



საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი
1922 წლიდან

გიორგი კალაძე

თანამედროვე მოდულური ასაწყობი შენობების
კონსტრუქციული საიმედოობის კვლევა

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა მშენებლობა

შიფრი 0732

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი თბილისი, 0160, საქართველო

საავტორო უფლება © 2026 წელი დოქტორანტის გიორგი კალაძე



საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი
1922 წლიდან

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ფაკულტეტი სამშენებლო

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით გიორგი კალაძის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „თანამედროვე მოდულური ასაწყობი შენობების კონსტრუქციული საიმედოობის კვლევა“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო, ტექნოლოგიური და საბუნებისმეტყველო საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

-----, ----- 2026 წელი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი:

პროფესორი _____ მალხაზ წიქარიშვილი

რეცენზენტი:

პროფესორი _____ თამაზ ხმელიძე

რეცენზენტი:

პროფესორი _____ ალექსანდრე წაქაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2026 წ.

ავტორი: გიორგი კალაძე

დასახელება: თანამედროვე მოდულური ასაწყობი შენობების კონსტრუქციული
საინჟინერო კვლევა

სადოქტორო პროგრამა: მშენებლობა

მისანიჭებელი კვალიფიკაცია: მშენებლობის ინჟინერიის დოქტორი

სხდომა ჩატარდა _____

ინდივიდუალური პიროვნებების 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 დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

მოდულური შენობები წინასწარ მზადდება ქარხანაში ან მცირე საწარმოებში, მცირე უნიფიცირებული ბლოკების სახით, მათი ტრანსპორტირებისას ქარხნიდან სამშენებლო მოედანზე, მონტაჟის და ექსპლუატაციის დროს ბლოკების გეომეტრიული ზომები, კონსტრუქციული მდგრადობა და ტექნიკური პარამეტრები უცვლელი რჩება. ქარხანაში დამზადებული შენობის ბლოკები წარმოადგენს უფრო მდგრად, ენერგოეფექტურ, უსაფრთხო და შემდგომ ექსპლუატაციაში ნაკლებ დანახარჯების მქონე საჭირო შენობებს. სამშენებლო ახალი სტანდარტების დანერგვა მოითხოვს ახალი შენობებისთვის მშენებლობის პროცესში და მისი შემდგომი ექსპლუატაციის დროს შენობის ტექნიკური მონაცემების ხარისხის კონტროლს. ასეთი მოთხოვნების მიღწევა შესაძლებელია მხოლოდ სამშენებლო პროცესების კონტროლით და ხარისხის გაუმჯობესებით, თანამედროვე გასაზომი და მონიტორინგის აპარატურით და პროგრამული დიაგნოსტიკის მონაცემების შედარებით და ანალიზით. ამ ამოცანის აქტუალურობა უფრო მეტად იზრდება, როდესაც თანამედროვე შენობების ასაშენებლად საჭიროა უფრო მაღალი მშენებლობის სტანდარტები, როგორც შენობის ცალკეული ელემენტების მონტაჟის და დემონტაჟის დროს. ყოველივე ზემოთქმულიდან ჩანს, რომ დისერტაციის თემა: „თანამედროვე მოდულური ასაწყობი შენობების კონსტრუქციული საიმედოობის კვლევა“ მეტად აქტუალურია.

სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს შემდეგში: კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემებით შესაძლებელია მშენებლობის უკეთესი ხარისხის და უსაფრთხოების თეორიული საფუძვლების შემუშავება, რაც თავის მხრივ მოიცავს შენობების შეფასების და დაკვირვების შედეგად მათემატიკური მოდელის შექმნას; შენობების ტექნიკური შეფასებისას გამოყენებული იქნება უწყვეტი დაკვირვება სამშენებლო სისტემებზე თანამედროვე გასაზომი ხელსაწყოებით. შედარებითი ანალიზის შედეგად შესაძლებელი იქნება ვიპოვოთ მოდულური დაბალსართულიანი შენობების უკეთესად დაგეგმილი ტექნოლოგიური პროცესი და სამშენებლო პროცესების ავტომატიზირება, როგორც წარმოების ასევე ტრანსპორტირების, მშენებლობის და ექსპლუატაციის პერიოდებში.

ნაშრომის თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა. შეიქმნა მეთოდური და კომპიუტერულ-პროგრამული სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს შენობების რეკონსტრუქციის ალტერნატიული ვარიანტების კომპლექსურ და ავტომატიზირებულ შეფასებას, მათ შორის რისკების გათვალისწინებით. ეს საშუალებას მისცემს დამკვეთებს, ინჟინრებსა და სპეციალისტებს მიიღონ უფრო რაციონალური გადაწყვეტილებები და შეარჩიონ ეფექტური ტექნოლოგიური მიდგომები.

ავტორის მიერ შემოთავაზებულ მეთოდოლოგიაზე დაყრდნობით, შეიძლება რაოდენობრივად შეფასდეს საიმედოობის და უსაფრთხოების, მდგრადობის, და სეისმომდებლობის მაჩვენებლები ექსპლუატაციაში მყოფი სწრაფადაგებადი მოდულური შენობებისთვის.

დისერტაცია შედგება შესავლის, სამი თავის, ძირითადი დასკვნების და გამოყენებული ლიტერატურისაგან. იგი დაბეჭდილია .. გვერდზე A4 ფორმატზე.

ტექნოლოგიური ციკლის ყველა ეტაპზე მოდულური ასაწყობი ობიექტებისა და კომპლექსების ფაქტობრივი მშენებლობის ფაქტობრივ მონაცემებთან

სავარაუდო ტექნიკური და ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარებას, რისკის შეფასებით და მოდულური ბლოკების მწარმოებლების ტექნოლოგიით აშენებული დაბალი საცხოვრებელი შენობების უსაფრთხო ექსპლუატაციის პროგნოზით. მიღებული შედეგების სანდოობა დასტურდება სხვადასხვა მეთოდის, თეორიული და ექსპერიმენტული მონაცემების გამოყენებით აშენებული ასაწყობი შენობების სანდოობის შეფასების შედეგების თანხვედრით, ასევე საკმარისი რაოდენობით გამოთვლილი (ნორმატიული) და ფაქტობრივი (სტატისტიკური) მონაცემებით, რომლებიც მიღებულია საქართველოში ბოლო წლებში აშენებული მოდულური ასაწყობი შენობების შემოწმების დროს.

Abstract

Modular buildings are prefabricated in a factory or in small enterprises, in the form of small unified blocks, during their transportation from the factory to the construction site, during installation and operation, the geometric dimensions, structural stability and technical parameters of the blocks remain unchanged. Building blocks manufactured in the factory are more sustainable, energy-efficient, safe and have lower cost in subsequent operation. The introduction of new construction standards requires quality control of the technical data of the building for new buildings during the construction process and its subsequent operation. Such requirements can be achieved only by controlling and improving the quality of construction processes, using modern measuring and monitoring equipment, and comparing and analyzing software diagnostics data. The relevance of this task increases even more when higher construction standards are required for the construction of modern buildings, both during the installation and dismantling of individual building elements. From all of the above, it can be seen that the topic of the dissertation: Research on the Structural Reliability of Modern Modular Prefabricated Buildings is very relevant.

The scientific novelty lies in the following: the data obtained as a result of the research can be used to develop theoretical foundation for better quality and safety of construction, which in turn includes the creation of a mathematical model as a result of the assessment and observation of buildings; Continuous observation of building systems with modern measuring devices will be used in the technical assessment of buildings. As a result of the comparative analysis, it will be possible to find a better planned technological process of modular low-rise buildings and the automation of construction processes, both in the production and transportation, construction and operation periods.

Theoretical and practical significance of the work. A methodological and computer-software has been created that provides a complex and automated assessment of alternative options for the reconstruction of buildings, taking into account risk. This will allow customers, engineers and specialists to make more rational decisions and select effective technological approaches.

Based on the methodology proposed by the author, it is possible to quantitatively assess the reliability and safety, stability, and seismic resistance indicators of quickly assembled modular buildings in operation.

The dissertation is organized into an introduction, three main chapters, conclusions, and references. It is presented on 116 pages in A4 format.

The validity of the research findings is supported by comparing estimated technical and economic indicators with actual data collected from the construction of modular prefabricated objects and complexes at all stages of the technological cycle. These comparisons include risk assessments and forecasts for the safe operation of low-rise residential buildings built using modular technologies. The reliability of the results is further confirmed by the alignment of reliability assessments across different construction methods, theoretical and experimental data, and a substantial body of normative and statistical data obtained from inspections of modular prefabricated buildings constructed in Georgia in recent years.

შინაარსი

შესავალი	13
თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა და ანალიზი	20
1.1. ლიტერატურული მიმოხილვა და ანალიზი	20
1.2. მოდულური ასაწყოები შენობების ძირითადი პროექტების რეალიზაციის ტექნოლოგიური თავისებურებანი	27
1.3. საქართველოსა და საზღვარგარეთ მოდულური ასაწყოები შენობების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის გამოცდილება	30
თავი 2. კვლევა	40
2.1. მოდულური ასაწყოები შენობების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის საორგანიზაციო-ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებების ეფექტურობის შეფასების კრიტერიუმები	40
2.2. მოდულური ასაწყოები შენობების ფუნქციურ-მოდულური მშენებლობის პრინციპები	43
2.3. მოდულური ასაწყოები შენობების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ხარისხზე, უსაფრთხოებასა და საიმედოობაზე გავლენის მქონე მთავარი ფაქტორები	44
2.4. მოდულური ასაწყოები შენობების საიმედოობის განსაზღვრა უსაფრთხოებისა და ხარისხის მახასიათებლების გათვალისწინებით	47
2.5. მოდულური შენობების ნარჩენი რესურსის ვადის განსაზღვრის მეთოდიკა ტექნიკური დიაგნოსტიკის მეთოდების გამოყენებით	56
თავი 3. შედეგები და მათი განსჯა	
მოდულური ასაწყოები შენობების საიმედოობის შეფასება ალბათობის თეორიის, ტექნიკური დიაგნოსტიკის და მონიტორინგის მეთოდებით	67
3.1. მოდულური შენობების მზიდი კონსტრუქციების მდგომარეობის ინტეგრირებული დაკვირვების, დიაგნოსტიკის და მონიტორინგის სისტემა	67
3.2. კონსტრუქციებსა და კვანძებზე ინტეგრირებული დაკვირვება უწყვეტი მონიტორინგით	75
3.3. მოდულური შენობების ტექნიკური მდგომარეობის შესწავლის მაგალითები, ფიზიკური ექსპერიმენტების ფრაგმენტები	79
3.4. სახურავის დიდი თოვლისგან დამცავი სისტემა	105
ძირითადი დასკვნები	109
გამოყენებული ლიტერატურა	110
დანართი	114

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1.1. უცხო ქვეყნების ასაწყო კომპლექსები საბინაო მშენებლობისთვის	21
ცხრილი 1.2. მოდულური ასაწყო შენობების მოდულების კონსტრუქციული სისტემების კლასიფიკაცია	28
ცხრილი 2.1. მოდულური ასაწყო შენობების მდგომარეობის მიღებული შეფასება საერთო ფიზიკურ ცვეთასთან დამოკიდებულებაში .	60
ცხრილი 2.2. მოდულური ასაწყო შენობების ფიზიკური ცვეთის კლასიფიკაცია კონსტრუქციების დაზიანებების მიხედვით	60

ნახაზების ნუსხა

ნახ. 2.1. მოდულური ასაწყობი შენობების აგების სრული საწარმოო ციკლის ვარიანტული პროექტირების ბლოკ-სქემა	42
ნახ. 2.2. მოდულური შენობის მდგომარეობები	51
ნახ. 2.3. შენობის ექსპლუატაციის პერიოდის განმავლობაში საიმედოობის ცვლილება	52
ნახ. 2.4. კონსტრუქციების მტყუნების ინტენსივობა როგორც ექსპლუატაციის დროის ფუნქცია	52
ნახ. 2.5. მზიდ კონსტრუქციებში თავდაპირველი ცვლილებების მიზეზების კლასიფიკაცია	54
ნახ. 2.6. მოდულური შენობის საიმედოობის მაჩვენებლის დამოკიდებულება დროზე	55
ნახ. 2.7. მოდულურ შენობებზე ზემოქმედი ფაქტორების სისტემა	58
ნახ. 2.8. მოდულური შენობების კონსტრუქციების მიმართ ფიზიკური ცვეთის სახეობები	59
ნახ. 2.9. უზრუნველყოფის სისტემა	60
ნახ. 2.10. მოდულური შენობის ტექნიკური დიაგნოსტიკა 61	
ნახ. 2.11. მოდულური შენობის საექსპლუატაციო ხარისხის შეფასების ძირითადი პარამეტრები და ხერხები	61
ნახ. 2.12. ობიექტის ცვეთა, საბალანსო და აღდგენითი ღირებულება	62
ნახ. 2.13. მოდულური შენობის ცვეთა	66

სურათების ნუსხა

სურ. 3.1. შენობის ფასადი	80
სურ. 3.2. შენობის ფასადი	80
სურ. 3.3. საძირკვლის ბეტონის სიმტკიცის დადგენა	81
სურ. 3.4. საძირკვლის არმირების გამოკვლევა	81
სურ. 3.5. საძირკვლის ბეტონის სიმტკიცის დადგენა	81
სურ. 3.6. საძირკვლის არმირების გამოკვლევა	81
სურ. 3.7. შენობის მიწის დონიდან აწევის დადგენა	82
სურ. 3.8. მილკვადრატის ზომების სიმალლის დადგენა	82
სურ. 3.9. იატაკის ხის კოჭების ზომების დადგენა	82
სურ. 3.10. იატაკის ხის კოჭების ზომების დადგენა	82
სურ. 3.11. შველერის ზომების დადგენა	82
სურ. 3.12. ორტესებრი კოჭის ზომების დადგენა	82
სურ. 3.13. პროექტის დარღვევით მოწყობილი ჩამაგრების კვანძები (მონიშნულია წითლად)	83
სურ. 3.14. პროექტის დარღვევით მოწყობილი ჩამაგრების კვანძები (მონიშნულია წითლად)	83
სურ. 3.15. უხარისხოს შესრულებული შედუღების ნაკერები (მონიშნულია წითლად)	83
სურ. 3.16. უხარისხოს შესრულებული შედუღების ნაკერები (მონიშნულია წითლად)	83
სურ. 3.17. არსებული შენობის საერთო ხედი	86
სურ. 3.18. დანგრეული სავაჭრო-სასაწყობე შენობა	87
სურ. 3.19. დანგრეული სავაჭრო-სასაწყობე შენობა	87
სურ. 3.20. რკ/ბ საძირკველის გამოკვლევა	88
სურ. 3.21. რკ/ბ საძირკველის გამოკვლევა	88
სურ. 3.22. რკ/ბ საძირკველის გამოკვლევა	88
სურ. 3.23. რკ/ბ ზეძირკველის კედლის ზომების დადგენა	88
სურ. 3.24. ლით. ელემენტის კედლის სისქის გაზომვა	89
სურ. 3.25. ლით. ელემენტის კედლის სისქის გაზომვა	89
სურ. 3.26. ლით. ელემენტის კედლის სისქის გაზომვა	89
სურ. 3.27. ლით. ელემენტის ზომების დადგენა	89
სურ. 3.28. დეფორმირებული ლითონის სვეტი (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)	90
სურ. 3.29. დაცილებული ლითონის ფურცლები (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)	90
სურ. 3.30. დაზიანებული ლით. ელემენტი (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)	90
სურ. 3.31. გაწყვეტილი საანკერე ღეროები (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)	90
სურ. 3.32. ლით. ელემენტის კედლის სისქის გაზომვა	91
სურ. 3.33. ლით. ელემენტის კედლის სისქის გაზომვა	91
სურ. 3.34. ლით. ელემენტის კედლის სისქის გაზომვა	91
სურ. 3.35. ლით. ელემენტის ზომების დადგენა	91

სურ. 3.36. დეფორმირებული ლითონის კოჭი (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)	92
სურ. 3.37. დეფორმირებული ლითონის კოჭი (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)	92
სურ. 3.38. დეფორმირებული ლითონის კოჭი (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)	92
სურ. 3.39. დეფორმირებული ლითონის კოჭი (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)	92
სურ. 3.40. დეფორმირებული X-კავშირები (კავშირები მონიშნულია წითლად)	93
სურ. 3.41. დეფორმირებული X-კავშირები (კავშირები მონიშნულია წითლად)	93
სურ. 3.42. X-კავშირი და მაკავშირებელი ლითონის ელემენტი (კავშირები მონიშნულია წითლად)	93
სურ. 3.43. მაკავშირებელი ლითონის ელემენტი (კავშირები მონიშნულია წითლად)	93
სურ. 3.44. დაზიანებული X-კავშირის ღეროვანი ელემენტი (დაზიანება მონიშნულია წითლად)	93
სურ. 3.45. დაზიანებული X-კავშირის ღეროვანი ელემენტი (დაზიანება მონიშნულია წითლად)	93
სურ. 3.46. დეფორმირებული მაკავშირებელი ფურცელი (დაზიანება მონიშნულია წითლად)	94
სურ. 3.47. დეფორმირებული ლითონის ღეროვანი ელემენტი (დაზიანება მონიშნულია წითლად)	94
სურ. 3.48. დაზიანებული გადახურვა	94
სურ. 3.49. დაზიანებული გადახურვა	94
სურ. 3.50. დაზიანებული გადახურვა	94
სურ. 3.51. დაზიანებული გადახურვა	94
სურ. 3.52. დაზიანებული გადახურვა (სენდვიჩპანელი და სამაგრი ელემენტები)	95
სურ. 3.53. დაზიანებული გადახურვა (სენდვიჩპანელი და სამაგრი ელემენტები)	95
სურ. 3.54. შველერისა და კუთხოვანის ნიმუშები	96
სურ. 3.55. შველერისა და კუთხოვანის ნიმუშები	96
სურ. 3.56. საწყობის შენობის ფასადი	98
სურ. 3.57. საწყობის შენობის ფასადი	98
სურ. 3.58. საწყობის შენობის ფასადი	98
სურ. 3.59. საწყობის შენობის ფასადი	98
სურ. 3.60. რკინაბეტონის საძირკველის მოწყობა (დამკვეთის მიერ მოწოდებული ფოტოსურათები)	100
სურ. 3.61. რკინაბეტონის საძირკველის მოწყობა (დამკვეთის მიერ მოწოდებული ფოტოსურათები)	100
სურ. 3.62. რკინაბეტონის საძირკველის გამოკვლევა	100
სურ. 3.63. რკინაბეტონის საძირკველის გამოკვლევა	100
სურ. 3.64. რკინაბეტონის საძირკველის გამოკვლევა	100
სურ. 3.65. რკინაბეტონის საძირკველის გამოკვლევა	100
სურ. 3.66. შენობის შიდა სივრცე	101
სურ. 3.67. ლითონის ელემენტების შეერთების კვანძი	101

სურ. 3.68. ლითონის ელემენტების შეერთების კვანძი	101
სურ. 3.69. ლითონის ელემენტების შეერთების კვანძი	101
სურ. 3.70. ლითონის ელემენტების შეერთების კვანძი	102
სურ. 3.71. ლითონის ელემენტების ზომების დადგენა	102
სურ. 3.72. ლითონის ელემენტების შეერთების კვანძი	102
სურ. 3.73. ლითონის ელემენტების ზომების დადგენა	102
სურ. 3.74. შენობის ვერტიკალური სიხისტე	102
სურ. 3.75. შენობის ჰორიზონტალური სიხისტე	102
სურ. 3.76. რკ/ბ ფილის ბეტონის სიმტკიცის დადგენა	103
სურ. 3.77. რკ/ბ ფილის არმირების გამოკვლევა	103
სურ. 3.78. რკ/ბ ფილის ბეტონის სიმტკიცის დადგენა	103
სურ. 3.79. რკ/ბ ფილის არმირების გამოკვლევა	103
სურ. 3.80. ლითონის კიბე	103
სურ. 3.81. ლითონის ელემენტების შეერთების კვანძი	103
სურ. 3.82. ლითონის ელემენტების ზომების დადგენა	104
სურ. 3.83. ლითონის ელემენტების ზომების დადგენა	104

შესავალი

გლობალური ეკონომიკური კრიზისის დროს, ყველა სხვა სფეროს მსგავსად სამშენებლო ინდუსტრიაც დიდი გამოწვევების წინაშეა. სამშენებლო მასალები ძვირდება და მშენებლობის ხარჯი იზრდება. სამშენებლო და დეველოპერული კომპანიები გამოსავალს ხშირად სწრაფად აგებადი მოდულარული კონსტრუქციებით მშენებლობაში ხედავენ. კონსტრუქცია არის შენობის ცალკეული ნაწილი, იგივე მოდული, რომელიც მზადდება ქარხანაში მაგალითად, ლითონის მზიდი კარკასი, ცალკეული კონსტრუქციები რკინაბეტონის და ა.შ. ასაწყობი შენობები ზოგადად განისაზღვრება, როგორც სტრუქტურები, რომლებიც წარმოებულია ქარხნის გარემოში და შემდეგ შენდება შესაბამის რეგიონში ტექნიკური პერსონალის მიერ. ასეთ სტრუქტურებს დღეს ხშირად ანიჭებენ უპირატესობას როგორც ეკონომიური, ასევე უსაფრთხოების გამო. ამ ეტაპზე ყველაზე ხშირად დასმულ კითხვებს შორისაა შემდეგი კითხვა: არის თუ არა ასაწყობი ნაგებობები მიწისძვრებისა და ამინდის პირობებისადმი მდგრადი? ყველა ასაწყობი ნაგებობა მიწისძვრების მიმართ ბევრად უფრო მდგრადია, ვიდრე სხვა რკინაბეტონის კონსტრუქციები. ამავდროულად, ბგერა და თბო იზოლაციით აშენებული კონსტრუქციები ასევე მდგრადია ამინდის მკაცრი პირობებისა და ქარის მიმართ. ამ გზით თქვენ შეგიძლიათ უსაფრთხოდ აირჩიოთ ასაწყობი კონსტრუქციები, რომლებიც პასუხობენ მომხმარებლების მოლოდინებსა და საჭიროებებს, აქვთ კომფორტული, ეკონომიური და უკიდურესად სწრაფი სამშენებლო პროცესი. დასრულებული მოდული, იფუთება როგორც კონტეინერი და ქარხნიდან იგზავნება სამშენებლო მოედანზე, სადაც იწყობა და გარდაიქმნება ერთიან ნაგებობად. სწრაფად აგებადი მოდულური შენობა შესაძლებელია იყოს როგორც საცხოვრებელი ფუნქციის, ისე სასტუმრო, საოფისე და სხვა.

მოდულარული კონსტრუქციის უპირატესობებია: დრო. მოდულარული მშენებლობის დროს სამშენებლო მოედანზე ფუნდამენტის მომზადება და ქარხანაში მოდულების დამზადება პარალელურ რეჟიმში მიმდინარეობს. შედეგად, შენობის საბოლოო იერსახემდე მისაყვანად დაახლოებით 30-50%-ით უფრო ნაკლები დრო იხარჯება ვიდრე ტრადიციული მშენებლობის დროს.

უსაფრთხოება: სამშენებლო მოედანზე უბედური შემთხვევების რისკი ნაკლებია, რადგან მშენებლობის უმეტესი ნაწილი ქარხანაში სრულდება.

შეუფერხებელი პროცესი: მოდულები ქარხნული წესით მზადდება, ამით მცირდება უამინდობით გამოწვეული მშენებლობის პროცესის შეფერხების რისკები.

სამშენებლო ნარჩენების სიმცირე: ქარხანაში დამზადებული მოდულები საგრძნობლად ამცირებს სამშენებლო მოედნის დანაგვიანების რისკს.

მოდულარული კონსტრუქციის უარყოფითი მხარეებია: მოდულის ზომის შეზღუდვა. საავტომობილო ტრანსპორტირებისთვის დასაშვები მოდულების ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული გაბარიტებია: სიგრძე: 12.00 მ; სიგანე: 3.35 მ; სიმაღლე: 2.7 მ, შედარებით მოცულობითი მოდულის გადასატანად შეიძლება მუნიციპალიტეტის სპეციალური ნებართვა დაგჭირდეთ, საჭიროების შემთხვევაში საპატრულო ეკიპაჟის ესკორტიც კი. ამის გამო მოდულარულ შენობებში რთულდება მაღალი და ღია სივრცეების მოწყობა.

ტრანსპორტირება: მწარმოებელ ქარხანასა და სამშენებლო მოედანს შორის მანძილი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია, რადგან მოდულების ტრანსპორტირების ხარჯმა შესაძლოა პროექტის საერთო ღირებულება მნიშვნელოვნად გაზარდოს.

ცვლილებები მშენებლობის დროს: ტრადიციული მშენებლობისგან განსხვავებით, მოდულარული მშენებლობის დროს ისეთმა პატარა ცვლილებამაც კი როგორც არის ჩამრთველის გადაადგილება, შეიძლება საგრძნობლად შეცვალოს პროექტის შესრულების ვადები, შესაბამისად ქარხანაში დამზადებულ და დასრულებულ მოდულებში ცვლილებების შეტანა გარკვეულ სირთულებთანაა დაკავშირებული. დღესდღეობით ასაწყობი შენობები ბევრ განსხვავებულ გამოყენებას ემსახურება. ამ ტიპის სტრუქტურებს, რომლებიც არის როგორც ეკონომიური, ასევე უსაფრთხო, ხშირად უპირატესობას ანიჭებს ბევრი ადამიანი და ორგანიზაცია. შენობები, სადაც ყველაზე ხშირად გამოიყენება ასაწყობი ნაგებობები, შეიძლება ჩამოვთვალოთ შემდეგნაირად: საოფისე შენობა; საერთო საცხოვრებლის შენობა; საშხაპე და ტუალეტის შენობა; კაფეტერიის შენობა; სოციალური დაწესებულების შენობა; სკოლის შენობა და ა.შ. ამ ეტაპზე შენობები

სხვადასხვაგვარად იქმნება ექსტერიერის და ინტერიერის დიზაინის მახასიათებლების მიხედვით, იმისდა მიხედვით, თუ რა მიზნით იქნება გამოყენებული. გარდა ამისა, ძალზე მნიშვნელოვანია, რომ ყველა ასეთი სტრუქტურა იყოს იზოლირებული და მდგრადი მიწისძვრების მიმართ. ზოგადად, ფოლადის ჩონჩხის სისტემაზე აგებული ასაწყობი კონსტრუქციები შექმნილია მიწისძვრების მინიმალურ დონეზე ზემოქმედებაზე. გარდა ამისა, სტრუქტურები იწარმოება თბოიზოლაციით ქარისა და მკაცრი ამინდის პირობებში.

განსაკუთრებით იზოლირებულ ასაწყობ კონსტრუქციებს ბევრი უპირატესობა აქვს. ასაწყობი შენობები, რომლებიც გათვლილია გამძლეობის უმაღლეს დონეზე, მსუბუქი სტრუქტურით მინიმალურად განიცდის მიწისძვრას. გაჭიმვა ხდება ასაწყობი სახლისა და დაშლილი ნაწილების ფოლადის ხრახნებით შერწყმის შედეგად, რის გამოც უზრუნველყოფილია მათი მდგრადობა. გარდა ამისა, ასაწყობი კონსტრუქციები ძალიან უსაფრთხოა, რადგან ისინი დამონტაჟებულია ფოლადის კონსტრუქციაზე.

ასაწყობი შენობები, რომლებსაც აქვთ უკიდურესად ხანგრძლივი გამოყენება, აქვთ ძალიან ეკონომიური ვარიანტები. თქვენ შეგიძლიათ აირჩიოთ ასაწყობი კონსტრუქციები უსაფრთხო, კომფორტული და ეკონომიური სივრცეებისთვის.

ასაწყობი შენობა-ნაგებობების აშენება ძირითადად დაბალ ფასად არის შესაძლებელი. მეორეს მხრივ, ფაქტორები, როგორცაა რამდენი სართული აქვს შენობებს, ზომა, გამოყენებული მასალები და ინტერიერის დიზაინის მახასიათებლები პირდაპირ გავლენას ახდენს ფასებზე.

მოდულური შენობები წინასწარ მზადდება ქარხანაში ან მცირე საწარმოებში, მცირე უნიფიცირებული ბლოკების სახით, მათი ტრანსპორტირებისას ქარხნიდან სამშენებლო მოედანზე, მონტაჟის და ექსპლუატაციის დროს ბლოკების გეომეტრიული ზომები, კონსტრუქციული მდგრადობა და ტექნიკური პარამეტრები უცვლელი რჩება. ქარხანაში დამზადებული შენობის ბლოკები წარმოადგენს უფრო მდგრად, ენერგოეფექტურ, უსაფრთხო და შემდგომ ექსპლუატაციაში ნაკლებ დანახარჯების მქონე საჭირო შენობებს.

სამშენებლო ახალი სტანდარტების დანერგვა მოითხოვს ახალი შენობებისთვის მშენებლობის პროცესში და მისი შემდგომი ექსპლუატაციის დროს შენობის ტექნიკური მონაცემების ხარისხის კონტროლს.

ასეთი მოთხოვნების მიღწევა შესაძლებელია მხოლოდ სამშენებლო პროცესების კონტროლით და ხარისხის გაუმჯობესებით, თანამედროვე გასაზომი და მონიტორინგის აპარატურით და პროგამული დიაგნოსტიკის მონაცემების შედარებით და ანალიზით. ამ ამოცანის აქტუალურობა უფრო მეტად იზრდება, როდესაც თანამედროვე შენობების ასაშენებლად საჭიროა უფრო მაღალი მშენებლობის სტანდარტები, როგორც შენობის ცალკეული ელემენტების მონტაჟის და დემონტაჟის დროს კონსტრუქციებში მიმდინარე რღვევის პროცესის ანალიზური აღწერა ანუ ზუსტი თეორიული ანალიზი აწყდება რთულ მათემატიკურ პრობლემებს. საკითხის გადაწყვეტა მოითხოვს სამეცნიერო კვლევის ახალ მეთოდოლოგიას, რომელსაც საფუძვლად უდევს მათემატიკური მოდელირებისა და კომპიუტერზე რიცხვითი ექსპერიმენტების ჩატარების პრაქტიკა. ეს მნიშვნელოვნად აფართოებს ამგვარი ამოცანების გადაწყვეტის შესაძლებლობებს, რადგან იგი საშუალებას იძლევა ერთმანეთთან მჭიდროდ დავაკავშიროთ ფიზიკური მოვლენები, გამზომი ინსტრუმენტები, მათ შორის გადამწოდების თვისებები, კომპიუტერის შესაძლებლობები და რიცხვითი მეთოდები.

ყოველივე ზემოთქმულიდან ჩანს, რომ დისერტაციის თემა: „თანამედროვე მოდულური ასაწყობი შენობების კონსტრუქციული საიმედოობის კვლევა“ მეტად აქტუალურია.

დისერტაციის მიზანია სწრაფადაგებადი მოდულური შენობების ტექნიკური დიაგნოსტიკის რაციონალური მეთოდების შემუშავებისა და შენობების უწყვეტი მონიტორინგის საფუძველზე, უსაფრთხოების და საიმედოობის კრიტერიუმების დადგენა.

ამოცანები კვლევის მიზნის მისაღწევად:

- სწრაფადასაწყობი, დაბალსართულიანი, მოდულური შენობების არსებული დიზაინისა და სამშენებლო ტექნოლოგიების შეჯამება და ანალიზი მათი მშენებლობისა და ექსპლუატაციის დროს ინსპექტირებისა და ტექნიკური დიაგნოსტიკის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით;
- ყველაზე რაციონალური დიზაინისა და ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებების შერჩევა სხვადასხვა დანიშნულების ასაწყობი, სრულად ასაწყობი,

დაბალსართულიანი შენობების გამოყენების საფუძველზე, რომლებიც ადვილად ტრანსპორტირდება და აიგება სამშენებლო მოედანზე;

- უსაფრთხოების შეფასების თეორიული საფუძვლების შემუშავება, წინასწარ დამზადებული მოდულური შენობების ადეკვატური სიმტკიცის უზრუნველყოფა და სხვადასხვა მოდულური შენობების დიზაინის წარმოების, მათი ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის შედარებითი შეფასება.

სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს შემდეგში: კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემებით შესაძლებელია მშენებლობის უკეთესი ხარისხის და უსაფრთხოების თეორიული საფუძვლების შემუშავება, რაც თავის მხრივ მოიცავს: მოდულური ასაწყობი შენობების შეფასების კომპლექსური დიაგნოსტიკის და უწყვეტი მონიტორინგის სისტემას, კომპიუტერული ტექნოლოგიების, მართვისა და საზომი მოწყობილობების ურთიერთ ფუნქციონალური კავშირით, და ნორმატიულზე მაღალი დატვირთვებისგან დამცავი ავტომატიზებული სქემის შექმნას.

ნაშრომის თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა. შეიქმნა მეთოდური და კომპიუტერულ-პროგრამული სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს შენობების რეკონსტრუქციის ალტერნატიული ვარიანტების კომპლექსურ და ავტომატიზირებულ შეფასებას, მათ შორის რისკების გათვალისწინებით. ეს საშუალებას მისცემს დამკვეთებს, ინჟინრებსა და სპეციალისტებს მიიღონ უფრო რაციონალური გადაწყვეტილებები და შეარჩიონ ეფექტური ტექნოლოგიური მიდგომები.

ნაშრომს აქვს როგორც თეორიული, ისე პრაქტიკული ღირებულება. იგი მნიშვნელოვან დახმარებას გაუწევს მეცნიერებს, დოქტორანტებს, სტუდენტებს, ასევე ექსპერტებს, პროექტირების სპეციალისტებსა და პრაქტიკოს ინჟინრებს, რაც ხელს შეუწყობს შენობების რეკონსტრუქციის პროცესის გაუმჯობესებას და ეფექტურობის ზრდას.

კვლევის მეთოდები და მეთოდოლოგია ითვალისწინებს:

- შენობებისა და სამშენებლო კონსტრუქციების დიაგნოსტიკაში უსაფრთხოებისა და ხარისხის ძირითადი ფაქტორებისა და კრიტერიუმების იდენტიფიცირებას;
- ასაწყობი შენობების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის მეთოდებისა და კლასიფიკაციების შემუშავებას;

- სხვადასხვა ტიპის ბლოკური მოდულებით მრავალფუნქციური დაბალსართულიანი შენობების სტრუქტურული სქემების წარმოების დონის გამოსათვლელად საწყისი მონაცემების განსაზღვრას;
- სასიცოცხლო დანიშნულების კომპლექსების ინტეგრირებული მეთვალყურეობისა და უწყვეტი მონიტორინგის სისტემის შემუშავებას რეალურ დროში.

ტექნოლოგიური ციკლის ყველა ეტაპზე მოდულური ასაწყობი ობიექტებისა და კომპლექსების ფაქტობრივი მშენებლობის ფაქტობრივ მონაცემებთან სავარაუდო ტექნიკური და ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარებას, რისკის შეფასებით და მოდულური ბლოკების მწარმოებლების ტექნოლოგიით აშენებული დაბალი საცხოვრებელი შენობების უსაფრთხო ექსპლუატაციის პროგნოზით. მიღებული შედეგების სანდოობა დასტურდება სხვადასხვა მეთოდის, თეორიული და ექსპერიმენტული მონაცემების გამოყენებით აშენებული ასაწყობი შენობების სანდოობის შეფასების შედეგების თანხვედრით, ასევე საკმარისი რაოდენობით გამოთვლილი (ნორმატიული) და ფაქტობრივი (სტატისტიკური) მონაცემებით, რომლებიც მიღებულია საქართველოში ბოლო წლებში აშენებული მოდულური ასაწყობი შენობების შემოწმების დროს.

კვლევის მიმდინარეობის დროს გამოყენებული იყო სისტემური და კომპლექსური ანალიზის მეთოდები, ეკონომიკურ-მათემატიკური, ანალიტიკური, მათემატიკურ-სტატისტიკური და ექსპერტული შეფასებები (იერარქიული ანალიზის მეთოდი).

კვლევის ობიექტია: სისტემური ანალიზისა და კრიტერიუმების ფორმირებული იერარქიის საფუძველზე მოდულური ასაწყობი შენობების კომპლექსური მონიტორინგი.

ნაშრომის აპრობაცია. კვლევის შედეგად მიღებული შედეგები მოხსენებული იქნა საგანმანათლებლო პროგრამით გათვალისწინებულ 3 კოლოქვიუმზე, ასევე 5 საერთაშორისო კონფერენციაზე.

პუბლიკაციები. დისერტაციის ნაშრომის შედეგები გამოქვეყნებულია 6 სამეცნიერო სტატიაში.

დისერტაციის სტრუქტურა და შინაარსი. დისერტაცია შედგება შესავლის, სამი თავის, ძირითადი დასკვნების და გამოყენებული ლიტერატურისაგან. იგი დაბეჭდილია 116 გვერდზე A4 ფორმატზე.

თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა და ანალიზი

1.1 მოდულური ასაწყოები შენობების თანამედროვე მდგომარეობა, ლიტერატურის მიმოხილვა და ანალიზი

მოძიებული სამამულო და უცხოური ლიტერატურული წყაროების ანალიზის საფუძველზე [1,2,3, 4, 5-9, 10-18, 19, 20, 21, 22-27, 28-32, 33], ჩაატარა კვლევები სხვადასხვა კონსტრუქციული სისტემების და მათი შესაბამისობის შემოთავაზებულ უსაფრთხოებისა და ხარისხის კრიტერიუმებთან. ეს ანალიზი საშუალებას გვაძლევს დავადგინოთ შემდეგი.

ასაწყოები მოდულური შენობები საკმაოდ გავრცელებულია ჩრდილოეთ ამერიკაში, სკანდინავიასა და დასავლეთ ევროპაში [34]. ასეთმა სისტემებმა მოიპოვეს გამოყენება რუსეთში [35]. ასაწყოები შენობები მოიცავს სპეციალური კონსტრუქციებისგან დამზადებულ სახლებს, რომლებიც საშუალებას იძლევა დამონტაჟდეს სახლი მოკლე დროში და არ არის გათვლილი შემდგომი დემონტაჟისთვის, ტრანსპორტირებისთვის და მონტაჟისთვის. მათი მომსახურების ვადა უახლოვდება კაპიტალური შენობების მომსახურების ვადას - 60 წელი.

ასაწყოები შენობების განმასხვავებელი ნიშნებია: კონსტრუქციული ელემენტების ქარხნული დამზადების მაღალი ხარისხი (90%-ზე მეტი); კონსტრუქციული ელემენტების (მოდულების) უნიფიკაციის დიდი ხარისხი; შემსუბუქებული კონსტრუქციების გამოყენება მოდულების წონის შესამცირებლად; შეერთების სწრაფად ასაწყოები კვანძების გამოყენება კონსტრუქციული ელემენტების ერთმანეთთან გასაერთიანებლად (თვითფიქსირებადი, ჩამკეტი, ავტომატური და ა.შ.); მაღალი სიზუსტე მოდულების წარმოების და მათგან სხვადასხვა ტიპის შენობების აწყობის სიჩქარე.

არქიტექტურული და დაგეგმარების გადაწყვეტილებების ვარიანტების შესაძლებლობები მრავალფეროვანია, მაგალითად, სივრცის დაგეგმარების სხვადასხვა გადაწყვეტილებების გამოყენებით; საძირკვლის, სახურავებისა და ჭერის სხვადასხვა გადაწყვეტილებები; ასევე შიდა და გარე მოპირკეთების ტიპები.

ჩვენ გავაანალიზეთ ასაწყოები მოდულური შენობების სტრუქტურა და გამოყენების არეალი გერმანიის ფედერაციულ რესპუბლიკასა და რუსეთის

ფედერაციაში საბინაო სამშენებლო კომპლექსების მაგალითების გამოყენებით [36, 37, 38, 39].

ცხრილ 1.1-ის სახით წარმოდგენილი გვაქვს რიგ ქვეყნებში ასაწყობი დაბალსართულიანი შენობების სერიული კომპლექსების ტექნიკური მახასიათებლები.

ცხრილი 1.1

უცხო ქვეყნების ასაწყობი კომპლექსები საბინაო მშენებლობისთვის

№ რ/ნ	ქვეყანა	კომპლექსი	გაზარიტები, მ			სისტემის კონსტრუქციული ტიპი
			სიგანე	სიგრძე	სიმაღლე	
1	2	3	4	5	6	7
1	აშშ	"Mobil" "House" "Trailer"	2,4-3,6	4,8-30	2,1-2,4	მოდულური
		"Playdom" "Section"	5,2-6,0	6,4-14	3,0-2,9	კარკასულ-პანელური
2	გერმანია	"Streif" "Varicon" "Buck"	2,4-3,0	4,8-30	2,2-2,4	მოდულური, პანელური
3	ინგლისი	"Portacabin" "Plan"	2,4-3,6	3,0-12	2,3-2,4	მოდულური, პანელური
4	იტალია	"Intercamp" "Caravan"	2,5-3,6	5,0-12	2,4	მოდულური
5	ფინეთი	"Huurre" "Domino" "Finncamp"	2,4-2,5	4,8-12	2,6-3,1	კარკასულ-პანელური
6	საფრანგეთი	"Varifl" "Techal" " ISO "	2,4-2,5	2,9-12	2,1-2,3	პანელურ- ონტენერული
7	ესპანეთი	"Mbp" "ISO"	2,4-2,5	6,0-12	2,2-3,6	მოდულური, კარკასულ-პანელური
8	კანადა	"Atco" " ISO"	3,0-3,6	6,0-16	2,2-2,4	მოდულური, კარკასულ-პანელური
9	შვედეთი	"Kalirs"	2,4-6,0	6,0-12	2,4	მოდულური, პანელური

განვიხილოთ ყველაზე ფართოდ გამოყენებული მოდულური სისტემები.

კომპლექსური მიწოდების ასაწყობ-დასაშლელი შენობები

მოდულური პანელის ელემენტების პირველი სისტემა შეიქმნა 1965 წელს, საბჭოთა კავშირში სამშენებლო ორგანიზაციებისთვის ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობისას. საცხოვრებელი კომპლექსები მრავალი ადამიანისთვის, მათ შორის

საერთო საცხოვრებლები, საცხოვრებელი კორპუსები, კულტურული, სამედიცინო და საზოგადოებრივი მომსახურების შენობები, დაპროექტდა რამდენიმე ტიპის ერთიან მოდულურ სივრცულ ბადეზე. ყველა ელემენტი იყო დაკავშირებული ლითონის ღეროებისა და ბმულების გამოყენებით. კონსტრუქციულად, პანელები დაპროექტებული იყო სხვადასხვა მასალის ვარიანტებში, რომელთა გამოყენება განისაზღვრა მომხმარებლის უახლოესი საწარმოო ბაზის მიხედვით. 1978-80 წლებში გადაკეთდა პანელის ელემენტების სისტემა – პანელები უფრო დიფერენცირებული გახდა, სისტემა მოიცავდა მოცულობით ბლოკებს, შუალედურ სამშენებლო მოედანზე პანელების აწყობის შედეგად. პროდუქციის კომპლექტი მიეწოდებოდა სამშენებლო ობიექტებზე მოცულობითი ბლოკების სახით – კონტეინერებისა და პანელების პაკეტების სახით [40].

მოდულური ასაწყობი პანელურ-ბლოკური სისტემა

2,4-სართულიანი საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი შენობების კომპლექსური სერია, ასევე ტექნიკური შენობების ახლად განვითარებული ძნელად მისადგომი რაიონებისთვის, შემუშავებული მსუბუქი სწრაფად მშენებარე კონსტრუქციების საფუძველზე 1974 წელს, შესაძლებელი გახდა მოკლე დროში დაპროექტებულიყო 20 ათასამდე მოსახლეზე გათვლილი საცხოვრებელი კომპლექსი, მათ შორის სეისმურ ზონებში.

კომპლექსური სერიის საპროექტო გადაწყვეტილებები ეფუძნება პანელ-ბლოკის სისტემას. იგი ხასიათდება კედლების, გადახურვის და ტიხრების დიდი პანელური ელემენტების კომბინაციით მოცულობითი ბლოკებით, რომლებიც მოიცავს შენობების ყველაზე შრომატევად საინჟინრო და ტექნოლოგიურ აღჭურვილობას და ემსახურება, როგორც კონტეინერები მცირე რიცხოვანი დეტალების ტრანსპორტირებას.

შენობების მზიდი ჩონჩხი არის პანელებისა და ბლოკების ჩარჩოს ელემენტები, რომლებიც ერთმანეთთან სახსრულად არის დაკავშირებული. ჩარჩო დამზადებულია ფოლადის თხელკედლიანი პროფილებისგან, შემონაკერი დამზადებულია პროფილირებული ფოლადის ან ალუმინის ფურცლებით, ცემენტით ფილებით და სხვა მასალებით. გამათბობლად შეიძლება გამოყენებულ

იქნას პენოპლასტი და მინერალური ბამბის ფილები. სხვადასხვა შენობების აწყობა შესაძლებელია უნიფიცირებული ელემენტების ნაკრებიდან.

შენობების აწყობა ხორციელდება სატვირთო ამწეებით ნებისმიერი ამინდის პირობებში. მონტაჟის დრო, მაგალითად, ორსართულიანი 11-ბინიანი სახლის ასაგებად თანამედროვე საინჟინრო აღჭურვილობით შეადგენს მხოლოდ 11-12 დღეს. ეს სისტემა ოპტიმალურად აერთიანებს შენობების ასაწყობის მაღალ ხარისხს შედარებით დაბალ სატრანსპორტო ხარჯებს.

საქართველოში გარკვეულ წილად გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის და სახის მობილური შენობები: დასაშლელ-ასაწყობი, კონტეინერული, ტრანსფორმირებადი, ტენტური და კომბინირებული.

სწრაფად მშენებარე შენობები და ნაგებობები, ფაქტობრივად, არის ობიექტები, რომელთა კონსტრუქციები უზრუნველყოფს მათ სწრაფ მონტაჟს ვადებში, რაც მნიშვნელოვნად ნაკლებია მშენებლობის სტანდარტულ ხანგრძლივობაზე. მაგრამ, როგორც წესი, სწრაფად მშენებარე ობიექტები, მობილურისგან განსხვავებით, არ არის განკუთვნილი დაშლისა და ახალ ადგილას ტრანსპორტირებისთვის. ერთობლივად ფუნქციურად ურთიერთდაკავშირებული სწრაფად მშენებარე და მობილური ელემენტების ნაკრები და მათი საინჟინრო სისტემები ქმნიან სწრაფად მშენებარე მობილურ შენობებსა და კომპლექსებს.

საზღვარგარეთ, რამდენიმე ქვეყანაში, გამოიყენება 26 ძირითადი მობილური კონსტრუქციული სისტემა, მათ შორის 18 კონტეინერული სისტემა და 8 დასაშლელ-ასაწყობი სისტემა. ამ სისტემების საფუძველზე იწარმოება 250-ზე მეტი ტიპის კონკრეტული შენობა და ნაგებობა, რომლებიც განსხვავდება ფუნქციური დანიშნულებით, სიმძლავრით, კლიმატური მახასიათებლებით, ღირებულებით და სხვა ტექნიკური და ეკონომიკური მახასიათებლებით.

თუმცა, მრავალი მნიშვნელოვანი პრობლემა დღემდე გადაუჭრელი რჩება მობილური კომპლექსების მეცნიერებისა და პრაქტიკის განვითარების დარგში:

- უკვე არსებული დასაშლელ-ასაწყობი სისტემების უპირატესობების არასაკმარისი გამოყენება;
- რიგი კონტეინერული შენობების დაბალი ტექნიკური და ეკონომიკური მაჩვენებლები;

- საინჟინრო უზრუნველყოფის დასაშლელ-ასაწყობი სისტემების სუსტი განვითარება;
- საავტომობილო დარგის მიღწევების არასაკმარისი გათვალისწინება ჩაშენებული აღჭურვილობისა და ავეჯისთვის;
- მოძველებული ნორმატიული და მეთოდოლოგიური ლიტერატურა და ა.შ.

შენობების მთავარი ელემენტია კედლის პანელი ერთი სართულის სიმაღლით და 12 მ-მდე ზომით, ფანჯრისა და კარის ბლოკების ჩათვლით და მთლიანად მოპირკეთებული ფასადიდან. პანელს აქვს დაწებებული ხისგან დამზადებული კარკასი, შემონაკერი ხის ბურბუშელის ფილებისაგან, მინერალური ბამბის თბოიზოლაცია და სხვადასხვა მოსაპირკეთებელი მასალისგან დამზადებული ეკრანი, რაც უზრუნველყოფს მის თბოტექნიკურ მახასიათებლებს. პანელის ელემენტების აწყობა ხორციელდება ჭანჭიკების მოჭიმვით და ყრუ ჭანჭიკებით ნაკერების შემკვრივებით ფოროვანი პოლიეთილენით. სახლები მოწოდებულია სამშენებლო და საინჟინრო-ტექნიკური დეტალების სრული კომპლექტით.

მიწოდება განხორციელდა საავტომობილო, სარკინიგზო და სამდინარო ტრანსპორტის კომბინირებული სქემით, კონტეინერების გადატვირთვით. გამოცდილებამ აჩვენა, რომ მიზანშეწონილია ქარხნული მზადყოფნის დიდი ზომის სამშენებლო ელემენტების ტრანსპორტირება მხოლოდ ავტოტრანსპორტო გზით. მომზადებული საძირკველით და სრული კომპლექტაციით კოტეჯის აწყობა სულ რაღაც 3-4 დღეშია შესაძლებელი, ორ კვირაში კი ჩაბარდება „სრული რემონტით“.

მოცულობითი ბლოკის შენობები

შენობების თითოეულ სერიაში გათვალისწინებული იყო მოცულობითი ბლოკები, რომლებიც მზადყოფნაშია დაუყოვნებლივი გამოყენებისათვის, რაც ამართლებს მათი მასალის დიდ ტევადობას, ტრანსპორტირების მაღალ ხარჯებს და დაგეგმვის შეზღუდულ შესაძლებლობებს. შემკვეთთა გარკვეულმა რაოდენობამ მხოლოდ მოცულობითი ბლოკებიდან დაპროექტების პირობა წააყენა.

საქართველოში ენერგეტიკის ობიექტები დასაშლელ-ასაწყობი შენობების სერიაში, მოცულობითი ბლოკები ქარხნის პირობებში აწყობილი იყო მსხვილი პანელის ელემენტებიდან. პანელ-ბლოკის სისტემაში და ტრანსფორმირებად კონსტრუქციებში მოცულობით ელემენტებს ქარხანაში ხისტად დამაგრებული

კედლები ემატება და ყენდება შასიზე. ბლოკები აღიჭურვა საჭირო მოწყობილობით და დაკომპლექტებულია საყოფაცხოვრებო ნივთებითა და მონტაჟის ხელსაწყოებით. ბრტყელი და მოცულობითი ელემენტების არსებობა სერიაში იძლევა უფრო დიდ დაგეგმარების და ეკონომიკურ მანევრირებას.

ეტაპობრივი მშენებლობის სწრაფად მშენებარე სახლები

მშენებლობის ინსტრუქციის შესაბამისად, ჩატარდა კომპლექსური სამუშაოები „საცხოვრებელი დასახლებების სწრაფად მშენებარე შენობების მოდულური ელემენტები, რომლებიც უზრუნველყოფენ საგანგებო სიტუაციებში მინიმალური სასიცოცხლო უზრუნველყოფის შექმნას და შემდგომში დასრულებას თანამედროვე საცხოვრებლის დონეზე“.

შემუშავებულია კონცეფცია შენობების ეტაპობრივი მშენებლობისთვის, ინფრასტრუქტურისა და დასახლებების განვითარებისთვის სხვადასხვა რაოდენობის მაცხოვრებლებისთვის, სხვადასხვა გარემო პირობებისთვის, მასალებისა და კონსტრუქციების გამოყენებით, რომლებიც ოპტიმალურია თითოეული რეგიონისთვის. რეგიონული ბაზების განვითარებისას გათვალისწინებული იყო ადგილობრივი სამშენებლო ინდუსტრიის შესაძლებლობები და სატრანსპორტო კავშირები. განისაზღვრა ბაზების საწარმოო სიმძლავრეები, სამშენებლო კონსტრუქციების სარეზერვო მარაგი, სისტემის განვითარების სავარაუდო ხარჯები და ა.შ. ეს ტექნოეკონომიკური მეთოდი, დროის ფაქტორზე დაფუძნებული, ორიენტირებულია დაზარალებული მოსახლეობისთვის სრულფასოვანი ინდივიდუალური საცხოვრებლის შექმნაზე. გადაწყდა ელემენტების საჰაერო მიწოდების საკითხები (თვითმფრინავის დატვირთვა, საჰაერო ტრანსპორტირება), განისაზღვრა მათი გაბარიტები.

კარკასულ-პანელური შენობები

კარკასულ-პანელური შენობებს მიმართ წაყენებული იყო მაღალი მოთხოვნები ექსპლუატაციის საიმედოობისთვის უკიდურესად მძიმე კლიმატურ პირობებში, ხანძარსაწინააღმდეგო და ეკოლოგიურ უსაფრთხოებასთან დაკავშირებით, სწრაფი აწყობის მოთხოვნით და ნებისმიერ ამინდში აწყობის შესაძლებლობით (ძირითადად გამოიყენებოდა მკაცრ კლიმატურ რეგიონებში, მაგალითად ციმბირში).

კონცეფცია ითვალისწინებდა ბუნებრივ ფაქტორებს, რეგიონში წარმოების ბაზას და სატრანსპორტო კავშირებს, ვახტური მეთოდის სპეციფიკას.

ვახტური 3-4-სართულიანი საერთო საცხოვრებელი ადგილების სხვადასხვა რაოდენობით განსხვავდება: მოდულური დაგეგმარების სტრუქტურაით, რომელიც საშუალებას იძლევა გადაჭრას საჭირო ფუნქციური ამოცანები ერთ კონსტრუქციულ საფუძველზე დაგეგმვის ელემენტების ფართო სპექტრიდან; ახალი ტიპის კარკასით, რომელიც უზრუნველყოფს შენობების თავისუფალ დაგეგმარებას გარე კედლების მსუბუქი, თერმოეფექტური პანელებით; შიდა ტიხრების მობილური სისტემა; – სპეციალური შემუშავება საინჟინრო აღჭურვილობის ჩრდილოეთის მძიმე პირობებში მიკროკლიმატის უზრუნველსაყოფად.

სწრაფად მშენებარე კაპიტალური შენობების ჩარჩო-პანელის სისტემის შექმნისას გამოყენებული იქნა ეფექტური მასალები, პანელებისა და კარკასის ელემენტების საცეცხლე გამოცდები ცეცხდამცავი ახალი მეთოდებით, კონსტრუქციების ტექნოლოგიური დამუშავება მათ შემქმნელ საწარმოო ქარხნებში.

აშშ-ში დამზადებული ასაწყობი ნაგებობები „Metallic Building System“. გამოიყენებოდა რუსეთში, აქვს შემდეგი მახასიათებლები: შენობა შეიძლება გაკეთდეს თითქმის ნებისმიერი საჭირო ზომით, შესაძლებელია ფართობის გაზრდა დამატებითი ბლოკების დამატებით. შენობების მზიდ კონსტრუქციებში გამოიყენება არა ცხელი ნაგლინი პროფილები, არამედ ლითონის ფურცლისგან დამზადებული შედუღებული კონსტრუქციები, რაც ამცირებს შენობის მასას და დატვირთვას საძირკველზე. ჩამკეტი კონსტრუქციების „ფურცელ-ფურცლის“ აწყობის მეთოდი საშუალებას იძლევა თავიდან აიცილოთ მრავალი პრობლემა პანელთაშორისი ნაკერების დალუქვისას. გამათბობლად გამოიყენება ფოლგაზე ან პოლიპროპილენის ფილაზე ლამინირებული მინერალური ბამბა. ლითონის კონსტრუქციები დაცულია ქარხანაში დამზადებული ალუმინის თუთიის საფარით ან ფხვნილის საფარით. ანტიკოროზიული საფარის საგარანტიო ვადა შეფასებულია 50 წელზე. შენობების აღმართვის მაღალი სიჩქარე უზრუნველყოფილია ელემენტების შეკრების დამზადებით, ხოლო შედუღება, ბურღვა და ლითონის ჭრა არ არის საჭირო.

თუმცა, ლიტერატურის წყაროების ანალიზმა აჩვენა, რომ ჩამოთვლილი ყველა სხვადასხვა BMZ სისტემის აგებისას მხედველობაში მიიღება მხოლოდ ერთი კრიტერიუმი – ხარისხი, სხვა, შესაბამისი და ავტორის მიერ შემოთავაზებული,

უსაფრთხოებისა და სანდოობის კრიტერიუმები [41]. გარდა ამისა, BMZ-ის ექსპლუატაციის დროს მათი ტექნიკური დიაგნოსტიკა და მონიტორინგი პრაქტიკულად არ გამოიყენება, რაც იწვევს დროულ რემონტს, სახლებში მცხოვრები ადამიანების ხარისხის დაქვეითებას და საშიში სიტუაციების შექმნას.

1.2. მოდულური ასაწყობი შენობების ძირითადი პროექტების რეალიზაციის ტექნოლოგიური თავისებურებანი

შესრულებული ანალიზი შესაძლებლობას გვაძლევს დაადგინოს 10-15 წელი ექსპლუატაციის ვადით ასაწყობ-დასაშლელი ტიპის მოდულური ასაწყობი შენობების სისტემების მნიშვნელოვანი რაოდენობის არსებობა, რომლებიც არ შეიძლება იყოს რეკომენდებული სტაციონარული მოდულური შენობების სრულასაწყობი ვარიანტის მშენებლობის დროს ადამიანების მუდმივი ცხოვრებისათვის 55-60 წელი გამოსადეგობის გარანტირებული ვადით.

შემდგომში დისერტაციაში არ განიხილება მოდულური შენობები და მოდულური ტიპის ნაგებობები, რომლებიც არის დროებითი ნაგებობები, შეიძლება მისი დემონტირება და სხვა ადგილას გადატანა. ეს არის ჩვენი კვლევის ზღვრები. ნასრომში ჩატარებული გამოკვლევა ასახავს სწრაფადაგებადი მოდულური შენობების განვითარებისა და სრულყოფის დინამიკას, როგორც კონსტრუქციული, ასევე ტექნოლოგიური მაჩვენებლებით უმცირესი შრომითი ხარჯების მიღწევისა და ეფექტური ენერგოდანაზოგის უზრუნველყოფის პრინციპის საფუძველზე.

ჩვენ ლიტერატურის და სხვადასხვა ქვეყნებში სწრაფადაგებადი შენობების მშენებლობის მდგომარეობის ანალიზით და არსებული ტიპოლოგიების განავითარებით გთავაზობთ მოდულური ასაწყობი შენობების ახალ კლასიფიკაციას. ის განზოგადებულია ცხრილ 1.2-ში.

ცხრილი 1.2-ის მონაცემები მოწმობს მოდულური ასაწყობის შენობების მოდულების ტიპებისა და სახეობების დიდ მრავალფეროვნობაზე.

მოდულური სისტემებისგან მცირესართულიანი შენობების აგების სხვადასხვა ტექნოლოგიების განხილვისას საჭიროა აღვნიშნოთ საწარმოო ციკლის ტექნოლოგიური ჯაჭვის რგოლების მტკიცე კავშირი: მოდულების დამამზადებელი ქარხანა, ტრანსპორტირების პროცესი, მშენებლობის ობიექტი.

მოდულური ასაწყობი შენობების მოდულების კონსტრუქციული სისტემების კლასიფიკაცია

სმშ-ის ტიპები (1,2,3-სართულიანი შენობები)	
კარკასული	ლითონის კარკასი
	ხის კარკასი
	ხე-ლითონის კარკასი
არასრული კარკასით	კომბინირებული კონსტრუქციებისაგან
	კომბინირებული კარკასი
უკარკასო	კომბინირებული კონსტრუქციების პანელებისაგან
	არამოსახსნელი ყალიბის პანელებისაგან
მოდულების ტიპები	
კარკასული სისტემა	მოდულების ზომები, მ: 6×3×3 9×3×3 12×3×3
კარკასულ-პანელური სისტემა	
დგარულ-პანელური	
პანელური	
ჩარჩოიან-პანელური	

მოდულების დამზადება შეიძლება ხორციელდებოდეს როგორც მნიშვნელოვან მანძილზე აგების ადგილიდან, ასევე უშუალოდ მშენებლობის ობიექტის სიახლოვეში. ამასთანავე შესაძლებელია სამონტაჟო-სატრანსპორტო სქემების შემდეგი ვარიანტები:

1. ქარხანა-დამამზადებელი → გამსხვილებული აწყობის მოედანი → მშენებლობის საწყობი → მოდულების აწყობა ობიექტის გვერდით → მშენებლობის ობიექტი;
2. ქარხანა-დამამზადებელი → გამსხვილებული აწყობის მოედანი → ქარხნის საწყობი → მშენებლობის ობიექტი;
3. ქარხანა-დამამზადებელი → მოდულების აწყობა ობიექტის გვერდით → ქარხნის საწყობი → მშენებლობის ობიექტი;
4. ქარხანა-დამამზადებელი → მშენებლობის ობიექტი.

მშენებლობის კონკრეტული პირობებიდან გამომდინარე არის მოდულური ასაწყობი შენობების აგების სხვადასხვა ვარიანტები. საიმედო ტექნოლოგიური ტრანსპორტის არსებობისას არ არის გამორიცხული სწრაფი მონტაჟი

„ბორბლებიდან“, რომელიც წარმატებით გამოიყენებოდა მსხვილპანელიანი მშენებლობის პრაქტიკაში [42]. მოდულური შენობების მონტაჟი შეიძლება წარმოებდეს შემდეგი მეთოდებით: მცირე მექანიზაციის საშუალებებით, ერთით ან რამდენიმე ამწებით (ანძისა, ჯოჯგინა, კომპური, ანმა-ისრული), შვეულმფრენით. მოდულების მიწოდება შეიძლება ხორციელდებოდეს: ავტოტრანსპორტით, რკინიგზით, წყლის ან საჰაერო გზით (შვეულმფრენით) და კომბინირებული ხერხებით – შერეული გადაზიდვებით, მაგალითად, ავტოტრანსპორტი - ბორანი - რკინიგზით მიზიდვა - ავტოტრანსპორტი. ამა თუ იმ სატრანსპორტო სქემის არჩევა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე და გადაწყვეტილება მიიღება პროექტის ტექნოლოგიური პროექტირებისა და ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების სტადიაზე.

სხვადასხვა კონსტრუქციული სისტემების მცირესართულიანი მოცულობით-მოდულური შენობების მშენებლობის არსებული ტექნოლოგიების შედარებითი ანალიზის შედეგად დადგენილია, რომ მოდულური ასაწყობი შენობების სისტემა ხარისხობრივად ახალ საფუძველზე საშუალებას იძლევა შესრულდეს მცირესართულიანი სახლების სრულშემკრები მონტაჟი დიდი ხარისხის ქარხნული მზაობის მოცულობით-სივრცული მოდულებისგან ინდუსტრიალური მეთოდებით. მოცულობით-სივრცული ბლოკ-მოდული – ეს არის ტექნოლოგიების, არქიტექტორების, მშენებლების, მემონტაჟების, კონსტრუქტორების, სანტექნიკოსების, დიზაინერებისა და სხვა სპეციალისტების მიერ კომპლექსურად შემუშავებული კონსტრუქციული კომბინირებული სისტემა, სადაც ოპტიმალური სახით გათვალისწინებულია ეკონომიურობის, ტექნოლოგიურობის, ექსპლუატაციის ხელსაყრელი პირობების, ესთეტიკის, წარმოებისა და მშენებლობის ინდუსტრიულობის ფაქტორები, და ასევე შესაძლებლობა კომპაქტური და რაციონალური ობიექტის ფორმირების დროს ბლოკ-მოდულების შორის რაციონალური შეუღლების.

ანალიზი ჩაუტარდა 1-2-3-სართულიან მოდულურ ასაწყობი შენობების კონსტრუქციული სისტემების ყველა არსებულ შემდეგ ტიპებს: კარკასული, არასრული კარკასით, კარკასულ-პანელური, დგარულ-პანელური, უკარკასო-პანელური. დადგენილია, რომ ასაწყობ-დასაშლელი ტიპის ლითონის, ხის, ხე-ლითონის კარკასით 10-15 წელი გამოსადეგობის ვადით შენობების მნიშვნელოვანი

რაოდენობა არ შეიძლება რეკომენდებული იყოს როგორც მუდმივი საცხოვრებელი. საჭიროა არა ახალ-ახალ ადგილზე გადასატანი, არამედ სრულასაწყობი მშენებლობის ვარიანტში 55-60 წელი გამოსადეგობის ვადით სტაციონარული სწრაფადაგებადი მოდულური შენობები.

1.3. საქართველოსა და საზღვარგარეთ მოდულური ასაწყობი შენობების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის გამოცდილება

ავტორის მიერ გამოკვლეულია საქართველოსა და საზღვარგარეთ მოდულური ასაწყობი შენობების მშენებლობის და ექსპლუატაციის ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის საკითხები, რომლებიც მოცემულია ნაშრომებში [43, 44, 45, 46-50, 51-53, 54, 55, 55-58].

ყველაზე უფრო ზოგადად მონიტორინგი შეიძლება განისაზღვროს, როგორც „მუდმივი დაკვირვება რომელიმე პროცესზე მისი სასურველი შედეგის ან პირვანდელი წინადადებების შესაბამისობის გამოვლენის მიზნით – გარემოს მდგომარეობაზე დაკვირვება, მისი შეფასება და პროგნოზი ადამიანის საქმიანობასთან დაკავშირებით“. მისი გამოყენების კონკრეტული სფეროების ფარგლებში „მონიტორინგის“ ცნების სხვადასხვა განმარტების გაანალიზების შემდეგ შეიძლება ამ მოვლენის არსის უფრო ზუსტ და სრულ გაგებასთან მიახლოება. მონიტორინგის გამოყენების ზღვრები ბოლო ათწლეულის განმავლობაში უაღრესად გაფართოვდა.

პირველად მონიტორინგი გამოყენებული იქნა ნიადაგთმცოდნეობაში, შემდეგ ეკოლოგიასა და სხვა მომიჯნავე მეცნიერებებში. ამჟამად იგი შეისწავლება და გამოიყენება ტექნიკურ და სოციალურ მეცნიერებებსა და პრაქტიკული მოღვაწეობის სხვადასხვა სფეროებში. არის დამაჯერებელი საფუძველი ვთქვათ, რომ დარჩა მოღვაწეობის საკმარისად მცირე დარგი, სადაც რამდენადმე არ გამოიყენებოდეს მონიტორინგი. მონიტორინგის, როგორც მეცნიერული გამოკვლევის ხერხის მიმართ, ინტერესი ჩნდება ძირითადად ისეთ სფეროებში, როგორც ეკოლოგია, ბიოლოგია, პედაგოგიკა, ეკონომიკა, ფსიქოლოგია, მართვის თეორია, სტატისტიკა. მონიტორინგის არსებული სისტემები შეიძლება გაიყოს ჯგუფებად კონკრეტულ მომხმარებელზე მისი ორიენტაციის შესაბამისად. ყოველივე ჯგუფის ფარგლებში წყდება მონიტორინგის პროცესში მისაღები

ინფორმაციის მიწოდებისა და გავრცელების პრობლემები. შეიძლება მომხმარებლების რაოდენობით და შესაბამისი მომხმარებლის მიერ მონიტორინგის შედეგების გამოყენების ინტენსივობით განსხვავებული სამი ჯგუფის გამოყოფა.

პირველ ჯგუფს შეადგენს მთლიანად საზოგადოებაზე ორიენტირებული მონიტორინგის სახეობები.

მეორე ჯგუფი შეიცავს მოღვაწეობის შესაბამისი დარგების სპეციალისტებზე ორიენტირებული მონიტორინგის სახეობებს.

მესამე ჯგუფი შეიცავს მონიტორინგის სახეობებს, რომლის მომხმარებლები არიან მართვის კონკრეტული ორგანოები, ხელმძღვანელები, ცალკეული სტრუქტურები.

შეიძლება გამოიყოს მონიტორინგის ორი ტიპი, პირველი მათგანი მიმართულია ფუნქციონირების ამოცანების რეალიზაციაზე, მეორე კი - განვითარების ამოცანებზე.

მონიტორინგის სახეობები

მოდულური ასაწყობი შენობების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პრობლებიდან გამომდინარე ავტორი გვთავაზობს გამოიყოს მონიტორინგის 6 სახეობა [43, 59, 60]:

1. **დინამიკური**, როდესაც ექსპერტიზისთვის საფუძველია მოდულური ასაწყობი შენობების განვითარების დინამიკაზე მონაცემები. ეს არის ყველაზე უფრო ადვილი ხერხი, რომელიც შეიძლება იყოს დროებითი სერიების ექსპერიმენტალური გეგმის ანალოგი. შედარებით მარტივი სისტემებისათვის, ლოკალური მონიტორინგის ან ფიზიკური ობიექტების მონიტორინგისთვის შეიძლება ეს მიდგომა აღმოჩნდეს საკმარისი. ამ შემთხვევაში, მონიტორინგის მიზნებში პირველ ადგილზე დგას გაფრთხილება შესაძლო საშიშროებაზე, მიზეზების გარკვევა კი ატარებს მეორად ხასიათს, იმის გამო, რომ მიზეზები საკმაოდ გამჭვირვალეა. რთული სოციალური სისტემებისათვის ეს მარტივი ხერხი არ გამოდგება, რადგან ეფექტის მიზეზის გამოვლენის ცდილობისას ჩვენ ვაწყდებით გადაწყვეტის იმავე პრობლემებს, რაც დროებითი სერიების გეგმის ექსპერიმენტის შემთხვევაში.

2. კონკურენტუნარიანი, როდესაც ექსპერტიზისთვის საფუძვლად აირჩევა სხვა სამშენებლო სისტემების იდენტური გამოკვლევის შედეგები. მოცემულ შემთხვევაში მონიტორინგი იქცევა გამოცდების მრავალსერიული გეგმის ანალოგად. უფრო დიდი სისტემის ორის ან რამდენიმე ქვესისტემის შესწავლა ტარდება პარალელურად, იგივე ინსტრუმენტებით, ერთ და იმავე დროს, რაც საფუძველს იძლევა გაკეთდეს დასკვნა ეფექტის სიდიდეზე ამა თუ იმ ქვესისტემაზე. ამის გარდა ასეთი მიდგომა საშუალებას იძლევა შეფასდეს საშიშროების სიდიდე, მისი კრიტიკულობა.

3. შედარებითი, როდესაც ექსპერტიზისთვის საფუძვლად ირჩევენ ერთი ან ორი უფრო მაღალი დონის სამშენებლო სისტემების იდენტური გამოკვლევის შედეგებს. ასეთი შემთხვევა ატარებს მონიტორინგისთვის სპეციფიურ ხასიათს და არ განიხილება ექსპერიმენტების დაგეგმარების დროს. ის შედგება იმაში, რომ სისტემის მონაცემებს ადარებენ უფრო მაღალი დონის სისტემისათვის მიღებულ შედეგებთან. ასეთი მიდგომა იძლევა შეფასებების გადაწვევების უმეტესი მიზეზების გათვალისწინების შესაძლებლობას.

მოცემულ შემთხვევაში ჩვენ არ განვიხილავთ მონიტორინგს, რომლის რეალიზაცია ხდება ერთეული გაზომვებით, ვთვლით მონიტორინგის განსაზღვრავს ნიშნად დინამიურობას, თუმცა ლიტერატურაში შეიძლება მოიძებნოს ერთადერთი გამოცდისთვის „მონიტორინგად“ დასახელების მაგალითები.

როგორც რთული სისტემების, როგორცაა მოდულური შენობები, მათ მიმართ, მისი მიზეზებიდან გამომდინარე მიზანშეწონილია მონიტორინგის სამი სახეობის გამოყოფა.

1. ინფორმაციული – ინფორმაციის სტრუქტურირება, მოგროვება და გავრცელება. არ ითვალისწინებს სპეციალურად მოწყობილ შესწავლას.

2. საბაზისო (ფონისა) – ახალი პრობლემებისა და საშიშროებების გამოვლენა მანამდე, სანამ ისინი შეიგძნობა მართვის დონეზე. მონიტორინგის ობიექტზე მოეწეობა საკმარისად მუდმივი თვალთვალი მაჩვენებლების (ინდიკატორების) პერიოდული ცვლილების დახმარებით, რომლებიც მას საკმარისად სრულად განსაზღვრავს. მონიტორინგის ამ სახეობის რეალიზაციისთვის შეიძლება იყოს გამოყენებული ნებისმიერი შედარებისთვის სამი შესაძლო საფუძვლიდან. ამა თუ

იმ ვარიანტის შერჩევა განისაზღვრება მონიტორინგის მიზეზებითა და შემსრულებლების სარესურსო შესაძლებლობებით.

3. პრობლემური – პროცესების კანონზომიერებების გარკვევა, საშიშროებების იმ პრობლემებში, რომლებიც ცნობილი და საჭირობოტოა სმშ-ს მშენებლობის და ექსპლუატაციის მართვის თვალსაზრისიდან გამომდინარე. მისი მიზეზია – ახალი საშიშროებების გამოვლენა და შეფასება, მას პროვოცირებს საშიშროებების სწრაფი ზრდა, რომლების ნაწილი ატარებს გლობალურ ხასიათს. მონიტორინგის ეს სახეობა შეიძლება გაყოფილი იქნას ორ შემადგენელად, მართველობითი ამოცანების სახეობებიდან გამომდინარე. ფუნქციონირების პრობლემური მონიტორინგი წარმოადგენს ლოკალური ხასიათის საბაზისო მონიტორინგს, მიძღვნილი ერთ ამოცანასა და ერთ პრობლემას. ამ მონიტორინგის რეალიზაცია დროში განუსაზღვრელია. განვითარების პრობლემური მონიტორინგის დროს განვითარების მიმდინარე ამოცანები და ამ მონიტორინგის შესწავლის საგანი არსებობს კიდევ გარკვეული დრო. იმის მერე, რაც ამოცანა ამოხსნილია, ის წყვიტავს თავის არსებობას. ამასთანავე პარალელურად არსებითი ამოცანების რაოდენობა შეიძლება იყოს საკმაოდ დიდი. ძირითადი მისი თავისებურებაა – შექმნას დინამიზმი, როდესაც ინსტრუმენტების ხარისხის და მონიტორინგის მთელი სისტემის ამოცანები უნდა იყოს ამოხსნილი დროის ლიმიტის პირობებში.

რთული სოციალური სისტემების მონიტორინგისათვის არსებობს სავარაუდო გადახრების ორი დონე. შეფასებების შესაძლო გადახრების პირველი დონე ემთხვევა იმ სავარაუდო გადახრებს, რაც შემუშავებულია ექსპერიმენტების თეორიაში.

სავარაუდო გადახრების მეორე დონე დაკავშირებულია ამა თუ იმ გამოვლენილი დეფექტის მიზეზების ძებნასთან. მას, შეიძლება მიეკუთვნოს, ყოველ შემთხვევაში, მიზეზების ორი სახე:

1. მოდულური ასაწყობი შენობების სისტემის არასრული აღწერილობა, როდესაც მაჩვენებლები ვერ ფარავს ობიექტის სისტემისთვის მნიშვნელოვან მინდორს მთლიანად. ამ შემთხვევაში მიღებული ეფექტი შეიძლება იქნას შესასწავლი მაჩვენებლების ველის გარეთ, და შეუძლებელი ხდება ეფექტის მიზეზებზე დასკვნის გაკეთება.

2. მოდულური ასაწყობი შენობების უფრო დაბალი დონის სისტემებისათვის ლოკალური შემთხვევების შესაძლებლობა, რომლებსაც შეუძლია შეფასების ცდომილება უფრო მაღალი დონის სისტემის მაჩვენებლებთან შედარებით.

ამგვარად, შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

1. მონიტორინგის ნებისმიერი ობიექტები, მათ შორის მოდულური ასაწყობი შენობების, დინამიურია და არის მუდმივ განვითარებაში. ისინი განიცდის გარეგან ზემოქმედებებს, რომლებსაც შეუძლია გამოიწვიოს არასასურველი ცვლილებები ობიექტის ფუნქციონირებაში. მონიტორინგით წარდგენილი ინფორმაციის ეს ცვლილებები შეიძლება წარმოადგენდეს საშიშროებას მომხმარებლისთვის.

მონიტორინგის რეალიზაცია ვარაუდობს, შეძლებისამებრ, ობიექტზე მუდმივ თვალთვალს (შეფასებას, შესწავლას). მუდმივობის საზომი განისაზღვრება ობიექტის თავისებურებებით და რესურსებით.

1. თვალთვალის მოწყობა ითვალისწინებს დასაბუთებულ მაჩვენებლებისა და ინდიკატორების შერჩევას. თვალთვალი ხორციელდება ობიექტის პარამეტრების უშუალო გაზომვისა და აღწერის გზით.

2. მონიტორინგი გულისხმობს ობიექტის განვითარების (მდგომარეობის ცვლილების) პროგნოზის ძირითად ან ერთ-ერთი ეტაპების არსებობას.

მონიტორინგის არსებული სისტემის კლასიფიცირება შეიძლება რიგი ნიშნებით. მათ მიეკუთვნება: გამოყენების სფერო, დაფარვის დონე, საწყისი ინფორმაციის შეგროვებისთვის გამოყენებადი საშუალებები, გაზომვების საშუალებები, ინფორმაციის გავრცელების ხერხები, რეალიზაციის დრო.

მონიტორინგის მოწყობილობა გასაზომი სისტემები და გადამწოდები

ა) ტენზომეტრები განკუთვნილია ხიდების ლითონისა და ბეტონის ელემენტებში წარმოშობადი დამაბევების ფიქსირებისათვის. მონტაჟდება არსებული კონსტრუქციების ზედაპირებსა ან მის შიგნით ბეტონის ჩასხმამდე ან ლითონკონსტრუქციების აწყობამდე. ტენზომეტრები კომპაქტურია (მაქსიმალური ზომები 100×1000×25 მმ), მსუბუქი (წონა 110 გ-მდე), ჰერმეტიკული და მუშაუნარიანია -35-დან +105-მდე გრადუსის ტემპერატურების დიაპაზონში. მონტაჟი არ მოითხოვს შედუღებას.

ბ) წრფივი და კუთხური გადაადგილებების გადამწოდები. ხიდის საბჯენების ვერტიკალური გადაადგილებების გადამწოდების სისტემა (VW Settlement Cells) შედგება რამდენიმე ელემენტისგან, ერთ-ერთი რომლებისაგან ყენდება უშუალოდ საბჯენზე, სხვები – ხიდის უძრავ კონსტრუქციებზე. ზომავს საბჯენის ვერტიკალურ გადაადგილებებს 2 მმ-მდე სიზუსტით.

გ) თხევადი დონის მზომების სისტემა (Multipoint Liquid Level System) განკუთვნილია მალიანი კოჭების ჩალუნვების გასაზომად. მონტაჟდება ელემენტის მთელ სიგრძეზე, ზომავს ვერტიკალურ გადაადგილებებს 0,01 მმ-მდე სიზუსტით.

დ) ურთიერთ გადაადგილებების გადამწოდები (VW Submersible Jointmeters) არეგისტრირებენ ხიდის კონსტრუქციების მომიჯნავე ელემენტების ურთიერთ სწორხაზოვან გადაადგილებებს. გადამწოდები განკუთვნილია ტემპერატურული ნაკერების, რკინაბეტონის ბლოკების და სხ. მონიტორინგისთვის, არეგისტრირებენ 60 მმ-მდე გადაადგილებებს 0,0125 მმ-მდე სიზუსტით. გადამწოდები VW Crackmeters გამოიყენება ძირითადად რკინაბეტონის ელემენტების გაჭიმულ ზონაში ბზარების გახსნის კონტროლისთვის, არეგისტრირებენ 100 მმ-მდე გადაადგილებებს 0,025%-მდე სიზუსტით.

ე) კუთხური გადაადგილებების გადამწოდები არეგისტრირებენ კუთხურ გადაადგილებებს 30 გრადუსამდე ჰორიზონტალურ და (ან) ვერტიკალურ სიბრტყეებში. მონტაჟდება საბჯენების, საყრდენი კედლების, რამპების ზედაპირებზე.

უკანასკნელი ახალი მიღწევებიდან მონიტორინგის დარგში, ავტორის აზრით საჭიროა აღინიშნოს მობილური მონიტორინგის და დიაგნოსტიკური კომპლექსი.

საცხოვრებელი ფონდის მშენებლობის და ექსპლუატაციის დროს წარმოქმნილი ამ პრობლემის გადასაწყვეტად, შემუშავებულია საინჟინრო უსაფრთხოების სპეციალური სერტიფიკატი (პასპორტი). ის იძლევა საშუალებას ოპერატიული მონიტორინგის რეჟიმში ობიექტური რიცხვითი პარამეტრების მიღებას, რომლებიც დაკავშირებულია როგორც კონსტრუქციაზე საერთო დატვირთვებთან, ასევე უძრავი ქონების ობიექტის მდგრადობის, სეისმომედეგობისა და ხანგამძლეობის ნარჩენ რესურსთან.

ამ სერტიფიკატის არსებობაში დაინტერესებულია ყველა: მყიდველები, ინვესტორები და გამყიდველებიც. მყიდველისთვის მისი ქონა ხელსაყრელია

უპირველეს ყოვლისა ბინადრობის უსაფრთხოების თვალსაზრისით და საცხოვრებელი ბინების მეორად ბაზარზე ოპერაციების განსახორციელებლად უმაღლესი კატეგორიის შენობებისთვის სერტიფიკატის არსებობა უაღრესად აქტუალურია, ხომ არასდროს არ შეიძლება გამორიცხვა იმის, რომ დროის გარკვეული პერიოდის შემდეგ შეიქმნება ობიექტის მდგრადობის სერიოზული პრობლემები საგრუნტო პირობების, ქარის დატვირთვების თავისებურებებიდან გამომდინარე და სხვა. სერტიფიკატში ასახული შენობების საინჟინრო უსაფრთხოების პარამეტრების გაზომვა ხდება ამ მიზნებისთვის სპეციალურად შემუშავებული შენობების, ნაგებობების, ტექნოლოგიური სისტემების ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების მობილური დიაგნოსტიკური კომპლექსის (მდკ) დახმარებით. მდკ ნებას იძლევა ოპერარული მონიტორინგის რეჟიმში ობიექტური რიცხვითი პარამეტრების მიღებას, დაკავშირებული როგორც კონსტრუქციაზე საერთო დატვირთვასთან, ასევე შენობის, ნაგებობის, ტექნოლოგიური სისტემის, უძრავი ქონების ობიექტის მდგრადობის, სეისმომედეგობისა და ხანგამძლეობის ნარჩენ რესურსთან. ამ მიღებული მონაცემების საფუძველზე შეიმუშავება ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობის პასპორტი.

როგორც აჩვენა ავტორის მიერ მოცემული კომპლექსის შესწავლამ, კომპლექსური მონიტორინგის და დიაგნოსტიკის შემადგენლობაში შედის:

1. შენობების, ნაგებობების, ტექნოლოგიური სისტემების საკუთარი რყევების სიხშირეების განსაზღვრავი პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი;
2. კონსტრუქციული ელემენტების სიმტკიცის ურღვევი კონტროლის აპარატურა;
3. მაღალი სიზუსტის გეოდეზიური გაზომვების ჩასატარებელი აპარატურა;
4. ხელსაწყოები სამშენებლო მოედნის გეოფიზიკური და გეოლოგიური გამოკვლევების ჩასატარებლად;
5. შენობა-ნაგებობების პარამეტრების კომპლექსური შემუშავებისათვის და შენობების, ნაგებობებისა და ტექნოლოგიური სისტემების ტექნიკური მდგომარეობის პასპორტის გაფორმებისთვის პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტი.

მშენებლობის ობიექტების ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების მცირედანახარჯიანი ტექნოლოგია

შენობების ტექნიკური მდგომარეობის მაჩვენებლად მივიღებთ ავარიის ფაქტობრივ რისკს, რომელიც დამოკიდებულია ობიექტის მზიდი სისტემის შემქმნელი სამშენებლო კონსტრუქციების მდგომარეობაზე. თანამედროვე შენობებში ასეთი კონსტრუქციების რიცხვი უაღრესად დიდია და მისი გამოკვლევა დაკავშირებულია დროის და ფულადი საშუალებების დიდ დანახარჯებთან. საექსპერტო სამუშაოების მოცულობა მკვეთრად შემცირდება, თუ ავარიის რისკის მონიტორინგს საფუძვლად დაედება „სუსტი“ რგოლის პრინციპი. შემოთავაზებულ მეთოდიკაში ობიექტის მზიდი სისტემა წარმოდგება ერთგვაროვანი კონსტრუქციების (ფუძი, საძირკვლები, სარდაფის კედლები, გადახურვა და ა.შ.) ჯგუფების ერთობლიობის სახით და ყოველივე ჯგუფში მოიძებნება ყველაზე უფრო დეფექტიანი კონსტრუქცია („სუსტი რგოლი“) მისი ნორმების მოთხოვნებთან შესაბამისობის შემდგომი საექსპერტო შეფასებით სიმტკიცისა და მდგრადობის უზრუნველყოფის ნაწილში. კვალიმეტრიის თეორიიდან გამომდინარე, კონსტრუქციების ჯგუფში „სუსტი“ ადგილების საიმედოობის დონეებს მიჩვენებენ „ერთეულ“ მაჩვენებლებად, ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობის გამოკვლევადი ობიექტის „ასაკზე“ დამოკიდებული „კომპლექსურ“ მაჩვენებლებად – კონსტრუქციების ჯგუფებში დანარჩენების საიმედოობის დონეების ალბათობების სიმკვრივის განაწილების კანონები. „ერთეული“ და „კომპლექსური“ მაჩვენებლები ქმნიან „ინტეგრალური“ მაჩვენებლის მოსაპოვნად საჭირო და საკმარის ინფორმაციას – ავარიის რისკის, რომლის სიდიდე ახასიათებს ობიექტის კონსტრუქციულ უსაფრთხოებას, ანუ მის უნარიანობას გაუწიოს წინააღმდეგობა გარე ზემოქმედებებს მზიდი კონსტრუქციების ჩამონგრევის გარეშე.

შემოთავაზებული კომპლექსური მონიტორინგის და დიაგნოსტიკის მეთოდიკით ჩატარებული გამოკვლევა შენობის ტექნიკურ მდგომარეობაზე დასკვნა შეიცავს:

1. რისკის რუკას გრაფიკის სახით, რომელზე დატანილია ავარიის რისკის ფაქტობრივი, ნორმატიული და ზღვრულ-დასაშვები მნიშვნელობები. რუკა იძლევა

შენობის (ნაგებობის) კონსტრუქციული უსაფრთხოების თვალსაზრისით ყველაზე უფრო საშიში ნაწილის განსაზღვრის საშუალებას.

2. გამომკვლევითი ობიექტის ყოველივე სართულისთვის (იარუსისთვის) სვეტოვან დიაგრამას, რომელიც შესაძლებელს ხდის ერთგვაროვან მზიდი კონსტრუქციების ჯგუფებში საიმედოობის საშუალო ფაქტობრივი დონეების ობიექტის კონსტრუქციული უსაფრთხოების პირობებიდან გამომდინარე საიმედოობის დონესთან შედარებას. დიაგრამა იძლევა საშუალებას ერთგვაროვანი კონსტრუქციების, დეტალურ ანალიზს დაქვემდებარებული, ყველაზე საშიში ჯგუფების გამოვლენის, ობიექტის ავარიის რისკის შემცირების სარემონტო-აღდგენითი სამუშაოების ოპტიმალური სტრატეგიის შემუშავების მიზნით.

შემდეგ განვიხილოთ მონიტორინგის არსებული საერთაშორისო სისტემა OSMOS (საფრანგეთი/გერმანია), რომლითაც ხორციელდება შენობა-ნაგებობების ექსპლუატაციის დაკვირვება და მართვა.

მოდულურ ასაწყობ შენობებთან მიმართებაში სისტემა ასრულებს შემდეგ ფუნქციებს:

- ნაგებობების დიაგნოსტიკა → მონიტორინგი + შეფასება.
- ექსპლუატაციაზე (დროის მომენტი და დიაპაზონი) დანახარჯების დაგეგმვისას ეკონომიისთვის მაღალი პოტენციალი.
- საიმედო და გამოცდილი სენსორები სხვადასხვა სახის კვანძებისა და ნაგებობებისთვის, მაგალითად, სინათლის სხივების გამტარი სენსორები (OSMOS) არაერთგვაროვანი სტრუქტურებისა და ინტეგრალური გაზომვებისთვის.
- ნაგებობების უმცირესი მოძრაობების დინამიკური და პერიოდული გაზომვები.
- შეტყობინება კრიტიკული სიტუაციის შემთხვევაში.
- ზარალის არარსებობა გამოყენების დროს.
- კომპლექსური გადაწყვეტილებები ერთ წყაროდან: ნაგებობის დიაგნოსტიკა დაკავშირებულია დამატებით გამოკვლევებთან, როგორც, მაგალითად, DIN-ის თანახმად ნაგებობების გამოცდები, მასალების გამოცდები, მოწყობილობის მიღება და/ან სერტიფიკაცია.

ნაგებობების დიაგნოსტიკა ამ სისტემაში მიმართულია უპირატესად საინჟინრო ნაგებობებზე, მაღლივ შენობებზე, კომუნიკაციური ნაგებობებსა, მზიდ

კონსტრუქციებზე ხანგრძლივ დაკვირვებებზე. ძირითადად განიხილება ყველა ნაგებობა და კვანძი, რომლებზეც მოქმედებს დროის განმავლობაში ცვალებადი, დეფორმაციების გამომწვევი, დატვირთვები. ნაგებობების დიაგნოსტიკის დასაწყისში წარმოებს კომპეტენტურ პირებთან განხილვა, იმისათვის, რომ წაყენებული ამოცანებიდან გამომდინარე შეიძლებოდეს დაკვირვების კრიტერიუმების განსაზღვრა.

ნაგებობების დიაგნოსტიკის მიზეზია: ნაგებობებისა და კვანძების ექსპლუატაციის უსაფრთხოდ ქცევა; ექსპლუატაციაზე დანახარჯების ოპტიმიზაცია. ნაგებობების დიაგნოსტიკა წარმოადგენს კომპლექსურ გადაწყვეტილებას, რომელიც განისაზღვრება ისეთი ამოცანებით, მაგალითად, ექსპლუატაცია, გამოყენების ხასიათის ცვლილება, მტკიცების უზრუნველყოფა, სიმტკიცის გაანგარიშებები, ხარისხის უზრუნველყოფა.

ნაგებობაზე ფიქსირდება დეფორმაციები, ვიბრაციები, დახრები, ტემპერატურა და ტენიანობა. გარემოს პარამეტრების სახით იზომება ქარის სიჩქარე, ჰაერის ტენიანობა. ყველა მნიშვნელობას ინახავს მონიტორინგის სისტემა, გადის შეფასებას და გადაიცემა მონაცემთა ბაზის ცენტრალურ სერვერზე. მას შეუძლია გავლენა ჰქონდეს ნაგებობის გამოყენებაზე ან ინტეგრირებულ იქნას კვანძის მართვის სისტემაში.

არსებული სისტემები იმდენად ძვირად ღირებულელებია, რომ მათი მოდულური ასაწყობი შენობებისთვის გამოყენება არამიზანშეწონილია, რადგან მათ მშენებლობას და ექსპლუატაციას საგრძნობლად აძვირებს.

თავი 2. კვლევა

2.1. მოდულური ასაწყობი შენობების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის საორგანიზაციო-ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებების ეფექტურობის შეფასების კრიტერიუმები

პირველ თავში შესრულებული მოდულური ასაწყობი შენობების სპეციფიკის გამოკვლევებზე და მათი მონიტორინგის მეთოდოლოგიაზე დაყრდნობით ჩვენს მიერ შეიმუშავებულია საორგანიზაციო-ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებების ეფექტურობის შეფასების კრიტერიუმები. საინჟინრო გადაწყვეტილებების ეფექტურობის შეფასება უნდა მიიღებოდეს კომპლექსში ყველა სტადიაზე: მოსამზადებელ-დამამზადებელი სამუშაოების, სატრანსპორტო პროცესების და სამონტაჟო სამუშაოების შესრულებისას. თავის მხრივ სამშენებლო სამუშაოების წარმოების ეფექტურობის მაჩვენებლები შეიძლება გავყოთ შემდეგ ქვეჯგუფებად: საწყისი, ძირითადი და დამატებითი.

ამისათვის ნაშრომში გააანალიზებულია არსებული სამეცნიერო ნაშრომები მოცემული მიმართებით [36-40, 45, 47, 52 და სხვა].

საწყისებს უნდა მიეკუთვნოს მაჩვენებლები, რომლებიც არის მოდულების პროექტირებისა და ქარხნული დამზადების დროს: მასა, გაბარიტები, მოცულობა, მოდულების რაოდენობა, სამშენებლო მასალების ხარჯი. ძირითადი ტექნოლოგიური და ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები შეიცავს: მოცულობებს, ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის ხანგრძლივობას, სამუშაოების შრომატევადობას, ტექნოლოგიური ციკლის ეტაპებსა და მთლიანად სამუშაოების შესრულებულ მოცულობაზე დაყვანილ დანახარჯებს. დამატებით მაჩვენებლებს აღრიცხავენ წარმოების კონკრეტულ პირობებში, როდესაც ახასიათებენ მოდულური ასაწყობი შენობების ცალკეულ ელემენტებს და შენობის მაჩვენებლებს მთლიანად, მაგალითად, მექანიზაციის დონეს, ცვლადობის კოეფიციენტს, კონსტრუქციებისა და პროცესების ტექნოლოგიურობის დონეს, სამუშაოების შეთავსების ხარისხს, მოცდენების დროს, მუშების კვალიფიკაციის დონეს. როგორც წესი, ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები გაითვლება სასრული პროდუქციის ერთეულზე (1მ³,

1ტ, 1მ²). სამუშაოების წარმოების სხვადასხვა ვარიანტების შედარებისას ყველაზე დიდი გავრცელება მიიღო: კუთრი დაყვანილმა დანახარჯებმა, კუთრმა შრომატევადობამ, კუთრმა თვითღირებულებამ.

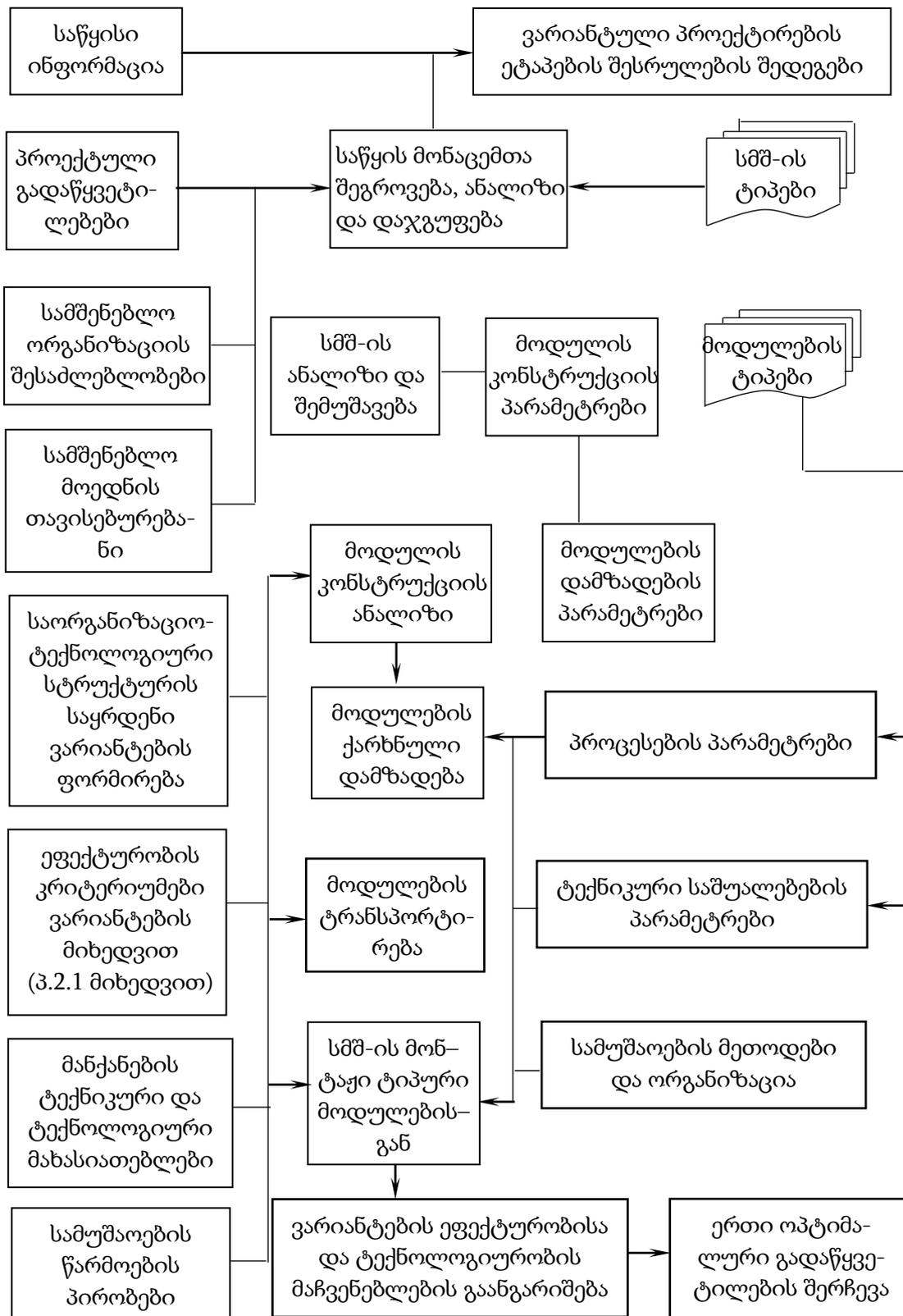
განზოგადოებული კრიტერიუმების სახით შეთავაზებულია *უსაფრთხოებისა და ხარისხის* კრიტერიუმების კომპლექსის გამოყენება. ამ კრიტერიუმების დეტალურად განხილვამდე, განვიხილოთ მოდულური შენობების კონსტრუქციული გადაწყვეტები.

მოდულების კედლებისა და გადახურვების მზიდი კონსტრუქციები შედგება ფოლადის პროფილირებული ჩარჩოებისაგან შენობის კარკასის სიხისტის მიმცემი ხის ძელების დგარებით, რომლებიც შიგნიდან და გარედან შემოკერილია მერქანბურბუშელის ფილებით, დაფარულია მინერალური ბამბის თბოიზოლაციით და ბათქაშით. ყოველივე მოდულს აქვს თავისი საკუთარი სრული შიდა ორთქლიზოლაცია. გათბობის, წყალმომარაგების, კანალიზაციისა და ელექტრომომარაგების სისტემების მიყვანა ხორციელდება ტექნიკური სარდაფიდან, შენობის შიგნით კი ვერტიკალური შახტებისა და ჰორიზონტალური გაშლების მეშვეობით.

გარე კედლების კონსტრუქციაში გამოიყენება ფანჯრის ჩარჩოები იზოლირებადი მინებით. იატაკი ეყრდნობა ტექნიკურ სარდაფს, რომლის საძირკვლები შედგება მზა რკინაბეტონის ბლოკებისაგან და ამოშვერილია მიწის ზედაპირიდან. ჭერის გადახურვა ეყრდნობა სარდაფის სათავსოს, რომელიც ზევიდან გადახურულია წამწეთი და მოთუთიებული რკინით ან პოლიმერული ჰიდროსაიზოლაციო მასალით დაფარული სახურავით. სახურავის შვერილი შეადგენს 60 სმ. წყალჩასადენები და მილდგარები ყენდება დამკვეთის სურვილით.

მოდულების დამზადება წარმოებს ქარხნულ პირობებში მასალებისაგან, რომლებიც აკმაყოფილებს გერმანიაში ბიოლოგიური უვნებლობისა და გარემოს დაცვის მოქმედი კანონების მკაცრ მოთხოვნებს. ასე, მაგალითად, გამოიყენება მხოლოდ ფორმალდეჰიდისაგან თავისუფალი ბურბუშელის ფილები, დისპერსიული დაფარვები და მასალები. გამოყენებადი მასალები ექვემდებარება მუდმივ კონტროლს. სამშენებლო მოედნებზე შექმნილი საწარმოო გამოცდილების განზოგადოება და ანალიზი ავტორისათვის იყო გამოყენებად ტექნოლოგიებსა და

მასალებში მუდმივი ინოვაციების საფუძველი. ჩვენს მიერ შემუშავებულია მოდულური ასაწყობი შენობების აგების სრული საწარმოო ციკლის ვარიანტული პროექტირების ბლოკ-სქემა. იგი წარდგენილია ნახ. 2.1-ზე.



ნახ. 2.1. მოდულური ასაწყობი შენობების აგების სრული საწარმოო ციკლის ვარიანტული პროექტირების ბლოკ-სქემა

მოდულური ასაწყობი შენობების, ექსპლუატაციის გამოცდილებამ აჩვენა, რომ ისინი სეისმომდგრადია და ფლობს სიხისტის მაღალ ხარისხს. ბლოკ-სქემით მოყვანილი მოდულური ასაწყობი შენობების აგების სრული საწარმოო ციკლი წარმოადგენს ურთიერთშეკრული დაყენებული მიზნის მიღწევაზე ორიენტირებული სამშენებლო სისტემის პროცესების ერთობლიობას. სამშენებლო საწარმოო ციკლის სტრუქტურა შეიცავს ობიექტის შექმნის სამუშაოების შემდეგ ეტაპებს: დაპროექტებაზე დავალების მომზადება, ობიექტის დაპროექტება, სამშენებლო წარმოების მომზადება, მოდულებისა და მაკომპლექტებელი კონსტრუქციების ქარხნული დამზადება, მოდულების ტრანსპორტირება სამშენებლო მოედანზე, შენობის აგება.

2.2. მოდულური ასაწყობი შენობების ფუნქციურ-მოდულური მშენებლობის პრინციპები

შენობა დაიყოფა ერთგვარი ფუნქციური დანიშნულების მოდულებად. ყოველივე მოდული სრულდება ფუნქციური დანიშნულების მაქსიმალური უზრუნველყოფით. და ასეთი ოპტიმიზირებული მოდულების ერთობლიობიდან პროექტირდება და შენდება შენობა. ავიღოთ, მაგალითად, ისეთი მოდული, როგორცაა კედელი. ძირითადი მისი ფუნქციური დანიშნულება – ერთი სივრცის მეორისგან გამოყოფა, ანუ ის უნდა იყოს შეუღწევადი გადადგილებისთვის. ამის გარდა, თუ ჩვენთვის საჭიროა მხედველობითი კავშირის არარსებობა – ის უნდა იყოს შექმეულწევადი. ეს დამატებითი ფუნქციური დანიშნულებაა. ის შეიძლება სახლებისა და შენობების პროექტირება და მშენებლობა ოპტიმიზირებული მოდულებისაგან სამშენებლო მასალების გამოყენებით, უშუალოდ მშენებლობის ადგილზე და სხმულის ტექნოლოგიით, ამცირებს მშენებლობის ღირებულებას 1,5 – 3-ჯერ. ასეთი აგების პრინციპი შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც სამოქალაქო, ასევე სამრეწველო მშენებლობაშიც. არსებობს სმშ-ის სახეობების, მოდულების ტიპებისა და მოდიფიკაციების მრავალფეროვნობა, განსხვავებული კონსტრუქციული პარამეტრებით; სამშენებლო პროცესების შესრულებისას ადგილი აქვს სამუშაოების სხვადასხვა ნაკრები, სხვადასხვა სამშენებლო მანქანებითა და სატრანსპორტო

საშუალებებით, ასევე სხვადასხვა მეთოდებით და სხვადასხვა თანმიმდევრობით ხორციელდება.

მშენებლობის ტექნოლოგიისა და ორგანიზაციის ოპტიმალური გადაწყვეტილების შერჩევა ამ შემთხვევაში წარმოადგენს სამეცნიერო ამოცანას, რომელიც შეიძლება ამოხსნილ იქნას ვარიანტული დაპროექტების საფუძველზე, რომლის ეტაპები ჩანს ნახ. 2.1-ის მონაცემებიდან.

2.3. მოდულური ასაწყობი შენობების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ხარისხზე, უსაფრთხოებასა და საიმედოობაზე გავლენის მქონე მთავარი ფაქტორები

ბლოკ-მოდულების ქარხნული დამზადების პროცესს აქვს გადამწყვეტი როლი სწრაფადაგებადი მოდულური შენობების ტექნოლოგიური პარამეტრებისა და საექსპლუატაციო ხარისხების მიღწევაში.

სამეცნიერო გამოკვლევების პროცესში ფუნქციური ანალიზის და საექსპერტო მეთოდების შერწყმით გამოავლენილი იქნა მოდულური მშენებლობის ეფექტურობის განმსაზღვრავი და მოდულური ასაწყობი შენობების ხარისხის, უსაფრთხოებისა და საიმედოობის კრიტერიუმებზე გავლენის მქონე, მთავარი ფაქტორები.

ფაქტორი 1: კონსტრუქციული გადაწყვეტილებების გავლენა შენობის ტიპის შერჩევაზე, ბლოკ-მოდულების დამზადების, ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის ტექნოლოგიურ პარამეტრებზე. მოდულის და შენობის ტიპის კონსტრუქციული გადაწყვეტილება განსაზღვრება არქიტექტორული გადაწყვეტილების მონაცემების საფუძველზე.

ფაქტორი 2: გამოყენებადი მასალების გავლენა მოდულური ასაწყობი შენობების ბლოკ-მოდულების ფიზიკურ-მექანიკურ, თბოტექნიკურ და საექსპლუატაციო თვისებებზე, განმსაზღვრავია მათი ხანგამძლეობა, სიმტკიცე, ხანძარმედეგობა, ყინვამედეგობა და სხვა საექსპლუატაციო მაჩვენებლები. გამოყენებადი მასალების შერჩევა მჭიდროდაა დაკავშირებული მოცულობითი მოდულების კონსტრუქციულ პარამეტრებთან და ბევრი რამით განსაზღვრავს კონსტრუქციების და მოდულური ასაწყობი შენობების მთელი ობიექტის გამოსადეგობის ვადას, რომელიც უნდა შეადგენდეს არა ნაკლები 60 წლისა.

ფაქტორი 3: ბლოკ-მოდულების დამზადების ტექნოლოგიის გავლენა მოდულური შენობების ფუნქციურ თვისებებზე. ამასთანავე გადამწყვეტი როლი აქვს შემდეგ ტექნოლოგიურ ოპერაციებს, რომლებზეც დამოკიდებულია შენობის აგების ხარისხი და საიმედოობა, საწარმოო ციკლის სხვადასხვა სტადიებზე:

- მზიდი კონსტრუქციების ლითონის დეტალების ცხელი მოთუთიება;
- კარკასის კონსტრუქციის ხის დეტალების ანტისეპტიკებით გაჟღენთა;
- ბლოკ-მოდულების ლითონის დეტალების შეერთების ტექნოლოგიურობა;
- ბლოკ-მოდულის კარკასის მზიდი კონსტრუქციის ხისა და ლითონის დეტალების შეერთების საიმედოობა;
- მოდულის შიდა ორთქლიზოლაციის დაყენება;
- ბლოკ-მოდულის კედლების, ჭერისა და იატაკის შიდა შემონაკერი;
- მოდულის ელექტრული კბილგასაყარის მოწყობა;
- საინჟინრო ქსელების მონტაჟი (წყალმომარაგება, გათბობა, კანალიზაცია, ვენტილაცია);
- მათბუნებლის (მინერალური ბამბა) დაყენება და საიმედო დამაგრება მოდულის შიდა მხარეზე კარკასის ხისა და ლითონის კონსტრუქციის დგარებს შორის;
- მოდულის გარე მხარის შემონაკერის მიწებება მათბუნებელზე და კარკასის ხის ელემენტების ხისტი შეერთება ხრახნისებით;
- ფანჯრის ბლოკების, კარებისა და შიდა მოწყობილობის მონტაჟი;
- ყველა შიდა და გარე ნაკერების შევსება.

ფაქტორი 4: გამოყენებადი მასალებისა და ბლოკ-მოდულების დამზადების ტექნოლოგიის გავლენა მოდულური შენობების ხანგრძლივობასა და ხარისხზე, რასაც უზრუნველყოფს გამოყენებადი მასალების ხარისხის მკაცრი კონტროლი და მოცულობითი ბლოკების ქარხნული დამზადების პროცესების ტექნოლოგიური რეჟიმების დაცვა.

ფაქტორი 5: წარმოების მომზადების ხარისხისა და მოდულური შენობების აგების ეფექტურობაში და ხარისხში მშენებლობის მონაწილეების მატერიალური დაინტერესებულობის გავლენა, რაც მიიღწევა სამუშაოების დაწყებამდე მუშების, საინჟინრო-ტექნიკური მუშაკებისა და ხელმძღვანელი შემადგენლობის სწავლებით მოდულური შენობების მაღალი ხარისხის, უსაფრთხოებისა და საიმედოობის მიღწევის მიზნით.

მოდულური ასწობი შენობების კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებების ტექნოლოგიურობის კრიტერიუმებით შედარებითი ანალიზი ფრიად მნიშვნელოვანია, იმიტომ რომ გამოყენებადი კონსტრუქციების, ტექნოლოგიური ხერხებისა და მუშა პროცესების დასაბუთების შესაძლებლობას იძლევა, რომლებიც უზრუნველყოფს სწრაფადაგებადი მოდულური შენობების მშენებლობას შრომის, საშუალებებისა და დროის მინიმალური დანახარჯებით. თუ სწრაფადაგებადი მოდულური შენობების აგებას განვიხილავთ მოდულური მშენებლობის ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტებით, მაშინ მრავალფაქტორიანი მოდელების გამოყენებით შეიძლება კონსტრუქციული (მოცულობით-პარამეტრული) მახასიათებლების ურთიერთკავშირის დადგენა შემდეგ მაჩვენებლებთან: Q – სამუშაოების შრომატევადობა, C – ღირებულება, T – მშენებლობის ხანგრძლივობა.

ამის მაგალითი შეიძლება იყოს მოდულების შრომატევადობის, ღირებულებისა და დამზადების ხანგრძლივობის, ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის პროცესების ეფექტურობისგან და ასევე შენობის ზომებისგან (გაბარიტების) ურთიერთკავშირის მოდელი.

მოცემული დამოკიდებულების განზოგადოებული სახით წარდგენა შეიძლება ფორმულის სახით [38]:

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_{01} [1 \pm (a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n)] \\ Q_2 &= Q_{02} [1 \pm (a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n)] \\ Q_3 &= Q_{03} [1 \pm (a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n)], \end{aligned} \quad (2.1)$$

სადაც Q_1 , Q_{01} – კუთრი ფაქტობრივი და ნორმატიული შრომის დანახარჯები მოდულების ქარხნული დამზადების დროს;

Q_2 , Q_{02} – კუთრი ფაქტობრივი და ნორმატიული შრომის დანახარჯები მოდულების ტრანსპორტირების დროს;

Q_3 , Q_{03} – კუთრი ფაქტობრივი და ნორმატიული შრომის დანახარჯები მოდულების მონტაჟის დროს;

A_i – წყვილრეგრესიის კოეფიციენტები;

X_i – კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური პარამეტრები (სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე, მოცულობა, მოდულის მასა).

წყვილი კორელაციის ანალოგიური მოდელების შედგენა შეიძლება მოდულური შენობების ღირებულების და დამზადების ხანგრძლივობის, ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის მიხედვით [39]:

$$\begin{aligned} C_1 &= C_{01} [1 \pm (b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m)], \\ C_2 &= C_{02} [1 \pm (b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m)], \\ C_3 &= C_{03} [1 \pm (b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m)], \end{aligned} \quad (2.2)$$

სადაც C_1, C_{01} – კუთრი ფაქტობრივი და ნორმატიული ღირებულებრივი დანახარჯები მოდულების ქარხნული დამზადების დროს;

C_2, C_{02} – კუთრი ფაქტობრივი და ნორმატიული ღირებულებრივი დანახარჯები მოდულების ტრანსპორტირების დროს;

C_3, C_{03} – კუთრი ფაქტობრივი და ნორმატიული ღირებულებრივი დანახარჯები მოდულების მონტაჟის დროს;

B_i – წყვილი კორელაციის კოეფიციენტები;

X_i – კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური პარამეტრები (სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე, მოცულობა, მოდულის მასა).

ვადები უნდა განისაზღვროს გამოსახულებიდან []:

$$\begin{aligned} T_1 &= T_{01} [1 \pm (c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_1x_1)], \\ T_2 &= T_{02} [1 \pm (c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_1x_1)], \\ T_3 &= T_{03} [1 \pm (c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_1x_1)], \end{aligned} \quad (2.3)$$

სადაც T_1, T_{01} – კუთრი ფაქტობრივი და ნორმატიული ვადები მოდულების ქარხნული დამზადების დროს;

T_2, T_{02} – კუთრი ფაქტობრივი და ნორმატიული ვადები მოდულების ტრანსპორტირების დროს;

T_3, T_{03} – კუთრი ფაქტობრივი და ნორმატიული ვადები მოდულების მონტაჟის დროს;

C_i – წყვილი კორელაციის კოეფიციენტები;

X_i – კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური პარამეტრები (სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე, მოცულობა, მოდულის მასა).

2.4. მოდულური ასაწყობი შენობების საიმედოობის განსაზღვრა უსაფრთხოებისა და ხარისხის მახასიათებლების გათვალისწინებით

შენობების ექსპლუატაციის ვადა განისაზღვრება კონსტრუქციაში გამოყენებული მასალების თვისებების დროში ცვალებადობით, გარემოს ქიმიური და ბიოლოგიური ზემოქმედებით, დატვირთვების ფიზიკურ-მექანიკური და ექსპლუატაციის დროის ზემოქმედებების მიხედვით, ასევე შენობების კატეგორიის, პასუხისმგებლობის და ფუნქციური დანიშნულების მიხედვით.

აღნიშნული ზემოქმედებების ფონზე მზიდ კონსტრუქციებში წარმოიქმნება ძალებისა და ძაბვების მნიშვნელოვანი ცვლილებები, მათი კონცენტრაცია და დაგროვება, რის შედეგადაც განვითარებული დეფორმაციები ხშირად იწვევს მაკრო და მიკრორღვევებს.

დაზიანებების დაგროვება არის ხანგრძლივი პროცესი და დამოკიდებულია მრავალ შიდა და გარე პირობებზე, ხშირად ატარებს შემთხვევით ხასიათს.

ცვლილებები სხვადასხვანაირია: ზოგჯერ ხდება სათავსოების კომფორტულობის (მოპირკეთების, რემონტის, საღებავის, შპალიერის და ა.შ.) გაუარესება, ზოგჯერ კი ავარია და მთელი შენობის რღვევა; აქედან გამომდინარე წარმოქმნილი უარყოფითი გავლენების ზემოქმედების პროცესი საწყის ეტაპზე ადვილად აცილებადია, მაგრამ არის შემთხვევები როცა პროცესი დროში ვრცელდება თანდათანობით, ან ზოგჯერ ვრცელდება უეცრად.

დაზიანებების მიზანშეწონილობის საკითხის გადაწყვეტისას საჭიროა კვანძებისა და კონსტრუქციების საიმედოობის და ხანგრძლივი ექსპლუატაციის შენარჩუნების მდგომარეობის დაწვრილებითი ანალიზი.

შენობების მზიდი კონსტრუქციების ან საინჟინრო სისტემების დაზიანებების განვითარების და აღმოფხვრის დროს საიმედოობის თეორიის პოზიციიდან გამომდინარე ჩნდება ორი ძირითადი ამოცანა:

– შენობის მზიდი ელემენტების უსაფრთხო ექსპლუატაციისა და საიმედოობის შეფასება დაზიანებების გამოვლენისას;

– დაზიანებათა აღდგენის შემდეგ შენობის საიმედოობის შეფასება.

შენობები, მათ შორის მოდულური შენობები განიცდის საექსპლუატაციო დატვირთვების დიაპაზონებისა და მასშტაბების მიხედვით დიდ ცვლილებებს.

ამიტომ თანამედროვე შენობა შეიძლება მიეკუთვნოს რთულ სისტემებს. გამარტივებულ ვარიანტში შენობას, როგორც რთულ სისტემას, აქვს ორი მდგომარეობა: ნორმალური (მუშა, ფუნქციური) და არანორმალური (არამუშა), მოქმედი-ექსპლუატაციაში მყოფი მტყუნების რეჟიმში.

მოდულური ასაწყობი შენობების ექსპლუატაციის პრაქტიკაში შესაძლებელია რამდენიმე მდგომარეობა:

- ნაწილობრივი და თანდათანობითი მზიდუნარიანობის დაქვეითება, დეფორმაციები, დეფექტების დაგროვების შედეგად, და
- კრიტიკული (ავარიული) მდგომარეობა.

უკანასკნელ შემთხვევაში მხედველობაშია მისაღები ის, რომ შენობების მზიდი ელემენტების მზიდუნარიანობის დაქვეითებას მოჰყვება კონსტრუქციების მზიდუნარიანობის სრული დაკარგვა და შენობის შემდგომი ექსპლუატაციიდან გამოსვლა.

შენობების კონსტრუქციულ ელემენტებზე ზემოქმედებების შემთხვევით ხასიათთან დაკავშირებით შენობის საიმედოობის მოდელს აქვს ალბათობითი ხასიათი.

ჩვეულებრივად საიმედოობაში ამ ნაშრომში იგულისხმება შენობების კონსტრუქციების მზიდუნარიანობის (უმტყუნებო მუშაობის) ალბათობა, დროის მოცემული მონაკვეთის განმავლობაში.

შენობებისთვის საიმედოობის უმნიშვნელოვანესი ცნებაა ხანგამძლეობა. ამ ცნებაში იგულისხმება შენობის საჭირო ტექნიკური მომსახურებისას ხანგრძლივი ექსპლუატაციის უნარი, რომელშიც შეიძლება შედიოდეს რემონტის სხვადასხვა სახეობებიც.

ხანგამძლეობის განმსაზღვრავი ვადის მიწურულს (ბოლოს) სისტემის კონსტრუქციულ ელემენტებში ასევე ჩნდება ცვეთასა და დაძველებასთან დაკავშირებული პროცესები, რომლის აღმოფხვრა ან შეუძლებელია, ან ეკონომიკურად მიზანშეუწონელია.

შენობების საიმედოობის შეფასების საერთო მათემატიკური მოდელი შედგება რთული სისტემისგან, სადაც ხდება მის შემადგენლებად დაყოფა, მაგალითად, გამოიყოფა შემდეგი ძირითადი ელემენტები: ფუძეები; საძირკვლები;

მზიდი გრძივი და განივი კედლები, ან სვეტები და რიგელები; სართულშუა გადახურვები და სახურავები.

ამიტომ მოდულური შენობების მდგომარეობის აღწერისთვის დროის ყოველ მომენტში განვიხილოთ შემდეგი გამოსახულება [40]:

$$X(t) = \{x_1(t), \dots, x_n(t)\}, \quad (2.4)$$

გამოსახულებით აღიწერება პროცესი ისე, რომ დროის t მომენტში პროცესის მდგომარეობა აღწერილ იქნას n -განზომილებიანი ვექტორით. ვექტორის $X(t)$ ყოველ კომპონენტს შეუძლია თავის მხრივ იმყოფებოდეს სხვადასხვა მდგომარეობაში, ანუ კომპონენტები იღებს სხვადასხვა (e_{i1}, \dots, e_{in}) მნიშვნელობებს, რომლებიც ხასიათდება კონსტრუქციული ელემენტების ტექნიკური მდგომარეობით ან ცვეთის ხარისხით.

$X(t)$ პროცესის ყველა მნიშვნელობის ერთობლიობას შეიძლება უწოდოთ ფაზური სივრცე. ფაზურ სივრცეში გამოიყოფა Q მდგომარეობის რაღაც ქვესიმრავლე, რომელშიც $X(t)$ პროცესის მოხვედრა ნიშნავს მტყუნებას-დაზიანების გაჩენას.

მაშინ, $P(T)$ სისტემის T საიმედოობა დროის მანძილზე არის ალბათობა იმისა, რომ $X(t)$ პროცესი t დროის მანძილზე გამოსული რაღაც ფიქსირებული წერტილიდან არ მოხვდება Q სიმრავლეში, რომელიც აღწერილია (2.5) გამოსახულებით []:

$$P(T) = P\{X(t) \in Q, t \in [0, t]\}. \quad (2.5)$$

პროცესის ტრაექტორია გადის ცვეთის მაქსიმალური ინტენსივობის მქონე წერტილებზე და ხვდება, როგორც მტყუნებით ანუ დაზიანებით შეფასებული (დახასიათებული) Q სიმრავლეში.

მახასიათებლების მოცემულ მნიშვნელობებთან:

– $a(x)$ – x მდგომარეობიდან გამოსვლის ინტენსივობაა;

– $P(y/x)$ – x მდგომარეობიდან $y \in X$ მდგომარეობაში გადასვლის ალბათობაა,

თუ x მდგომარეობიდან გამოსვლა შედგა.

ვთქვათ, $P_{x_0}(t, x)$ – ალბათობაა იმისა, რომ t დროის მანძილზე პროცესი არ მოხვდა Q კრიტიკულ სიმრავლეში და იმყოფება x წერტილში, პირობით, რომ საწყის მომენტში პროცესი იმყოფებოდა x_0 წერტილში, მაშინ $P_x(t, x)$ ფუნქციისათვის ვიღებთ დიფერენციალური განტოლებების შემდეგ სისტემას [40]:

$$\alpha P_{x0}(t, x) / at = -\alpha(x) P_{x0}(t, x) + \Sigma \alpha(y) P(x, y) P_{x0}(t, y), \quad (2.6)$$

$$x \in X - Q.$$

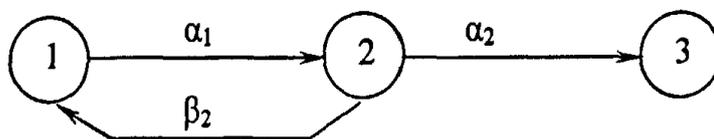
ამასთან ერთად განტოლებების რიცხვი ტოლია წერტილების რიცხვის Q სიმრავლის გარეთ. საიმედოობის ფუნქცია შეიძლება გამოიხატებოდეს სისტემა (2.6)-ის ამოხსნით შემდეგი თანაფარდობის დახმარებით

$$P(t) = \Sigma P(t, x), \quad (2.7)$$

$$x \in X - Q,$$

სადაც შეჯამება წარმოებს ყველა მდგომარეობაზე Q სიმრავლის გარეთ.

განვიხილოთ სისტემა, შემდგარი ორი ელემენტისგან, რომლებსაც აქვს სამი მდგომარეობა ნახ. 2.2-ზე მოყვანილ ინტენსიური გადასვლებით.



ნახ. 2.2. მოდულური შენობის მდგომარეობები

- მოვლენა **1** – სისტემის საწყისი მდგომარეობა
- მოვლენა **2** – სისტემის მტყუნება (დაზიანებათა დაგროვება) რომელიმე პარამეტრით
- მოვლენა **3** – სისტემის (კონსტრუქციის, კვანძის, მშ-ის ელემენტის) კრიტიკული მდგომარეობა

ამასთანავე კრიტიკული სიმრავლე შედგება ერთი, მე-3 მდგომარეობისაგან. მაშინ სისტემა (2.6) იღებს შემდეგ სახეს:

$$dP(t,1)/dt = -\alpha_1 P(t,1) + \beta_2 P(t,2),$$

$$dP(t,2)/dt = -(\alpha_2 + \beta_2) P(t,2) + \alpha_1 P(t,1), \quad (2.8)$$

მისი ამოხსნის დახმარებით სისტემის საიმედოობა შეიძლება შეფასებულ იქნას დამოკიდებულებით

$$P(t) \approx [(S_1 + \alpha_2 + \beta_2 + \alpha_1) / (S_1 - S_2)] e^{S_1 t}, \quad (2.9)$$

$$\text{სადაც: } S_{1,2} = \left[-(\alpha_2 + \beta_2 + \alpha_1) \pm \sqrt{(\alpha_2 + \beta_2 + \alpha_1)^2 - 4\alpha_1\alpha_2} \right] / 2.$$

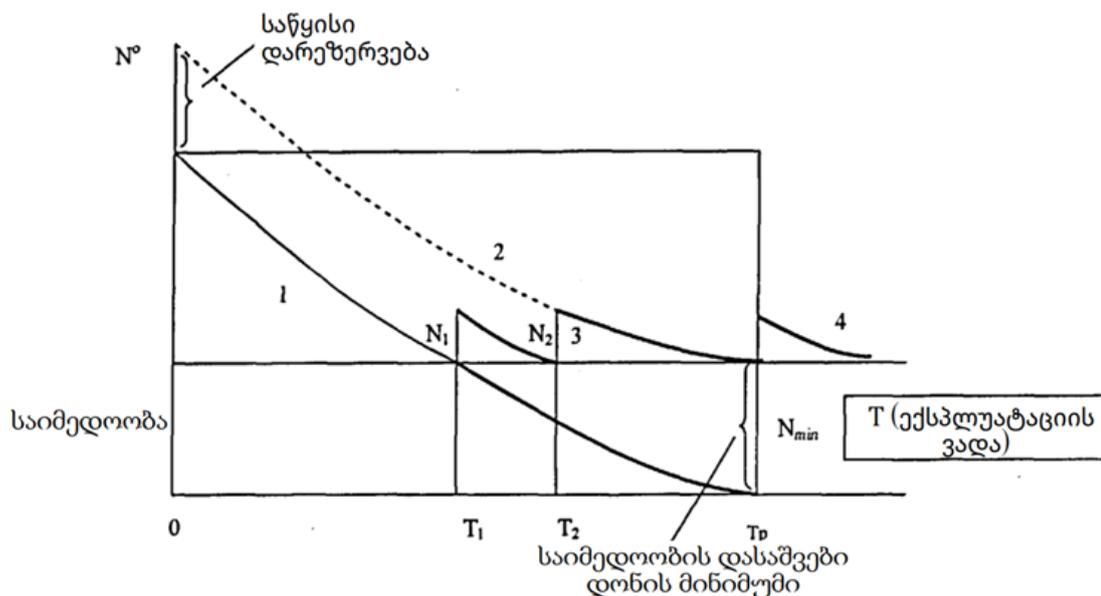
დამოკიდებულება (2.6) მოწმობს იმაზე, რომ საიმედოობის ფუნქცია ატარებს ექსპონენციალურ ხასიათს.

გადასვლების ინტენსიურობის გათვალისწინებით t დროში მტყუნების არარსებობის ალბათობას ექნება შემდეგი სახე:

$$P(t) = e^{-\alpha_1 t} + (\alpha_1 P_{12} / \alpha_2 - \alpha_1)(e^{-\alpha_1 t} - e^{-\alpha_2 t}). \quad (2.10)$$

გადასვლების დიდრიცხოვანი სისტემისათვის მოდელი არსებითად რთულდება, მაგრამ დაკვირვებების საკმარისი რიცხვისათვის მისი რიცხობრივი ამოხსნა მოითხოვს კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენებას.

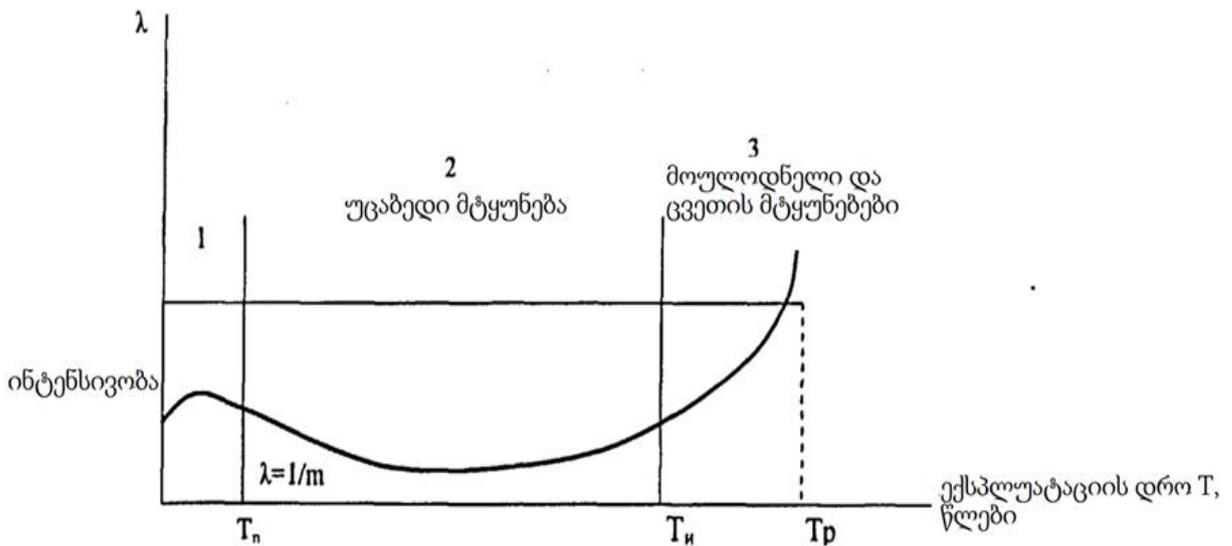
ექსპლუატაციის პერიოდის განმავლობაში ცვლილებებზე სრული წარმოდგენისთვის სასარგებლოა მოდულური შენობების მუშაობის სქემის განხილვა დროში, რომელიც მოცემულია ნახ. 2.3-ზე. ამ გარემოებას რამდენადმე პირობით შეიძლება დაერქვას საწყისი მარაგი. ამ საწყისი მარაგის განსაზღვრა მეტწილად არის ეკონომიკური ამოცანა. მართლაც, შეიძლება ვიგულისხმოთ სისტემა საწყისი მარაგის გარეშე, მაგრამ რემონტების იმ თანამიმდევრობით (მრუდი 2), რომლებიც ექსპლუატაციის ყველა ეტაპზე დაეხმარებოდა საიმედოობის შენარჩუნებას არა ნაკლები N_{min} დონეზე.



ნახ. 2.3. შენობის ექსპლუატაციის პერიოდის განმავლობაში საიმედოობის ცვლილება, სადაც:

1 – თეორიული მრუდი; 2 – იგივე, საწყისი რეზერვებით; 3 – საიმედოობის გაზრდა კაპიტალური რემონტის დროს; 4 – შენობის ხანგრძლივობის მომატება

მოდულური შენობების სისტემის ან ცალკეული კონსტრუქციის ექსპლუატაციის სრული დრო შეიძლება გაიყოს სამ პერიოდად. ნახ. 2.4-ზე ნაჩვენებია მზიდი კონსტრუქციის ელემენტის მტყუნების (დაზიანებათა) ინტენსივობის მრუდი, როგორც ფუნქცია ექსპლუატაციის დროის, სადაც გამოყოფილია საწყისი, ნორმალური ექსპლუატაციის, ინტენსიური ცვეთის ეს სამი პერიოდი.



ნახ. 2.4. კონსტრუქციების მტყუნების ინტენსივობა როგორც ექსპლუატაციის დროის ფუნქცია, სადაც:
 1 – საწყისი პერიოდი; 2 – ნორმალური ექსპლუატაციის პერიოდი; 3 – ინტენსიური ცვეთის პერიოდი

საწყის პერიოდში მტყუნებების ინტენსივობა დიდია, რადგან კონსტრუქციების გარემო ზემოქმედების ან ფუძეების ჯდომის გამო დაზიანებების რიცხვი იზრდება და მოკლე დროში მტყუნებების ინტენსივობა სწრაფად მცირდება, დაახლოებით მუდმივ სიდიდედ იქცევა ანუ დაზიანებების ინტენსივობა ქრება. საწყისი პერიოდის შემდეგ მტყუნებების ინტენსივობის დონე ხდება მუდმივი, დგება *ნორმალური ექსპლუატაციის პერიოდი*. ამ პერიოდის მტყუნებებს ემახიან მყისიერს. როდესაც კონსტრუქციული ელემენტების გამოყენების დრო აღწევს T მნიშვნელობას, თავის გამოჩენას იწყებს ცვეთა. იწყება *ინტენსიური ცვეთის პერიოდი* და მტყუნებების ინტენსივობა მატულობს $T_{საშ.ხანგ.}$. მომენტამდე, რომელიც არის კონსტრუქციული ელემენტის ექსპლუატაციის ხანგრძლივობის საშუალო მნიშვნელობა.

მოდულური შენობებისთვის ეს სამი პერიოდი დამახასიათებელია, როგორც მთლიანად შენობის, ასევე მისი ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტებისათვის. ამის მიზეზები სხვადასხვანაირია.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია კონსტრუქციებში ცვლილებების მიზეზების კლასიფიკაცია, რომელიც ბლოკ-სქემის სახით მოცემულია ნახ. 2.5-ზე.

საწყის პერიოდში შენობაში იქმნება მტყუნებები (დაზიანებები), დაკავშირებული ბუნებრივ პროცესებთან, მაგალითად, საძირკვლის ჯდომასთან.

მოდულური შენობების საიმედოობის განზოგადებული საექსპლუატაციო მახასიათებლები შეიძლება შეფასდეს განზოგადებული (ინტეგრალური) კოეფიციენტის $K_{გან}$. დახმარებით, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით

$$K_{გან} = \sum_{i=1}^n K_i \alpha_i / n,$$

სადაც α_i - მოდულური შენობის კონსტრუქციული ელემენტის ხვედრითი (წონითი) კოეფიციენტი;

n - სისტემაში (შენობაში ან შენობების კომპლექსში) განხილვადი კონსტრუქციული ელემენტების რაოდენობაა;

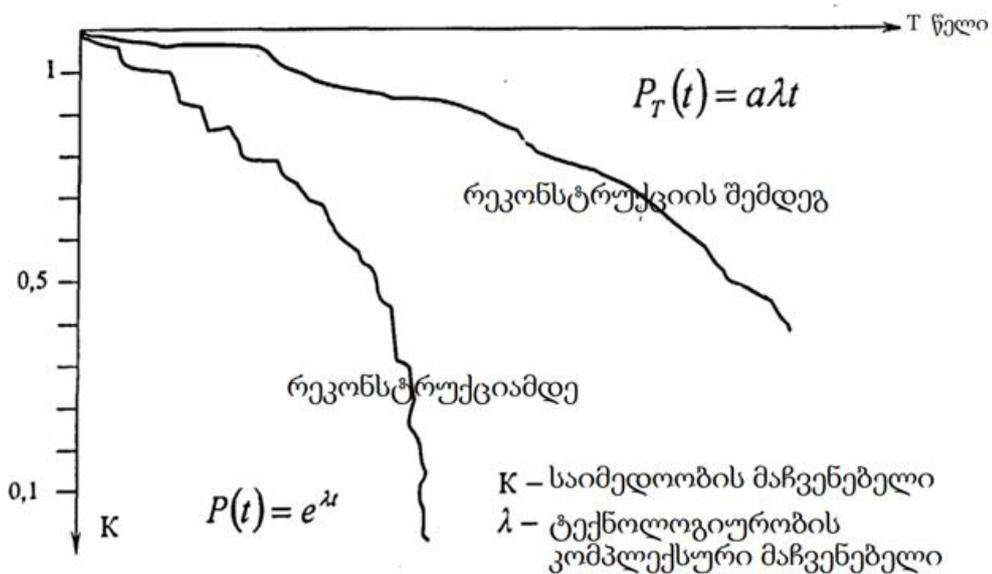
K_i - i -ური ელემენტის საიმედოობის კოეფიციენტი (ნახ. 2.6).

ეს უკანასკნელი შეიძლება შეფასდეს გამოსახულებით:

$$K_i = \left[(1 - \Phi_K / 100) / T_{გამ} \right] \cdot T_{ნარჩ.}, \quad (2.11)$$

სადაც $T_{გამ}$ - მოდულური შენობების გამოსადეგობის ვადა;

$T_{ნარჩ.}$ - შენობის ნარჩენი გამოსადეგობის ვადა მისი ექსპლუატაციის t - პერიოდის შემდეგ.



ნახ. 2.6. მოდულური შენობის საიმედოობის მაჩვენებლის დამოკიდებულება დროზე

ამრიგად, ჩამოვყალიბეთ დიაგნოსტიკაში გამოსაყენებლად ძირითადი კრიტერიუმები, როგორცაა უსაფრთხოება და ხარისხი, საიმედოობა და ხანგამძლეობა.

2.5. მოდულური შენობების ნარჩენი რესურსის ვადის განსაზღვრის მეთოდის ტექნიკური დიაგნოსტიკის მეთოდების გამოყენებით

ჩვენს მიერ დამუშავებულია მოდულური ასაწყობი შენობების მზიდი კონსტრუქციების საიმედოობის ტექნიკური მაჩვენებლების შეფასების მეთოდი, დაფუძნებული ექსპერიმენტალურ მონაცემთა ოპტიმალური მოცულობის დამუშავებაზე.

ექსპლუატაციაში მყოფი შენობების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ამოცანების გადაჭრა შესაძლებელია კონსტრუქციების ტექნიკური მონიტორინგის ფართო დანერგვით ურღვევი და ინტელექტუალური დიაგნოსტიკის სისტემების (ტემპერატურული, ტენიანობის და კოროზიულ-აგრესიული, დეფორმაციების, ბზარების და ა.შ.) გამოყენების შედეგად პროცესების საპროექტო პარამეტრების ცვლილებების გამოვლენით, ანალიზითა და პროგნოზირებით.

ამჟამად მოდელის შერჩევა ხორციელდება სტატისტიკური მონაცემებით, შერჩევითი განაწილებების მეთოდის გამოყენებით შემდეგი ფორმულებით [41]:

$$m_x = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (2.12)$$

გადახრა (დისპერსია):

$$J_E = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - m_x)^2}}{n}, \quad (2.13)$$

სადაც: n – მონაცემთა საერთო რიცხვი;

m_x – დაკვირვებების საკმარისი რიცხვი;

X_i – დასაკვირვებელი პარამეტრი.

მოდულური ასაწყობი შენობების მზიდი კონსტრუქციების ფიზიკური და მორალური ცვეთა

მოდულური შენობების ხანგრძლივობა ურთიერთკავშირშია მზიდი კონსტრუქციების ფიზიკურ და მორალურ ცვეთასთან. ფიზიკური ცვეთა და მისი საპირისპირო სიდიდე – ფიზიკური ხანგრძლივობა დამოკიდებულია კონსტრუქციების ფიზიკურ და მექანიკურ მახასიათებლებზე: სიმტკიცეზე, თბო და

ბგერაიზოლაციაზე, ჰერმეტიკობაზე, წყალგაუმტარობაზე და სხვა პარამეტრებზე. კონსტრუქციების ფიზიკური ცვეთა ახასიათებს მათი პირვანდელი ხარისხის დაკარგვას და შეიძლება განსაზღვრულ იქნას რაოდენობრივად შენობის ექსპლუატაციის ნებისმიერ სტადიაზე.

მზიდი კონსტრუქციების რღვევის მიზეზები სხვადასხვაგვარია – ეს აგრესიული გარემოს, გრუნტის წყლების, უარყოფითი ტემპერატურის, ტემპერატურის მკვეთრი სხვაობის ზემოქმედებაა, ტექნოგენური პროცესების და დაბინძურების, სამრეწველო საწარმოების უარყოფითი შედეგების გავლენა და სხვა.

ჩვენს მიერ განზოგადოებულია ყველა მოდულურ შენობაზე ზემოქმედი ფაქტორი სისტემის სახით. იგი წარდგენილია ნახ. 2.7-ზე.

მზიდი კონსტრუქციებისა და მთელი შენობის ფიზიკური ცვეთა შეიძლება განვითარდეს შენელებით, თანაბარზომიერად და აჩქარებულად.

ნახ. 2.8-ზე გამოსახულია ფიზიკური ცვეთის მრუდები. კონსტრუქციების ფიზიკურ ცვეთას თან ახლავს ბზარების გაჩენა, არმატურის და ლითონკონსტრუქციების კოროზია, სიმტკიცის შემცირება და მასალების სტრუქტურის დაშლა, შეუღწევადობის, თბოგამტარობის დაკარგვა, სხვადასხვა დეფორმაციები, ფუძის დაჯდომები, მზიდი კონსტრუქციების დეფექტები, მზიდუნარიანობის დაკარგვა და რღვევები.

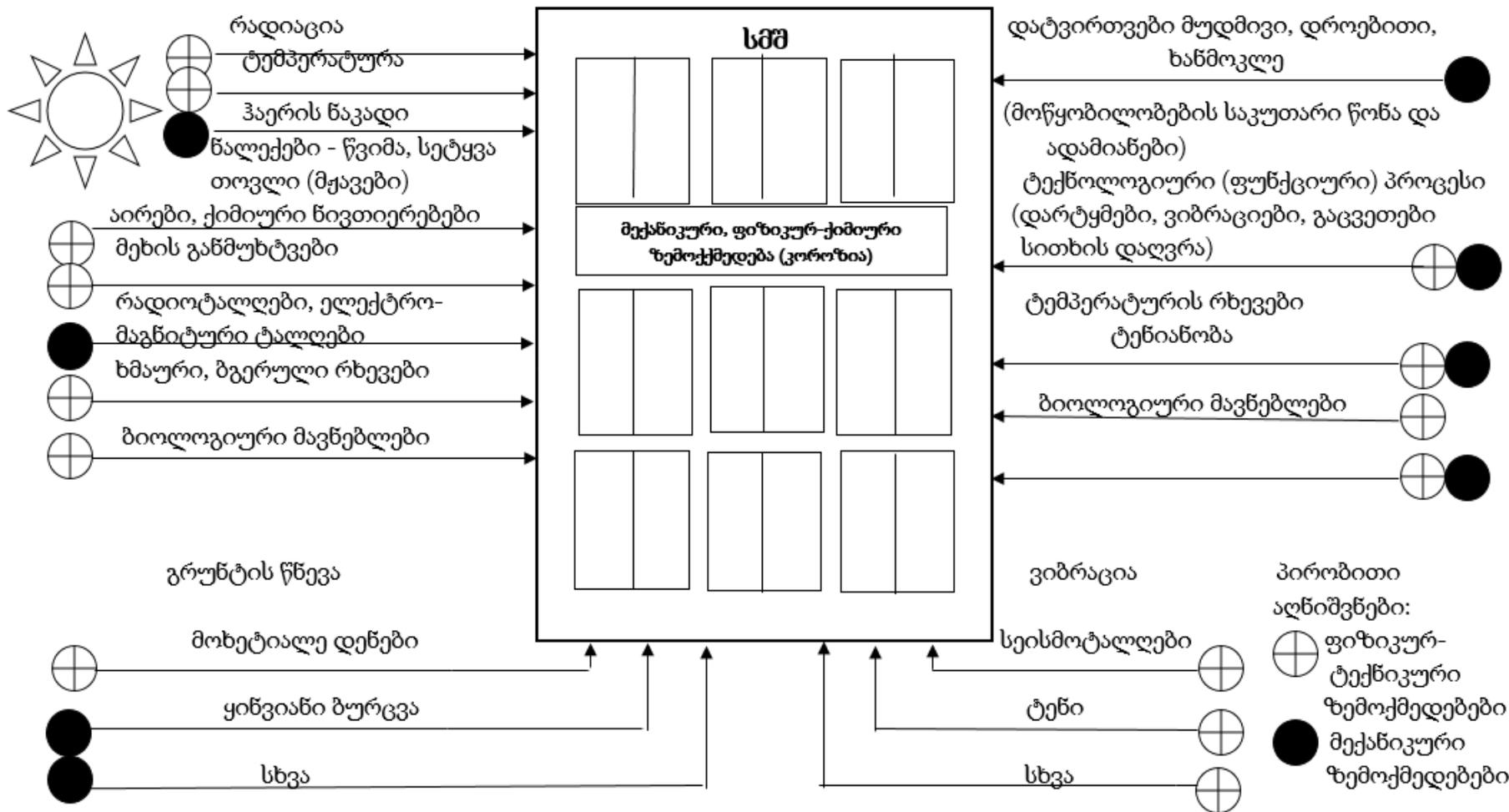
შენობების მდგომარეობის შეფასება ფიზიკური ცვეთის მიხედვით

შენობების, მათ შორის მოდულური შენობების და მისი კონსტრუქციული ელემენტებისა და საინჟინრო მოწყობილობის ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების კრიტერიუმი არის ფიზიკური ცვეთა. მრავალწლიანი ექსპლუატაციის პროცესში კონსტრუქციული ელემენტები და საინჟინრო მოწყობილობა ფიზიკურ-მექანიკური და ქიმიური ფაქტორების ზემოქმედების გამო მუდმივად იცვითება; მცირდება მათი მექანიკური, საექსპლუატაციო ხარისხი, ჩნდება სხვადასხვანაირი უწყესივრობა. ყველაფერ ამას მოჰყვება მათი პირვანდელი ღირებულების დაკარგვა.

ფიზიკური ცვეთა – ეს არის შენობის ელემენტების თავიანთი თავდაპირველი ტექნიკური და საექსპლუატაციო ხარისხის ნაწილობრივი ან სრული დაკარგვა.

გარეგანი ზემოქმედებები
 (ბუნებრივი და ხელოვნური)

შინაგანი ზემოქმედებები
 (ტექნოლოგიური და ფუნქციური)



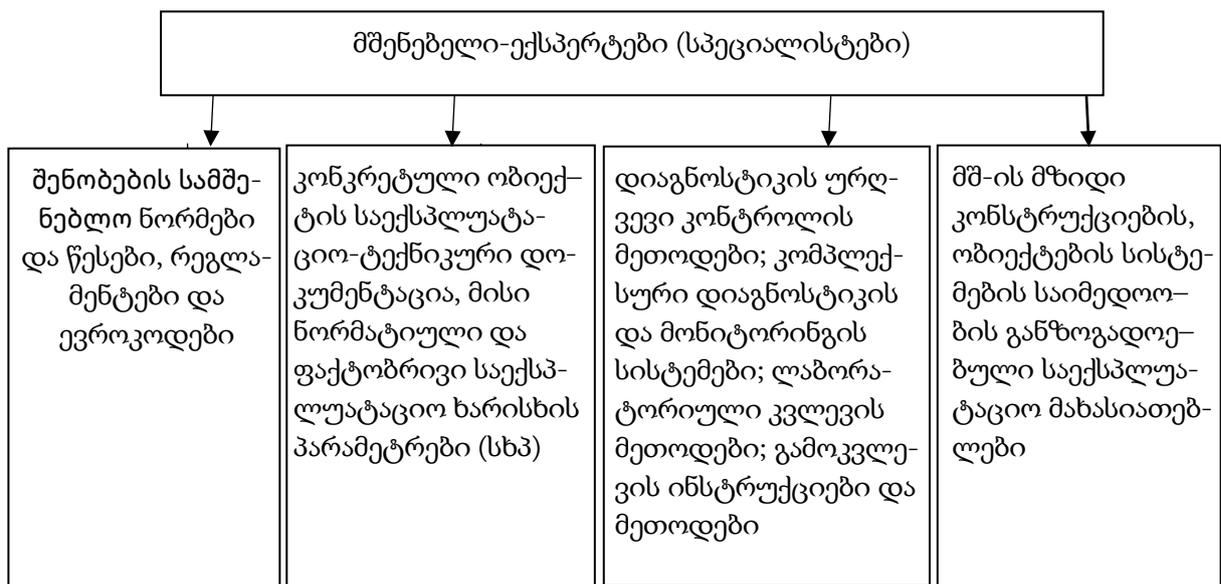
ნახ. 2.7. მოდულურ შენობებზე ზემოქმედი ფაქტორების სისტემა

მოდულური შენობების მდგომარეობის მიღებული შეფასება საერთო ფიზიკურ ცვეთასთან დამოკიდებულებაში

გაცვეთის მდგომარეობა	ფიზიკური გაცვეთა, %
კარგი	0-10
სავსებით დამაკმაყოფილებელი	11-20
დამაკმაყოფილებელი	21-30
არასავსებით დამაკმაყოფილებელი	31-40
არადამაკმაყოფილებელი	41-60
დრომოჭმული	61-75
გამოუსადეგი (ავარიული)	75 და მეტი

ფიზიკური ცვეთის კლასიფიკაცია კონსტრუქციების დაზიანებების მიხედვით

ფიზიკური გაცვეთა, %	კონსტრუქციების მდგომარეობა	შენობის კონსტრუქციების დაზიანებების ხასიათი
0-10	კარგი	უმნიშვნელო
11-20	სავსებით დამაკმაყოფილებელი	სუსტი
21-30	დამაკმაყოფილებელი	საშუალო
31-40	არა სავსებით დამაკმაყოფილებელი	ძლიერი
41-60	არადამაკმაყოფილებელი	ავარიული
61-80	დრომოჭმული	სრული დანგრევა
81-100	უვარგისი	დაშლა, შენობის აღება



ნახ. 2.9. უზრუნველყოფის სისტემა

ზემოთ ჩამოყალიბებული თეორია საშუალებას იძლევა ანგარიშის მეთოდებით განისაზღვროს შენობის ცვეთა მისი ექსპლუატაციის დროზე დამოკიდებულებით.

მნიშვნელოვანი საკითხია მოდულური შენობების ტექნიკური დიაგნოსტიკის უზრუნველყოფის სისტემა. ამ პროცესის განხორციელებისთვის შემოთავაზებული სტრუქტურა მოყვანილია ნახ. 2.10-ზე და ნახ. 2.11-ზე.

მოდულური შენობების ტექნიკური დიაგნოსტიკა

კონსტრუქციების ცვეთის ვიზუალური შეფასება		კონსტრუქციების ცვეთის ინსტრუმენტალური შეფასება		ცვეთისა და ტექნიკური მდგომარეობის მიმართ ტექნიკური დასკვნის შედგენა	
↓		↓		↓	
მშ-ის გაცვეთის შესწავლის, შეფასების, პროგნოზირების მეთოდოლოგია	დეფექტებისა და დაზიანებების მიზეზებისა და შედეგების ანალიზი	მშ-ის ტექნიკური მდგომარეობის პარამეტრების განსაზღვრა	კონსტრუქციების საექსპლუატაციო ხარისხების მნიშვნელობების შეფასების მეთოდები და საშუალებები	დიაგნოსტიკისა და დაზიანებების შედეგებზე ინფორმაციის დამუშავების მეთოდოლოგია	მშ-ის, რეკონსტრუქციამდე ტექნიკური მდგომარეობაზე დასკვნის შედგენის მეთოდოლოგია

ნახ. 2.10. მოდულური შენობების ტექნიკური დიაგნოსტიკა

მოდულური შენობების საექსპლუატაციო ხარისხის ძირითადი პარამეტრები

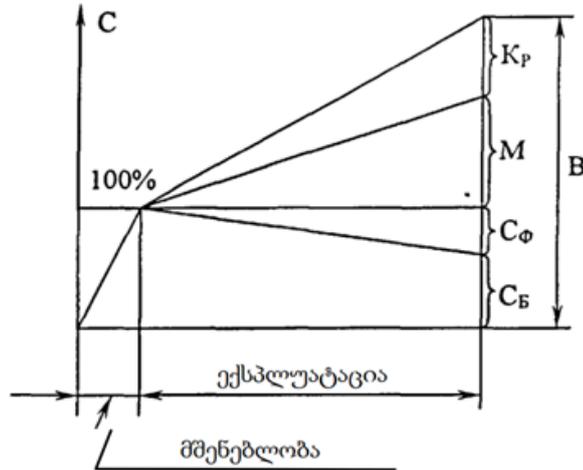
გეომეტრიული ზომები, დამცავი ფენის სისქე და სხვა, a, b, c	კონსტრუქციების სიმტკიცე, $\sigma, R_{\text{ზკ}}$	დასაშვები დეფორმაციები, δ, Δ	კონსტრუქციის თბოგადაცემის წინააღმდეგობა, R_m	კონსტრუქციების ჰერმეტიკობა: სახურავის, პანელების პირაპირების და სხვა, K_1
შემომზადებული კედლების ბგერა-იზოლაცია: ჰაერის ხმაური, K_2	სათავსოების, სამუშაო ადგილების განათებულობა, $E_{\text{ლუქს}}$	სათავსოებში ტემპერატურულ-ტენიანობრივი რეჟიმი; ჰაერის ქიმიური შემადგენლობა, t	კონსტრუქციების მასალის ტენიანობა, $S, \%$	

დიაგნოსტიკის დროს ძირითადი პარამეტრების განსაზღვრის ხერხები.

ინსტრუმენტალური გაზომვა	სიმტკიცის მექანიკური ან ურღვევი განსაზღვრა	დეფორმაციების, გადანაცვლებების აზომვა	კონსტრუქციაში თბური ნაკადის აზომვა	პირაპირების ჰერმეტიკობის აზომვა
მომიჯნავე სათავსოებში ხმაურის დონის აზომვა	სინათლის ნაკადის აზომვა	ტემპერატურის, ჰაერის ტენიანობის აზომვა, ჰაერის სინჯების აღება	მასალის სინჯების აღება, ტენსაზომების გამოყენება	

ნახ. 2.11. მოდულური შენობების საექსპლუატაციო ხარისხის შეფასების ძირითადი პარამეტრები და ხერხები

მშ-ის სამშენებლო კონსტრუქციების მდგომარეობა განისაზღვრება შენობების ტექნიკური დიაგნოსტიკის საფუძველზე, რომელიც შეიცავს კონსტრუქციების ცვეთის ვიზუალურ და ინსტრუმენტალურ შეფასებას სპეციალური მეთოდოლოგიით. ამასთანავე იზომება შენობა-ნაგებობების ძირითადი საექსპლუატაციო ხარისხის შემდეგი პარამეტრები (ნახ. 2.12):



ნახ. 2.12. ობიექტის ცვეთა, საბალანსო და აღდგენითი ღირებულება

- რკინაბეტონის კონსტრუქციებში გეომეტრიული ზომები, დამცავი ფენის სისქე;
- კონსტრუქციის სიმტკიცე;
- დეფორმაციები, გადახრები, დეფექტები;
- კონსტრუქციის თბოგადაცემის წინააღმდეგობა;
- პანელების პირაპირების, სახურავის და სხ. ჰერმეტიკობა;
- შემოღობვის ბგერაიზოლაცია: ჰაერის ხმაურისგან, დარტყმების, ვიბრაციისგან;
- სათავსოების, სამუშაო ადგილების განათებულობა;
- სათავსოებში ტემპერატურულ-ტენიანობრივი რეჟიმი;
- კონსტრუქციის მასალის ტენიანობა;
- ჰაერის ქიმიური შემადგენლობა.

შენობების მორალური ცვეთა

მოდულური შენობების მორალური დაბერება ან მორალური ცვეთა ორი ფორმით შეიძლება განვიხილოთ:

- 1) შენობის მორალური ცვეთა, რომელიც არ ექვემდებარება აღდგენას;
- 2) შენობის მორალური ცვეთა, რომელიც მოითხოვს დამატებით კაპიტალურ დაბანდებებს მოდერნიზაციაზე.

შენობების ყოველდღიური ტექნიკური მომსახურებისათვის შემუშავებულია მარეგლამენტირებელი დოკუმენტები – ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის სისტემა, რომელიც შეიცავს: მიმდინარე რემონტს, კაპიტალურ რემონტს და შენობის ტექნიკურ მომსახურებას. ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის სისტემა უზრუნველყოფს: ყველა სახის სარემონტო-აღდგენითი ღონისძიებების კომპლექსურობას; მათი ურთიერთკავშირს და პერიოდულობას; სამუშაოების მოცულობებს და საგარანტიო ვადებს; რეზერვირებას (გეგმიურს და ავარიულს).

მორალური ცვეთა (შენობა-ნაგებობების დაბერება) – ეს არის თავისი ფუნქციური დანიშნულების ძირითადი ხარისხების დაკარგვა. საჭიროებს დამატებით დანახარჯებს შენობის დაბერების აღმოსაფხვრელად.

მოდულურ შენობასთან მიმართებაში მორალური ცვეთა შეიძლება განსაზღვრულ იქნას ფორმულით [41]:

$$M_{\text{ცვ}} = [1 - (K_{\text{გ}} + R_{\text{ტ}})/B] \cdot 100\%, \quad (2.14)$$

სადაც $K_{\text{გ}}$ – ნაგებობის გაუფასურების სიდიდე სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის შედეგად;

$R_{\text{ტ}}$ – ტექნოლოგიური დაბერებით გამოწვეული კაპიტალური დაბანდებები;

B – შენობის (ობიექტის) აღდგენითი ღირებულება, განისაზღვრება ფორმულით:

$$B = K_{\text{რ}} + M + C_{\text{ფ}} + C_{\text{ბ}}, \quad (2.15)$$

სადაც $K_{\text{რ}}$ – კაპიტალური რემონტის ღირებულება,

M – მოდერნიზაციის ღირებულება,

$C_{\text{ფ}}$ – ფიზიკური ცვეთის ღირებულება,

$C_{\text{ბ}}$ – ობიექტის საბალანსო ღირებულება.

მოდულური შენობების ცვეთის გაანგარიშების მეთოდები ფიზიკური ცვეთა

ფიზიკური ცვეთა $Q_{ფ}$ – ეს არის კონსტრუქციებისა და მასალების ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებების, მზიდუნარიანობის დაკარგვა. ჯამური ფიზიკური ცვეთა განისაზღვრება ფორმულით [1]:

$$Q_{ფ} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i e_i^{ფ}}{100}, \quad (2.16)$$

სადაც d_i – კონსტრუქციული ელემენტის ღირებულების კუთრი წონა აღდგენითი ღირებულებისგან, % (ცხრილებით „მეთოდიკები“);

$e_i^{ფ}$ – ტექნიკური გამოკვლევის დროს დადგენილი კონსტრუქციული ელემენტის ფიზიკური ცვეთის მაჩვენებელი, % (ცხრილებით „მეთოდიკები“*), რომელმაც მოითხოვა კორექტირება მოდულური შენობების გამოსადეგობის ვადის ნაწილში.

მოყვანილი ცხრილებიდან ყოველივე შეიცავს:

- კონსტრუქციული ელემენტის ღირებულების კუთრი წონას %-ში;
- ფიზიკური ცვეთის მაჩვენებელს 20%-ანი ინტერვალით, და კედლების, გადახურვების ძირითადი კონსტრუქციული ელემენტებისათვის 10%-ანი;
- ნიშნების აღწერა ცვეთის მოცემული პროცენტისათვის;
- მოცემული ცვეთისას სარემონტო სამუშაოების სავარაუდო შემადგენლობა.

ექსპლუატირებადი შენობების მაქსიმალური ცვეთა შეიძლება იყოს $\approx 80\%$ -მდე, $\approx 80\%$ -ზე მეტ ცვეთისას ხდება სრული რღვევა და შენობა ექვემდებარება დაშლას.

მოდულური შენობების მორალური ცვეთა (დაბერება)

პირველი ფორმის მორალური ცვეთა M_1 - ეს არის ნაგებობის ღირებულების შემცირება სამეცნიერო-ტექნიკურ პროგრესთან და მშენებლობის გაიაფების გამო:

$$M_1 = (1 - F)K = \Pi_1 \cdot K_1, \quad (2.17)$$

სადაც M_1 – გაუფასურების აბსოლუტური სიდიდე, დოლ.;

Π_1 – მორალური ცვეთის პირველი ფორმის მაჩვენებელი;

K_1 – ანალოგიური ძველი ნაგებობის ღირებულება;

F – ანალოგიური, ახალი K_1 და ძველი K ნაგებობების ღირებულების შეფარდება.

მეორე ფორმის მორალური ცვეთა M_2 ეს არის ტექნოლოგიური დაბერების ლიკვიდაციისათვის დამატებითი დანახარჯები:

$$M_2 = P_2 K = R_{M_1}, \quad (2.18)$$

სადაც K_1 – ნაგებობის თავდაპირველი ღირებულება, ლარი;

P_2 – ნაგებობის მორალური ცვეთის მეორე ფორმის მაჩვენებელი;

R_{M_1} – კაპიტალური დაბანდებები რეკონსტრუქციაში, გამოწვეული მორალური ცვეთით, ლარი.

მორალური ცვეთის ჯამური სიდიდე განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$M_{\text{ჯამ}} = M_1 + M_2 = P_1 K + P_2 K. \quad (2.19)$$

ვცვლით $P_1 = 1 - F = \frac{1 - K_2}{K}$, ვიღებთ $M_{\text{ჯამ}} = (K - K_2) + R_1$,

სადაც $K - K_2$ – აბსოლუტური გაუფასურება, გამოწვეული სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესით;

R_1 – კაპიტალური დაბანდებები, გამოწვეული ტექნოლოგიური დაბერებით.

ფიზიკური და მორალური ცვეთის განსაზღვრა

ცვეთის ღირებულებითი გამოსახულება J :

$$J = \frac{Q \cdot B}{100}, \quad (2.20)$$

სადაც Q – ნაგებობების ცვეთა %-ში;

B – აღდგენითი ღირებულება, ლარი.

მოდულური შენობების ნარჩენი ექსპლუატაციის გამოსადეგობის ვადა განისაზღვრება ფორმულით:

$$T_{\text{ნარჩ}} = T_{\text{ექს}} K_{\text{საიმ}} / (1 - \Phi_k / 100),$$

$$K_{\text{საიმ}} = \frac{\sum K_1 A_1}{m}, \quad (2.21)$$

$$FJ = \frac{F_1 P_1}{K_k},$$

სადაც $T_{\text{ნარჩ}}$ – T ნარჩენი ექსპლუატაციის (გამოსადეგობის) ვადაა, წელი;

$T_{\text{ექს}}$ – ექსპლუატაციის ნორმატიული ვადა, წელი;

$K_{\text{საიმ}}$ – საიმედოობის ინტეგრალური კოეფიციენტი;

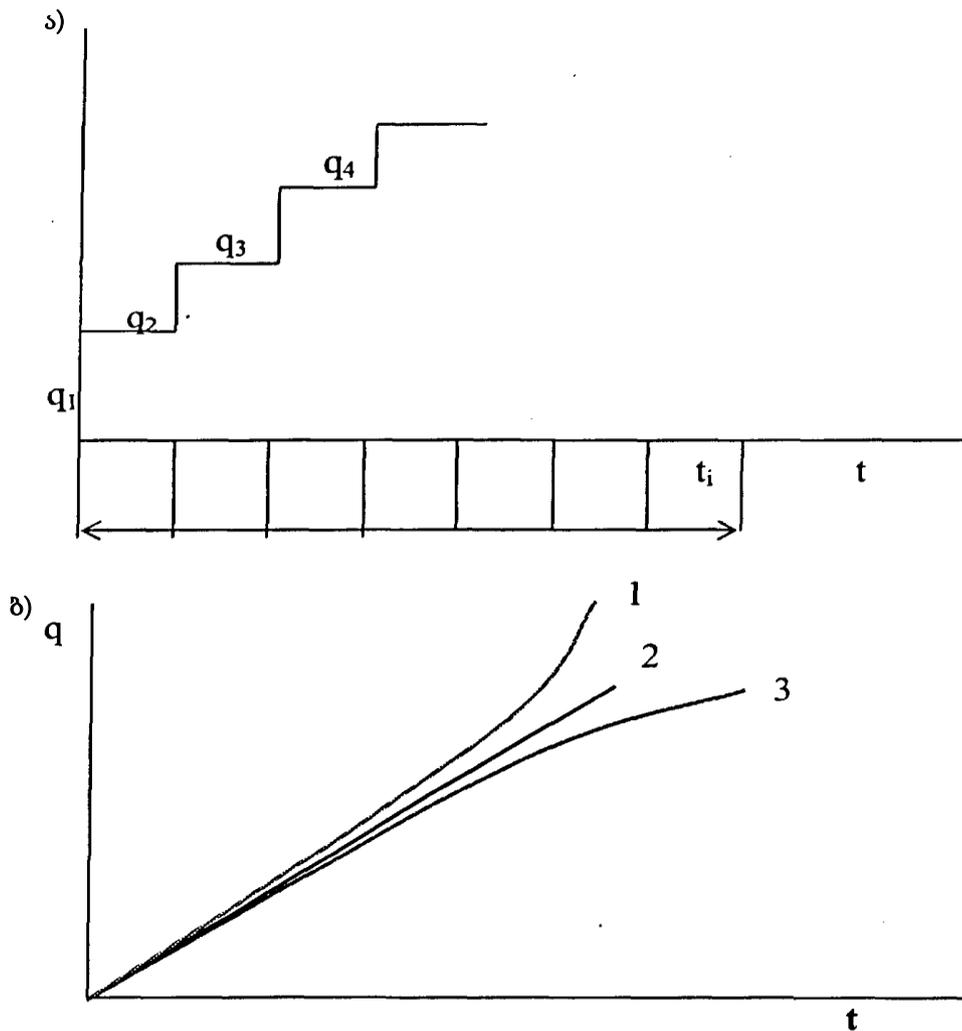
K_1 – i -ური ელემენტის ჯგუფის საიმედოობის საშუალოდ აწონილი კოეფიციენტი;

A_1 – ელემენტის წონითი კოეფიციენტი ჯგუფში;

F_k – კონსტრუქციების ფიზიკური ცვეთა, %;

P_1 – დაზიანებების უბნის ზომები, მ² (მ);

P_k – კონსტრუქციების ზომა, მ² (მ).



ნახ. 2.13. მოდულური შენობების ცვეთა: ა – ბუნებრივი ცვეთის მრუდი (q) და ბ – მისი ნაზრდი დროში (t) მშ-ის კონსტრუქციებთან მიმართებაში
1 – დაჩქარებული ცვეთა; 2 – თანაბარი ცვეთა; 3 – შენელებული ცვეთა

ამგვარად, ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ მეთოდოლოგიაზე დაყრდნობით, შეიძლება რაოდენობრივად შეფასდეს საიმედოობის და უსაფრთხოების,

მდგრადობის, და სეისმომდეგობის მაჩვენებლები ექსპლუატაციაში მყოფი სწრაფადაგებადი მოდულური შენობებისთვის.

თავი 3. შედეგები და მათი განსჯა

3.1. მოდულური შენობების მზიდი კონსტრუქციების მდგომარეობის ინტეგრირებული დაკვირვების, დიაგნოსტიკის და მონიტორინგის სისტემა

მონიტორინგის მცნება მჭიდროდაა დაკავშირებული გამოკვლევის მცნებასთან. თანახმად СП 13-102-2003 [62] *გამოკვლევა* – ესაა ღონისძიებების კომპლექსი გამოკვლევისა და შეფასებისა ფაქტიური მნიშვნელობის კონტროლირებადი პარამეტრების, რომლებიც ახასიათებენ საექსპლუატაციო მდგომარეობას, გამოსადეგობას და შრომის უნარიანობას მოსაკვლევო ობიექტებისა გამოსადეგობაზე და განისაზღვროს მათი შემდგომი ექსპლოატაციის გამოსადეგობა, ან აუცილებლობა მათი აღდგენის და გაძლიერების. გამოკვლევა ატარებს პერიოდულ ხასიათს. განსხვავებით გამოკვლევისაგან მონიტორინგი ატარებს სტაციონალურ ხასიათს. თანახმად ГОСТ Р 53778-2010[63] *მონიტორინგი* – ესაა სისტემა დაკვირვებებისა და კონტროლის იმ ობიექტების გამოვლინებად, რომლებზედაც მოხდა მნიშვნელოვანი ცვლილებები დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის და რომლებისთვისაც აუცილებელია ტექნიკური მდგომარეობის გამოკვლევა. ასე რომ, გამოკვლევა და მონიტორინგი – ესაა ორი პარალელური ურთიერთდამატებითი პროცესი, რომელიც უზრუნველყოფს უსაფრთხო ექსპლოატაციას.

მონიტორინგი ისევე როგორც გამოკვლევა, გვთავაზობს, კონტროლირებადი პარამეტრების განსაზღვრას და შეფასებას, რომლებშიც შედიან:

1. სტატიკური მახასიათებლები:
 - მასალების თვისებები
 - დეფორმაცია
 - გადაადგილება (დაწევა, ჩაღუნვა, დახრა და სხვა)
2. დინამიკური მახასიათებლები:
 - სიხშირე
 - მილევის დეკრემენტი (დეფორმირების კოეფიციენტი) და სხვა.

მონიტორინგის სისტემას უნდა ჰქონდეს მრავალდონიანი იერარქიული სტრუქტურა:

დონე 1. სტრუქტურირებული ინფორმაციული საკაბელო სისტემა;

დონე 2. პირველადი გარდამქმნელები;

დონე 3. ინფორმაციის შეგროვების მაკონტროლებლები;

დონე 4. შეყვანა/გამოყვანის სერვერები;

დონე 5. დისპეჩერების ავტომატიზირებული სამუშაო ადგილები.

ქვედა დონე მონიტორინგის სისტემის ფორმირებულია სტრუქტურირებული ინფორმაციული საკაბელო სისტემით, განხორციელებული კავშირის მეშვეობით. მონიტორინგის სისტემის ელემენტების კვება სამშენებლო ობიექტების, როგორც წესი ხორციელდება ხაზური საკაბელო სისტემებით.

მეორე დონე – შედგება პირველადი გადამყვანებით (გადამწოდი), რომლებიც დაყენებულია კონსტრუქციების ელემენტზე. გადამწოდები აფიქსირებენ ცვლილებებს კონსტრუქციების მაკონტროლირებად პარამეტრებს (დეფორმაცია, აჩქარება, დახრა და ა.შ.) და ფორმირებენ ანალოგიურ სიგნალს, რომელიც გადაეცემა მესამე დონის ელემენტებს, რომლებიც აკონტროლებენ ინფორმაციის შეკრებას (მეორადი გარდამქმნელი). კონტროლიორები ასრულებენ ანალოგიური სიგნალის გარდამქმნას ციფრულ სიგნალში და გადაცემენ გარდაქმნილ სიგნალს შეყვანა/გამოყვანის სერვერზე. კონტროლიორებს შეუძლიათ შეინახონ შეგროვებული მონაცემები და შეასრულონ მონაცემების ანალიზი. უნდა აღინიშნოს, რომ არსებობენ ინტელექტუალური გადამწოდები, რომლებიც თავის თავში ათავსებენ პირველად და მეორად გადამყვანებს. მონიტორინგის სისტემაში გამოიყენება ღია სტანდარტული პროტოკოლი ციფრული პერიფერიისა (MODBUS, LONTalk, SNMP და სხვა).

მეოთხე დონე – მოიცავს შეყვანა/გამოყვანის სერვერს, რომელზეც დაყენებულია უზრუნველყოფის პროგრამა. სერვერი ასრულებს შეგროვებული მონაცემების შენახვის და ანალიზის ფუნქციას.

მეხუთე დონე – შეიცავს სამუშაო ადგილებს დისპეჩერებისათვის ან ოპერატორებისათვის (შემოკლებით ასა), რომლებიც საშუალებას აძლევს მონიტორინგის სისტემის პერსონალს მიიღოს ოპერატიული დაშვება ინფორმაციაზე ობიექტის მდგომარეობის შესახებ, ოპერატიული გადაწყვეტილების მისაღებად.

მონიტორინგის სისტემას უნდა ჰქონდეს ღია არქიტექტურა, რომელმაც უნდა დაუშვას შემდგომი გაფართოება, როგორც რიცხობრივად მონიტორინგის

ობიექტებისა, ისე სისტემების ფუნქციების რიცხვითაც, ასევე ინტეგრაციის საშუალება მისცეს მონიტორინგის და მართვის სხვა სისტემებთან.

მონიტორინგის პარადიგმა

კონტროლირებად პარამეტრებს შორის შეიძლება იყოს დატვირთვა, რომელსაც ვანიჭებთ კონსტრუქციას, რითაც შინაგანი ძალვაა გამოწვეული კონსტრუქციაში. ხშირად მონიტორინგი გამოიყენება მხოლოდ თვით კონსტრუქციის თვისებების კონტროლისთვის და ამიტომ მონიტორინგის პროცესს აიგივებენ კონსტრუქციის დაზიანებების გამორკვევის პროცესთან (damage detection), რომელშიც ჩართულია რამდენიმე დონე:

დონე 1. კონსტრუქციაში დაზიანების არსებობის გარკვევა;

დონე 2. დაზიანების ლოკალიზაცია;

დონე 3. დაზიანების საფრთხის შეფასება;

დონე 4. კონსტრუქციის შემდგომი ექსპლუატაციის უსაფრთხოების პროგნოზი.

აქ დაზიანებაში იგულისხმება კონსტრუქციის მდგომარეობის შეცვლა გამოწვეული მასალის თვისებების ცვლილებით, რომელიც გამოწვეულია დადლილობითი დეფორმაციით ასევე მიკრო და მაკრო ბზარების ჩასახვისა და განვითარების გამო. მეცნიერების ჯგუფის მიერ ლაბორატორიიდან Los Alamos (<http://mstitute.lanl.gov/ei/>, აშშ) მონიტორინგის ამოცანების ამოხსნა ყველა დონეზე შემოთავაზებულია განიხილოს სტატისტიკური სახეების ამოცნობის პარადიგმის კონტექსტში [40]. აღნიშნული პარადიგმა გულისხმობს, რომ მონიტორინგის პროცესი ითვლის რამდენიმე ნაწილს:

- მონიტორინგის სისტემის ამოცანების შეფასება;
- მონაცემების გაზომვის პროცესი;
- ნიშან-თვისებების გამოთვლა;
- სტატისტიკური მოდელების შემუშავება.

მონიტორინგის ამოცანების შეფასების დროს განისაზღვრება ნაკრები აზომვების პარამეტრებისა (სტატისტიკური, დინამიკური) გამომდინარე კონსტრუქციის ყველაზე სუსტ და პოტენციურად საშიშ ადგილებში.

მონაცემების აზომვების პროცესში ჩართულია გადამცემების შერჩევა მათი რაოდენობის განსაზღვრა და მათი ადგილსამყოფელის განსაზღვრა აგრეთვე შერჩევა მეორადი ნიშნის გარდამქმნელების.

ნიშნის (feature) ქვემ იგულისხმება შედეგები, ობიექტის რომელიმე მახასიათებლის პირდაპირი ან ირიბი გაზომვა. ნიშანს აქვს მკვეთრი ფიზიკური საფუძველი მაგალითად საკუთარი რხევების სიხშირე, რხევების ფორმები, გამჭიმავი ძალა. ასევე ნიშნები შეიძლება იყოს ევრიტიკული ანუ მათ შეიძლება არ ქონდეთ ფიზიკური განზომილება, მაგრამ ამავდროულად იძლეოდეს მისაღებ შედეგს. ფაქტიურად ნიშნები წარმოადგენს მათემატიკური მოდელების პარამეტრებს, რომლებიც აღწერენ ფიზიკურ პროცესებს.

სტატისტიკური მოდელები მუშავდება ნიშნების მნიშვნელობის განსაზღვრის მიზნით, რომლებიც მიეკუთვნება კონსტრუქციების სხვადასხვა მდგომარეობას.

ნიშნების გამოთვლების პროცესები და სტატისტიკური მოდელების შემუშავება დაფუძნებულია რამდენიმე აქსიომაზე. მოცემული სამუშაოსთვის უფრო მნიშვნელოვანია ორი აქსიომა (მოყვანილია მონიტორინგის დონის მანიშნებლად):

- დაზიანების შეფასება ითხოვს შედარებული იქნეს ორი მდგომარეობა მონიტორინგის ობიექტის ბაზური (ნორმალური) და დენადი (პოტენციურად საშიში);
- დაზიანების არსებობის განსაზღვრა (დონე 1) და ადგილმდებარეობა (დონე 2). დაზიანება შეიძლება შეფასდეს შედარებით ბაზურ (საწყის) მდგომარეობასთან, დაზიანების საშიშროების შეფასება (დონე 3) და პროგნოზი (დონე 4) საერთო შემთხვევაში სრულდება პრეცედენტებით.

პარადიგმის გამოყენების მაგალითები სტატისტიკური სახეების გამოცნობაში მოყვანილია ნაშრომებში [23; 24]. სტატისტიკური მიდგომა მონიტორინგის მონაცემების ანალიზისა დემონსტრირებულია ნაშრომში [25].

ჩვენს მიერ შემუშავებულია მონიტორინგისთვის მობილური დიაგნოსტიკური კომპლექსი, ურღვევი კონტროლის მეთოდებითა და ხელსაწყოების გამოყენებით, რომელიც მოცემულია ქვემოთ.

ურღვევი კონტროლის მეთოდები და ხელსაწყოები



საღებავის სისტემის საზომი –
GEO FENNEL FCT 1
Data



საღებავის სისტემის საზომი –
GEO FENNEL FCT 1
Data



ბეტონის სიმტკიცის გასაზომი ხელსაწყო
“შმიდტი”-ს ჩაქუჩი NOVATEST



თბოვიზორი(ტეპლოვიზორი)



ბოჭკოვან-ოპტიკური სენსორები



ვიზუალური გამოკვლევისთვის საჭირო
ხელსაწყოები



ბეტონის დამცავი შრის, არმატურის
განლაგების და დიამეტრის დამდგენი
ხელსაწყო – NOVASCAN R-800



ბეტონის დამცავი შრის, არმატურის
განლაგების და დიამეტრის დამდგენი
ხელსაწყო – NOVASCAN R-800



elcometer bh 331 – რკინაბეტონში არმატურის განლაგების, ზომების და ბეტონის დამცავი ფენის სისქის მზომი ხელსაწყო



POISK-M – რკინაბეტონში არმატურის განლაგების, ზომების და ბეტონის დამცავი ფენის სისქის მზომი ხელსაწყო



დრონი შენობა-ნაგებობის დასათვალიერებლად



ზზარების სისქის მზომი (მექანიკური)



გეოდეზიური მოწყობილობა – ელექტრონული ტაქეომეტრი – Leica TS03-5 R500



ულტრაბგერითი სისქის მზომი „elcometer 204” №3204



შენადული ნაკერის სისქის და ლითონის ელემენტების კედლის სისქის გამზომი ხელსაწყო შემდუღებლისთვის



შენადულ ნაკერში ბზარების აღმომჩენი ხელსაწყო – ულტრაბგერითი დეფექტოსკოპი EXPEლთ A1214;



შენადულ ნაკერებზე ბზარების აღმომჩენი პენეტრანტები (კაპილარი მეთოდი)



კოორდინატების დამდგენი ხელსაწყო GPS - GARMIN



კონსტრუქციებში ტემპერატურის დისტანციური მზომი



ტენიანობის გამზომი ხელსაწყო

ჩვენს მიერ შემუშავებული მობილური კომპლექსის სტრუქტურა იძლევა ოპერატიული მონიტორინგის რეჟიმში ობიექტური რიცხვითი პარამეტრების მიღების საშუალებას, რომლებიც დაკავშირებულია როგორც კონსტრუქციაზე საერთო დატვირთვებთან, ასევე მოდულური შენობის მდგრადობის, სეისმომედეგობისა და საიმედოობის, მათ შორის ნარჩენი რესურსების დადგენისას.

მობილური დიაგნოსტიკის კომპლექსის შემადგენლობაში შედის:

- შენობების, ნაგებობების, ტექნოლოგიური სისტემების საკუთარი რხევების სიხშირეების განმსაზღვრავი პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი;
- კონსტრუქციული ელემენტების სიმტკიცის ურღვევი კონტროლის ხელსაწყოები;
- მაღალი სიზუსტის გეოდეზიური გაზომვების ჩასატარებელი ხელსაწყოები;
- ხელსაწყოები სამშენებლო მოედნის გეოფიზიკური და გეოლოგიური გამოკვლევების ჩასატარებლად;
- მობილური დიაგნოსტიკური კომპლექსი გამოიყენება შენობების სიმტკიცის შესამოწმებლად, ფარული დეფექტების ხარისხის განსაზღვრავად, საძირკვლების, კოლექტორების, მიწისქვეშა და მიწისზედა კომუნიკაციების, ტექნოლოგიური და ენერგოსისტემების მდგრადობის, მდგომარეობის შეფასებისთვის, მოედნების საინჟინრო-ტექნოლოგიური და გეოფიზიკური კვლევების ჩათვლით.

სწრაფადაგებადი მოდულური შენობების ახალი ობიექტების მშენებლობის მომზადებისას საჭიროა შემდეგი სამუშაოების ჩატარება:

- სამშენებლო მოედნის საინჟინრო-გეოლოგიური გამოკვლევების ჩატარება, მოედნის გეოლოგიური ნაშენის განსაზღვრა.

მობილური დიაგნოსტიკის კომპლექსის შემადგენლობაში შედის:

- შენობების, ნაგებობების, ტექნოლოგიური სისტემების საკუთარი რხევების სიხშირეების განმსაზღვრავი პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი;
- კონსტრუქციული ელემენტების სიმტკიცის ურღვევი კონტროლის ხელსაწყოები;
- მაღალი სიზუსტის გეოდეზიური გაზომვების ჩასატარებელი ხელსაწყოები;
- ხელსაწყოები სამშენებლო მოედნის გეოფიზიკური და გეოლოგიური გამოკვლევების ჩასატარებლად;
- მობილური დიაგნოსტიკური კომპლექსი გამოიყენება შენობების სიმტკიცის შესამოწმებლად, ფარული დეფექტების ხარისხის განსაზღვრავად, საძირკვლების, კოლექტორების, მიწისქვეშა და მიწისზედა კომუნიკაციების, ტექნოლოგიური და ენერგოსისტემების მდგრადობის, მდგომარეობის შეფასებისთვის, მოედნების საინჟინრო-ტექნოლოგიური და გეოფიზიკური კვლევების ჩათვლით.

სწრაფადაგებადი მოდულური შენობების ახალი ობიექტების მშენებლობის მომზადებისას საჭიროა შემდეგი სამუშაოების ჩატარება:

სამშენებლო მოედნის საინჟინრო-გეოლოგიური გამოკვლევების ჩატარება, მოედნის გეოლოგიური ნაშენის განსაზღვრა.

ინფორმაციული მოდელირების ტექნოლოგია ასევე ძალიან ეფექტურია შენობებისა და ნაგებობების კონსტრუქციის მონიტორინგის დროს. ამ ტექნოლოგიის გამოყენების უპირატესობაა:

მოდელის შექმნის მაღალი სიჩქარე მუშა ნახაზების ან ობიექტზე გაზომვების შედეგების მიხედვით.

ინფორმაციულ მოდელში შეიძლება შეტანილი იქნას მთელი ინფორმაცია ობიექტის კონსტრუქციის მდგომარეობის შესახებ დაწყებული კონსტრუქციის მასალების თვისებებიდან, დამთავრებული დეფექტებით, რომლებიც ჩნდება ექსპლუატაციის დროს.

ინფორმაციული მოდელი იქმნება ერთხელ და საჭიროების შემთხვევაში ამ მოდელისაგან შეიძლება შეიქმნას საანგარიშო მოდელები სასრულ ელემენტთა მეთოდით სხვადასხვა სისტემების ანალიზისთვის, ასევე მოდელები ექსპერიმენტალური გამოკვლევისთვის.

3.2. კონსტრუქციებსა და კვანძებზე ინტეგრირებული დაკვირვება უწყვეტი მონიტორინგით

მოდულური შენობების მონიტორინგის მიზნებისათვის რაციონალურია სპეციალური სისტემა, რაც გულისხმობს ინტელექტუალური სენსორების სისტემის გამოყენება რომლითაც ვთავაზობთ ნაგებობებსა და კვანძებზე ხანგრძლივი კონტროლის და დაკვირვების სისტემას. სისტემა არეგისტრირებს ყოველივე ცვლილებას სტრუქტურაში ინტეგრირებული კომპონენტების დახმარებით. იზომება სტატიკური და დინამიკური დატვირთვები და ზემოქმედებები მასალებზე, ნაგებობების სტრუქტურასა და კვანძებზე. ფორმისა და მდებარეობის ცვლილებაზე დაკვირვება შეიძლება დიდი სიზუსტით. ეს იძლევა შესაძლებლობას კონტროლირებადი სტრუქტურის ქცევის პროგნოზირებას. ამისათვის ყველა მონაცემი ინახება, საჭიროებისას ისინი ფასდება და წარდგება რეალური დროის რეჟიმში. გამოყენებული შეიძლება იყოს ბოჭკოვან-ოპტიკური და უკაბელო ოპტიკური სენსორები.

საანგარიშო და მათემატიკური მოდელების დამუშავება კონსტრუქციების მონიტორინგის სისტემებისთვის

საანგარიშო მოდელის შექმნის თანმიმდევრობა და თავისებურებანი

კონსტრუქციების მონიტორინგის (რღვევის შესწავლის) ამოსავალ წერტილს წარმოადგენს საანგარიშო მოდელი, რომელიც ერთმანეთთან შეათანხმებს დასაპროექტებელი კონსტრუქციის აბსტრაქტულ მოთხოვნებს და რეალურ შესაძლებლობებს. ეს მოდელი კონსტრუქტორების მიერ დაპროექტების პირველი ამოცანის შედეგია. მდგომარეობის შესწავლის და კონსტრუქციის დამუშავების ეტაპია კონკრეტული ტექნიკური გადაწყვეტების ფორმირება, რომელიც საანგარიშო მოდელს ხორცს ასხამს რეალურად.

კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენებით ამ ეტაპზე შეიძლება გადაიჭრას დასამუშავებელი კონსტრუქციის ბაზური გეომეტრიული მოდელის აგების პრობლემა. შემდეგ საჭიროა დასამუშავებელი კონსტრუქციის გარემოსთან ურთიერთობის მოდელის (ან მოდელების ერთობლიობის) ფორმირება. ამისთვის საჭიროა ფუნქციონირების მოდელის აგება კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ციკლის ყოველ ეტაპზე, რაც გულისხმობს მონიტორინგის სისტემის, როგორც კონსტრუქციის განუყოფელი ნაწილის შექმნას. ასეთი მოდელი ასახავს რეალურ ფიზიკურ პროცესებს და დასაპროექტებელი ობიექტის ტრანსფორმაციებს ექსპლუატაციის პერიოდში.

განვიხილოთ ამ მოდელის თავისებურებანი. ექსპლუატაციის პერიოდში კონსტრუქციები მნიშვნელოვანი გარე დატვირთვების ზემოქმედების ქვეშ ექცევა, ამიტომ მათი დეფორმაციების და რღვევის თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია პროექტირების ერთ-ერთ ძირითად ამოცანად ჩაითვალოს კონსტრუქციების აპრიორული შეფასება.

აქ იგულისხმება ექსპლუატაციის პერიოდში კონსტრუქციების რღვევის ან გადაჭარბებული (დაუშვებელი) დეფორმაციების დროს მათი მზიდუნარიანობის შენარჩუნების შეფასება. ამ მიზნით ფორმირდება კონსტრუქციების და ცალკეული შემადგენელი დეტალების მდგომარეობის მოდელი, დეფორმადი მყარი სხეულის მექანიკის ტერმინებში. მოდელის ფორმირება გულისხმობს დაძაბულ-დაფორმირებული მდგომარეობის დადგენის მზა პროცედურის შერჩევას ან ახალი პროცედურის შექმნას.

მოდელის დამუშავების დროს გვიხდება კომპრომისული შერჩევა: ფორმის სრულ და ადეკვატურ აღწერას, კონსტრუქციების მუშაობას, დატვირთვის პირობებსა და თვით მოდელის სირთულეს შორის. აქ განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მოდელის მოქნილობა ისეთი მომენტების მიმართ, როგორცაა დასაპროექტებელი და საკვლევი ელემენტის კონსტრუქციული თავისებურებები, გარე ზემოქმედებისა და მასალების მრავალფეროვნება. ამის მიღწევა შეიძლება შესაბამისი ბიბლიოთეკების შექმნის გზით. შემდგომი გამოთვლითი ექსპერიმენტის მაღალი სიზუსტის გარანტიაა: გასათვლელი ფრაგმენტების, დასატვირთი სქემის პროცედურების გაფართოება და მოდელის საფუძველში ჩადებული უმნიშვნელოვანისი მათემატიკური მეთოდების რიცხვითი რეალიზაციის ალგორითმების სრულყოფა.

მოცემული საპროექტო ოპერაციის შესრულების შედეგია – გარემოს ზეგავლენაზე კონსტრუქციის რეაქციის რიცხვითი მოდელი. გარე ზეგავლენის ბუნებისაგან დამოკიდებულებით ხორციელდება, ან მზიდი კონსტრუქციების (ან მისი ცალკეული ელემენტების) ფიქსირებულ გარემო ზეგავლენაზე პასუხის მოდელი, ან დეფორმირებული კონსტრუქციის მოდელების ერთობლიობა, რომელიც ასახავს პროცესის განვითარებას (მაგალითად, დატვირთვის გაზრდისას).

საუკეთესო კონსტრუქციული გადაწყვეტილების დამუშავებისათვის მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ოპტიმიზაციის მოდელები. მაგრამ ამ ოპტიმიზაციურ ამოცანას აფერხებენ პრინციპული სიძნელებები, როგორცაა: ამოცანების პარამეტრების დიდი რაოდენობა, მრავალკრიტერიულობა, რეალური ფიზიკური პროცესების დროს კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური შეზღუდვების მარტივი და დამუშავებული ხერხების უქონლობა.

რაციონალური, საიმედო და ყოველმხრივ დასაბუთებული საკონსტრუქტორო გადაწყვეტილებების მისაღებად პრაქტიკულად განხორციელებადი და ტექნიკურად მიზანშეწონილია დასამუშავებელი კონსტრუქციების (მოდულების) არა გლობალური ოპტიმიზაცია, არამედ ფუნქციონირების მოდელების საფუძველზე მათი მრავალვარიანტული დამუშავება (რაც რათქმა უნდა პროექტირების და ექსპლუატაციის ცალკეულ ეტაპზე არ გამორიცხავს დეტალის ოპტიმიზაციის მეთოდების ლოკალურ გამოყენებას).

დამუშავების ყოველი სტადიის შესრულებასთან ერთად დამმუშავებლისთვის მნიშვნელოვანია მაქსიმალურად ინფორმაციული სახით შეიქმნას დეტალის ან მანქანა-დანადგარის, გარემოს და ექსპლუატაციის დროს კონსტრუქციების ქცევის ვიზუალური მოდელები. აქ შეიძლება გამოყენებული იყოს სხვადასხვა კვეთების, პროექტირების დასაშვები და რეალური პარამეტრების მნიშვნელობების აგება. ამ დროს მნიშვნელოვან აზრობრივ დატვირთვას ასრულებს ვიზუალური მოდელის ფერებში შესრულება.

ამ მოდელის ძირითადი ამოცანაა მზიდი კონსტრუქციების რღვევის პროცესის შესწავლა და პერსონალური კომპიუტერის ბაზაზე განსაკუთრებულად რთული კონსტრუქციების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის გაანგარიშების ავტომატიზაციის სისტემის შექმნა და კომპიუტერის საფუძველზე დამუშავებული გამოყენებითი პროგრამების პაკეტის ფუნქციური შესაძლებლობების მნიშვნელოვანი გაფართოება.

პროგრამის პაკეტს საფუძვლად უდევს სამშენებლო მექანიკის და დეფორმირებული მყარი სხეულის მექანიკის ამოცანათა ამოხსნის ყველაზე ეფექტური მეთოდები, საიმედოობის თეორიის, კომპიუტერული საანგარიშო კომპლექსები, აგრეთვე აუცილებელია შეიქმნას კონსტრუქციების მონიტორინგის პროცესის მკაცრად ჩამოყალიბებული მოდელი.

ამასთან, ექსპლუატაციის რეალურ პირობებში მყოფი კონსტრუქციების შემოწმება არსებული არამრღვევი კონტროლის მეთოდებით აღარ ითვლება კვლევის ძირითად ბაზად, არამარტო მაღალი თვითღირებულების გამო, არამედ კვლევის ანალიზური მეთოდებისა და ექსპერიმენტის არასრულყოფილების შედეგადაც. აგრეთვე ყოველთვის არ ამართლებს ექსპლუატაციაში მყოფი კონსტრუქციების შემოწმება დროის რესურსის არსებული არამრღვევი კონტროლის მეთოდებით. იტელექტუალური, მათ შორის ბოჭკოვან – ოპტიკური მეთოდების სწრაფმა განვითარებამ მეცნიერებს საშუალება მისცა შემოწმება ჩატარებულიყო ტექნიკური მდგომარეობის მიხედვით. ეს გარემოება და გამოთვლითი ტექნიკის მიღწევები საშუალებას იძლევა დინამიკური ზემოქმედებით გამოწვეული რთული გარდამავალი პროცესები, განხილულ იქნას და გადაწყდეს არა ფრაგმენტულად, არამედ კომპლექსურად ექსპლუატაციის რეალურ პირობებში.

კონსტრუქციების (საკლავი ობიექტის) აღწერის მათემატიკური ენა უნდა შეესაბამებოდეს მოცემულ შემთხვევაში მიმდინარე ფიზიკურ პროცესებს. ჩვენ შემთხვევაში თანამედროვე გადამწოდები საშუალებას იძლევა სამგანზომი-ლებიან კონსტრუქციაში მიმდინარე რხევითი პროცესები შესწავლილ იქნას დროში, ე.ი. საქმე გვაქვს განაწილებული სისტემების დინამიურ ანალიზთან. ასეთ სისტემებს შეესაბამება მათემატიკური მოდელი – კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა. ამ მეთოდის მიხედვით, კონსტრუქციებში მიმდინარე რღვევის პროცესის ანალიზური აღწერა ანუ ზუსტი თეორიული ანალიზი აწყდება რთულ მათემატიკურ პრობლემებს.

ყოველივე ზემოთთქმული მოითხოვს სამეცნიერო კვლევის ახალ მეთოდოლოგიას, რომელსაც საფუძვლად უდევს მათემატიკური მოდელირებისა და კომპიუტერზე რიცხვითი ექსპერიმენტების ჩატარების პრაქტიკა. ეს მნიშვნელოვნად აფართოებს ამგვარი ამოცანების გადაწყვეტის შესაძლებლობებს, რადგან იგი საშუალებას იძლევა ერთმანეთთან მჭიდროდ დავაკავშიროთ ფიზიკური მოვლენები, გამზომი ინსტრუმენტები, მათ შორის გადამწოდების თვისებები, კომპიუტერის შესაძლებლობები და რიცხვითი მეთოდები.

3.3. მოდულური შენობების ტექნიკური მდგომარეობის შესწავლის მაგალითები, ფიზიკური ექსპერიმენტების ფრაგმენტები

განვიხილოთ მაგალითები, სადაც განხორციელდა მონიტორინგი (ჩვენს მიერ შექმნილი მონიტორინგის მობილური დიაგნოსტიკური კომპლექსის გამოყენებით) აშენებული სწრაფადაგებადი მოდულური შენობებზე. პირველი შენობა არის საცხოვრებელი სახლი, რომელიც სწრაფადაგებად მოდულურ შენობას წარმოადგენს, ხოლო ორი არის კომერციული დანიშნულების ერთიდაიგივე ზომის და კონსტრუქციული გადაწყვეტით მიღებული სწრაფადაგებადი შენობები სხვადასხვა ადგილზე, სხვადასხვა ნორმატიული დატვირთვებით. რომელთაგან ერთი დაინგრა თოვლის დატვირთვის ნორმატიულზე გაცილებით დიდი ზემოქმედებისგან (სტიქიურ მოვლენას ჰქონდა ადგილი, ხოლო მეორე იდენტური არ დაინგრეულა, რადგან იმ ადგილზე თოვლის ნორმატიულზე მეტი დატვირთვას

ადგილი არ ქონია. ექსპერიმენტის მთავარი ფაქტორი გახლდათ თოვლის დატვირთვა.

მაგალითი 1. შენობის მოკლე აღწერა საპროექტო მონაცემების მიხედვით.

გამოსაკვლევ სწრაფადაგებადი მოდულური მსუბუქი კონსტრუქციის დამხმარე ფართის მზიდი კონსტრუქცია გადაწყვეტილია შემდეგი სქემით: საძირკვლები მონოლითური რკინაბეტონისაა, ხოლო მიწისზედა ნაწილი გადაწყვეტილია ლითონის ელემენტებით. შენობის ასაშენებლად გამოყენებულია ქარხნული წესით დამზადებული სატვირთო კონტეინერები. შენობა ორსართულიანია. პირველი სართული (0.00 ნიშნული) მიწის დონიდან აწეულია 1 მ სიმაღლეზე, ხოლო მეორე სართული მოწყობილია +3.00 ნიშნულზე. სართულები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ლითონის კიბით (სურათები 3.1; 3.2).



სურ. 3.1. შენობის ფასადი



სურ. 3.2. შენობის ფასადი

საინჟინრო გეოლოგიური დასკვნის მიხედვით, რომელიც ჩატარებულია გ. რუსტამოვის მიერ, საძირკვლის ფუძედ მიღებულია თიხნარი გრუნტი, პირობითი საანგარიშო წინალობით $R_0 = 2.5$ კგმ/სმ². სამშენებლო მოედანი განლაგებულია 8 ბალიან სეისმურ ზონაში.

შენობის ძირითადი მზიდი კონსტრუქციული ელემენტების ზომები:

- შენობის წერტილოვანი ტიპის საძირკველი – ზომებით – 600×600×750 მმ;
- მილდგარები – Ø140მმ, ლითონის ორტესებრი კოჭები – № 16, შველერები – № 16 და №10; მილკვადრატები – 100×100×5.

ვიზუალურ-ტექნიკური და ინსტრუმენტალური გამოკვლევა საძირკველი

შენობის საძირკველი წერტილოვანი ტიპისაა. წერტილოვანი საძირკველის ზომებია – 600×600×750 მმ. ბეტონის კლასი B25, დაარმირებულია Ø12მმ არმატურით, კლასით A500C. აღნიშნული პარამეტრები დადგენილია სკლერომეტრით და მაგნიტომეტრით (სურ. 3.3; 3.4; 3.5; 3.6).



სურ. 3.3. საძირკველის ბეტონის სიმტკიცის დადგენა



სურ. 3.4. საძირკველის არმირების გამოკვლევა



სურ. 3.5. საძირკველის ბეტონის სიმტკიცის დადგენა



სურ. 3.6. საძირკველის არმირების გამოკვლევა

ლითონის მზიდი კონსტრუქცია

წერტილოვან საძირკველებში, 1მ სიმაღლეზე, ჩაანკერებულია ლითონის მილები, Ø140მმ, რომელზეც, 0.00 ნიშნულზე, დამონტაჟებულია ქარხნული წესით დამზადებული ორი კონტეინერი. აღნიშნული კონტეინერების თავზე, მართობულად, ფასადის მხარეს კონსოლური გადაკიდებით, განთავსებულია ასევე ქარხნული წესით დამზადებული მესამე კონსტეინერი. შენობის მოსაწყობად

გამოყენებულია ლითონის მილკვადრატის სვეტები – 100×100×5, ორტესებრი კოჭები №16 და შველერები, №16; № 10. ხის იატაკების მოსაწყობად, როგორც 0.00 ნიშნულზე, ისე +2.65 ნიშნულზე მოწყობილია ხის იატაკი, ხის კოჭების ზომებით 80×160, ბიჯით 0.5 მ (სურათები: 3.7; 3.8; 3.9; 3.10; 3.11; 3.12).



სურ. 3.7. შენობის მიწის დონიდან აწევის დადგენა



სურ. 3.8. მილკვადრატის ზომების სიმაღლის დადგენა



სურ. 3.9. იატაკის ხის კოჭების ზომების დადგენა



სურ. 3.10. იატაკის ხის კოჭების ზომების დადგენა



სურ. 3.11. შველერის ზომების დადგენა



სურ. 3.12. ორტესებრი კოჭის ზომების დადგენა

ინსპექტირებისას გამოვლინდა შემდეგი შეუსაბამობები პროექტთან მიმართებაში:

პროექტის დარღვევით მოწყობილია იატაკის ხის ელემენტების ლითონის ელემენტებთან ჩამაგრების კვანძები (სურ. 3.13; 3.14).



სურ. 3.13. პროექტის დარღვევით მოწყობილი ჩამაგრების კვანძები (მონიშნულია წითლად)

სურ. 3.14. პროექტის დარღვევით მოწყობილი ჩამაგრების კვანძები (მონიშნულია წითლად)

რიგ ადგილებში უხარისხოდაა შესრულებული შედუღების ნაკერები (სურ. 3.15; 3.16).



სურ. 3.15. უხარისხოს შესრულებული შედუღების ნაკერები (მონიშნულია წითლად)

სურ. 3.16. უხარისხოს შესრულებული შედუღების ნაკერები (მონიშნულია წითლად)

პროექტის მიხედვით გათვალისწინებულია ორტესებრი კოჭები #20, ხოლო ადგილზე მოწყობილია ორტესებრი კოჭები №16;

შენობის საყრდენი მილდგარები, პროექტის მიხედვით გათვალისწინებულია 167 მმ, ადგილზე მოწყობილია 140 მმ;

დიაგნოსტიკის შედეგად მიღებული მონაცემების და საპროექტო დოკუმენტაციის მიხედვით აგებულია შენობის მოდელი და ჩატარებულია სამოწმებელი სივრცითი განგარიშება.

შენობის მზიდი კონსტრუქციების ჩონჩხედის (კარკასის) სტატიკური და დინამიკური ზემოქმედებების სამოწმებელი განგარიშება

საკვლევი შენობის საანგარიშო მოდელები (სქემები) შედგენილია კონსტრუქციული ნახაზებისა და შესაბამისი კვლევების საფუძველზე, სადაც შეტანილია კონსტრუქციების რეალური პარამეტრები, სამოწმებელი განგარიშებები ჩატარებულია სამშენებლო კონსტრუქციების ტიპური საანგარიშო კომპლექსი „LIRA SAPR 2016 PRO“-ის გამოყენებით (ლიცენზიის ნომერი №1/5515), დღეისათვის საქართველოში მოქმედი სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად.

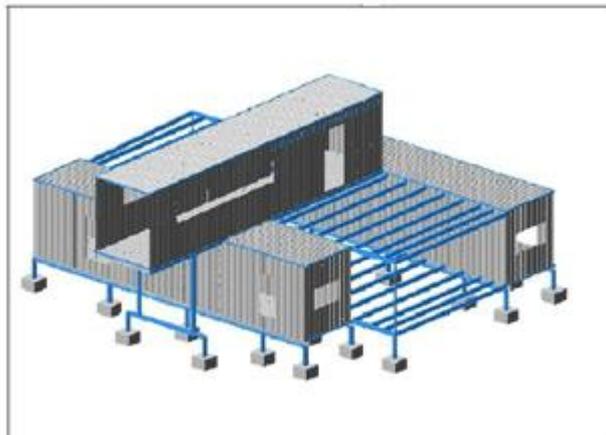
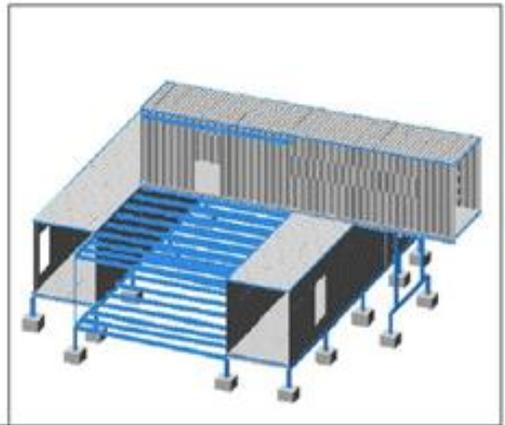
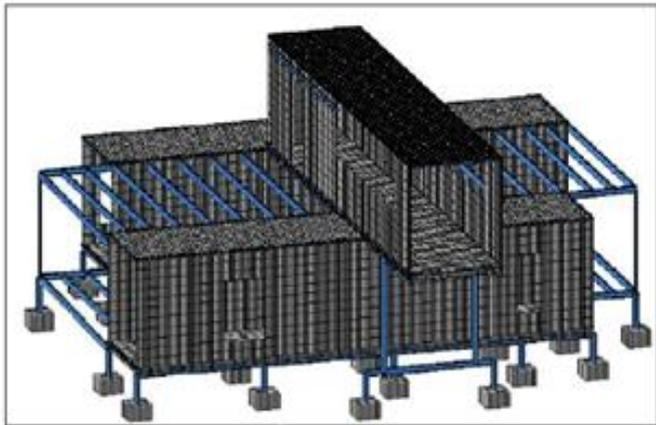
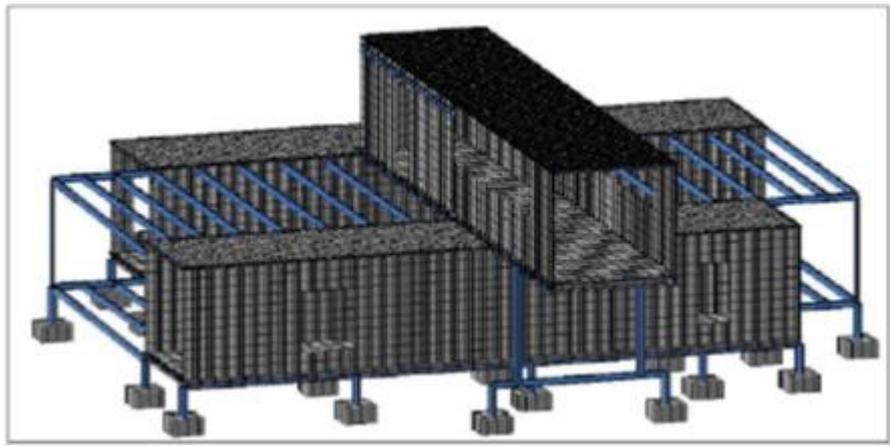
ასევე, დატვირთვებისა და ზემოქმედებების განაწილება შესრულებულია საქართველოში დღეისათვის მოქმედი სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად.

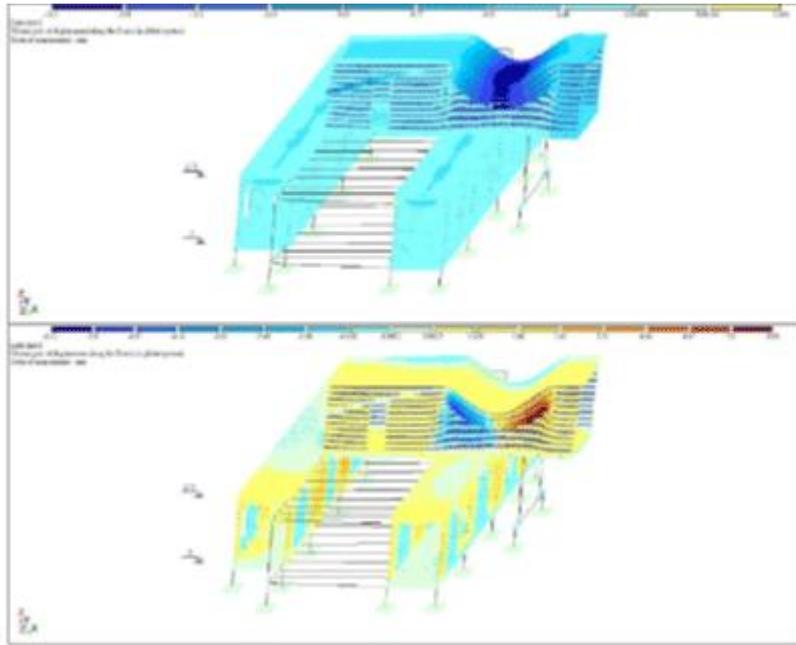
სამოწმებელ ანგარიშში დატვირთვების განაწილება მიღებულია არსებული საპროექტო დოკუმენტაციიდან, რომლის მიხედვითაც განხორციელდა მშენებლობა.

შენობის მზიდი კონსტრუქციები განგარიშებულია, როგორც ერთიანი სივრცული სისტემა მუდმივ, ხანგრძლივ და დროებით ვერტიკალურ დატვირთვებზე.

სამოწმებელ ანგარიშში დატვირთვების განაწილება მიღებულია არსებული საპროექტო დოკუმენტაციიდან, რომლის მიხედვითაც განხორციელდა მშენებლობა.

შენობის მზიდი კონსტრუქციები განგარიშებულია, როგორც ერთიანი სივრცული სისტემა მუდმივ, ხანგრძლივ და დროებით ვერტიკალურ დატვირთვებზე.





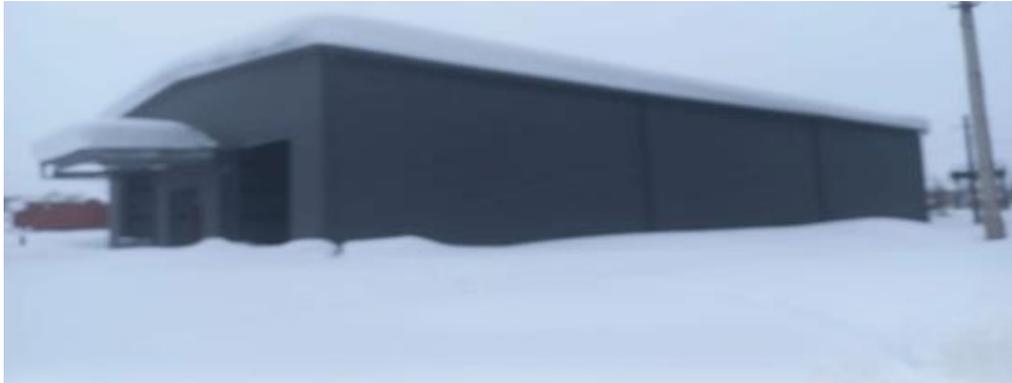
ჩატარებული კვლევის ანალიზი

ჩატარებული ვიზუალურ-ტექნიკური და ინსტრუმენტალური დიაგნოსტიკის შედეგად დადგინდა: შენობის მზიდ მონოლითურ რკინაბეტონის და ლითონის კონსტრუქციებს არ აღენიშნება საძირკველის ჯდენით გამოწვეული დეფორმაციები და სხვა სახის დეფექტები, შეინიშნება შესრულების მცირედი ხარვეზები, რაც მდგრადობაზე გავლენას არ იქონიებს, შენობის მზიდი კონსტრუქცია ძირითადად მოწყობილია კონსტრუქციული პროექტის მიხედვით, ხოლო პროექტიდან განსხვავებული მილკვადრატის და ორტესებრის ზომები გათვალისწინებულია სამოწმებელ ანგარიშში, საიდანაც დადგინდა, რომ შენობა მდგრადია, სეისმომდებია და შესაბამისობაშია სანებართვო პირობებთან.

მაგალითი 2. მოდულური შენობის ავარიის მიზეზის დადგენა კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდით სავაჭრო-სასაწყობე შენობის აღწერა საპროექტო მონაცემების მიხედვით.

ერთ სართულიანი შენობა მდებარეობს სწორ რელიეფზე, მაქსიმალური ღერძული ზომებით 20.96×32.64 მ, შენობას გააჩნია მონოლითური რკინაბეტონის ლენტურ-წერტილოვანი ტიპის საძირკველი, კონსტრუქციული გადაწყვეტილებით შენობის მზიდი კონსტრუქცია ფოლადის ჩარჩოკავშიროვანი ტიპისაა, რომლის მზიდ ელემენტებს წარმოადგენს ქარხნული წესით დამზადებული ვერტიკალური

და ჰორიზონტალური ცვლადკვეთიანი ლითონის ელემენტები, შენობის ბურულად და შემომფარგლავ კედლებად გამოყენებულია „სენდვიჩპანელები“ (სურ. 3.17).



სურ. 3.17. არსებული შენობის საერთო ხედი

სტიქიური მოვლენით (უხვი ნალექი, დიდთოვლობა) გამოწვეული დატვირთვების ზემოქმედების შედეგად (ნორმაზე გაცილებით დიდი თოვლის დატვირთვის ზემოქმედებით) ლითონის კარკასის მზიდი კონსტრუქცია მთლიანად დანგრეულია (სურათები: 3.18; 3.19).



სურ. 3.18. დანგრეული სავაჭრო-სასაწყობე შენობა



სურ. 3.19. დანგრეული სავაჭრო-სასაწყობე შენობა

საწყობის შენობა გეგმარებითი პარამეტრების აღწერა

საწყობის შენობის საძირკვლი ლენტურ-წერტილოვანი ტიპისაა, ბეტონი კლასით B25, არმატურა კლასით B500c და B240c, ბეტონის დამცავი შრე შეადგენს 40მმ-ს.

საწყობის შენობის ლითონის კონსტრუქციის მზიდი ელემენტებია: ლითონის ცვლადკვეთიანი ჩარჩო.

საწყობის შენობის ძირითადი მზიდი ლითონის და რკინაბეტონის

კონსტრუქციული ელემენტების ზომები:

- მონოლითური რკინაბეტონის ლენტურ-წერტილოვანი საძირკველი, წ.ს-1, განივკვეთი: $a \times b \times h = 2000 \times 1500 \times 300$ მმ (პირველი საფეხური); $a \times b \times h = 1500 \times 1000 \times 300$ მმ (მეორე საფეხური); წ.ს-2, განივკვეთი: $a \times b \times h = 1500 \times 1500 \times 300$ მმ (პირველი საფეხური); $a \times b \times h = 1000 \times 1000 \times 300$ მმ (მეორე საფეხური); ლ.ს $b \times h = 600 \times 600$ მმ;
- მონოლითური რკინაბეტონის ზეძირკველის კედელი: $b = 300$ მმ;
- ცვლად კვეთიანი ლითონის შედგენილი სვეტები განივკვეთი: W-(245-370) $\times 4$ მმ, 2F-148 $\times 6$ მმ; W-370 $\times 6$ მმ, 2F-148 $\times 6$ მმ; W-(245-555) $\times 4$ მმ, 2F-185 $\times 6$ მმ; W-(555-645) $\times 5$ მმ, OF-185 $\times 6$ მმ; IF-185 $\times 7$ მმ; W-(245-555) $\times 4$ მმ, 2F-185 $\times 6$ მმ; W-(555-645) $\times 5$ მმ, 2F-185 $\times 6$ მმ; ფახვერკის შედგენილი სვეტები განივკვეთი: W-245 $\times 4$ მმ, 2F-165 $\times 6$ მმ.
- ცვლად კვეთიანი ლითონის შედგენილი კოჭები: W-(350-245) $\times 4$ მმ, 2F-123 $\times 6$ მმ; W-245 $\times 4$ მმ, 2F-123 $\times 6$ მმ; W-(555-350) $\times 5$ მმ, OF-185 $\times 6$ მმ; IF-185 $\times 7$ მმ; W-(350-425) $\times 4$ მმ, 2F-185 $\times 6$ მმ; W-(555-350) $\times 5$ მმ, OF-185 $\times 6$ მმ; IF-185 $\times 7$ მმ; W-(350-425) $\times 4$ მმ, 2F-185 $\times 6$ მმ;
- ვერტიკალური და ჰორიზონტალური X-ჯვარედინი სიხისტეები: ფოლადის ღეროვანი ელემენტები, დიამეტრით $\varnothing 20$ მმ.

ვიზუალურ-ტექნიკური და ინსტრუმენტალური გამოკვლევა საძირკველი

საწყობის შენობის საძირკველი მონოლითური რკინაბეტონის ლენტურ-წერტილოვანი ტიპისაა, წ.ს-1, განივკვეთი: $a \times b \times h = 2000 \times 1500 \times 300$ მმ, (პირველი საფეხური); $a \times b \times h = 1500 \times 1000 \times 300$ მმ (მეორე საფეხური); წ.ს-2, განივკვეთი: $a \times b \times h = 1500 \times 1500 \times 300$ მმ, (პირველი საფეხური); $a \times b \times h = 1000 \times 1000 \times 300$ მმ (მეორე საფეხური); ლ.ს $b \times h = 600 \times 300$ მმ; ბეტონის კლასით B25, დაარმირებულია $\varnothing 16$ მმ; $\varnothing 14$ მმ; $\varnothing 10$ მმ; $\varnothing 8$ მმ არმატურებით, არმატურა კლასით B500c და B240c (კონსტრუქციული პროექტის მიხედვით), ბეტონის დამცავი შრე შეადგენს 70 მმ-ს. ლენტურ საძირკველზე მოწყობილია მონოლითური რკინაბეტონის ზეძირკველის კედელი სისქით $b=300$ მმ; ბეტონის კლასით B25, დაარმირებულია $\varnothing 12$ მმ; $\varnothing 8$ მმ არმატურებით, არმატურა კლასით B500c და B240c (კონსტრუქციული პროექტის მიხედვით), ბეტონის დამცავი შრე შეადგენს 30 მმ-ს. აღნიშნული პარამეტრები დადგენილია სკლერომეტრით და ულტრასონოგრაფით. ზეძირკველის კედელს მოწყობილი არა აქვს ჰიდროიზოლაცია, იატაკის ფილის ბეტონის ჩაწყობის სამუშაოები არ არის დასრულებული (სურ: 3.20; 3.21; 3.22; 3.23).



სურ. 3.20. რკ/ზ საძირკველის გამოკვლევა



სურ. 3.21. რკ/ზ საძირკველის გამოკვლევა



სურ. 3.22. რკ/ზ საძირკველის გამოკვლევა



სურ. 3.23. რკ/ზ ზეძირკველის კედლის ზომების დადგენა

ლითონის ცვლადკვეთიანი სვეტები

ჩარჩოს მოსაწყობად გამოყენებულია ქარხნულად დამზადებული ლითონის ცვლადკვეთიანი შედგენილი სვეტები, მაკავშირებელი კვანძებით, განივკვეთი: W-(245-370)×4 მმ, 2F-148×6მმ; W-370×6მმ, 2F-148×6მმ; W-(245-555) ×4მმ, 2F-185×6მმ; W-(555-645)×5მმ, 2F-185×6მმ; h=6650მმ, შედგენილი სვეტების კონსტრუქციის მოსაწყობად გამოყენებულია ლითონის ფურცლოვანი მასალა, კედლის სისქით b=6მმ, b=5მმ, b=4მმ, ხოლო შენობის გემის „1“, „5“, „51“ ღერძებში „C-B“ მალში მოწყობილია ლითონის ფახვერკის შედგენილი სვეტები განივკვეთი: W-245×4მმ, 2F-165×6მმ. კვანძების საბაზო მაკავშირებელ ელემენტებად გამოყენებულია ლითონის სქელკედლიანი ფურცლოვანი მასალა, კედლის სისქით b=16მმ (სურ. 3.24; 3.25; 3.26; 3.27).



სურ. 3.24. ლით. ელემენტის კედლის სისქის გაზომვა



სურ. 3.25. ლით. ელემენტის კედლის სისქის გაზომვა



სურ. 3.26. ლით. ელემენტის კედლის სისქის გაზომვა



სურ. 3.27. ლით. ელემენტის ზომების დადგენა

სტიქიური მოვლენით (უხვი ნალექი, დიდთოვლობა) გამოწვეული, ძლიერ გადაჭარბებული დატვირთვების ზემოქმედების შედეგად ჩარჩოს შემადგენელი ცვლადკვეთიანი შედგენილი და მაკავშირებელი კვანძები მნიშვნელოვნად დაზიანებულია, კერძოდ: სვეტის ტანზე კედლები და თაროები, რომლებიც მოწყობილია ლითონის ფურცლოვანი ელემენტებით, დეფორმირებულია, სვეტებზე გარკვეულ ზონებში ფურცლოვანი ელემენტები ჩაჭრილია, შენადული ნაკერების ზონაში ლითონის ფურცლოვანი ელემენტები ერთმანეთისგან დაცილებულია, საბაზო საყრდენი ლითონის ფურცლები დეფორმირებულია, სვეტების ბაზისები საანკერე ღეროებიდან ამოგლეჯილი, ძლიერ დეფორმირებული და გადაყირავებულია. საანკერე ღეროების გარკვეული რაოდენობა გაწყვეტილია, ნაწილზე კი ქანჩები ამოგლეჯილია (სურათები: 3.28; 3.29; 3.30; 3.31).



სურ. 3.28. დეფორმირებული ლითონის სვეტი (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)



სურ. 3.29. დაცილებული ლითონის ფურცლები (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)



სურ. 3.30. დაზიანებული ლით. ელემენტი (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)



სურ. 3.31. გაწყვეტილი საანკერე ღეროები (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)

გადახურვის ლითონის ცვლადკვეთიანი კოჭები

ჩარჩოს მოსაწყობად გამოყენებულია ქარხნულად დამზადებული ლითონის ცვლადკვეთიანი შედგენილი კოჭები, მაკავშირებელი კვანძებით, განივკვეთი: W-(350-245)×4მმ, 2F-123×6მმ; W-245×4მმ, 2F-123×6მმ; W-(555-350) ×5მმ, OF-185×6მმ; IF-185×7მმ; W-(350-425)×4მმ, 2F-185×6მმ; W-(555-350)×5მმ, OF-185×6მმ; IF-185×7მმ; W-(350-425)×4მმ, 2F-185×6მმ; შედგენილი კოჭების კონსტრუქციების მოსაწყობად გამოყენებულია ლითონის ფურცლოვანი მასალა, კედლის სისქით $b = 7\text{მმ}$, $b = 6\text{მმ}$, $b=5\text{მმ}$, $b = 4\text{მმ}$, კვანძების საბაზო მაკავშირებელ ელემენტებად გამოყენებულია ლითონის სქელკედლიანი ფურცლოვანი მასალა, კედლის სისქით $b = 16\text{მმ}$ (სურ: 3.32; 3.33; 3.34; 3.35).



სურ. 3.32. ლით. ელემენტის კედლის სისქის გაზომვა



სურ. 3.33. ლით. ელემენტის კედლის სისქის გაზომვა



სურ. 3.34. ლით. ელემენტის კედლის სისქის გაზომვა



სურ. 3.35. ლით. ელემენტის ზომების დადგენა

სტიქიური მოვლენით (უხვი ნალექი, დიდთოვლობა) გამოწვეული, ძლიერ გადაჭარბებული დატვირთვების ზემოქმედების შედეგად ჩარჩოს შემადგენელი ცვლადკვეთიანი შედგენილი კოჭები და მაკავშირებელი კვანძები მნიშვნელოვნად დააზიანებულა, კერძოდ: კოჭების ტანზე კედლები, თაროები და მაკავშირებელი საბაზო ლითონის ფურცლები, რომლებიც მოწყობილია ლითონის ფურცლოვანი ელემენტებით დეფორმირებულია, ცვლადკვეთიანი შედგენილი კოჭები მთლიანად ჩამოშლილია (სურათები: 3.36; 3.37; 3.38; 3.39).



სურ. 3.36. დეფორმირებული ლითონის კოჭი (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)



სურ. 3.37. დეფორმირებული ლითონის კოჭი (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)



სურ. 3.38. დეფორმირებული ლითონის კოჭი (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)



სურ. 3.39. დეფორმირებული ლითონის კოჭი (დაზიანებები მონიშნულია წითლად)

ვერტიკალური და ჰორიზონტალური X-კავშირები

ლითონის კარკასს, შენობის გეგმის „A“, „D“ და „A1“ ღერძებში „1-2“, „4-5“ და „5-51“ მალეებში მოწყობილი აქვს სიხისთვის X-კავშირები, გამოყენებულია ლითონის ღეროვანი ელემენტები, დიამეტრით $\varnothing 20\text{მმ}$, ასევე ლითონის სავეტებს, გადახურვის დონეზე, გარკვეულ მალეებში მოწყობილია აქვს მაკავშირებელი ლითონის ელემენტები, კვადრატული მილები, განივკვეთი: $120 \times 120 \times 4\text{მმ}$ (სურათები: 3.40; 3.41; 3.42; 3.43).

მოწყობილი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური X-კავშირები, სტიქიური მოვლენით (უხვი ნალექი, დიდთოვლობა) გამოწვეული, ძლიერ გადაჭარბებული დატვირთვების ზემოქმედების შედეგად სვეტებზე მოწყობილი სამაგრი კვანძებიდან ამოგლეჯილია, X-კავშირების ღეროვანი ელემენტები დეფორმირებულია, გარკვეულ მონაკვეთებში მჭიმებზე დაფიქსირდა ჩაწყვეტები, სვეტების



სურ. 3.40. დეფორმირებული X-კავშირები (კავშირები მონიშნულია წითლად)



სურ. 3.41. დეფორმირებული X-კავშირები (კავშირები მონიშნულია წითლად)



სურ. 3.42. X-კავშირი და მაკავშირებელი ლითონის ელემენტი (კავშირები მონიშნულია წითლად)



სურ. 3.43. მაკავშირებელი ლითონის ელემენტი (კავშირები მონიშნულია წითლად)

მაღში გადახურვის დონეზე მოწყობილი ლითონის ელემენტები და შეერთების კვანძებზე მაკავშირებელი ლითონის ფურცლები დეფორმირებულია, კვანძებზე ქანჩ-ქანჭიკოვანი შეერთებები დაზიანებულია, გარკვეული რაოდენობის ქანჭიკები გაწყვეტილია (სურათები: 3.44; 3.45; 3.46; 3.47).



სურ. 3.44. დაზიანებული X-კავშირის ღეროვანი ელემენტი (დაზიანება მონიშნულია წითლად)



სურ. 3.45. დაზიანებული X-კავშირის ღეროვანი ელემენტი (დაზიანება მონიშნულია წითლად)



სურ. 3.46. დეფორმირებული მაკავშირებელი ფურცელი (დაზიანება მონიშნულია წითლად)



სურ. 3.47. დეფორმირებული ლითონის ღეროვანი ელემენტი (დაზიანება მონიშნულია წითლად)

საწყობის შენობის სახურავი და კედლები

საწყობის შენობის ორქანობიანი სახურავი გადახურულია „სენდვიჩპანელებით“ კედლის სისქე $h=8$ მმ, ხოლო ლითონის კარკასის შემომზღუდავი კედლები მოწყობილია „სენდვიჩპანელებით“ კედლის სისქე $h=4$ მმ, ლითონის შედგენილ სვეტებზე პერიმეტრულად და სახურავის კოჭებზე „სენდვიჩპანელის“ სამაგრებად გარკვეული ბიჯით მოწყობილია საკედლე და სახურავის გრძივები, ქარხნულად დამზადებული ორთაროიანი ლითონის ელემენტები (სურათები: 3.48; 3.49; 3.50; 3.51).



სურ. 3.48. დაზიანებული გადახურვა



სურ. 3.49. დაზიანებული გადახურვა



სურ. 3.50. დაზიანებული გადახურვა



სურ. 3.51. დაზიანებული გადახურვა

სტიქიური მოვლენით (უხვი ნალექი, დიდთოვლობა) გამოწვეული, ძლიერ გადაჭარბებული დატვირთვების ზემოქმედების შედეგად ლითონის კარკასის სახურავის ფენილი, შემომზღუდავი კედლები, სადაც გამოყენებულია „სენდვიჩპანელები“ და სამაგრი გრძივები (ორთაროიანი ლითონის ელემენტები) დეფორმირებულია და სახურავის და კედლის კონსტრუქციები მთლიანად ჩამოშლილია (სურათები: 3.52; 3.53).



სურ. 3.52. დაზიანებული გადახურვა (სენდვიჩპანელი და სამაგრი ელემენტები)



სურ. 3.53. დაზიანებული გადახურვა (სენდვიჩპანელი და სამაგრი ელემენტები)

აღებული იქნა ნიმუშები ფოლადის კონსტრუქციებიდან, გამოცდილი იქნა გაჭიმვაზე სამშენებლო ფაკულტეტის სასწავლო-საექსპერტო ლაბორატორიაში.

შველერისა და კუთხოვანის ნიმუშები აღებული იქნა შენობაში გამოყენებული მასალიდან (სურ. 3.54, 3.55), მოხდა მათი დამუშავება შესაბამის ზომებში 300×25 მმ. შემდეგ გამოცდა ჩატარდა სამშენებლო ლაბორატორიაში. მექანიკური თვისებები განისაზღვრა წნეხზე გაჭიმვაზე. $R = 76.04 \text{ კნ/სმ}^2$



სურ. 3.54. კონსტრუქციიდან ამოჭრილი ნიმუში



სურ. 3.55. ორტესებრიდან ამოჭრილი ნიმუში

ჩატარებული კვლევის ანალიზი

ჩატარებული, ვიზუალურ ტექნიკური და ინსტრუმენტული გამოკვლევის შედეგად დადგინდა:

საძირკველი

საწყობის შენობის საძირკველი მონოლითური რკინაბეტონის ლენტურ-წერტილოვანი ტიპისაა, მოწყობილია მონოლითური რკინაბეტონის ზეძირკველის კედელი, კედელის მიწისზედა ნაწილის სიმაღლე შეადგენს $h = 60$ მმ. ზეძირკველის კედელს მოწყობილი არა აქვს ჰიდროიზოლაცია, შენობის იატაკის ფილის ბეტონის ჩაწყობის სამუშაოები არ არის დასრულებული.

ჩარჩოს ლითონის ცვლადკვეთიანი სვეტები

სტიქიური მოვლენით (უხვი ნალექი, დიდთოვლობა) გამოწვეული, ძლიერ გადაჭარბებული დატვირთვების ზემოქმედების შედეგად ჩარჩოს შემადგენელი ცვლადკვეთიანი შედგენილი და მაკავშირებელი კვანძები მნიშვნელოვნად დააზიანებულია, კერძოდ: სვეტის ტანზე კედლები და თაროები, რომლებიც მოწყობილია ლითონის ფურცლოვანი ელემენტებით, დეფორმირებულია, სვეტებზე გარკვეულ ზონებში ფურცლოვანი ელემენტები ჩაჭრილია, შენადული ნაკერების ზონაში ლითონის ფურცლოვანი ელემენტები დაცილებულია, საბაზო საყრდენი ლითონის ფურცლები დეფორმირებულია, სვეტები საანკერე ღეროებიდან ამოგლეჯილი და გადაყრავებულია. საანკერე ღეროების გარკვეული რაოდენობა გაწყვეტილია, ნაწილიზე კი ქანჩები ამოგლეჯილია.

ჩარჩოს ლითონის ცვლადკვეთიანი კოჭები

სტიქიური მოვლენით (უხვი ნალექი, დიდთოვლობა) გამოწვეული, ძლიერ გადაჭარბებული დატვირთვების ზემოქმედების შედეგად ჩარჩოს შემადგენელი ცვლადკვეთიანი შედგენილი კოჭები და მაკავშირებელი კვანძები მნიშვნელოვნად დააზიანებულია, კერძოდ: კოჭების ტანზე კედლები, თაროები და მაკავშირებელი საბაზო ლითონის ფურცლები, რომლებიც მოწყობილია ლითონის ფურცლოვანი ელემენტებით დეფორმირებულია, ცვლადკვეთიანი შედგენილი კოჭები მთლიანად ჩამოშლილია.

ვერტიკალური და ჰორიზონტალური X-კავშირები

მოწყობილი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური X-კავშირები, სტიქიური მოვლენით (უხვი ნალექი, დიდთოვლობა) გამოწვეული, ძლიერ გადაჭარბებული დატვირთვების ზემოქმედების შედეგად სვეტებზე მოწყობილი სამაგრი კვანძებიდან ამოგლეჯილია, X-კავშირების დეროვანი ელემენტები დეფორმირებულია, გარკვეულ მონაკვეთებში მჭიმებზე დაფიქსირდა ჩაწყვეტები, სვეტების მალში გადახურვის დონეზე მოწყობილი ლითონის ელემენტები და შეერთების კვანძებზე მაკავშირებელი ლითონის ფურცლები დეფორმირებულია, კვანძებზე ქანჩ-ქანჩიკოვანი შეერთებები დაზიანებულია, გარკვეული რაოდენობის ქანჩიკები გაწყვეტილია.

საწყობის შენობის სახურავი და კედლები

სტიქიური მოვლენით (უხვი ნალექი, დიდთოვლობა) გამოწვეული, ძლიერ გადაჭარბებული დატვირთვების ზემოქმედების შედეგად ლითონის კარკასის სახურავის ფენილი, შემომზღუდავი კედლები, სადაც გამოყენებულია „სენდვიჩპანელები“ და სამაგრი გრძივები (ლითონის ორთაროიანი ელემენტები) დეფორმირებულია და სახურავის და კედლების კონსტრუქციები მთლიანად ჩამოშლილია.

სტიქიური მოვლენით (უხვი ნალექი, დიდთოვლობა) გამოწვეული, ძლიერ გადაჭარბებული დატვირთვების ზემოქმედების შედეგად შენობის ლითონის კარკასი მნიშვნელოვნად დაზიანებულია, მზიდი ლითონის კონსტრუქციები მთლიანად დეფორმირებული და ჩამოშლილია. შენობის მზიდი ლითონის კარკასი ექსპლოატაციისათვის უვარგისია.

მაგალითი 3. საწარმო/საწყობის შენობის მოკლე აღწერა.

გამოსაკვლევი შენობა შედგება ერთი მთლიანი და ორსართულიანი (ანტრესოლის ტიპის სართულის) ნაწილებისგან, მაქსიმალური დერძული ზომებით - 63.38×31.42მ, შენობის საძირკველი მონოლითური რკინაბეტონის წერტილოვანი ტიპისაა, ურთიერთგადამკვეთი მონოლითური რკინაბეტონის კოჭებით. შენობის მზიდი კონსტრუქცია ფოლადის ანაკრები ჩარჩოვანი ტიპისაა, რომლის მზიდ ელემენტებს წარმოადგენს ქარხნული წესით დამზადებული ვერტიკალური და

ჰორიზონტალური ცვლადკვეთიანი ლითონის ელემენტები, შენობის ბურულად და შემომფარგლავ კედლებად გამოყენებულია სენდვიჩპანელები (სურათები: 3.56; 3.57; 3.58; 3.59).



სურ. 3.56. საწყობის შენობის ფასადი



სურ. 3.57. საწყობის შენობის ფასადი



სურ. 3.58. საწყობის შენობის ფასადი



სურ. 3.59. საწყობის შენობის ფასადი

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევის მიხედვით, უბანი დამაკმაყოფილებელ პირობებშია, უბანზე გრუნტის წყალი გავრცელებული არ არის, უბნის რელიეფი ძირითადად თარაზულია, საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების სირთულის მიხედვით, უბანი მიეკუთვნება II კატეგორიას (საშუალო სირთულის), შენობის საძირკვლის ფუძედ მიღებულია კენჭნარი გრუნტი თიხნარის შემავსებლით, რომლის პირობითი საანგარიშო წინაღობა – $R_0 = 3.5$ კგმ/სმ². სამშენებლო მოედანი განლაგებულია 8 ბალიანი სეისმური საშიშროების ზონაში, MSK64 სკალის მიხედვით ($A=0.14$).

შენობის მზიდი ლითონის და მონოლითური რკინაბეტონის კონსტრუქციული ელემენტების ზომები:

- მონოლითური რკინაბეტონის ორსაფეხუროვანი წერტილოვანი საძირკველი: განივკვეთი: $a \times b \times h = 3200 \times 2200 \times 800$ მმ; $a \times b \times h = 1800 \times 2200 \times 800$ მმ; $a \times b \times h = 2000 \times 2000 \times 800$ მმ; $a \times b \times h = 1600 \times 1600 \times 400$ მმ;

- მონოლითური რკინაბეტონის საძირკვლის კოჭი, განივკვეთი: $b \times h = 400 \times 1200$ მმ; 400×600 მმ;
- ლითონის ცვლად კვეთიანი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ფოლადის მზიდი ელემენტები;
- ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ჯვარედინი სიხისტეები: ფოლადის ბაგირები დიამეტრით – $\varnothing 30$ მმ; ლითონის ღეროვანი ელემენტები – $\varnothing 20$ მმ;

ვიზუალურ-ტექნიკური და ინსტრუმენტალური გამოკვლევა საძირკველი ზეძირკველი

საწყობის შენობის მონოლითური რკინაბეტონის ორსაფეხუროვანი წერტილოვანი საძირკველი, განივკვეთით: $a \times b \times h = 3200 \times 2200 \times 800$ მმ; $a \times b \times h = 1800 \times 2200 \times 800$ მმ; $a \times b \times h = 2000 \times 2000 \times 800$ მმ; $a \times b \times h = 1600 \times 1600 \times 400$ მმ; ბეტონის კლასით B25, დაარმირებულია $\varnothing 14$ მმ; $\varnothing 12$ მმ; $\varnothing 8$ მმ არმატურებით, არმატურის კლასით B500B, ბეტონის დამცავი შრე შეადგენს 35 მმ-ს;

წერტილოვანი საძირკვლების მონოლითური რკინაბეტონის ტუმბოები – ზომებით 480×600 მმ, 430×500 მმ, 450×600 მმ, ბეტონის კლასით B25, დაარმირებულია $\varnothing 14$ მმ; $\varnothing 12$ მმ; $\varnothing 8$ მმ არმატურებით, არმატურის კლასით B500B, ბეტონის დამცავი შრე შეადგენს 35მმ-ს;

წერტილოვანი საძირკვლების მაკავშირებელი საძირკვლის კოჭები, განივკვეთი: $b \times h = 400 \times 1200$ მმ; 400×600 მმ, ბეტონის კლასით B25, დაარმირებულია $\varnothing 18$ მმ; $\varnothing 8$ მმ; არმატურებით, არმატურა კლასით B500B, ბეტონის დამცავი შრე შეადგენს 50მმ-ს.

მონოლითური რკინაბეტონის საყრდენი კედელი - სისქით $b = 250$ მმ, ბეტონის კლასით B25, დაარმირებულია $\varnothing 12$ მმ; $\varnothing 10$ მმ; $\varnothing 8$ მმ არმატურებით, არმატურა კლასით B500B, ბეტონის დამცავი შრე შეადგენს 40მმ-ს. აღნიშნული პარამეტრები დადგენილია სკლერომეტრით და მაგნიტომეტრით (სურ: 3.60; 3.61; 3.62; 3.63; 3.64; 4.65).



სურ. 3.60. რკინაბეტონის საძირკველის მოწყობა (დამკვეთის მიერ მოწოდებული ფოტოსურათები)



სურ. 3.61. რკინაბეტონის საძირკველის მოწყობა (დამკვეთის მიერ მოწოდებული ფოტოსურათები)



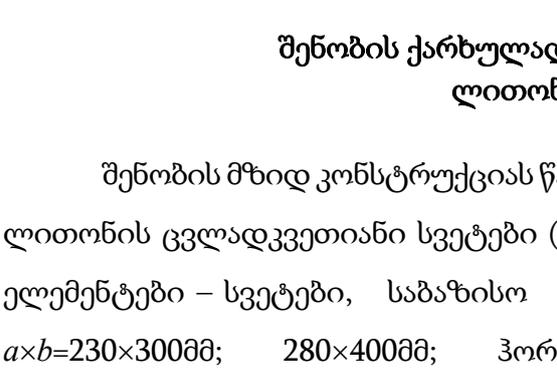
სურ. 3.62. რკინაბეტონის საძირკველის გამოკვლევა



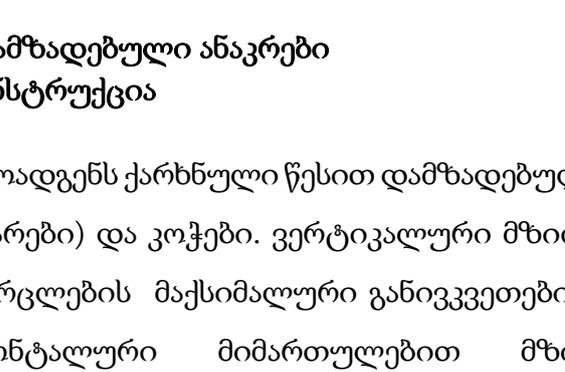
სურ. 3.63. რკინაბეტონის საძირკველის გამოკვლევა



სურ. 3.64. რკინაბეტონის საძირკველის გამოკვლევა



სურ. 3.65. რკინაბეტონის საძირკველის გამოკვლევა



შენობის ქარხულად დამზადებული ანაკრები ლითონკონსტრუქცია

შენობის მზიდ კონსტრუქციას წარმოადგენს ქარხნული წესით დამზადებული ლითონის ცვლადკვეთიანი სვეტები (დგარები) და კოჭები. ვერტიკალური მზიდი ელემენტები – სვეტები, საბაზისო ფურცლების მაქსიმალური განივკვეთებით: $a \times b = 230 \times 300$ მმ; 280×400 მმ; ჰორიზონტალური მიმართულებით მზიდ კონსტრუქციებად გამოყენებულია ქარხნულად დამზადებული ცვლადკვეთიანი ფოლადის ანაკრები ორტესებრი კოჭები;

შენობაში ლითონის კარკასს მოწყობილი აქვს ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ჯვარედინი სიხისტეები, გამოყენებულია ფოლადის ღეროვანი ელემენტები დიამეტრით – $\varnothing 20$ მმ; $\varnothing 30$ მმ; ჯვარედინი სიხისტეების სამაგრების შემადგენელი ელემენტებია – ფოლადის ბაგირი, საყელური და მრავალკუთხა ქანჩი;

ლითონკონსტრუქციაში გამოყენებულია ფოლადის ანკერები – M20; კარნიზების კუთხოვანები; ღეროვანი გამბრჯენი; შედუღებული სამაგრები; გამყოფი სამაგრი, ჩალუნვის საწინააღმდეგო ძელის სამაგრი; საბაზისო კუთხოვანები (სურ. 3.66; 3.67; 3.68; 3.69; 3.70; 3.71; 3.72; 3.73, 3.74. 3.75).



სურ. 3.66. შენობის შიდა სივრცე



სურ. 3.67. ლითონის ელემენტების შეერთების კვანძი



სურ. 3.68. ლითონის ელემენტების შეერთების კვანძი



სურ. 3.69. ლითონის ელემენტების შეერთების კვანძი



სურ. 3.70. ლითონის ელემენტების შეერთების კვანძი



სურ. 3.71. ლითონის ელემენტების ზომების დადგენა



სურ. 3.72. ლითონის ელემენტების შეერთების კვანძი



სურ. 3.73. ლითონის ელემენტების ზომების დადგენა



სურ. 3.74. შენობის ვერტიკალური სიხისტე



სურ. 3.75. შენობის ჰორიზონტალური სიხისტე

შენობის კონსტრუქციული პროექტის „7-8/A-B“ დერძებში მოწყობილია ანტრესოლი, ანტრესოლის საყრდენი მოწყობილია ასევე ქარხნულად დამზადებული ლითონკონსტრუქციით, სართულშუა გადახურვა შესრულებულია მონოლითური რკინაბეტონის ფილით, სისქით 150 მმ, ბეტონის კლასით B25, დაარმირებულია Ø12მმ; არმატურებით, არმატურა კლასით B500B;

ანტრესოლის ნაწილში სართულები დაკავშირებულია ლითონის ელემენტებით მოწყობილი კიბით, გამოყენებულია ლითონის ელემენტები – ორტესებრი კოჭები №26 ; №30, მილკვადრატები – 100×100×4 მმ (სურათები 3.76; 3.77; 3.78; 3.79; 3.80; 3.81; 3.82; 3.83).

შენობის სახურავი და შემომფარგლავი კედლები შესრულებულია სედვიჩპანელებით.



სურ. 3.76. რკ/ზ ფილის ბეტონის სიმტკიცის დადგენა



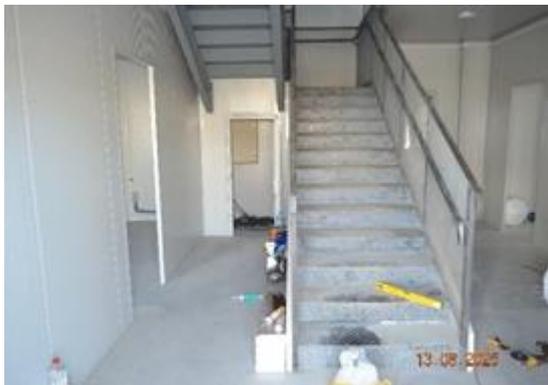
სურ. 3.77. რკ/ზ ფილის არმირების გამოკვლევა



სურ. 3.78. რკ/ზ ფილის ბეტონის სიმტკიცის დადგენა



სურ. 3.79. რკ/ზ ფილის არმირების გამოკვლევა



სურ. 3.80. ლითონის კიბე



სურ. 3.81. ლითონის ელემენტების შეერთების კვანძი



სურ. 3.82. ლითონის ელემენტების ზომების დადგენა



სურ. 3.83. ლითონის ელემენტების ზომების დადგენა

საკვლევი შენობის საანგარიშო მოდელები (სქემები) შედგენილია შესაბამისი კვლევების საფუძველზე. გაანგარიშებულია სასრულ ელემენტთა მეთოდით საანგარიშო პროგრამა **LIRA-SAPR**-ის გამოყენებით, დღეისათვის საქართველოში მოქმედი სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად.

დატვირთვებისა და ზემოქმედებების განაწილება შესრულებულია საქართველოში დღეისათვის მოქმედი სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად.

შენობის მზიდი კონსტრუქციები გაანგარიშებულია, როგორც ერთიანი სივრცული სისტემა მუდმივ, ხანგრძლივ და დროებით ვერტიკალურ დატვირთვებზე.

ჩატარებული კვლევის ანალიზი

ადგილზე ჩატარებული ვიზუალურ-ტექნიკური, დეტალურ-ინსტრუმენტალური და შენობის სივრცითი კონსტრუქციული სისტემის სამოწმებელი ანგარიშის (სტატიკურ-დინამიკურ და სეისმურ 8 ბალიან დატვირთვებზე) შედეგად დადგინდა, რომ შენობის მზიდ მონოლითურ რკინაბეტონის კონსტრუქციებს არ აღენიშნება საძირკველის ჯდენით გამოწვეული ბზარები და სხვა სახის დეფექტები, შენობის მზიდი კონსტრუქციები მდგრადი და სეისმომედეგია.

3.4. სახურავის დიდი თოვლისგან დამცავი სისტემა

მოდულირი ასაწყობი შენობებისა და ნაგებობების სახურავებზე თოვლის საფარი და თოვლის დატვირთვა სერიოზულ საფრთხეს წარმოადგენს. თოვლი გროვდება და გროვდება დიდ ბლოკებად და მასებად, რამაც შეიძლება დააზიანოს სახურავი, ღარები, კომუნალური კაბელები და შენობასთან ახლოს გაჩერებული მანქანები. ყველაზე ცუდი ის არის, რომ უკონტროლო ვარდნამ შეიძლება გამოიწვიოს ადამიანებისა და ცხოველების დაზიანება ან სიკვდილიც კი.

სახურავებიდან თოვლისა და ყინულის „თავად“ მოცილება იმპროვიზირებული ან პროფესიონალური ხელსაწყოების გამოყენებით საფრთხეს უქმნის მუშაკს და შეიძლება გამოიწვიოს სახურავის დაზიანება და შენობის ავარია.

სახურავის თოვლისის პრობლემის ხელმისაწვდომი, მარტივი და გამძლე გადაწყვეტაა სახურავის გათბობის სისტემის მოწყობა.

სახურავის გათბობის სისტემა სახურავების, ღარების, გამტარი მილებისა და უჯრების გათბობისთვის. თვითრეგულირებადი გათბობის სისტემა უზრუნველყოფს თოვლის ავტომატურ გალღობას სენსორების გამოყენებით, რომლებიც ააქტიურებენ სისტემას შესაბამისი ამინდის პირობებში.

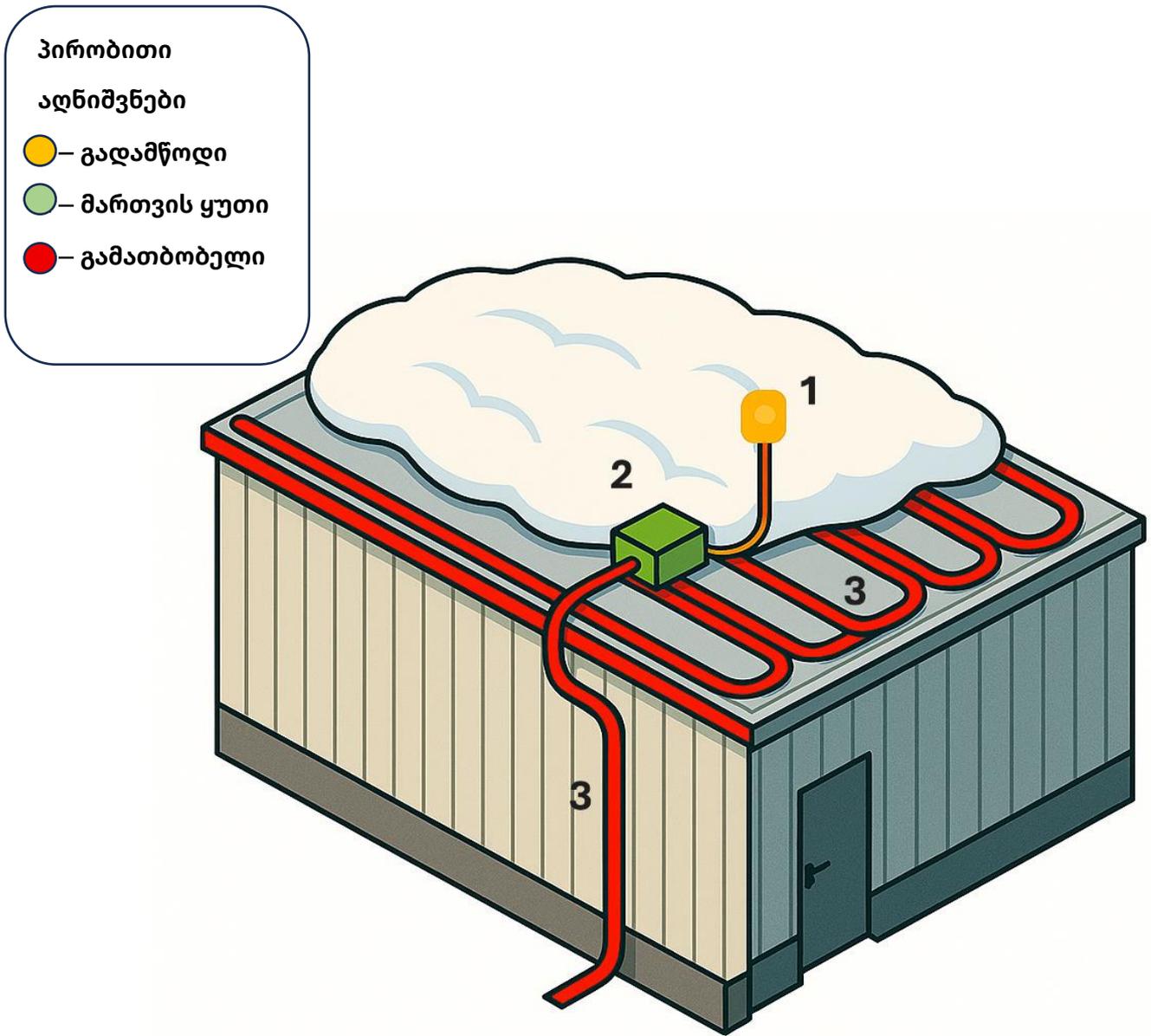
სახურავის გამათბობელი სისტემა შედგება:

- კვების და მონაცემთა კაბელები, გამანაწილებელი ყუთები და სამონტაჟო აქსესუარები. უზრუნველყოფს გათბობის სისტემის ენერჯის განაწილებას და გადაცემას, ასევე სიგნალის გაცვლას სახურავის გათბობის მართვის სენსორებსა და სისტემის მართვის კარადას შორის.
- მართვის სისტემა (თერმოსტატები, ჰაერის ტემპერატურის სენსორები, მართვის კარადა, მართვის მოწყობილობები, გაშვების და დამცავი აღჭურვილობა). მართვის სისტემა შექმნილია სახურავის გათბობის სისტემის სიმძლავრისა და დიზაინის მოთხოვნების, შესრულების კლასებისა და მართვის სისტემების შესაბამისად.

სახურავის გათბობის სისტემის უპირატესობები:

- სახურავის გათბობის კაბელები ხელს უშლის თოვლის ჯებირების წარმოქმნას, აშორებს საშიშ ყინულის წარმონაქმნებს და მნიშვნელოვნად ამცირებს სახურავის დაზიანების რისკს.

- ხარჯების დაზოგვა – ყოველი თოვლის შემდეგ სახურავიდან თოვლისა და ყინულის მოსაშორებლად პროფესიონალი კონტრაქტორების გამოძახება აღარ არის საჭირო.
- ახანგრძლივებს სახურავის, ღარების და სახურავის კომპონენტების სიცოცხლის ხანგრძლივობას. სისტემის დამონტაჟება შესაძლებელია სახურავის კარნიზზე ან მთელ სახურავის ზედაპირზე, ღარებში, უჯრებში და გადმოსადვრელ არხებში.



სურ.3.84. სახურავის გათბობის სისტემის დიაგრამა(1–გადამწოდი; 2–მართვის ყუთი; 3 – გამათბობელი)

ძირითადი დასკვნები

1. შემოთავაზებულია სრულად ასაწყობი მოდულებიდან ასაწყობი შენობების აგების მეთოდების კლასიფიკაცია, მათი აწყობისა და სამშენებლო მოედანზე ტრანსპორტირების მეთოდების გათვალისწინებით. გამოვლენილია წარმოების პროცესების პარამეტრებსა და საპროექტო, ტექნოლოგიურ და ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს შორის ურთიერთკავშირი;
2. შემუშავდა თეორიული საფუძვლები ასაწყობი შენობების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის უსაფრთხოებისა და ხარისხის შესაფასებლად, მათ შორის, ასაწყობი შენობების მდგომარეობის მათემატიკური მრავალფუნქციური მოდელირება ტექნიკური დიაგნოსტიკის დროს და სამშენებლო სისტემის უწყვეტი მონიტორინგი კომპიუტერული ტექნოლოგიების, მართვისა და საზომი მოწყობილობების, ასევე თანამედროვე ტექნიკური კონტროლის ინსტრუმენტების გამოყენებით;
3. შემოთავაზებულია ასაწყობი მოდულური შენობების კონსტრუქციების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ოპერაციული კონტროლის, ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და უწყვეტი მონიტორინგის მეთოდები, მათი მონტაჟის ხარისხისა და ექსპლუატაციის უსაფრთხოების გათვალისწინებით;
4. შემუშავდა სხვადასხვა დანიშნულების ასაწყობი მოდულური შენობების ტექნიკური მდგომარეობის უწყვეტი მონიტორინგის მარეგულირებელი, მეთოდოლოგიური და ინსტრუმენტული ჩარჩო.
5. დადგენილია კონსტრუქციების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ხარისხსა და უსაფრთხოებაზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორები, ასევე შემუშავებულია მეთოდოლოგია წინასწარ დამზადებული კონსტრუქციების ფიზიკური და მორალური ცვეთის დასადგენად, მშენებლობის, აღდგენითი და სარემონტო სამუშაოების უსაფრთხოებისა და ხარისხის შესაფასებლად;
6. დადგენილია, რომ მოდულური შენობების ავარიები შეიძლება გამოწვეული იყოს ნორმატიული დატვირთვების გადაჭარბებით, მაგალითად დიდ თოვლობის გამო, რისთვისაც შემუშავებულია ავტომატური სენსორული გამაცხელებელი სისტემა სახურავზე თოვლის მოცილებისათვის.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Асаул А.Н., Казаков Ю.Н., Быков В.Л., Князь И.П., Ерофеев П.Ю. Теория и практика использования быстровозводимых зданий. – СПб, Гуманистика, 2004. – 463 с.
2. Афанасьев А.В., Афанасьев В.А. Организация строительства быстровозводимых зданий и сооружений. Быстровозводимые и мобильные здания и сооружения: перспективы использования в современных условиях. – СПб, Стройиздат. – С. 226-230.
3. Афанасьев А.А., Данилов Н.Н., Копылов В.Д. и др. Технология строительных процессов. – М., Высшая школа. 2000. – 463 с.
4. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. Л.: Стройиздат. 1986 с.
5. Афанасьев Е.П. Мобильные здания системы «Универсал»: Опыт и перспективы. – Промышленное строительство 9/89.
6. Бадьин Г.М., Верстов В.В., Юдина А.Ф. Технология реконструкций и зданий и сооружений. СПб АСУ. – Санкт-Петербург, - 2002. – 137 с.
7. Бедов А.И., Сапрыкин В.Ф. Обследование и реконструкция железобетонных и каменных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. – М., АСВ, 1995. – 192 с.
8. Бойцов А.Н., Миронов В.Г., Степанов И.В. Санитарно-бытовое обслуживание работающих на строительной площадке. – М., Стройиздат, 1981. – 189 с.
9. Большеротов А.Л. Мобильные здания. Перспективы направления исследований. Промышленное строительство, 9/89.
10. Быстровозводимые здания модульной конструкции // Финский торговый журнал. – 1982. – № 1. – С. 19.
11. Булгаков С.Н. Расчет сетевой модели потока графическим методом. Пром. стр-во, 1966. – № 7. С. 6-10.
12. Булгаков С.Н. Архитектурное проектирование энергосберегающих комфортных жилых домов. Информац. материалы. – М., 2000. – 42 с.
13. Варганян О.М. Быстровозводимые здания из алюминиевых конструкций. Промышленное строительство, 9/89.
14. Васильев А.И., Прах В.И. К вопросу решения жилищной проблемы в Вооруженных силах России в современных условиях. Мобильные и быстровозводимые здания, сооружения и комплексы. – Госстрой, РФСР, 1989 – С. 55-58.
15. Верстов В.В., Бадьин Г.М. Исследование по совершенствованию технологических решений при строительстве и реконструкции зданий и сооружений. Сб. реконструкция Санкт-Петербурга. – 2003. СПб АСУ, Санкт-Петербург, 2002. – с. 29-32.
16. Вольфсон В.Л., Ильяшенко В.А., Комисарчик Р.Г. Реконструкция и капитальный ремонт жилых и общественных зданий. – М., Стройиздат, 1995. – 248 с.
17. Воронков А.Н., Петров Е.В. Опыт практического применения технологии строительства быстровозводимые и мобильные здания и сооружения: перспективы использования в современных условиях. – СПб, Стройиздат, 1998. – С. 122-125.
18. ВСН 58-88 (р). Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения. Нормы проектирования. Издание официальное. Госкомархитектуры. – М., 1999. – 32 с.
19. ВСН 57-88 (р). Положение по техническому обследованию жилых зданий. Издание официальное. РОССТРОЙ. – М., 2004. – 91 с.
20. ВСН 61-89 (р). Реконструкция и капитальный ремонт жилых домов. Нормы проектирования. Издание официальное. Госкомархитектуры. – М., 1999. – 17 с.
21. ВСН 6-90. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР. – М., 2000. – 169 с.

22. ВСН 48-86 (р). Правила безопасности при проведении обследований жилых зданий для проектирования капитального ремонта. Госгражданстрой. – М., 2001. – 29 с.
23. Герман Е.А. Сборно-разборные здания складывающего типа. На стройках России. – 1985, № 7. – с. 24-27.
24. ГОСТ 26254-84. Здания и сооружения; методы расчета сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций.
25. Жилые дома блочные. Том 2, часть 1-2 – М., ЦИТП, 1984. – 212 с.
26. Жилые дома панельные и каркасно-панельные. Том 1, часть 1984. – 200 с.
27. Журавлев А.А. Использование опыта проектирования, строительства и эксплуатации мобильных и быстровозводимых комплексов в современных условиях. Мобильные и быстровозводимые здания, сооружения и комплексы. – СПб, Госстрой РФ, 1999. – С. 34-37.
28. Зайченко Е.Н. Быстровозводимые временные здания и сооружения. Обзор (ЦНТИ по гражд. стр-ву и арх.; Вып. 4). – М., 1983. – 45 с.
29. Заренков В.А., Панибратов А.Ю. Современные конструктивные решения, технологии и методы управления в строительстве. М., СПб. Стройиздат, 2000. – 335 с.
30. Игольников В.М., Черненко В.К., Беляев В.В. Технология возведения объектов из комплектно-блочных устройств. – К., Будивэльник, 1991. – 144 с.
31. Инженерное оборудование зданий и сооружений. Под ред. Ю.А. Табунщикова. – М., Высшая школа, 1989. – 234 с.
32. Казаков Ю.Н. Перспективные быстровозводимые здания. Современные проблемы строительного производства. Тез. докл. науч.-техн. конф. ВИСИ. – СПб., 1997. – С.25-26.
33. Казаков Ю.Н., Васильев А.И. Жилые дома из объемных блоков «БУК ИНПАР». Современные проблемы строительного производства. Тез. докл. наук.- техн. конф. ВИСИ. – СПбю Д.997. – С. 27-29.
34. Казаков Ю.Н. Научно-технические проблемы и прогноз развития процесса эксплуатации быстровозводимых жилых домов на основе контейнеров фирмы “Buck Inrag GmbH” (Германия) в России. Быстровозводимые и мобильные здания и сооружения: перспективы использования в современных условиях. – СПб, Стройиздат, 1998. – С. 116-119.
35. Калинин А.А. Обследование, расчет и усилие зданий и сооружений. – М., АСВ, 2002. – 159 с.
36. Карасев Н.Н. Мобильные здания и комплексы на основе открытых конструктивных систем. – М., Стройиздат, 1987. – 136 с.
37. Колчеданцев Л.М. К вопросу об оценке безопасности совершенствуемой и вновь разрабатываемой технологии строительного производства. Сб. науч. тр. «Совершенствование охраны труда в строительстве». Ленинград. – ЛДНТП. – 1985.
38. Адам Ф.-М. Совершенствование технологии строительства модульных быстровозводимых малоэтажных зданий (на примере фирмы «БУК», Германия), диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, СПбГАСУ, 2001. – 154 с.
39. Адам Ф.-М. Основные направления совершенствования методик обследования зданий и оценка рациональности технологий их реконструкции // Материалы 60-ой научной конференции процессоров преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов / СПбГАСУ. – СПб, 2003. – С. 148-149.
40. Адам Ф.-М. Обследование технического состояния зданий и сооружений и определение остаточного срока службы // Материалы 61-ой научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов / СПбГАСУ. – СПб, 2004. – С.135-156.
41. Адам Ф.-М., Бадьин Г.М., Шевченко Н.И. Современные возможности строительного мониторинга // Журнал «Стройпрофиль» СПб, 2004. – № 5(35). – С.129-131.

42. Монтаж строительных конструкций стреловыми самоходными кранами. Методические указания. СПбГАСУ; Сост.: Л.Д. Копанская, В.В. Верстов, А.Н. Егоров. – СПб, 1999. – 110 с.
43. Муравьев Ю.С., Бердников Ю.Д. Мобильные комплексы строительно-монтажных организаций (предложения по классификации). – Экспресс-информации. Сер. 4. Вып. 7. – М., ВНИИС, 1986. – С. 2-7.
44. Мясников Б.Н. Разработка и применение строительных систем быстровозводимых и мобильных зданий. Мобильные и быстровозводимые здания, сооружения и комплексы. СПб, Госстрой РФ, 1999. – С. 37-48.
45. Перемещаемые укрупненные объемные блоки: Проспект фирмы «Jsora» - Финляндия: Б.И., 1983.
46. СП 50-102-2003. Проектирование и устройство свайных фундаментов. Госстрой России. – СПб, 2004. – 192 с.
47. Die Einführung der planmäßigen vorbeugenden Instandhaltung im Komplexen Wohnungsbau. KTD – Lehrgang – Berlin, 1977.
48. Relocables adjust to changing market demands. Surveyor. – 1984, Vol. 163. N 4816. – P.17-18.
49. Prof. Dr.-Ing. Walter Durth. Dr.-Ing. Bernd Grätz (Technische Hochschule Darmstadt, Versuchsanstalt für Straßenwesen, Januar 1995); Überprüfung praktischer Methoden zur Messung der Tragfähigkeit und Einschätzung der Restnutzungsdauer, insbesondere für Straßen auf dem Gebiet der neuen Bundesländer; Heft 723 Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg, 1996. 224 S.
50. Horst Rolle; Die Lebensdauer von Konstruktionen des Wohnungsbaues- ein Beitrag zu ihrer Ermittlung und zu ihrer Anwendung bei der Volausbestimmung der Baureparaturen und des Ersatzneubaues; Dissertation A; TH Leipzig. 1983.
51. Prof. Dipl.-Ing. Klaus Simons, Dr.-Ing. H. Hirschberger, Dipl. -Ing. D. Stölting (Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb, Technische Universität Braunschweig); Lebensdauer von Bauteilen und Baustoffen; IRB Verlag, Stuttgart, 1987, 123 S.
52. Dr. Dieter Schneider; Die wirtschaftliche Nutzungsdauer von Anlagegütern; Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen, 1961. 170 S.
53. DgQ-Band Nr. 17-26; Das Lebensdaueretz; Beuth Verlag GmbH. Berlin, 1995. 59 S.
54. Dr.-Ing. Reiner Hartung; Prognose der Restlebensdauer ermüdungsbeanspruchter Tragwerke von Mobilkranen; Habilitationsschrift; Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 1995.
55. G. Kaladze, K. Tsikarishvili. MODULAR PREFABRICATED CONSTRUCTION, DATA ANALYSES, AND SUSTAINABLE MAINTENANCE, INTERNATIONAL CAPPADOCIA SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS April 16-17, 2023 / Nevşehir-TÜRKİYE WEB: [https:// www.cappadociacongress.org](https://www.cappadociacongress.org)
56. K. Tsikarishvili. G. Kaladze” Contemporary Experience Of Carrying Out Of Technological Process Of Buildings Reconstruction”. Scientific-technical journal “Building” №1(69), 2024;
57. M. Tsikarishvili, G. Kaladze K. Tsikarishvili. DEVELOPMENT OF ALGORITHM FOR PERFORMING OF CONSTRUCTION EXPERTISE, 10th INTERNATIONAL NEW YORK CONFERENCE ON EVOLVING TRENDS IN INTERDISCIPLINARY RESEARCH & PRACTICES, June 1-3, 2024, Manhattan, New York City.
58. M. Tsikarishvili, G. Kaladze K. Tsikarishvili. Modular Building Evaluation And Monitoring, X-International European Conference On Interdisciplinary Scientific Research, August 27-29 2024, Zurich ,Switzerland pp 714-722
59. G. Kaladze ”Modular Prefabricated Building Load-Bearing Structure Integrated observation of the condition, Diagnostics and Monitoring System ”. Scientific-technical journal “Building” №1(72), 2025.

60. გ. კალაძე. სწრაფადაგებადი მოდულური შენობების კონსტრუქციული სისტემის მიმოხილვა, მათი უსაფრთხოების და ხარისხის შესაბამისი მაჩვენებლების ანალიზი. მოხსენება თა კრებული:“ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა საერთაშორისო კონფერენცია ინოვაციური ტექნოლოგიები ინჟინერიაში“. თბილისი 2023, 100-109 გვ.
61. ვ. აბაშიძე, ქ. წიქარიშვილი, მ. წიქარიშვილი. კონსტრუქციების მონიტორინგის კომპლექსური სისტემების შესახებ. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ასი წლის იუბილისადმი მიძღვნილი სტუდენტთა საერთაშორისო კონფერენცია „ინოვაციური ტექნოლოგიები ინჟინერიაში“, მოხსენებათა კრებული. თბილისი, 2022, გვ.10-19.
62. საქართველოს რესპუბლიკის ტერიტორიაზე განლაგებული საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი შენობების გამოკვლევისა და სეისმომდეგობის თვალსაზრისით მათი ტექნიკური მდგომარეობის ინსტრუქცია. კ. ზავრივეის სახ. სამშენებლო მექანიკისა და სეისმომდეგობის ინსტიტუტი (ავტორები: ე. სეხნიაშვილი, მ. დანიელაშვილი, თ. ჟორჯოლაძე), თბილისი, 1992.
63. მ. დადვანი. ისტორიულ-კულტურული ძეგლები, კვარტლები და ისტორიული ცენტრები ქალაქ თბილისში. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, თბილისი, 2020, N2(55), გვ. 130-146.
64. ევროკოდი 8. სეისმომდეგი კონსტრუქციების დაპროექტება □ ნაწილი I: ზოგადი წესები, სეისმური ზემოქმედებები და წესები შენობებისათვის. EN 1998-1 2004, გვ. 71-72.
65. ნ.ტაბატაძე. ისტორიულ-კულტურული ძეგლების კონსტრუქციების დეფორმაციულობის მიზეზების კვლევა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, თბილისი, 2016, N4(43), გვ. 81-84.
66. კ. ზაქარაია. ქართული ცენტრალურ-გუმბათოვანი არქიტექტურა XIXVIII სს. ტ.3 (XII-XVIII სს). თბ., „ხელოვნება“, 1981, გვ. 229-236.
67. მ. წიქარიშვილი, ნ. ტაბატაძე, მ. ვარდიაშვილი, ი. ღარიბაშვილი. საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული ისტორიულ-კულტურული ძეგლების კონსტრუქციული გადაწყვეტების ანალიზი. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, თბილისი, 2015, N3(38), გვ. 44-53.
68. მ. წიქარიშვილი, ა. წაქაძე, თ. მაღრაძე, გ. ერაგია, მ. ვარდიაშვილი. დაზიანებული (ბზარებიანი) შენობა-ნაგებობების უსაფრთხოება, ბზარმდეგობის და მარაგის დადგენა. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის მოხსენებათა კრებული, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, თბილისი, 2010, №2(17), გვ. 4-17.
69. მ. ვარდიაშვილი. მონიტორინგის ადგილი ისტორიული ძეგლების მდგომარეობის კვლევისა და დაცვის სისტემაში. სამეცნიერო-ჟურნალი „მშენებლობა“ №1(20), თბილისი, 2011.

დანართი

წარმოდგენილია ექსპერიმენტის ჩატარების სურათები



ექსპერიმენტისთვის ადებული გამოსაცდელი ლითონის დეტალი



ექსპერიმენტისთვის ადებული გამოსაცდელი ლითონის ზოლოვანა



ლაბორატორია



მიღებული შუდეგი



მიღებული მონაცემი