუძლია აამაღლოს საბოლოო ეტაპზე მიღებული დასკვნის საიმედოობა.

დიაგნოსტიკის ამოცანები შეიძლება დავაჯგუფოთ შემდეგნაირად:

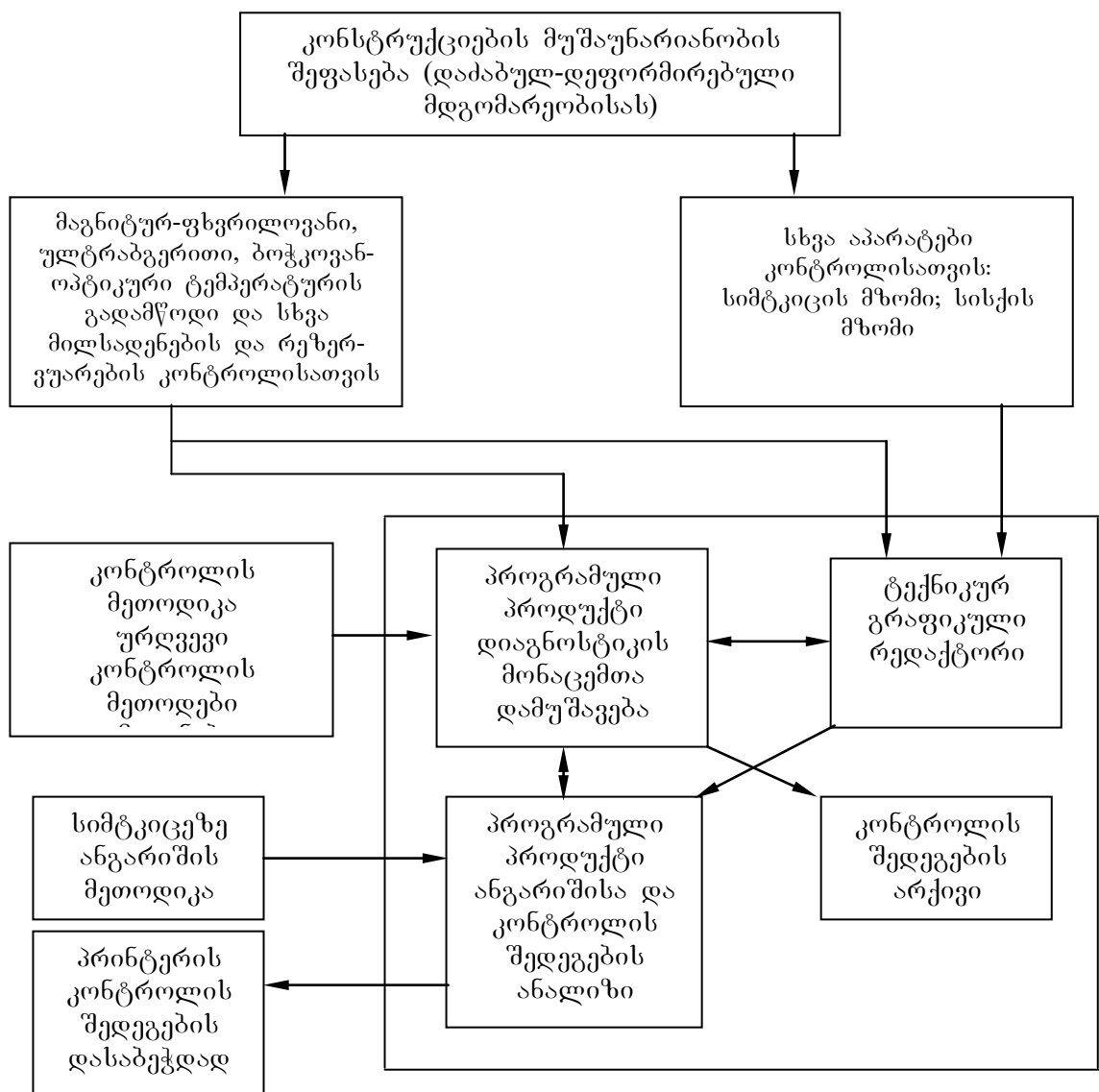
1. სხვადასხვა არამრღვევი კონტროლის მეთოდების აპარატურული რეალიზება შეიძლება გავაერთიანოთ და დავიყვანოთ სტრუქტურაზე, რომელსაც გააჩნია შემდეგი ძირითადი პრინციპები: ფიზიკური სიდიდეების გარდამქმნელი ელექტრულ სიგნალად; ელექტრული სიგნალების გარდამქმნელი ციფრულ სიგნალად; ინფორმაციის დამუშავების უნივერსალური ბლოკი და მისი გამოსახვა გრაფიკული სახით;

2. არამრღვევი კონტროლის მეთოდების განვითარება. ამ მიმართულებით საყურადღებოა გადაწყვეტილების ავტომატური ფორმულირება, მოცემული ობიექტის მდგომარეობასა და მისი ვარგისიანობის შესახებ;

3. საჭიროა ორგანიზაციული ღონისძიებების გატარება იმისთვის, რომ გადაწყვეტილ იქნას, გადაწყვეტილების მიღების ფორმულირების პროცესი, კონკრეტულ ობიექტზე გამოკვლევის შედეგებზე დაყრდნობით. ეს ორგანიზაციული საკითხები: ერთიანი მეთოდოლოგიური ცენტრის ფორმულირება, არსებული მეთოდოლოგიის სისტემატიზირება (მათ

შორის უცხოურის), სტატისტიკური ინფორმაციის შეგროვება. მსგავსი ცენტრის შექმნა შესაძლებელია მძლავრ კვლევით ორგანიზაციაში, რომელიც დაკავებულია არამრღვევი კონტროლის საკითხებით და გააჩნია დიდი სასწავლო პოტენციალი. ამასთან, რა თქმა უნდა პრაქტიკული გამოცდილება მსგავს საკითხებში.

ყოველი ზემოთქმულიდან გამომდინარე, დავამუშავეთ აპარატურულ-კომპიუტერული დიაგნოსტიკის ბლოკ-სქემა (ნახ. 4.1), რომელიც საშუალებას იძლევა შევავასოთ კონსტრუქციების მუშაუნარიანობა რეალურ დროში.



ნახ. 4.1. აპარატურულ-კომპიუტერული დიაგნოსტიკის ბლოკ-სქემა მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის კონტროლისათვის

შეგზერდეთ ერთ მნიშვნელოვან პრობლემაზე, მილსადენების და რეზერვუარების ყოველ მდგომარეობას შეესაბამება განსაზღვრული სიგნალი, რომელიც საჭიროა დიაგნოსტიკის პროცესში გავარჩიოთ, ამასთან ძირითადი პრობლემა მდგომარეობს იმ მიზეზების აღმოფხვრაში, რომლებიც ამახინჯებენ სიგნალს და აძნელებენ მათ გაშიფვრას. გამოსაკვლევი ელემენტების შესაძლო მდგომარეობის უსასრულო რიცხვიდან ამორჩეულ უნდა იქნეს სასრული რიცხვი, რომელიც ექვემდებარება დიაგნოსტიკის გარჩევას. სხვადასხვა მდგომარეობის ასეთი კლასიფიკაციის შედეგზე, რომლისთვისაც მიღებული სიგნალის მნიშვნელობა იმყოფება, რომელიც განსაზღვრულ დიაპაზონში, მიეკუთვნება ერთ არეს, ე.ი. ერთ კლასს, სხვადასხვა მდგომარეობა გაერთიანებული ერთ კლასში არ წარმოადგენს ერთი და იგივე სიგნალის წყაროს. აქედან გამომდინარე, რეზერვუარი ან მილსადენი იმყოფება ერთიდაიგივე მდგომარეობაში, ე.ი. მდგომარეობის ერთ კლასში ღებულობენ სხვადასხვა სიგნალებს, თუ მათი არსებული მდგომარეობა რამდენადმე განსხვავებულია.

მდგომარეობის ყველა სიმრავლე შეიძლება დავეოთ ორ კლასად: შრომისუნარიან და შრომისუნაროდ. მაგრამ ორივე კლასს გააჩნია გრადაციის დიდი რიცხვი და შედეგში არ შეუძლიათ მკვეთრად განსაზღვრული სიგნალის დაბრუნება. სიგნალის ვარიაცია ერთი მდგომარეობის კლასის ფარგლებში შემაფერხებელია დიაგნოსტიკის სათვის.

დიაგნოსტიკის ამოცანა დაიყვანება სიგნალის ამოცნობაზე, რომელსაც ვღებულობთ გამოსაკვლევი ობიექტიდან და მიეკუთვნება ერთ-ერთს აღნიშნული კლასებიდან. ამიტომ დიაგნოსტიკის მოწყობილობა, აპრიორულ ხარისხში უნდა შეიცავდეს ინფორმაციას სიგნალების შესახებ, რომლებიც შეესაბამებიან მილსადენების და რეზერვუარების სხვადასხვა მდგომარეობას.



### 4.3. პირველადი, მეორადი და მესამეული დიაგნოსტიკის მეთოდები

დიაგნოსტიკის ძირითადი პრინციპი მოიცავს: განსაზღვრული პარამეტრების თანმიმდევრობით და სისტემურ გაზომვებს და საწყისთან შედარებით ამ პარამეტრების ცვლილების გამოვლენას.

ამასთან დაკავშირებით განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ე.წ. „სენსორიზაციას“ ანუ ადამიანის გრძნობითი ორგანოების შეცვლას გადამწოდებით. ეს უკანასკნელი არა თუ ცვლის ადამიანის გრძნობით ორგანოებს, არამედ უფრო ეფექტურად ასრულებს მათ ფუნქციებს. გადამწოდების მგრძნობელობა გაცილებით მეტია ადამიანის გრძნობის ორგანოებზე. გარდა ამისა, მათ შეუძლიათ აღიქვან და შემდეგ მოგვაწოდონ ჩვენთვის გასაგები ისეთი ეფექტები, რომელთა აღქმაც ადამიანის გრძნობის ორგანოებს არ ძალუძთ.

დიაგნოსტიკის ტექნიკური ხერხები და მეთოდები შეიძლება დავაჯგუფოთ სამ ტიპად:

- ა) ნახევრად კვალიფიციური როცა ხდება რომელიმე პარამეტრის ფიქსირება. მაგალითად, ტემპერატურის, წნევის, საერთო ვიბრაციის, გადაადგილებისა და ა.შ.
- ბ) კვალიფიციური – ვიბრაციის სიხშირის ანალიზი, საექსპლუატაციო მახასიათებლების უწყვეტი რეგისტრაცია, ვიზუალური დათვალიერება, დეფორმაციის გადამწოდების გამოყენება.
- გ) მაღალკვალიფიციური – მოდელების ანალიზი, ულტრაბგერითი დეფექტოსკოპიის, მაგნიტოგრაფიის, ჰოლოგრაფიის, აკუსტიკური ემისიის გამოყენება.

ზოგადად, რაც უფრო მარტივია გაზომვის მეთოდები და დაბალკვალიფიციური ხერხები, მით უფრო უხეშ ანუ ცვლილებებისადმი უფრო ნაკლებად მგრძნობიარე ინფორმაციას ვიღებთ და ვიყენებთ. აქედან, მით უფრო მცირეა პროგნოზირების დრო.

განსაზომი პარამეტრების მიხედვით დიაგნოსტიკის მეთოდები შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად:

1. პირველადი მეთოდები. ამ მეთოდებით განისაზღვრება მთავარი საექსპლუატაციო პარამეტრები. მაგალითად, ლიანდაგის კონსტრუქციის

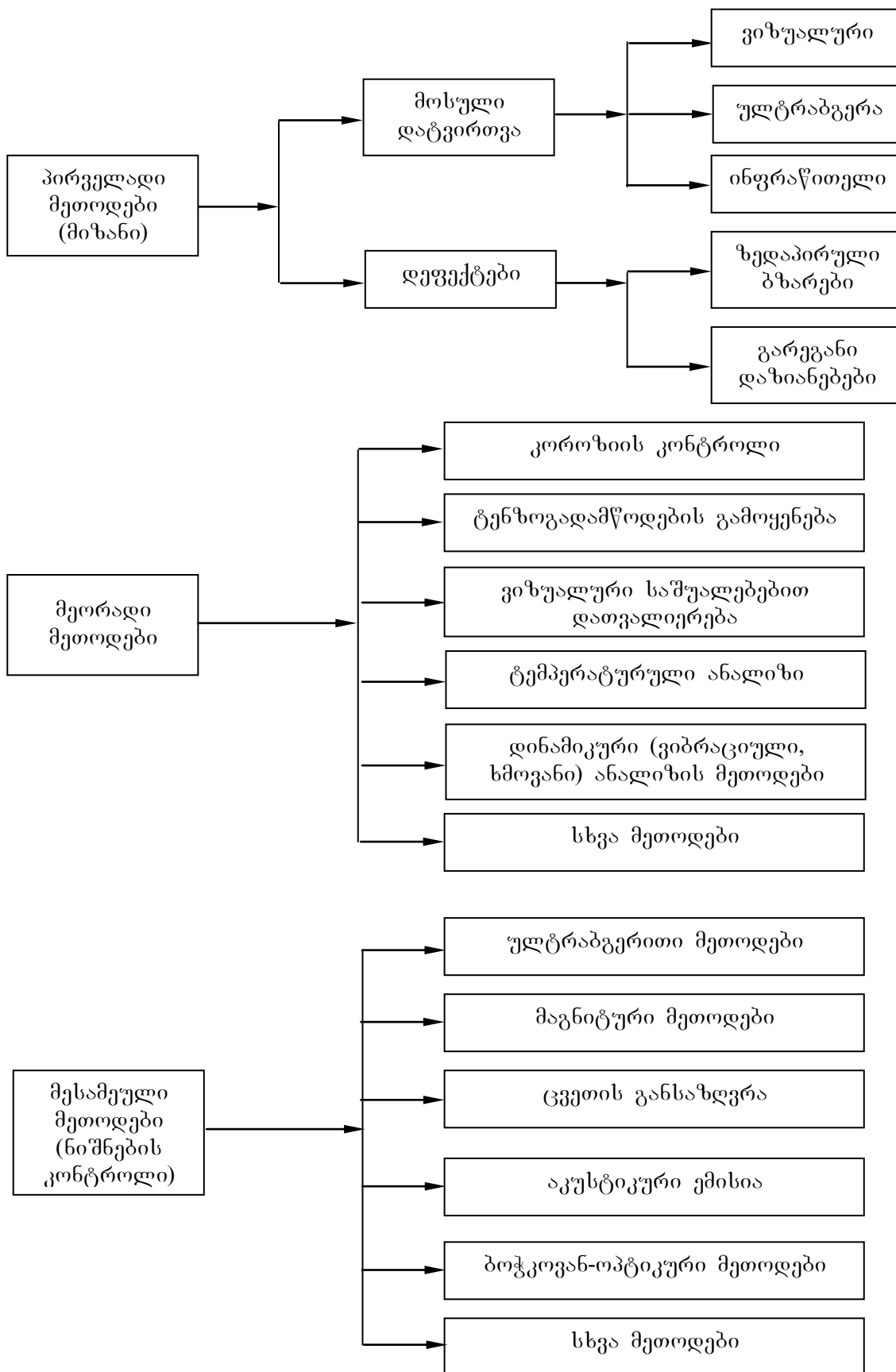
დანიშნულებაა აიტანოს რაღაც განსაზღვრული დატვირთვა და კონტროლი წარმოადგენს დიაგნოსტიკის პირველად მეთოდს.

2. მეორადი მეთოდები. ამ მეთოდებით ხდება იმ პარამეტრების გაზომვა, რომლებიც ახასიათებენ კონსტრუქციის ძირითად დანიშნულებასთან შედარებით მეორეულ ეფექტს. მაგალითად, დატვირთვების მოქმედება კონსტრუქციების კვეთებში აღძრავს ძაბვებს და იწვევს ჩაღუნვებს. ამიტომ ძაბვების და ჩაღუნვების კონტროლი მათში აკუსტიკური ემისიის, ტენზოგადამწოდების და ჩაღუნვებზომების მეშვეობით წარმოადგენს მეორეულ მეთოდს.
3. მესამეული მეთოდები. ამ მეთოდებით ხდება დეფექტების მიზეზის და შედეგის ნიშნების კონტროლი. მაგალითად, კონსტრუქციებში ძაბვების და დეფორმაციების გაზრდით გამოწვეული ბზარების დეფექტების დათვალიერება და კონტროლი.

ნავთობპროდუქტების ტერმინალის კონტროლი ექსპლუატაციისას გულისხმობს, რომ განისაზღვროს პარამეტრების დიდი რაოდენობა, რომელიც შეიძლება დამუშავდეს კომპიუტერზე. რადგან შესაბამისი თეორიით და პროგრამული უზრუნველყოფით შეიძლება განისაზღვროს დაზიანების ხარისხი.

განვიხილოთ მაგალითი, სადაც მოვახდინოთ მილსადენის და რეზერვუარის დიაგნოსტიკის და მთლიანობის კონტროლის მეთოდების კლასიფიკაცია, რომელიც სქემატურად მოცემულია ნახ. 4.2-ზე.

ამრიგად, პირველადი მეთოდები ახდენენ კონსტრუქციის დანიშნულების, მიზეზის პარამეტრების კონტროლს, მეორადი – მათი შედეგების, ხოლო მესამეული – ამ მიზეზის და შედეგის ნიშნების კონტროლს.



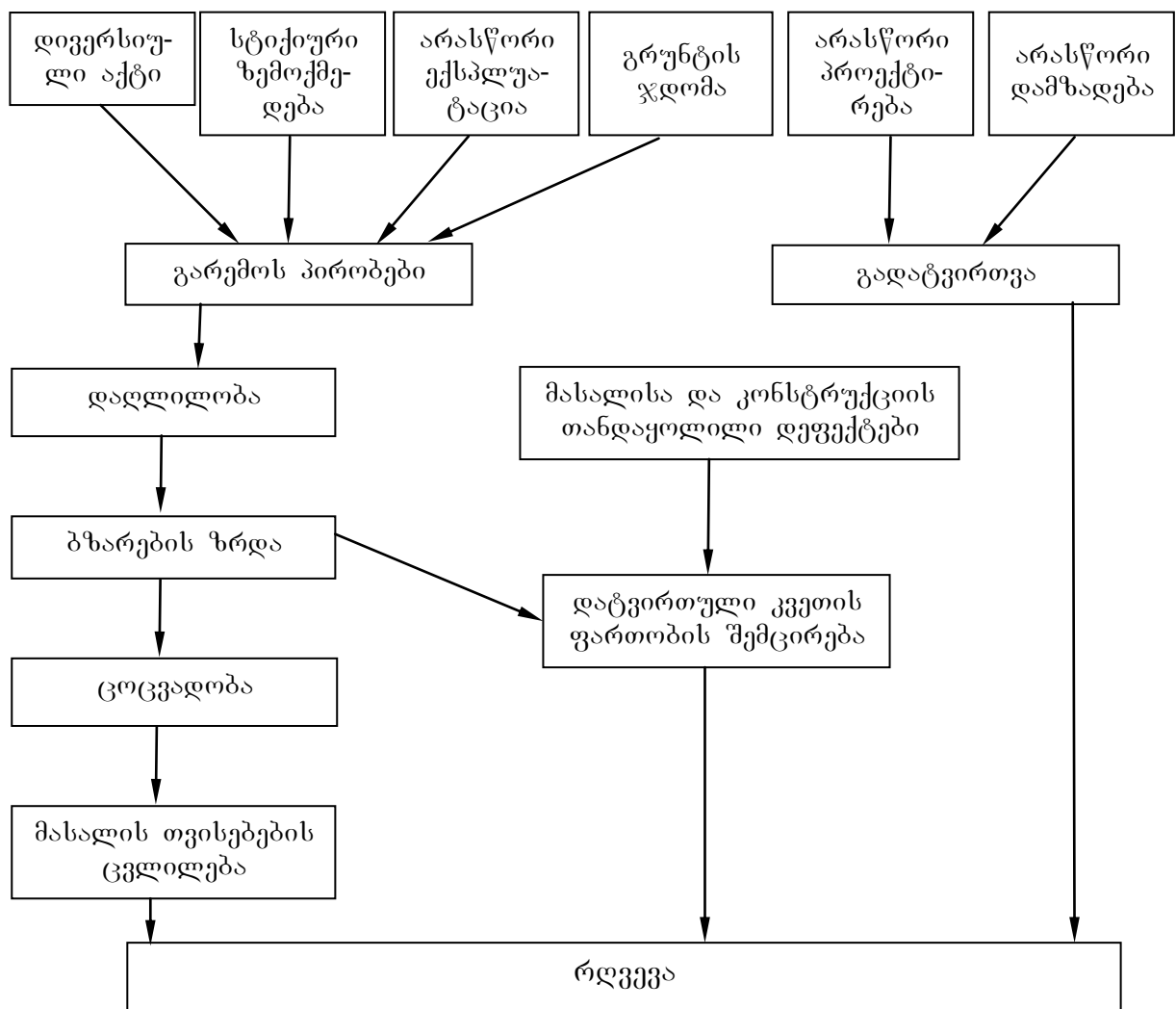
ნახ. 4.2. დიაგნოსტიკის და კონტროლის მეთოდების კლასიფიკაცია

#### 4.4. დიაგნოსტიკის მეთოდების არჩევითი მგრძობელობა

მიღგაყვანილობის და რეზერვუარის სიმტკიცის დაკარგვის გამომწვევე ფაქტორების მრავალფეროვნება ნაჩვენებია ნახ. 4.3-ზე.

როგორც ჩანს, კონსტრუქციების სიმტკიცის დაკარგვის მიზეზი უმეტეს შემთხვევაში გადატვირთვაა, რომელიც შეიძლება გამოწვეულ იქნას გარემო პირობებით, ასევე არასწორი პროექტირებითა და დამზადებით.

გარდა ამისა, რღვევის მიზეზი შეიძლება გახდეს მასალის სიმტკიცის თვისებების შეცვლა, აგრეთვე დატვირთული ზედაპირის ფართის შემცირება გამოწვეული დეფექტებითა და ბზარის ზრდით.



ნახ. 4.3. კონსტრუქციის რღვევის გამომწვევი ფაქტორები

აქედან გამომდინარე, კონსტრუქციების დიაგნოსტიკა გარე დატვირთვების კონტროლის (პირველადი მეთოდები) მეშვეობით ყოველთვის ეფექტური ვერ იქნება. იგი ვერ აღრიცხავს ისეთ საშიშროებებს, რომელიც მოსალოდნელია ბზარის გახსნის, მასალის ცოცვადობის, შინაგანი დეფექტების არსებობის გამო.

კონსტრუქციების დაზიანების დიაგნოსტიკისას უფრო ეფექტურია მეორადი და მესამეული მეთოდების გამოყენება, ვინაიდან ისინი ითვალისწინებენ ისეთი პარამეტრების კონტროლს (შედეგი და ნიშანი ძაბვა, დეფორმაცია, დეფექტის ზომა), რომელთაც რღვევის მექანიზმში გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება.

დიაგნოსტიკის შესაბამისი მეთოდის ამორჩევისას, დასაწყისში აუცილებელია გამოვიყენოთ ისეთი ხერხები, რომლებიც რაც შეიძლება ადრე შეგვატყობინებენ საფრთხეს, ხოლო შემდეგ დაზიანებათა ზრდასთან ერთად უნდა გამოვიყენოთ სხვა მეთოდები.

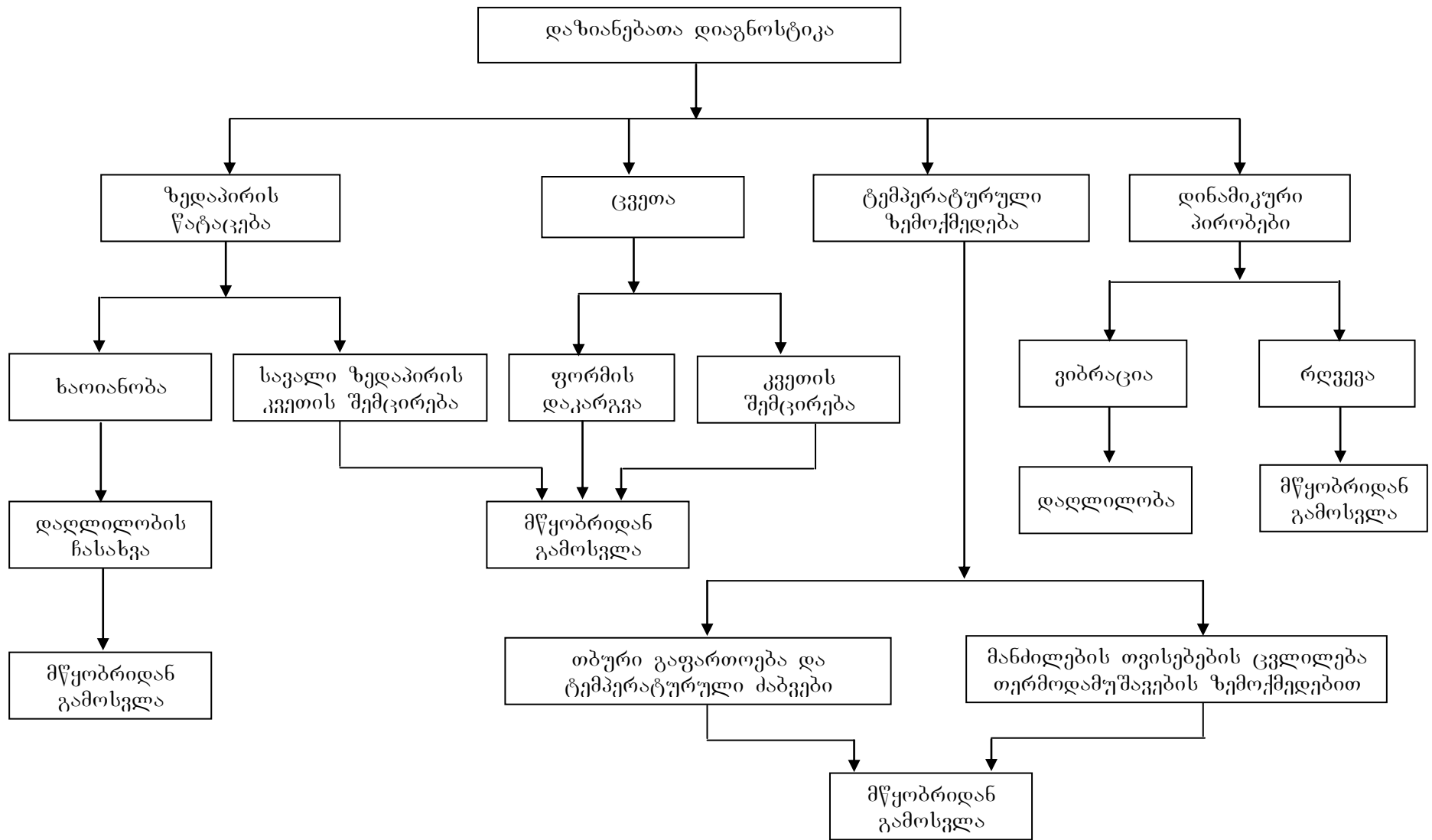
ეს მეთოდები კონსტრუქციის ექსპლუატაციის განმავლობაში სხვადასხვა მგრძობელობით (ეფექტურობით) ხასიათდებიან. მაგალითად, კონსტრუქციების ექსპლუატაციის დასაწყისში, სანამ არაა დაგროვილი საკმარისი ზომის დეფექტები, უფრო ეფექტური იქნებოდა დატვირთვების, ძაბვის და გადაადგილების კონტროლის მეთოდების გამოყენება, აგრეთვე დეფექტების ვიზუალური დათვალიერების პერიოდული ჩატარება, ხოლო ექსპლუატაციის გარკვეული ხანგრძლივი პერიოდის შემდეგ, როდესაც ზემოთ ჩამოთვლილი მეთოდებით დაფიქსირებული იქნება მნიშვნელოვანი დეფექტები, უპირატესობა უნდა მიენიჭოს მესამეულ მეთოდებს, დეფექტოსკოპიას, ბზარების ანალიზს და სხვა.

ნახ. 4.4-ზე მოცემულია მილსადენების და რეზერვუარების დაზიანებათა დიაგნოსტიკის სქემა, ნახ. 4.5-ზე სხვადასხვა წესით მათი რღვევა, ხოლო ნახ. 4.6-ზე საორიენტაციო შერჩევითი მგრძობელობა სხვადასხვა კონტროლის მოწყობილობისათვის.

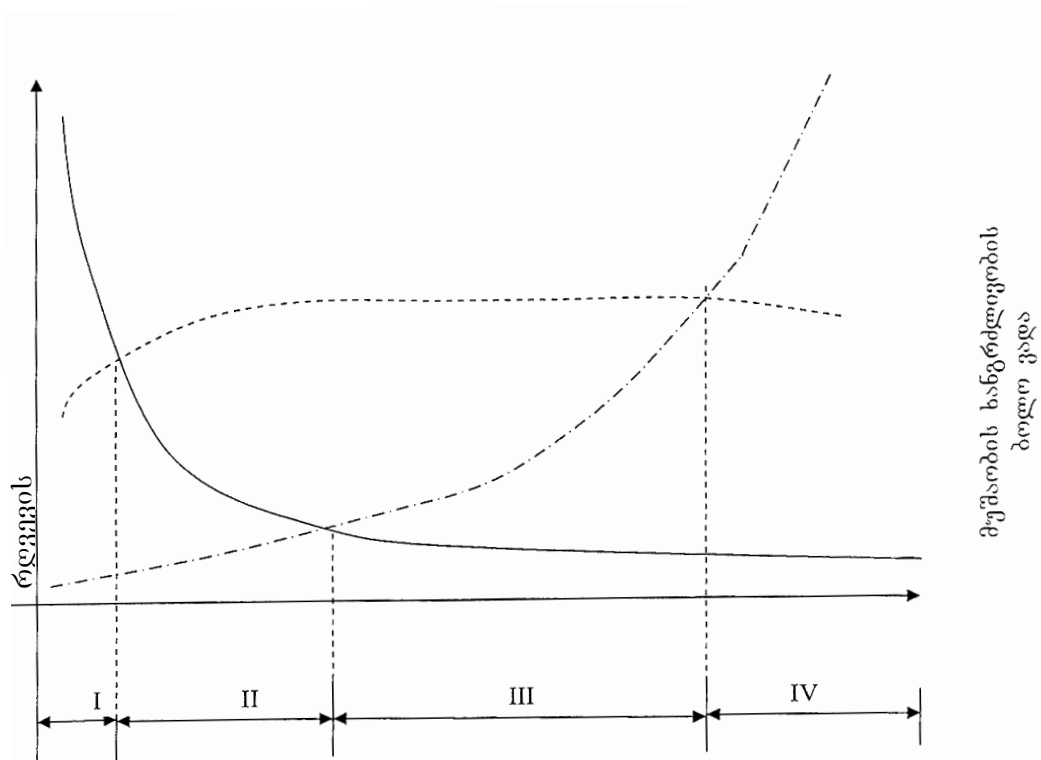
#### 4.5. ტერმინალის საპასუხისმგებლო კონსტრუქციების მუშაუნარიანობის მთლიანობის მონიტორინგის პროცესი

როგორც უკვე აღვნიშნეთ თანამედროვე ნავთობპროდუქტების ტერმინალები და სხვა საპასუხისმგებლო ობიექტები უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს კონტროლის სხვადასხვა მოწყობილობებით (სენსორებით). სენსორების ძირითად მოთხოვნას წარმოადგენს გაზრდილი საიმედოობა, გაზომვის სიზუსტე და ტექნიკური მდგომარეობის მიხედვით შეფასება ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში. ამ საკითხის გადაწყვეტაში, როგორც წინა პარაგრაფებში იყო აღნიშნული (ნახ. 4.2) განსაკუთრებული პრიორიტეტი მილსადენების და რეზერვუარების კონტროლისას ენიჭება ულტრაბგერით ბოჭკოვან-ოპტიკურ გადამწოდებს და მაგნიტურ-ინდუქციურ დეფექტოსკოპებს, რადგან მათი გამოყენებით შეიძლება კონტროლის პროცესის მართვა და სასურველი ინფორმაციის მიღება.

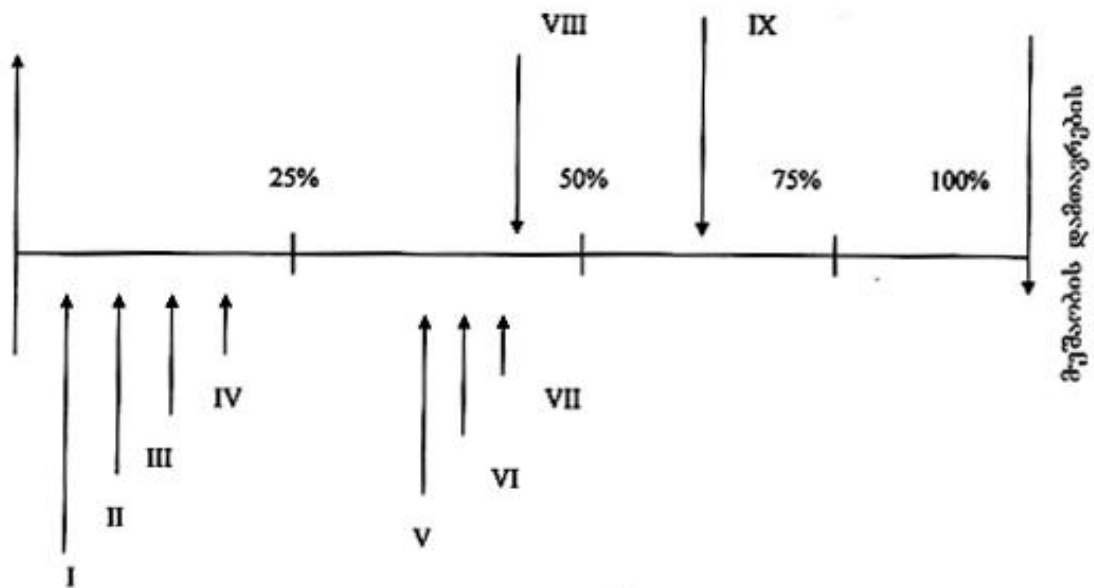
ჩვენს მიზანს წარმოადგენდა მილსადენების და რეზერვუარების მუშაუნარიანობის და სტრუქტურული მთლიანობის მონიტორინგის პროცესის მკაცრად ჩამოყალიბებული მოდელის შექმნა. რისთვისაც დამუშავებულია ბლოკ-სქემა საკვლევი ობიექტების სტრუქტურული მთლიანობის მონიტორინგისათვის, რაც მოცემულია ნახ. 4.7-ზე.



ნახ. 4.4. მილსადენების და რეზერვუარების დაზიანებათა დიაგნოსტიკა

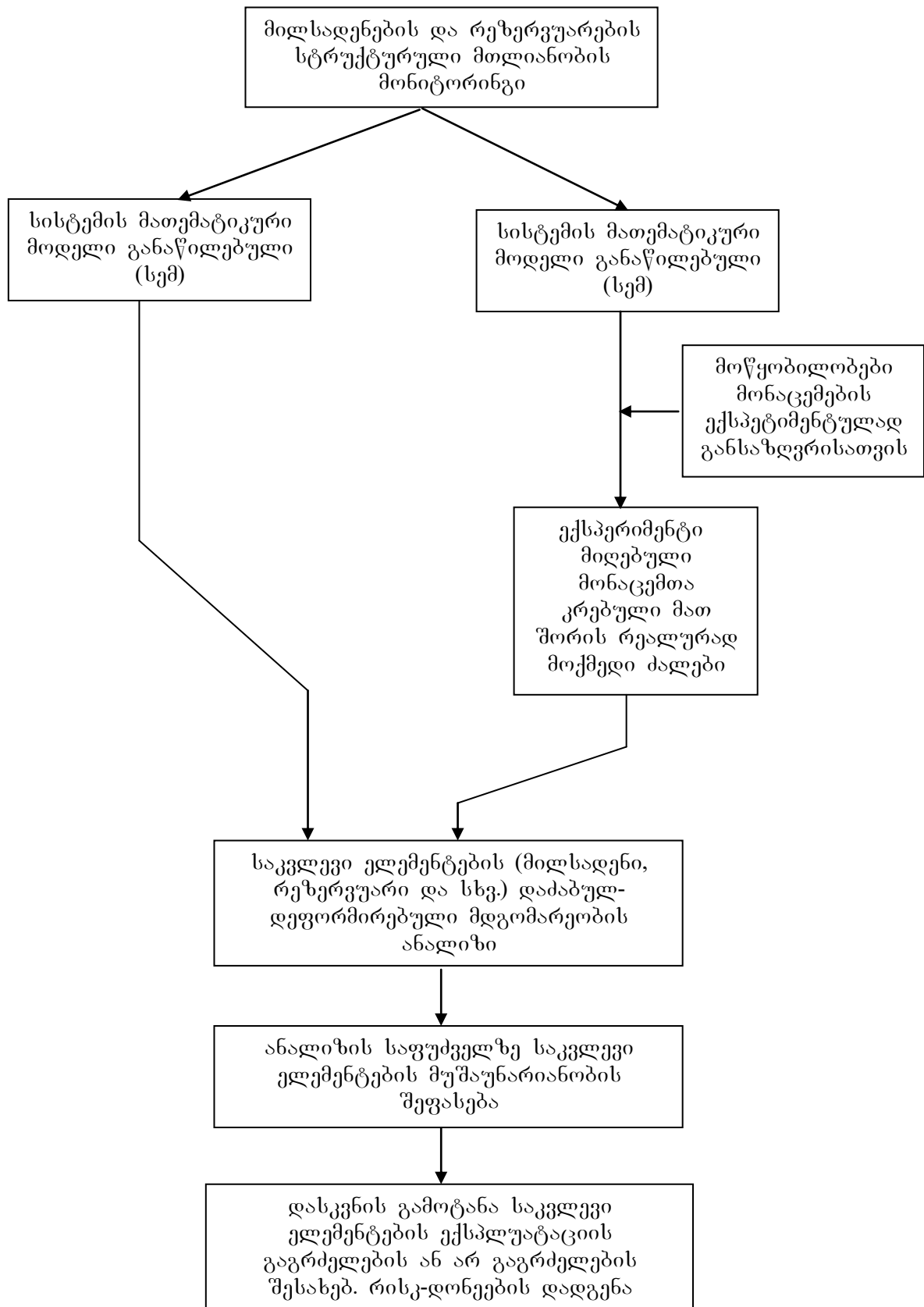


ნახ. 4.5. სხვადასხვა წესის მიღის და რეზერვუარის რღვევა  
 — დეფექტების ჩასახვა; ---- ბზარის ზრდა; -.-.- რღვევა;  
 I დეფექტის ჩასახვის ზონა; II ბზარის ზრდის ზონა III რღვევის დაწყების  
 ზონა; IV რღვევა



ნახ. 4.6. საორიენტაციო შერჩევითი მგრძობელობა სხვადასხვა  
 კონტროლის მოწეობილობისათვის I ულტრაბგერა; II მაგნიტური  
 დეფექტოსკოპი; III ვიბროგადამწოდი; IV კოროზიის რეგისტრატორი; V  
 აკუსტიკური ემისია; VI ტემპერატურის გადამწოდი; VII ტენზოგადამწოდი; VIII  
 გრიგალურდენიანი; IX ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდები





ნახ. 4.7. ბლოკ-სქემა საკვლევი ობიექტების სტრუქტურული მთლიანობის მონიტორინგისათვის

წარმოდგენილ ბლოკ-სქემაში შემოტანილია სასრულ-ელემენტთა მეთოდი. მონაცემები შემოდის საკვლევი ობიექტებზე განლაგებული სენსორებიდან, მიღებული მონაცემები მუშავდება, განისაზღვრება რეალურად მოქმედი ძალები. მიღებული ძალების შეტანით მათემატიკურ მოდელში ხდება გაანგარიშება საკვლევი ელემენტების მილსადენების და რეზერვუარების და დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ანალიზი. ანალიზის საფუძველზე მიმდინარეობს საკვლევი ელემენტების მუშაუნარიანობის შეფასება. რის შემდეგაც კეთდება დასკვნა ამ ელემენტების ექსპლუატაციის გაგრძელების ან არ გაგრძელების შესახებ. ამავდროულად ხდება რისკ-დონეების დადგენა.

#### **4.6. მილსადენის და რეზერვუარის სიმტკიცის რისკ-დონეების დადგენა მონაცემთა ბაზის მიხედვით**

მილსადენის და რეზერვუარების სიმტკიცის რისკ-დონეების დადგენა შეიძლება მათზე განლაგებული გადამწოდებიდან მიღებული ინფორმაციის დამუშავებით, რომელიც ხდება აპარატულ-კომპიუტერული დიაგნოსტიკის კომპლექსის გამოყენებით და წინა პარაგრაფებში ჩამოყალიბებული სიმტკიცის ანგარიშის მიხედვით.

მოცემული მექანიზმი შემდგენაირად მყშაობს: კონტროლის სისტემის მესხიერებაში ინახება მიღებული სიგნალების დროის მიხედვით  $n$  სხვადასხვა მდგომარეობა. დიაგნოსტირების პროცესში გამოითვლება ურთიერთკორელაციური ფუნქცია ყველა ამ სიგნალებიდან სიგნალთან, რომელსაც ვღებულობთ საკვლევი კონსტრუქციიდან. კონსტრუქციის მდგომარეობა მიეკუთვნება იმ  $k$  მდგომარეობიდან სიგნალს, რომელსაც გამომსხივებელ სიგნალთან აქვს მეტწილი კორელაცია.

შესაძღებელია დიაგნოსტიკის მეორე ვარიანტი. კონტროლის სისტემის მესხიერებაში ინახება ტიპური სიგნალების რეალიზაციის სტატისტიკური მახასიათებლები, ე.ი. მოცემული განსაზღვრული მდგომარეობისას გავრცეღებული კანონი, კორელაციური ან ენერგეტიკული სპექტრი (ფურიეს სპექტრი). დიაგნოსტირების პროცესში გამოითვლება ერთ-ერთი იმ მითითებული სტატისტიკური მახასიათებლებიდან, რომელსაც ვღებულობთ სიგნალის სახით

კონსტრუქციიდან და ეს მახასიათებლები ედარება რიგ-რიგობით მონაცემთა კრებულს, რომელიც ინახება მეხსიერებაში. მახასიათებლის სიახლოვის კრიტერიუმს წარმოადგენს ან საშუალო კვადრატული გადახრა ერთი ფუნქციისა მეორისაგან, ან მაქსიმალური გადახრა ან ფურიეს სპექტრების შედარება, პიკების სიხშირე და განლაგება.

თუ დადგენილია სხვადასხვა დონეების სიგნალები, როგორცაა წინააგარიული, აგარიული და ზეაგარიული დაზიანებები. ასეთი სიგნალები წარმოადგენს რისკ დონეებს (I, II, III), ყველაზე დიდ რისკ დონეს წარმოადგენს III დონე.

განვიხილოთ მიღებული სიგნალების დამუშავების პრინციპები სიგნალის დონის განაწილების და მისი კორელაციური ფუნქციის კანონის მიღების მიზნით. როგორც გამოკვლევები გვიჩვენებენ, თუ კონსტრუქციის ექსპლუატაციისას მუშაობის პირობები არ იცვლებიან, მაშინ მისი სიგნალი შეიძლება ჩაითვალოს ენერგეტიკულ შემთხვევით პროცესად. ყველა მისი მახასიათებელი შეიძლება მივიღოთ რეფლექტოგრამიდან. დროის ღერძის პარალელურად და ერთმანეთისგან თანაბრად დაცილებული მანძილებით  $\Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x_3 = \dots = \Delta x_k = \Delta x_n$   $n$  ხაზები შეესაბამებინ სათანადო სიგნალებს.

რეფლექტოგრამის  $\Delta x_k$  დიაპაზონში ყოფნის დრო ტოლია დროთა ჯამისა:

$$\Delta x_{k1} + \Delta x_{k2} + \dots + \Delta x_{kn} = \sum_{i=1}^{m_k} \Delta x_{ki}, \quad (4.1)$$

სადაც  $k$  – განსახილველი დიაპაზონის სიგნალის ნომერია;  $i$  – სიგნალის მდებარეობის რიგითი ნომერია განსახილველ დიაპაზონში;  $m_k - \Delta x_k$  დიაპაზონში სიგნალების რიცხვია.

მიღებული ჯამის შეფარდებით, მთელი რეფლექტოგრამების  $T$  ხანგრძლივობაზე განისაზღვრება სიგნალის მნიშვნელობის ალბათობა  $k$  და  $k+1$  დონეებს შორის:

$$P(x_k \leq x(t) < x_{kM}) = \sum_{i=1}^{m_k} \Delta t_{ki} / T, \quad (4.2)$$

საიდანაც, სიგნალის  $k$  დიაპაზონის ალბათობის სიმკვრივის საშუალო მნიშვნელობა ტოლი იქნება:

$$f(\Delta x_k) = P(x_k \leq x(t) < x_{kM}) / \Delta x. \quad (4.3)$$

ამ მნიშვნელობებით იგება ჰისტოგრამა და სიგნალის მნიშვნელობის ალბათობის სიმჭიდროვის მრუდი.

$f(x)$  ფუნქციის ხელით გამოთვლის პროცესი საკმარისად რთულია, შრომატევადია და ამის გამო აუცილებელია ავტომატური გამოთვლითი პროცესის გამოყენება (რასაც ანხორციელებს მე-3 თავში მოცემული აპარატურულ-კომპიუტერული დიაგნოსტიკის კომპლექსი).

სიგნალის დისპერსია ტოლი იქნება

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt. \quad (4.4)$$

დისპერსია შეიძლება განსაზღვრული იქნას ერთდროულად განაწილების კანონის აგებასთან ერთად. თუ განაწილების კანონის აგება საჭირო არ ხდება, მაშინ აპარატული გადაწყვეტილება მოწყობილობისა დისპერსიის გამოთვლისათვის ბევრად ადვილია.

კორელაციური ფუნქცია შეიძლება გამოვთვალოთ ფორმულიდან:

$$R(\tau) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^N x(t_j)x(t_j - \tau). \quad (4.5)$$

სიგნალის კორელაციური ფუნქცია განისაზღვრება უბრალო, მაგრამ შრომატევადი ოპერაციებით. ამის გამო ამოცანა უნდა გადაწყდეს კომპიუტერზე. ამასთან გამოთვლა წარმოებს ფორმულით:

$$R(\tau) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^N x(t_j)x(t_j - \tau). \quad (4.6)$$

სადაც  $N - x(t_i)$  ასარჩევი მნიშვნელობების რიცხვია.

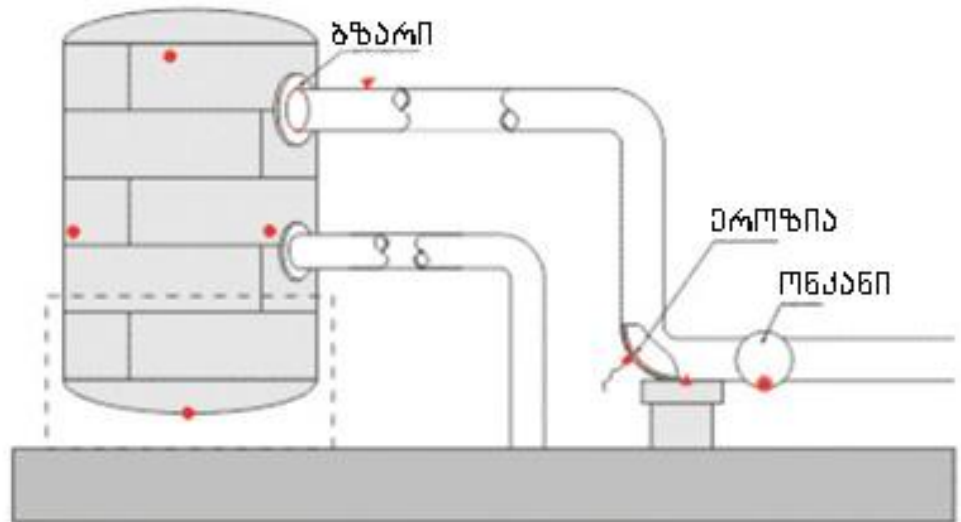
$x(t)$  უწყვეტი პროცესის გადაწყვეტისათვის  $\Delta t$  დროის ონტერვალში აიღება არჩევითი მნიშვნელობა, რის შედეგადაც ანგარიშის პროცესი მიმდინარეობს (4.6) გამოსახულების ანალოგიურად.

#### 4.7. ფიზიკური და რიცხვითი ექსპერიმენტები აპარატულ-კომპიუტერული დიაგნოსტიკის კომპლექსის რეალიზაციისათვის

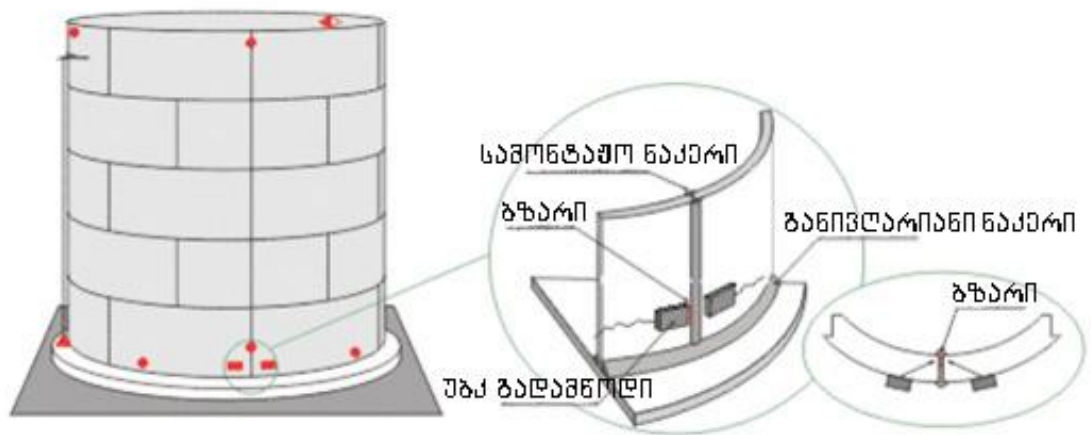
აპარატულ-კომპიუტერული დიაგნოსტიკის კომპლექსით, რომელიც განლაგებულია ტერმინალზე, შესაძლებელია განისაზღვროს მილსადენების სატუმბო სადგურების და რეზერვუარების დაზიანება, ცვეთა, კოროზია და ავარიის წინა მდგომარეობა.

კომპლექსის შემადგენლობაში შედის შემდეგი მოწყობილობები: საველე კამერები, ულტრაბგერითი, მაგნიტური, ტენზო და ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდები. ავტომატური მოწყობილობა უწესრიგობის გამოვლენის შემთხვევაში იძლევა სიგნალს – ინფორმაციას, რომელიც გადაეცემა სპეციალური პლატით (ანალოგიურ-ციფრული გარდამქმნელი). საკონტროლებელ დიაგნოსტიკურ ცენტრში შედის საინფორმაციო კონცენტრატორი, პერსონალური კომპიუტერი და მოწყობილობა. ექსპერიმენტული დანადგარის საერთო ხედი მოცემულია ნახ. 4.8-ზე.

კომპიუტერში გადამწოდებიდან მიღებული ინფორმაციის ამოკითხვა და დამუშავება მიმდინარეობს სპეციალური პროგრამის მიხედვით, სადაც ხდება რისკ-დონეების დადგენა და იმ ადგილების (მილსადენების და რეზერვუარის რიგი ნომრის) დაფიქსირება, რომლებშიც გადაჭარბებულია საკონტროლებელი პარამეტრების ზღვრული მდგომარეობა. აგრეთვე მონიტორზე გამოდის მთლიანი საკონტროლებელი უბანი და ვიზუალურად გვიჩვენებს იმ ადგილს სადაც არის დაზიანება.



- ▼ გადამხმომლი (აქსელერომეტრი) დინამიური დატვირთვების განსაზღვრად
- ▲ ნროფივი გადამდგილების გადამხმომლი. საყრდენების ძვრის კონტროლი
- ონკანში გაშომვების აღმოსაჩინად ან გადამხმომლი (დაბალსხპირიანი)
- ან გადამხმომლი
- ▶ გადამხმომლი კედლის სისქის განსაზღვრად



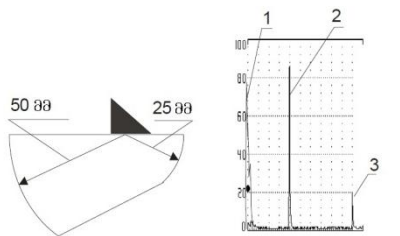
- ◀ ნროფივი გადამდგილების გადამხმომლი. კონტონსა და კედლს შორის ღრეჩოს კონტროლისათვის
- ან გადამხმომლი. ძირისა და კედლების ძირითადი ლითონის და შედუღებითი ნაქარების კონტროლისათვის (კოროზია, ბზარი)
- უბკ გადამხმომლი ვერტიკალური სამონტაჟო შედუღებითი ნაქარის კონტროლისათვის (ბზარები)
- ∨ ბზარების გადამხმომლი (ქაფისებრი) კონტონის, სამონტაჟო ნაქარის და ძირის შედუღების ნაქარში ბზარების რეგისტრაციისათვის
- ▲ ღაზერული სასნორი რეზერვუარის კედლების ვერტიკალურობის კონტროლისათვის

ნახ. 4.8. ექსპერიმენტული დანადგარი

## ფიზიკური ექსპერიმენტი

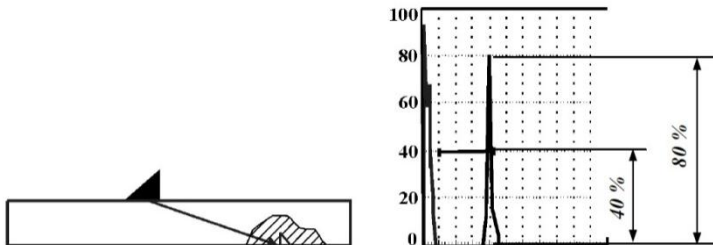
მილსადენის რეზერვუარის კონტროლი სორციელდებოდა ულტრაბგერითი დეფექტოსკოპით NSN-52, სისქის მზომით Elcometer 252 და კაპილრული მეთოდით პენეტრანტების გამოყენებით.

ნახ. 4.9-ზე წარმოდგენლია მილსადენის და რეზერვუარის კონტროლის ფრაგმენტი. უეცარი ლოკალური ცვლილება ულტრაბგერითი დეფექტოსკოპის ეკრანზე შეესაბამება დეფექტის განვითარების ზონას. შეიძლება შევნიშნოთ, რომ ძაბვის კონცენტრაციის ზონა უჩვენებს გამოვლენილი ბზარების განვითარების მიმართულებას.

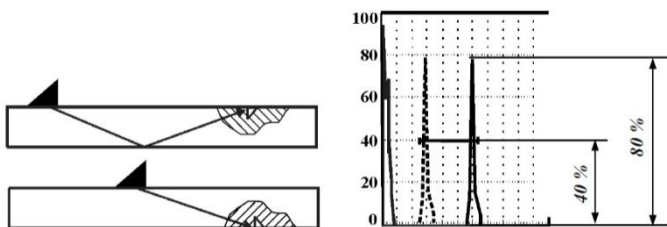


დეფექტოსკოპის ეკრანის ბანულის დიაგნოზის დაქმნება

1. მაკროვიზუალი იმპულსი
2. მძო - სიხელი შემსაბამება 50 მმ მანძილს
2. მძო - სიხელი შემსაბამება 25 მმ მანძილს

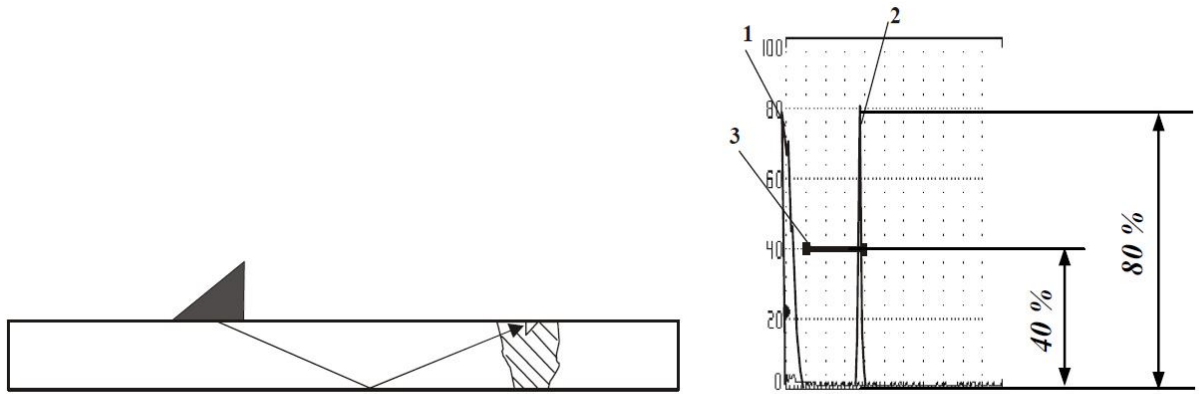


პირდაპირი სიხითი კონტროლის დროს იმპულსის და მბრუნებულობის დაქმნება



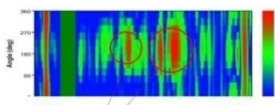
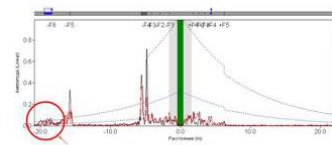
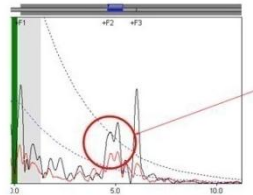
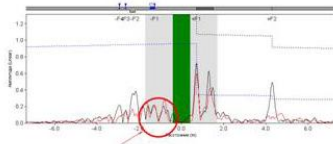
მთქმარადი ამრეკლი სიხითი იმპულსის და მბრუნებულობის დაქმნება



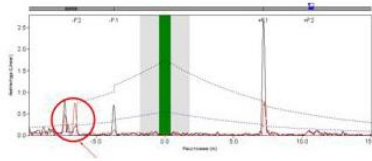


პირდაპირი და ერთჯერადი არეკვლის სხივის მბრძანებლობის და იმპულსის ღაყენება ერთი ბავლით

1. მავონდირებელი იმპულსი
2. ექო - სიგნალი ზედა ჩაღბიდან
3. იმპულსი



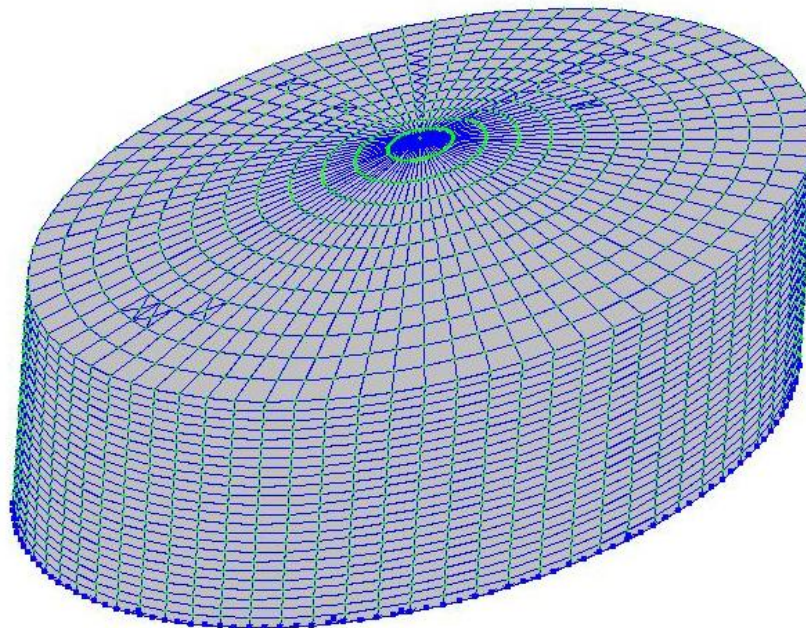




ნახ. 4.9. მილსადენის და რეზერვუარის კონტროლის ფრაგმენტები

### რიცხვითი ექსპერიმენტი

ნახ. 4.7-ზე მოცემულია მილსადენების და რეზერვუარების მდგომარეობის შეფასების ბლოკ-სქემა, რომელშიც ჩადებულია სასრულ ელემენტთა ანგარიშის მოდელი. ამ მოდელს მიეწოდება საკვლევი ელემენტზე განლაგებული გადამწოდებიდან ყველა საჭირო და რეალური მახასიათებლები (დატვირთვები, კვეთის შემცირება, გადაადგილებები, ტემპერატურა და ა.შ.), რის შედეგადაც მოდელი ახდენს დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობის ანალიზს. აქ გამოიყენება სერთიფიცირებული უნივერსალური პროგრამის Nastran-ის, Ansys-ის და „Lira“-ს კომპლექსები. განხილული გვაქვს რეზერვუარის გაანგარიშების მაგალითი სასრულ ელემენტთა მეთოდით (ნახ. 4.10).



ნახ. 4.10. რეზერვუარის მოდელი სასრულ ელემენტთა მეთოდით

წარმოდგენილი რიცხვითი ექსპერიმენტიდან გამოიკვეთა რისკ-დონეების სამი დონე: I – როცა ელემენტში  $\sigma_{1,2,3}$  მთავარი ძაბვა  $\sigma_{დრ}$  დრეკადობის ზღვარს უტოლდება; II – როცა ელემენტში  $\sigma_i$  მთავარი დენადობის ძაბვა  $\sigma_{დენ}$  ზღვარს უტოლდება და III – როცა ელემენტში  $\sigma_i$  სიმტკიცის მთავარი ძაბვა  $\sigma_{სიმტ}$  ზღვარს უტოლდება.

I დონე არის გამაფრთხილებელი; II დონე – ავარიის წინა მდგომარეობა; III დონე – ავარიის დასაწყისი.

I დონეზე ანუ გამაფრთხილებელ დონეზე უნდა მოხდეს რეზერვუარის ან მილსადენის გადაანგარიშება სიმტკიცეზე და მდგრადობაზე. ასევე უნდა განვახორციელოთ ნარჩენი რესურსის პროგნოზირებისა და რეზერვუარის ცალკეული ელემენტების კრიტიკული მდგომარეობის შეფასება (მე-3 თავში მოცემულია გაანგარიშების მოდელების მიხედვით).

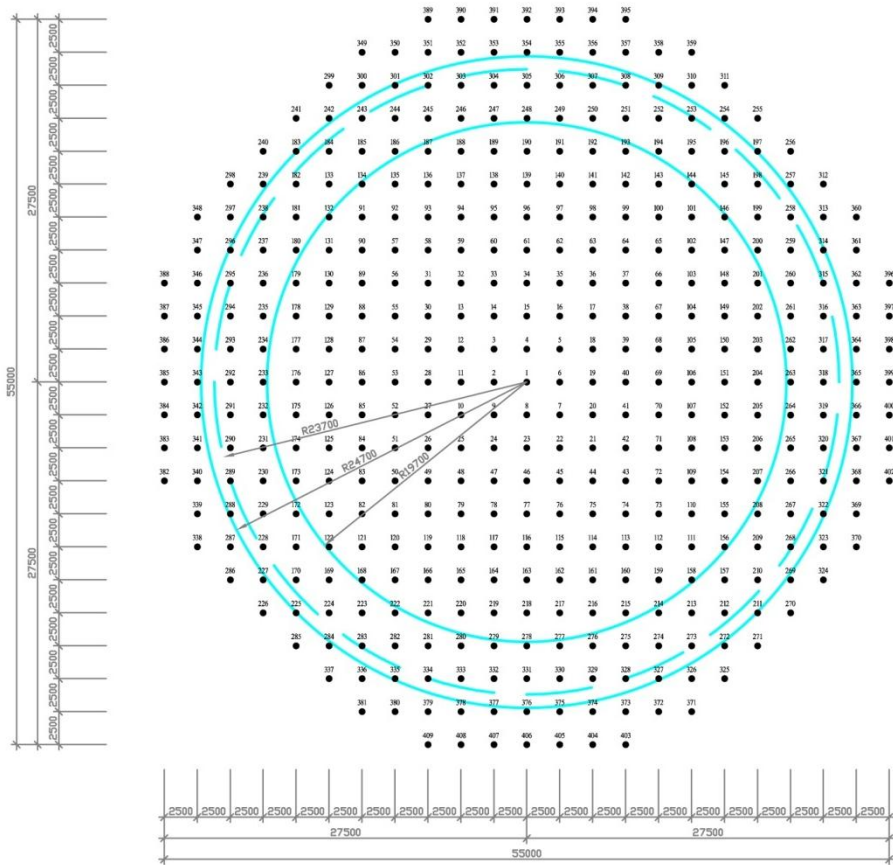
#### 4.8. გაანგარიშების მაგალითები

**მაგალითი.** გავიანგარიშოთ ყულევის ტერმინალში განლაგებული რეზერვუარებიდან ერთ-ერთი, რომლის საძირკვლის მოწყობის სქემები მოცემულია ნახაზებზე (იხ. ნახ. 4.11, 4.12, 4.13).

საყრდენი მონაცემები:  $J_p = 3,35 \cdot 10^4$  კგძ;  $J_k = 0$ ;  $T_y = (t_N, V)$  სმ;  $H_* = 1,53 \cdot 10^3$  სმ;  $A = 1,2435 \cdot 10^3$  სმ;  $V_{\sigma\sigma} = 5,6 \cdot 10^{-4}$  კგძ/სმ<sup>3</sup>;  $\nu = 0,28$  სმ<sup>2</sup>/წმ;  $P_n = 7 \cdot 10^{-3}$  კგძ/სმ<sup>2</sup>;  $K_c = 0,4$ ;  $g = 981$  სმ/წმ<sup>2</sup>;  $V_m = 7,85 \cdot 10^{-3}$  კგძ/სმ<sup>3</sup>;  $E = 2,1 \cdot 10^6$  კგძ/სმ<sup>2</sup>;  $\mu = 0,3$ ;  $G_c = 2,5 \cdot 10^{-2}$  კგძ/სმ<sup>2</sup>;  $G_s = 0$ ;  $K_0 = 3$ ;  $K_{0k} = 1$ ;  $K_{L0} = 1$ ;  $n_0 = 11$ . სარტყელების ლითონის სისქე:  $\delta_c(n_0) \times 1,2 + 9 \times 1,0$  სმ; ყველა სარტყელების სიმაღლეები  $H_c(n_0) \dots 200$  სმ;  $\delta_{pk} = 0,25$  სმ;  $\delta_{\sigma n} = 1$  სმ;  $R_y = 4500$  კგძ/სმ<sup>2</sup>;  $n_n = 10$ ;  $\delta_0 = 1$  სმ;  $K_T = 0,5$ ;  $\beta_0 = 3$ .

ანგარიში განხორციელდა მე-3 თავში მოცემული მოდელების მიხედვით.

**№3 და №5 ტრანსმუნდებისათვის  
ძირვარვის ხიზიკვების (ურენკვი) განლაგების სქემა**

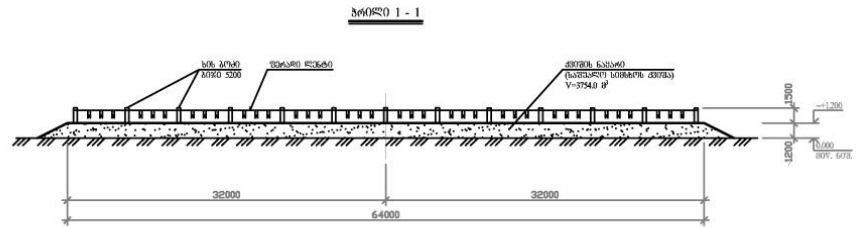
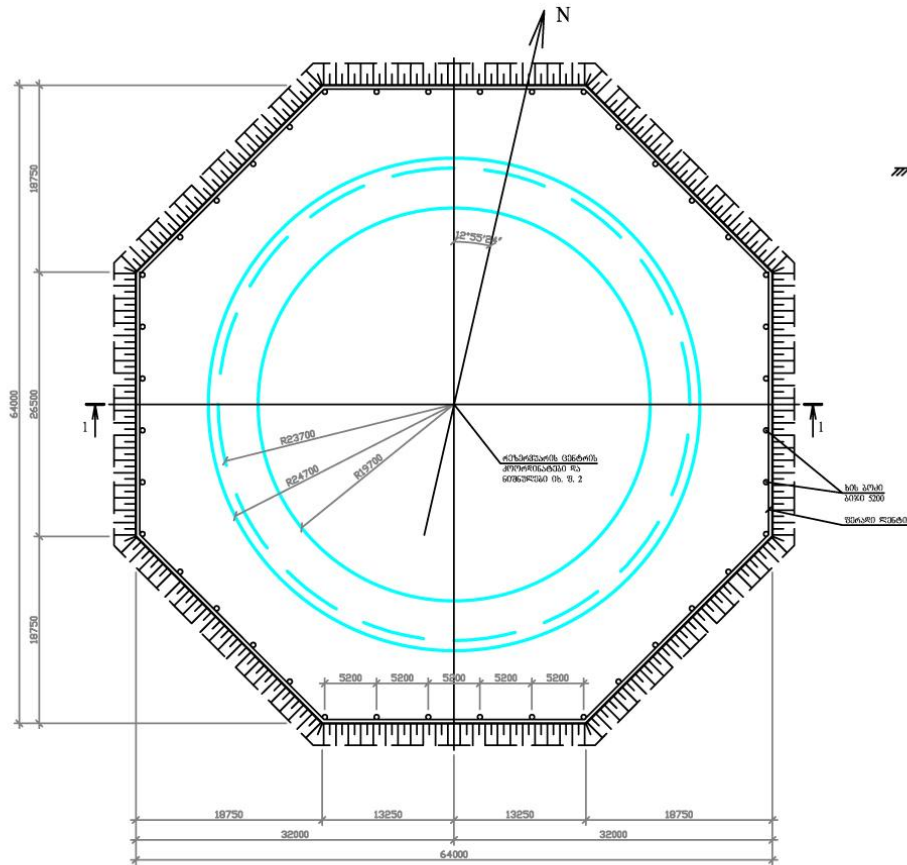


1. საპროექტო კარი ძირვარვის ხიზიკვების (ურენკვი) მოწყობის სქემა იმ შემთხვევაში, თუკი
2. ნაპირბინძო არსებობის შემთხვევაში ხიზიკვების მოწყობა ამ სქემა ცხლდება დაგეგმვისა და სხვა ძირვარვის ხიზიკვების მოწყობის შემთხვევაში სხვა სხვა სტადიაზე დაგეგმვისა და სხვა სტადიაზე დაგეგმვის შემთხვევაში.
3. თითოეული ხიზიკვების სიღრმე დაგეგმვისა არაა შესაძლებელი სიღრმე-პროექტული დაგეგმვის დაგეგმვისა და სხვა ხიზიკვების მოწყობის სტრატეგია, ხიზიკვების სტრატეგია სიღრმე 6 მ-ზე 9 მ-ზე.
4. ძირვარვის ხიზიკვების მოწყობის შემთხვევაში (ან სხვა) თითოეული არსებობის შემთხვევაში სიღრმე სხვა დაგეგმვისა და სხვა სტადიაზე დაგეგმვისა და სხვა სტადიაზე დაგეგმვის შემთხვევაში.
5. სხვა სტადიაზე დაგეგმვის შემთხვევაში სიღრმე ძირვარვის ხიზიკვების სიღრმე-პროექტული დაგეგმვის შემთხვევაში.
6. თითოეული ძირვარვის ხიზიკვების მოწყობის შემთხვევაში, შესაბამისი ტიპის.

კოორდინატიანი სისტემა:  
● — ძირვარვის ხიზიკვი

ნახ. 4.11. საძირკვლის მოწყობის სქემა

რეზიდენციების ძველ ნაგებობის მოწესრიგება და რაკვალვის სქემა



1. კიბიტარო კონსტრუქციის მუხა ნაგებობის ქუთხის რა საბაზო მდებარეობს თბ. შუბი. 1
2. რეზიდენციების ბარაკების სქემა თბ. შუბი. 2
3. ძირის სიღრმე კიბიტარო 1.5 მ-ის
4. საშენი ჯგუფი შემოღობვის რა მდებარეობს მუხა რაკვალის.

ნახ. 4.12. საძირკველის მოწყობის სქემა



შინაგანი ძალების განსაზღვრა

$$\beta_{cm} = 1,6297; D_{cm} = 3,323 \cdot 10^5; \alpha_{cm} = 0,03328$$

$$i_{cm} = 1,6297 / (2 \cdot 0,03328^3) = 2,21 \cdot 10^4;$$

$$D_{cm} = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 1^3 / [12(1 - 0,3^2)] = 1,923 \cdot 10^5;$$

$$\alpha_{\partial H} = \sqrt[4]{3 / (4 \cdot 1,923 \cdot 10^5)} = 0,0444;$$

$$i_{\partial H} = 3 / (4 \cdot 0,0444^3) = 0,8569 \cdot 10^4;$$

$$\bar{i}_{cm} = 2,21 \cdot 10^4 / [(2,21 + 0,8569) \cdot 10^4] = 0,7206$$

$$\bar{i}_{\partial H} = 0,8569 \cdot 10^4 / [(2,21 + 0,8569) \cdot 10^4] = 0,2794$$

$$N_c = 37,73; \bar{M}_{cm}^{(1)} = 3,161; \bar{M}_{cm}^{(2)} = 379,2; \bar{M}_{cm}^{(3)} = 0;$$

$$M_{\partial H}^3 = 37,73 / (2 \cdot 0,0444^3) = 424,89; \bar{M}_{\partial H}^{(1)} = \bar{M}_{\partial H}^{(2)} = 0;$$

$$\left| \begin{aligned} \bar{M}_{cm} &= \sum_{j=1}^3 \bar{M}_{cm}^{(j)} = 3,161 + 379,2 + 0 = 382,36 \\ \bar{M}_{\partial H} &= \sum_{j=1}^3 \bar{M}_{\partial H}^{(j)} = 0 + 0 + 424,89 = 424,89 \\ \bar{M}_{\Sigma} &= \bar{M}_{cm} + \bar{M}_{\partial H} = 382,36 + 424,89 = 807,25 \end{aligned} \right.$$

$$M_{cm} = 382,36 - 0,7206 \cdot 807,25 = -199,34;$$

$$M_{\partial H} = 424,89 - 0,2794 \cdot 807,25 = 199,34;$$

$$H_p^{(1)} = -0,2103; H_p^{(2)} = -25,49; H_p = -0,2103 - 25,49 = -25,70;$$

ძალები საყრდენ სიბრტყეში  $x = 0$ :

$$f_1 = 1, f_2 = 0, f_3 = f_4 = 1;$$

*მუხრავი მომენტები*

$$M(0) = -199,34 \cdot 1 + \frac{-25,7}{0,03328} \cdot 0 = -199,34;$$

$$Q(0) = 0 - 25,70 = -25,70;$$

$$N^{(1)}(0) = 0,007 \cdot 1,2435 \cdot 10^3 = 8,705;$$

$$N^{(2)}(0) = 5,6 \cdot 10^{-4} (1,53 \cdot 10^3 - 0) 1,2435 \cdot 10^3 = 1,065 \cdot 10^3;$$

$$N^{(1)}(0) + N^{(2)}(0) = 1,074 \cdot 10^3;$$

*წრიული ძალა*

$$N_2(0) = 2 \cdot 1,2435 \cdot 10^3 \cdot 0,03328^2 \cdot (-1999,34) + \\ + 2 \cdot 1,2435 \cdot 10^3 \cdot 0,03328 \cdot (-25,7) + 1,074 \cdot 10^3 = -1,602 \cdot 10^3;$$

მომენტის მაქსიმუმი (მოდულით) როცა  $X_2 = 19,2$  სმ, გამჭიმავი წრიული ძალის დადებითი ექსტრემუმი როცა  $X_3 = 67,2$  სმ:

$$f_1(X_2) = \exp(-0,03328 \cdot 19,2) \cos(0,03328 \cdot 19,2) = 0,424;$$

$$f_2(X_2) = \exp(-0,03328 \cdot 19,2) \sin(0,03328 \cdot 19,2) = 0,315;$$

$$f_3(X_2) = 0,739; \quad f_4(X_2) = 0,109;$$

$$M(X_2) = -199,34 \cdot 0,739 + (-25,7)0,315/0,03328 = -390,56;$$

$$f_1(X_3) = \exp(-0,03328 \cdot 62,4) \cos(0,03328 \cdot 62,4) = -0,0607;$$

$$f_2(X_3) = \exp(-0,03328 \cdot 62,4) \sin(0,03328 \cdot 62,4) = 0,1096$$

$$f_3(X_3) = -0,0607 + 0,1096 = 0,0489;$$

$$f_4(X_3) = -0,0607 - 0,1096 = -0,17;$$

$$N^{(1)}(0) + N^{(2)}(0) = 8,705 + 5,6 \cdot 10^{-4} (1,53 \cdot 10^3 - 62,4) 1,2435 \cdot 10^3 = 1,031 \cdot 10^3.$$

$$N_2(X_3) = 2 \cdot 1,2435 \cdot 10^3 \cdot 0,03328^2 \cdot (-199,34) \cdot (-0,17) + \\ + 2 \cdot 1,2435 \cdot 10^3 \cdot 0,03328 (-25,7) (-0,0607) + 1,031 \cdot 10^3 = 1,253 \cdot 10^3$$

განივი ძალის მაქსიმუმი  $Q(X_4) = 8,03$  როცა  $X_4 = 43,2$  სმ.

გარსში შინაგანი ძაღვების გაანგარიშების შედეგები კონტურის სიგრძის ერთეულზე:

საყრდენ სიბრტყეში (კილის ეფექტი)

მღუნავი მომენტი- 199,34 კგძ/სმ,

განივი ძალა -25,7 კგძ/სმ,

წრიული ძალა (კონტურული წნევა) 37,73 კგძ/სმ,

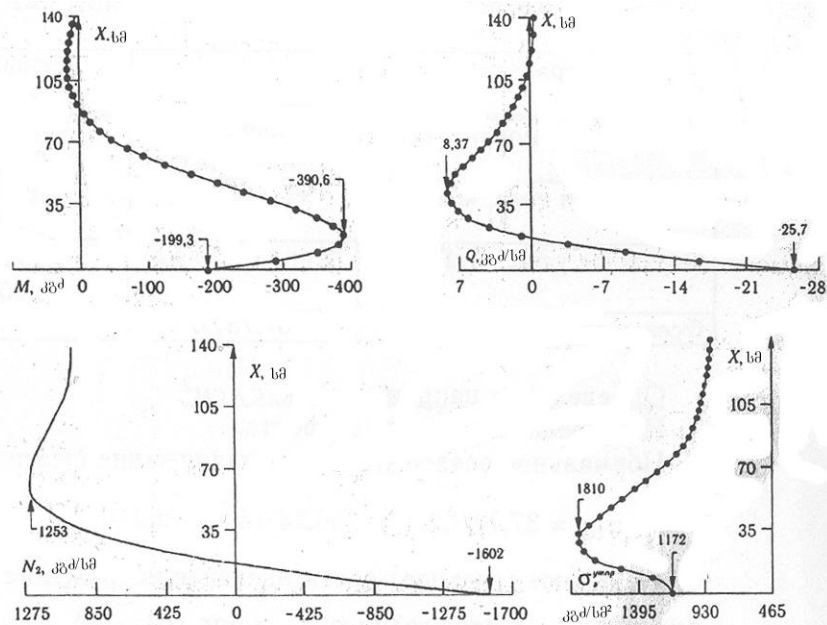
წრიული ძალა -1,602 · 10<sup>3</sup> კგძ/სმ,

მღუნავი მომენტი ფსკერში 199,34 კგძ/სმ,

ექსტრემუმები:

მღუნავი მომენტი -390,6 კგძ/სმ როცა  $X_2 = 19,2$  სმ, განივი ძალა +8,37 კგძ/სმ როცა  $X_4 = 43,2$  სმ,

წრიული ძალა +1,253 · 10<sup>3</sup> კგძ/მ როცა  $X_3 = 67,2$  სმ.



ნახ. 4.14. მღუნავი მომენტების  $M$ , განივი  $Q$  და წრიული  $N_2$  ძალების და ეკვივალენტური ძაბვების  $\sigma_{\text{ექ}}$  განაწილება რეზერვუარის გარსის კედელში დრეკად ფუძეზე დაყრდნობილი ფსკერით

ძაბვების განსაზღვრა, კგძ/სმ<sup>2</sup>.

კიდის ეფექტის ძაბვა.

კუმშვის ნორმალური დერძული (მთავარი) ძაბვა

$$\sigma_{10} = 37,73/1,2 + 6 \cdot 199,34/1,2^2 = 862,0.$$

წრიული (მთავარი) გამჭიმავი ძაბვა

$$\sigma_{20} = -1,602 \cdot 10^3 / 1,2 = 1,335 \cdot 10^3.$$

მხები ძაბვა

$$\tau_0 = -1,5 \cdot 25,7 / 1,2 = -3214.$$

ეკვივალენტური ძაბვა

$$\sigma_{\text{ექ}} = \sqrt{862,0^2 + (1,335 \cdot 10^3)^2} - 862,0 \cdot 1,335 \cdot 10^3 = 1,172 \cdot 10^3.$$

ძაბვა ფსკერში

$$\sigma = (25,7/1 + 6 \cdot 199,34/1^2) \text{sgn}(Q_0) = -1,222 \cdot 10^3.$$

ძაბვის კომპონენტების ექსტრემალური მნიშვნელობები

$$\sigma_{1\text{max}} = 37,73/1,2 + 6 \cdot 390,6/1,2^2 = 1,659 \cdot 10^3.$$



$$\sigma_{2\max} = -1,602 \cdot 10^3 / 1,2 = 1,335 \cdot 10^3.$$

$$\tau_{\max} = -1,5 \cdot 25,7 / 1,2 = -32,13.$$

$$\sigma_y^{\text{yrop}} = 1810 \text{ როცა } x = 28,8 \text{ სმ.}$$

ბოლოს შეიძლება ითქვას, რომ მიღებული ეკვივალენტური ძაბვების და კომპონენტების მნიშვნელობები არ აღემატება დასაშვები ძაბვის სიდიდეს.

მოვიყვანოთ ვერტიკალური ცილინდრული რეზერვუარის გაანგარიშების მაგალითი მოცულობით 20 ათასი მ<sup>3</sup> 7 ბალიან სეისმურობაზე.

რეზერვუარის ზომებია: რადიუსი 15 მ, სიმაღლე 18 მ. შენახვის პროდუქტის სიმკვრივე 900 კგ/მ<sup>3</sup>, ჩასხმის სიმაღლე 16 მ.

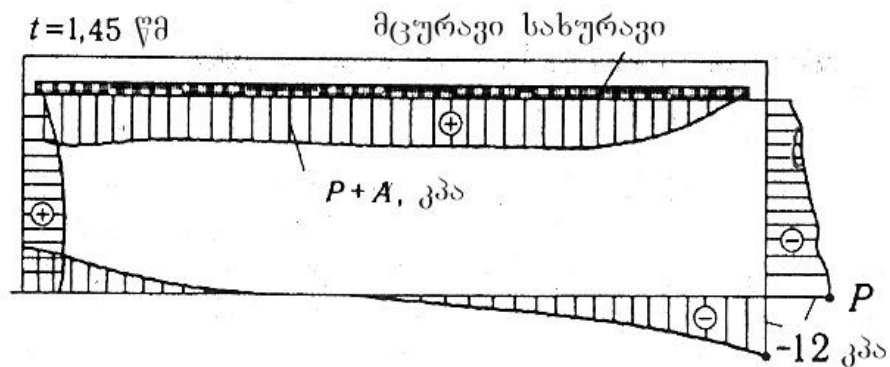
გარსს აქვს 12 სარტყელი თითოეული 1,5 მ სიმაღლის კედლის სისქით δ:

სარტყელი	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
δ მმ	17	16	14	14	13	13	11	11	10	10	10	10

შემორკალვის სისქე 14 მმ, ფოლადი 09Г2С. გარსის მასალები: 1...8 სარტყლების ფოლადი 16Г2АФ-12, 9...12 სარტყლების - ВСтЗспн. მცურავი სახურავის მასამ შეადგინა 350 ტ. რეზერვუარი თავსდება მე-2 კატეგორიის ნახევრადკლდეურ გრუნტზე: სიმკვრივე 1800 კგ/მ<sup>3</sup>, დრეკადი ტალღების სიჩქარე 600 მ/წმ, დრეკად-პლასტიკური ტალღების სიჩქარე 300 მ/წმ.

დინამიკური გაანგარიშება სეისმურობაზე შესრულებულია ჰიდროსტატიკური დატვირთვების გათვალისწინებით 7 ბალზე ნორმირებული (აჩქარებების მაქსიმუმით 100 სმ/წმ<sup>2</sup>) აქსელეროგრამების შეყვანით (გეოფიზიკის ინსტიტუტის) მონაცემთა ბანკიდან. გაანგარიშებაში მიღებული შესანახი პროდუქტის პარამეტრები: მოცულობითი კუმშვის საწყისი მოდული  $2,16 \cdot 10^3$  მპა, მოცულობითი და ძვრის სიბლანტე შესაბამისად 0,15 და 1,14 სმ<sup>2</sup>/წმ, კუმშვის დიაგრამ მიღებულია თება განტოლების მიხედვით. მცურავი სახურავსა და გარსის კედლებს შორის დადგენილია დარტყმების გამომრიცხავი ღრეჩო. პროგრამამ ავტომატურად გაითვალისწინა მცურავი სახურავისმასის სთხის დამატებული მასით ინერციის ცენტრალური

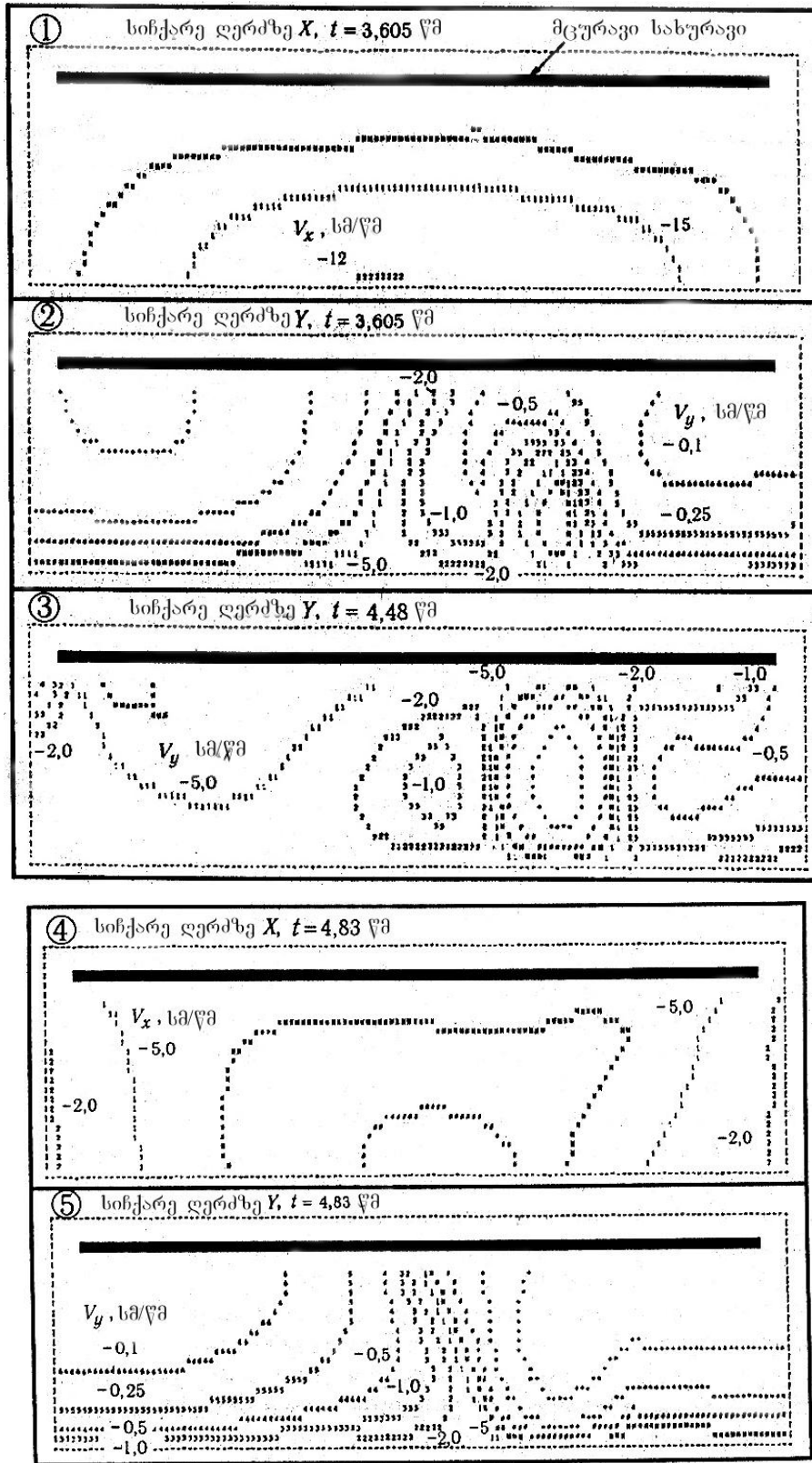
მომენტი, წნევის მომატება მცურავი სახურავის წონისაგან, წყალწვევა და სითხესი ჩ წვევა საკუთარი წინისაგან. მიღებულია სითხეში წნევის ველები, თხევადი გარემოს ნაწილაკების მასური სიჩქარეები ორი მიმართულებით, დატვირთვები რეზერვუარის კედელზე, მცურავი სახურავის მოძრაობის პარამეტრები – წრფივი და კუთხური გადაადგილებები, სიჩქარეები და აჩქარებები.



ნახ. 4.15. რეზერვუარში ჯამური დაწნევების ეპიურები 7 ბალიანი ჰორიზონტალური სეისმურობისას

ნახ. 4.15-ზე ნაჩვენებია დაწნევის ეპიურები გარსზე, ფსკერზე და მცურავ სახურავზე როცა  $t=1,45$  წმ (თვალსაჩინოებისთვის წნევა სითხიდან სახურავზე ნაჩვენებია გაზრდილი მუდმივათი  $K=8$  კპა).

დროის იმავე მომენტისათვის სახურავების მოძრაობის პარამეტრებია: მასათა ცენტრის გადაადგილება ჰორიზონტალურად  $U_x=6,4$  სმ, ვერტიკალურად  $U_y=-0,17$  სმ, სიჩქარეები  $\dot{U}_x=8,7$  სმ/წმ,  $\dot{U}_y=-0,11$  სმ/წმ, აჩქარებები  $\ddot{U}_x=40,8$  სმ/წმ<sup>2</sup>,  $\ddot{U}_y=0,195$  სმ/წმ<sup>2</sup>, მობრუნების კუთხე  $\varphi=1,4 \cdot 10^3$  რად, კუთხურ სიჩქარე  $\dot{\varphi}=3,1 \cdot 10^3$  რად/წმ, კუთხური აჩქარება  $\ddot{\varphi}=2,54 \cdot 10^2$  რად/წმ<sup>2</sup>. ჰიდროდინამიკური დაწნევის მაქსიმუმმა გარსის ყველაზე დატვირთულ ფრონტალურ წერტილში უფროსი კვანძის ზონაში შეადგინა 38.4 კპა როცა  $t=12$  წმ. სითხის ნაწილაკების სიჩქარეების იზოხაზები ნაჩვენებია ნახ. 4.16-ზე.



ნახ. 4.16. თხევადი პროდუქტის მასური სიქარეების იზოხაზები რეზერვუარში 7 ბაღიანი სეისმურების დროს

*რეზერვუარის კედლის რესურსის ანგარიშის მაგალითი ბზარების წარმოქმნამდე (კოროზიის გათვალისწინებით).*

ანგარიშით განისაზღვროს 20 000 მ<sup>3</sup> მოცულობის რეზერვუარის რესურსი (დატვირთვის ციკლების რიცხვი).

საწყისი მონაცემები:

დიამეტრი  $D=22.8$  მ

სიმაღლე  $H=12$  მ

ჩასხმის სიმაღლე  $H_{max}=10.4$  მ

ნავთობპროდუქტების საანგარიშო სიმკვრივე  $\rho=1000$  კგ/მ<sup>3</sup>

მასალა CT3, რომლისთვისაც:

ფარდობითი შეკლება (შევიწროება)  $\psi=0.31$

ამტანობის ზღვარი  $\sigma_{-1}=100$  მპა

დენადობის ზღვარი  $\sigma_T=230$  მპა

კედლის ნარჩენი სისქე – 8 მმ

1) ფორმულა (3.44) მიხედვით განვსაზღვროთ ძაბვა კედელში მაქსიმალური დატვირთვისას

$$\sigma_H = \frac{\rho g (H_{max} - X) \cdot r}{\delta} = 1000 \cdot 9.8 (10.4 - 0) \cdot 11.4 / 0.008 = 144.4 \text{ მპა}$$

2) ფორმულა (3.47)-ის მიხედვით ვპოულობთ

$$K_a = \frac{\sigma_T}{\sigma_H} = 230 / 144.4 = 1.59$$

3) საანგარიშო წერტილში ვპოულობთ ძაბვის ამპლიტუდას ფორმულის მიხედვით

$$\sigma_a = 0.5 K_\sigma \cdot \sigma_H = 115 \text{ მპა}; \quad 2\sigma_a = 2 \cdot 115 = 230 = \sigma_T,$$

შესაბამისად,  $\sigma_a^0 = \sigma_a = 230$  მპა.

4) (3.41) ფორმულის მიხედვით გამოვთვალოთ რეზერვუარის მუშაობის ციკლის რიცხვი ბზარების წარმოქმნამდე

პირველი (3.41) ფორმულის მიხედვით

$$N_0 = \frac{1}{4} \left( \frac{1.28 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \ln \frac{1}{1-0.31}}{1.28 \cdot 2 \cdot 230 \cdot \frac{1}{0.8} - 100} - 1 \right)^2 = 5476.$$

მეორე (3.41) ფორმულის მიხედვით

$$N_0 = \frac{1}{4n_N} \left( \frac{1.28 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \ln \frac{1}{1-0.31}}{1.28 \cdot \frac{230}{0.8} - 100} - 1 \right)^2 = 3122.$$

მიღებული შედეგებიდან ვიღებთ უმცირესს:

$$N_0=3122.$$

რეზერვუარის კედლის ნარჩენ რესურსს კოროზიის გათვალისწინებით ვპოულობთ (3.50) ფორმულით.

წინასწარ გამოვთვალოთ:

$$\beta_{კორ} = \lambda g N_0 = 0.1 \cdot lg 3122 = 0.349.$$

(კოროზიული ზემოქმედების შემცირებისათვის ღონისძიებების მიღების გარეშე  $\lambda=0.1$ ).

$$N_{ნარ} = N_0 (1 - \beta_{კორ}) = 3122(1-0.349) = 2032.$$

წელიწადში 100-ჯერ შევსების ციკლის სიხშირისას მუშაობის ნარჩენი ვადა შეადგენს:

$$T = \frac{N_{ნარ}}{n} = \frac{2032}{100} = 20,32 \text{ წელი.}$$

ავაგოთ გრაფიკი.

**რეზერვუარის კედლის რესურსის ანგარიშის მაგალითი ბზარების წარმოქმნის შემდეგ.**

ანგარიშისათვის მონაცემებს ვიღებთ ზემოთ მოყვანილი მაგალითიდან.

ლითოლოგრაფიული კვლევების მონაცემების მიხედვით ფოლადს СТ3 აქვს:

$$D = 4 \cdot 10^5 \text{ მ; } f=0.05$$

$K_{ic}$  გამოვთვალოთ ფორმულით

$$K_{ic} = \left[ 2\sigma_T E \left(\frac{\pi}{6}\right)^{1/3} \cdot D \right]^{0.5} \cdot f^{-1/6} = \left[ 2 \cdot 230 \cdot 2 \cdot 10^5 \left(\frac{\pi}{6}\right)^{1/3} \cdot 4 \cdot 10^5 \right]^{0.5} \cdot 0.05^{-1/6} = 33.05.$$

(3.51) ფორმულის მიხედვით ვპოულობთ  $L_{კრ}$

$$L_{კრ} = \frac{2 \cdot 33.05^2}{\pi \cdot 144.4^2} = 33.6 \text{ მმ.}$$

მინიმალურ ჩასხმას ვიღებთ 1 მ, მაშინ

$$\sigma_{min} = \frac{1000 \cdot 9.8 \cdot (1-0) \cdot 4}{0.008} = 13.9 \text{ მპა}$$

აღმოჩენილი ბზარების მინიმალური პირობითი სიგრძე მივიღოთ  $L_0=5$  მმ, (3.53) ფორმულის მიხედვით ვპოულობთ რეზერვუარის ნარჩენ რესურსს

$$N_p = \frac{0.005^{(1-0.5 \cdot 3.86)} - 0.033^{(1-0.5 \cdot 3.86)}}{(0.5n-1) \cdot 2.8 \cdot 10^{-10} (0.5 \cdot 3.14)^{0.5 \cdot 3.86} \cdot 130.5^{3.86}} = 1266.$$

თუ მივიღებთ, რომ  $n=100$ , ვპოულობთ მუშაობის ნარჩენ ვადას

$$T = \frac{1266}{100} = 12,66 \text{ წელი.}$$

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ნავთობტერმინალებში გამოყენებული ლითონის რეზერვუარების დიაგნოსტიკების ინსტრუქციის ჩამოყალიბება.

## ძირითადი დასკვნები

1. შედგენილია სხვადასხვა ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტის მიხედვით ნავთობპროდუქტების საქაჩის ტიპის საწარმოების კლასიფიკაცია; გაანალიზებულია ტერმინალის ავარიის რისკის ხარისხი; შეფასებულია უსაფრთხო ექსპლუატაციის და დამაზიანებელი ფაქტორების სავარაუდო ზონების მონაცემები;
2. ავარიული სიტუაციების მოდელირებით დადგენილია ტერმინალის ყველაზე მაღალი რისკის მქონე კვანძები: სატუმბი სადგური, რეზერვუარების პარკი და მილსადენები;
3. განხილულია რეზერვუარების და მათი საყრდენი კონსტრუქციების სიმტკიცეზე გაანგარიშების საინჟინრო მეთოდები ნორმატიული ბაზის, რეზერვუარების გარსების ჰიდროდინამიკური დატვირთვის და დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის კომპლექსური შეფასების მათემატიკური მოდელები ძაბვების კონცენტრატორების გათვალისწინებით;
4. მოცემულია მსგავსების კრიტერიუმები სითხიანი რეზერვუარების ფიზიკური მოდელირებისათვის ვიბრო-დარტყმითი ზემოქმედებებისას და განხილულია სიბლანტის და კავიტაციის ზეგავლენის მასშტაბის ეფექტები;
5. დადგენილია, რომ მილსადენებში ბზარების მექანიკის კრიტერიალური მიდგომების გამოყენებით უსაფრთხო (დასაშვები) დეფექტების ზომების პროგნოზირებისათვის უნდა იყოს დაფუძნებული დეტერმინირებულ ან ალბათურ გაანგარიშებებზე რისთვისაც შეიძლება გამოყენებული იქნას საიმედოობის თეორია, დაფუძნებული მასალების მექანიკური თვისებების, დატვირთვების, ზეგავლენების და დეფექტოსკოპიური კონტროლის სტატისტიკურ მონაცემებზე;
6. ჩამოყალიბებულია რეზერვუარის კედლის სიმტკიცეზე დამდგრალობაზე გაანგარიშების მეთოდიკა ექსპლუატაციის გარკვეულ ეტაპებზე;

7. დამუშავებულია აპარატულ-კომპიუტერული დიაგნოსტიკის კომპლექსი მილსადენების და რეზერვუარების სიმტკიცის კონტროლისათვის და რისკ-დონეების დადგენის მიზნით;
8. ჩატარებულია რიცხვითი და ვიზუალური ექსპერიმენტები, რითაც დამტკიცდა ჩამოყალიბებული სიმტკიცის შეფასების ახლებური მიდგომის სისწორე.



## გამოყენებული ლიტერატურა

1. ზ. გედენიძე, ტ. კვიციანი, ს. ავალიანი, ნ. კოსრეიძე. თხელკედლიანი კაშხალების კონსტრუქცია და ოპტიმალური დაპროექტება. გამომცემლობა „ინტელექტი“ თბილისი 2009, 303 გვ.
2. მ. წიქარიშვილი, ა. წაქაძე, თ. მაღრაძე, გ. ერაგია, მ. ვარდიაშვილი. „დაზიანებული (ბზარებიანი) შენობა-ნაგებობების უსაფრთხოება, ბზარმედგობის და მარაგის დადგენა“ საერთაშორისო სამეცნიერო ტექნიკური კონფერენცია „სამშენებლო მექანიკის პრობლემები“ მოხსენებათა კრებული, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №2(17), თბილისი, 2010, გვ. 160-166.
3. გ. ერაგია. ინფორმაციული სისტემის შექმნის თავისებურებანი მილსადენების და რეზერვუარების დიაგნოსტიკის ამოცანისათვის, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №1(20), თბილისი, 2011, გვ. 75-80.
4. გ. ერაგია. მაგისტრალური მილსადენების რღვევის თავისებურებების შესწავლა, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №3(22), თბილისი, 2011, გვ. -.
5. გ. ერაგია, თ. კაკუტაშვილი. ნავთობპროდუქტების შესანახი რეზერვუარების სიმტკიცეზე გაანგარიშების ინჟინრული (გამარტივებული) მეთოდის შესახებ, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №1(24), თბილისი, 2012, გვ. 55-58.
6. გ. ერაგია. ნავთობპროდუქტების ლითონის ვერტიკალური რეზერვუარების სიმტკიცის თეორიული შეფასება, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №2(25), თბილისი, 2012, გვ. -.
7. გ. ერაგია. ნავთობპროდუქტების ლითონის სითხით შევსებული ვერტიკალური რეზერვუარების გაანგარიშების მოდელები, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №2(25), თბილისი, 2012, გვ. -.
8. მ. წიქარიშვილი და სხვა. კონსტრუქციების დაზიანების ტექნიკური დიაგნოსტიკა. თბილისი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009, 179 გვ.

9. რ. ცხვედაძე. წყვეტილმასხასიათებლიანი ფილებისა და გარსების გაანგარიშების ვარიანტები. თბილისი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2004, 115 გვ.
10. რ. ცხვედაძე. წრიული ფირფიტების გაანგარიშება გეომეტრიულ-ფიზიკური მასხასიათებლების ნახტომისებური ცვლილებების გათვალისწინებით. თბილისი „მომბე“, 77. №1, 1975, გვ. 125-128.
11. Антикайн П.А. Иеталлы и расчет на прочность котлови трубопроводов. М., Энергоатомиздат, 1990.
12. Гольдсмит В. Удар. Теория и физические свойства соударяемых тел. М., Стройиздат, 1965.
13. Гигинеишвили Дж., Коцич Д., Петренко А. Моделирование процессов трения и проскальзывания в несварных соединениях элементов конструкции численно-аналитическим методом потенциала. сб. трудов международного симпозиума 4-5.07.2001. с. 211-227.
14. Kolins J.A. Failure of materials in Mechanical Desing. Analysis. Prediction. Prevention. N-Y, John Wiley & Sons, 1981. Перев. с англ. Коллинз Дж. Повреждение материалов в конструкциях. Анализ. Предсказание. Предатвращение. М., Мир, 1984.
15. Котляревский В.А. Волны деформации в упругопластическом стержне при продольном ударе. Проблемы прочности, 1981, №1, с. 12...18.
16. Маршалл В. Основные опасности химических производств. М., Мир, 1989.
17. Никифоровский В.С., Шемякин Е.И. Динамическое разрушение твердых тел. Новосибирск, Наука, 1979.
18. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПНАЭ Г-7-002-86. . М., Энергоатомиздат, 1989.
19. Нормы расчета на прочность элементов реакторов парогенераторов, сосудов и трубопроводов атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных ректоров и установок. М., Металургия, 1973.
20. Макклинтон Ф., Аргон А. Деформация и разрушение материалов. М., Мир, 1970.

21. Правила безопасности в газовом хозяйстве. М., Недра, 1991.
22. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов для горячих, токсичных и сжиженных газов: СПУГ-69. М., Недра, 1970.
23. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды. М., Недра, 1975.
24. Рабинович И.М., Синицин А.П., Лужин О.В., Теренин Б.М. Расчет сооружений на импульсные воздействия. М., Стройиздат, 1970.
25. Рабинович И.М. Основы строительной механики стержневых систем. М., Гостстройиздат, 1960.
26. Седов Л.И. Механика сплошной Среды, том 2. М., Наука, 1970.
27. Сосуды и трубопроводы высокого давления. М., Машиностроение, 1990.
28. Котляревский В.А., Жартовский Г.С., Абрамова И.Н. Экспериментальные исследования модели резервуара с жидким продуктом при вибрационных и ударных нагрузках. Отчет по НИР Н72-8261. ЦНИИПроектстальконструкция им. Мельникова, ВНИИТРАНСМАШ. М.-Л., 1993.
29. Магистральные трубопроводы. СНиП 1.05.06-85\*.
30. Нефтепродуктопроводы, прокладываемые на территории городов и других населенных пунктов. СНиП 1.05.13-90.
31. Расчета на прочность стальных трубопроводов. СНиП 2.04.12-86.
32. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятия. ОНД-86 (утв. Госкомгидрометод СССР). Л., Гидрометеиздат. 1987.
33. Бабаков И.М. Теория колебаний М., Гостехиздат, 1958.
34. Инструкция по проведению обследования и диагностирования технического состояния сернокислотных резервуаров. АО НИИХИММАШ, АО ГИАП, АО ЦНИИПСК им. Мельникова, НПК "Изотермик". Согласована с Госгортехнадзором РФ 12.01.1996. М., 1996.

35. Серенсен С.В. Сопротивление материалов усталостному и хрупкому разрушению. М., Атомиздат, 1975.
36. Гусев Н.Г., Машкович В.П., Суворов А.П., Ковалев Е.Е. Защита от ионизирующих излучений. Том 1. М., Энергоатомиздат, 1983.
37. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих 284. Определение категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. НПБ 105-95. М., ГУГПС МВД РФ.
38. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте (РД 52ю04ю253-90, утв. ШГО СССР).
39. Методика прогнозирования инженерной обстановки на территории городов и регионов при чрезвычайных ситуациях. М., ВНИИ ГОЧС, 1991.
40. Методическое пособие по прогнозированию и оценке химической обстановки в чрезвычайных ситуациях. М., ВНИИ ГОЧС, 1993.
41. Методика оценки последствий землетрясений. В сб. методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС, кн. 1. М., МЧС России, 1994
42. Предупреждение крупных аварий. Практическое руководство. Вклад МБТ в международную программу по безопасности в химической промышленности, разработанную при участии ЮНЕП, МБТ и ВОЗ. Перев. с англ. /Под ред. Э.В. Петросянца. М., МП "Рапор", 1992.
43. Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques (Методика всемирного банка оценки опасности промышленных производств), 1985.
44. Guide to Hazard Industrial Activities (Руководство по ведению опасных работ в промышленности), 1987.
45. Оценка химической опасности технологических объектов. Методические рекомендации. Новомосковский институт повышения квалификации

- руководящих работников и специалистов химической промышленности. Тула, 1992.
46. Анализ частных факторов взрывоопасности процессов и их количественная оценка. Методические рекомендации. Новомосковский институт повышения квалификации руководителей работников и специалистов химической промышленности. Тула, 1992.
  47. Стандарт МЭК "Техника анализа надежности систем. Метод анализа вида и последствий отказа". Публикация 812 (1985 г.) М., 1987.
  48. IES 1025: 1990 – Fault Tree Analysis (FTA) / Стандарт МЭК "Анализ дерева неполадок", 1990.
  49. Анализ видов, последствий и критичности отказов. ГОСТ Р 27.310-93.
  50. Методика оценки последствий химических аварий (Методика ТОКСИ). М., НТЦ "Промышленная безопасность", 1993.
  51. Паспорт безопасности вещества (материала). Основные положения. ГОСТ Р 50567-93.
  52. Методические рекомендации по составлению и оформлению паспорта безопасности вещества (материала) в соответствии с ГОСТ 50587-93. М., Госстандарт РФ, ВНИИЦСМВ, 1995.
  53. Котляревский В.А. Датчик давления для регистрации кратковременных процессов на базе тензометра с собственной частотой 50 кГц. Бюллетен изобретений, 1949. Авт. св. на изобретение №78865 по заявке № 394554 с приоритетом 30.3.1949 г.
  54. Котляревский В.А., Шевницин Л.С. Установка для динамических испытаний образцов материалов на растяжение и сжатие. Бюллетен изобретений, 1960. №22 Авт. св. на изобретение №133654 по заявке № 654293 приоритетом 9.9.1960 г.
  55. Котляревский В.А., Мейер П.В., Барабенко В.П., Мальков А.В. Тензовесы для модельных испытаний машин в ударных трубах и на действие

- взрывных нагрузок. Бюллетен изобретений, 1970. №26 Авт. св. на изобретение №279092 по заявке №1269667 приоритетом 11.9.1970 г.
56. Испытание материалов. / Под. ред. Х. Блюменауэра. Перев. с англ. / Под. ред. М.Л. Бернштейна. М., Металлургия, 1979.
57. Испытание материалов. Перев. с нем. / Под. ред. К. Нитцше. М., Металлургия, 1967.
58. Котляревский В.А. Способ испытаний большепролетных входов сооружений путем действия на них ударной волны в условиях имитации мощных взрывов. Бюллетен изобретений, 1970. Авт. св. на изобретение №354753 по заявке №1461864 приоритетом 15.7.1970 г.
59. Ударные испытания металлов. Перев. с англ. / Под. ред. Б.А. Дроздовского и Е.М. Морозова. М., Мир, 1973.
60. Дробот Ю.Б., Лазарев А.М. Неразрушающий контроль усталостных трещин акустико-эмиссионным методом. М., изд-во стандартов, 1987.
61. Акустическая эмиссия и ее применение для Неразрушающего контроля в ядерной энергетике. / Под. ред. К.Б. Вакара. М., Атомиздат, 1980.
62. Приборы для Неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник. / Под. ред. В.В. Ключева. М., машиностроение, 1976.
63. Коттрелл А.Х. Дислокации и пластическое течение в кристаллах. М., Металлургия, 1958.
64. Фридель Ж. Дислокации. М., Мир, 1967.
65. Ирвин Дж. Парис П. Анализ упругопластического состояния в вершине трещины при помощи R-кривых. В сб. Механика разрушения. Разрушение материалов, №17. М., Мир, 1979, с. 9...18.
66. Мак-Магон К., Брайнт К., Бенерджи С. Влияние водорода и примесей на хрупкое разрушение стали. Там же, с. 109...133.
67. Кфури А., Райс Дж. Скорость высвобождения энергии деформации трещины при увеличении ее размера на конечную величину в упругопластической среде. Там же, с. 19... 39.

68. Кнотт Дж. Микромеханизмы разрушения и трещиностойкость конструкционных сплавов. Там же, с. 40...82.
69. Скалли Дж. Коррозионное растрескивание. Там же, с. 83...108.
70. Качанов Л.М. Основы механики разрушения. М., Наука 1974.
71. Даффи А.Р., Мак Клур Дж.М., Айбер Р.Дж., Мэкси У.А. Практические примеры расчета на сопротивление хрупкому разрушению трубопроводов под давлением. В кн. Разрушение, том 5. М., Мир, с. 146...209.
72. Баренблатт Г.И. О равновесных трещинах, образующихся при хрупком разрушении. ПММ, 1959, 23: №3, с. 434...444; №4, с. 706...721; №5, с. 893...900.
73. Баренблатт Г.И. Математическая теория трещин, образующихся при хрупком разрушении. Журнал ПМТФ, 1961, №4.
74. Баренблатт Г.И. О некоторых общих представлениях Математической теории хрупкого разрушения. МПП, 1964, 28Ю с. 630...643.
75. Махутов Н.А. Сопротивление элементов конструкций хрупкому разрушению. М., Машиностроение, 1973.
76. Черепанов Г.С., Кошелов П.Ф. Практическое применение механики разрушения для анализа прочности конструкций. М., Наука, 1974.
77. Тетельман А., Безурен П. Применение анализа риска к исследованию хрупкого разрушения и усталости стальных конструкций. В сб. Механика разрушения. Разрушение конструкций, №20. М., Мир, с. 7...30.
78. Хан Г. , Каннинен М. Остановка и динамический рост трещин в пластинах, трубах и сосудах давления. Там же, с. 81...91.
79. Троицкий В.А., Валевиц М.И. Неразрушающий контроль сварных соединений. М., Машиностроение, 1988.
80. Стеценко Н.В., Болотный В.М., Гордиенко В.С. Развитие неразрушающих методов контроля на заводе "Днепропецсталь". Сталь, 1972, №5, с. 756...758.

81. Кисин В.И. Неразрушающий контроль качества термической обработки деталей автомобилей. *Металловедение и термическая обработка металлов*, 1977, №9, с. 29...30.
82. Наттон П., Орд Р. Акустическая эмисия. В кн. *Методы неразрушающих испытаний*. М., 1972, с. 27...58.
83. Иванов В.И. О продлении срока службы объектов при использовании неразрушающего контроля. *Автоматическая сварка*, 1981, №9, с. 22...27.
84. Дробот Ю.Б., Макаренко В.И. Оценка скорости роста усталостной трещины по параметрам акустической эмисии. *Автоматическая сварка*, 1981, №9, с. 10...15.
85. Яковлев А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций. М., Стройиздат, 1988.
86. Давиденко Н.Н., Ставрогин А.Н. Критерии прочности при хрупком разрушении ДАН СССР, 1954, XCIX,1.
87. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. Оборонгиз, 1952.
88. Шевандин Е.М., Разов И.А. Хладноломкость и предельная пластичность металлов в судостроении. Л., Судостроение, 1965.
89. Fracture. / Edited by H. Liebowitz. Перев. с англ. Разрушение. / Под. ред. А.Ю. Ишлинского. Тома 1, 2, 3, 7: М., Мир, 1976. Т. 4, 5: М., Машиностроение, 1977. Т. 6: Металлургия, 1976.
90. Механика разрушения. Разрушение конструкций. / Под. ред. Д. Теплина. Перев. с англ. / Под. ред. Р.В. Гольдштейна. М., Мир, 1980.
91. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М., Наука, 1979.
92. Рубинин М.В. Соппротивление материалов. Теория. М., Машгиз, 1961.
93. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. М., Высшая школа, 1980.
94. Макарова Л.Л., Санникова Т.Г. Химия для всех. Книга 1. Как это было. Изд. дом "Удмуртский университет". Ижевск, 2000.
95. Bulson P.S. Buried structures. Static and dynamic strength. London, New York. Chapman and Holl, 1985.



96. Okomato Sh. Introduction Earthquake Engineering. University of Tokyo Press, 1980.
97. Housner G.W. Dynamic pressures on accelerated fluid container!. Bull. Seism. Soc. Amer., 1957, vol. 47, p. 15...35. The dynamic behavior of water tanks. Bull. Seism. Soc. Amer., 1963, vol. 47, p. 381...387.