



საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი
1922 წლიდან

იამზე თანიაშვილი

მშენებლობის ხარისხისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფის სისტემური კვლევა

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა „მშენებლობა“

შიფრი 0732

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი თბილისი, 0160, საქართველო

2022 წ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ფაკულტეტი სამშენებლო

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით იამზე თანაშვილის შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს და „მშენებლობის ხარისხისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფის სისტემური კვლევა“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო ტექნოლოგიებისა და საბუნებისმეტყველო საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

-----, ----- 20-- წელი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფესორი ელინა ქრისტესიაშვილი

რეცენზენტი: _____

რეცენზენტი: _____

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2022 წელი

ავტორი: იამზე თანიაშვილი

დასახელება : მშენებლობის ხარისხისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფის
სისტემური კვლევა

სადოქტორო პროგრამა: მშენებლობა

ხარისხი: მშენებლობის ინჟინერიის დოქტორის აკადემიური ხარისხი
სხდომა ჩატარდა _____

პიროვნების ან ინსტიტუტების მიერ ზემომოაღნიშნული დისერტაციის
გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში, არაკომერციული მიზნებით მისი
კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს
ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა _____

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც
მთლიანი ნაშრომისა 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 სპეციფიკურ მიმართებას
ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების
შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

მშენებლობა რთული, მრავალწახნაგოვანი პროცესია, რომელშიც გათვალისწინებული და ურთიერთდაკავშირებულია სამშენებლო პროდუქციის ხარისხზე მოქმედი მრავალი, ხშირად განსხვავებული, ხანდახან კი ურთიერთსაწინააღმდეგო მოთხოვნები. ხარისხი მშენებლობაში ეხება საბოლოო პროდუქციის – მზა შენობისა და ნაგებობის შექმნის ყველა ასპექტსა და პროცესს. მშენებლობა მოიცავს რიგ ეტაპებს, რომელთა შესრულების ხარისხზეა დამოკიდებული დასრულებული მშენებლობის ხარისხი. საჭიროა გავითვალისწინოთ, რომ მშენებლობის ხარისხის მაჩვენებელთა უმრავლესობა ურთიერთკავშირშია, როგორც სივრცეში, ისე დროში. ხშირად ერთი მაჩვენებლის ცვლილება იწვევს ხარისხის სხვა მაჩვენებელთა ცვლილებებს, რაც არსებითად მოქმედებს ხარისხის კომპლექსურად შეფასებაზე. ამ კავშირში, სამშენებლო პროდუქციის შექმნის პროცესი, როგორც მისი თვისებების წარმოქმნის პერიოდი, რომელიც ხარისხის მაჩვენებლებს ასახავს, უნდა განვიხილოთ სისტემურად. სისტემური მიდგომისას სისტემის მიზანია მივიღოთ მაღალი ხარისხის მზა სამშენებლო პროდუქცია. მაგალითად, საცხოვრებელი სახლის, საწარმოო ნაგებობი ან მისი ნაწილი.

ნაშრომში განხილულია სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის სრულყოფისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფის თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელოვანი საკითხების გადაწყვეტა. ამჟამად და მომავალში სამუშაოთა ხარისხის კონტროლის ამოცანას წარმოადგენს უკვე არსებული პრობლემების აცილება და არა დაფიქსირება.

იმისათვის, რომ უკეთესად წარმოვიდგინოთ ხარისხის პრობლემები ნორმატიული დოკუმენტაციის მოთხოვნების გათვალისწინებით, აუცილებელია, განვიხილოთ ხარისხის შეფასების ძირითადი პრობლემები მზა სამშენებლო პროდუქციის შექმნის ყველა ეტაპზე.

სამშენებლო პროდუქციის ხარისხი, მისი გავლენა და მახასიათებლების ძირითადი თვისებების ხარისხის მაჩვენებლები მთელ მსოფლიოში და, კონკრეტულად საქართველოში, სისტემატიზებული არ არის. არსებული მეთოდები, ხელსაწყოები და დანადგარები მოითხოვს შემდგომ სრულყოფას.

ხარისხისა და მისი გავლენის კომპლექსური შეფასება და შეიძლება განხორციელდეს მხოლოდ ხარისხის მაჩვენებელთა ფორმირების საკითხისადმი სისტემური მიდგომის საფუძველზე, რამდენადაც ოპტიმალური ხარისხი არ წარმოადგენს ცალკეული მაჩვენებლების უბრალო ჯამს, არამედ ბევრ რამეში დამოკიდებულია მათ ურთიერთკავშირზე. საქართველოში მიმდინარე მშენებლობებთან, სამშენებლო ობიექტებსა და მასთან დამაკავშირებელ სუბიექტებთან მიმართებაში დასახვეწი და შესაცვლელია ბევრი მეთოდი, რაც გათვალისწინებულია შემდგომისთვის და არსებული მეთოდების

სრულყოფას, საანგარიშო მახასიათებლების დაზუსტებასა და ინოვაციური საანგარიშო მოდელების გამოყენას ითვალისწინებს.

მინდა მოკლედ შევხებო საინვესტიციო პროცესებსაც, რადგან საქართველოსთვის ეს პროცესები სტრუქტურული გარდაქმნებისა და ეკონომიკის აღორძინების ერთ-ერთი მთავარი მექანიზმია. სამშენებლო პროექტების ინვესტიციისთვის სამშენებლო - სამონტაჟო სამუშაოები და ოპერაციული რისკები, შესაძლებელია, ერთ-ერთ მთავარ საშიშ ფაქტორად იქცეს. განსაკუთრებით აქტუალურია სამშენებლო, სამონტაჟო და საოპერაციო რისკების პირობებში საინვესტიციო პროექტების მენეჯმენტის გაუმჯობესება. ზემოაღნიშნული გარემოებები, მრავალი რთული საკითხის გადაჭრის დროს, ექსპერტთა ჯგუფების წინაშე განსაკუთრებულ მოთხოვნებს აყენებს. კერძოდ, ესაა კონკრეტული მშენებლობის რისკების ანალიზი და შეფასება; სამშენებლო და სამონტაჟო სამუშაოების დროს საპროექტო რისკის ცვლილების ხარისხის შეფასება; სამშენებლო ობიექტის საოპერაციო რისკების შეფასება; მშენებლობებზე მომხდარი ავარიების შემთხვევაში, ეკონომიკური ზიანის სიდიდის პროგნოზირება.

საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ნებისმიერი საინვესტიციო პროექტის განხორციელება ყოველთვის ხდება ვადებისა და ხარჯების ცდომილებებით, ამიტომ, პროექტების მართვის მნიშვნელოვანი ამოცანაა კონტროლი და საინვესტიციო რისკების შემცირება, რამაც, არახელსაყრელ ვითარებაში, შეიძლება გამოიწვიოს მოგების, შემოსავლის ან ინვესტორების მთელი აქტივების დაკარგვა. მენეჯმენტის გადაწყვეტილებების ეფექტურობა, კერძოდ, წარმოების განაწილება და ოპერაციული რისკები, პროექტის მონაწილეთა შორის, უშუალოდ დამოკიდებულია მათი ანალიზისა და აღრიცხვის სისრულეზე.

საბაზრო ეკონომიკის პირობებში ასევე აუცილებელია, შეფასდეს მშენებლების ეკონომიკური ხარისხის მაჩვენებლები.

მშენებლობის პროცესში მრავალსართულიანი მშენებლების ხარისხისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფის სისტემური კვლევა მოიცავს: მაკონტროლებელი პარამეტრების, სტატისტიკური მონაცემების, საიმედოობის მონაცემების, ეკონომიკური მონაცემების, ხარისხის შეფასების მეთოდების ნომენკლატურას. რეგლამენტი სამშენებლო ორგანიზაციების მიერ გამოიყენება საქართველოში მოქმედი რეგულაციების ჩარჩოში ხარისხის შეფასების სტანდარტებისა და ISO 9000-9001 სერიის, QA/QC – Quality Assurance/Quality Control - ხარისხის უზრუნველყოფა / ხარისხის კონტროლის; EN – European Norms - ევროპული ნორმები/სტანდარტების; ASTM – American Society for Testing and Materials შესაბამისად, მშენობის უსაფრთხო ექსპლუატაციის ტექნიკური რეგულირების მიზნით, პროგრამული უზრუნველყოფის ელემენტებით ასაშენებელი მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის ავტომატიზებული მონიტორინგის სისტემებში რეალიზაციისათვის.

Abstract

Construction is a complex, multifaceted process that takes into account and interconnects many, often different, and sometimes conflicting requirements that affect the quality of construction products. Quality in construction refers to all aspects and processes of creating the final product - finished buildings and structures. Construction includes a number of stages, the quality of the finished structure depends on the quality of its execution. It is necessary to take into account that the majority of construction quality indicators are interconnected both in space and time. Often, a change in one indicator leads to changes in other quality indicators and essentially affects the complex assessment of quality. In this connection, the process of creating construction products, as the period of formation of its properties, which reflect quality indicators, should be considered from the standpoint of a systematic approach. In a systematic approach, it is appropriate to obtain the quality of finished construction products as the goal of the system, for example, a residential house, a production facility or its part.

The article considers the solution of theoretical and practically important issues of improving the quality and safety of construction and installation works. Now and in the future, the task of quality control is to prevent existing problems, not to eliminate them. In order to better imagine the quality problems, taking into account the requirements of regulatory documentation, it is necessary to consider the main problems of quality assessment at all stages of the creation of finished construction products.

The quality of construction products, its impact and quality indicators, reflecting the main features of the characteristics, are not systematized throughout the world and specifically in Georgia. Existing methods, tools and equipment require further development.

A comprehensive assessment of quality and its impact can only be carried out on the basis of a systematic approach to the formation of quality indicators, since the optimal quality is not a private sum of individual indicators, but largely depends on their relationship. . There are many methods that need to be improved and modified for current construction, construction sites and related sites in Georgia, which should be taken into account in the future and represent improvements to existing methods, refinement of reporting characteristics and development of innovative reporting models.

I would also like to touch briefly on investment processes, because for Georgia, investment processes are one of the main mechanisms for structural transformation and economic revival. Construction and installation works and operational risks can become one of the main risk factors when investing in construction projects. It is especially important to improve the management of investment projects in the context of construction and installation and operational risks. The above circumstances place special demands on expert groups to address many complex issues. In particular, analysis and risk assessment of specific construction; Assessment of the degree of change in the design risk when performing construction and installation works; Assessment of operational risks of the construction object; Forecasting the size of economic damage in case of construction accidents.

It is well known that the implementation of any investment project is always associated with time and cost errors, therefore, an important task of project management is to control and reduce investment risks, which, under adverse

circumstances, can lead to loss of profit and income. or all assets of investors. The effectiveness of management decisions, in particular, the distribution of production and operational risks among various project participants, directly depends on the completeness of their analysis and accounting.

In a market economy, it is also necessary to evaluate the quality of buildings by economic indicators. A systematic study of quality assurance and safety of multi-storey buildings during the construction process includes: control parameters, statistical data, reliability data, economic data, a range of quality assessment methods. The regulation can be used by construction organizations within the framework of the regulations in force in Scartvelo in accordance with the Hariashi assessment standards of the ISO 9000-9001 series, QA/QC – Quality Assurance/Quality Control; EN – European Norms; ASTM – American Society for Testing and Materials and for the purpose of the technical regulation for the safe operation of the building for the implementation in automated monitoring systems of the quality of erected monolithic structures with program elements.

შინაარსი

შესავალი	17
1. ლიტერატურის მიმოხილვა	25
1.1. მშენებლობისა და სამშენებლო პროდუქციის ხარისხის შეფასების მეთოდების ანალიზი	28
1.2. სამშენებლო კონსტრუქციების საიმედოობის შეფასების ანალიზი	43
1.3. კონსტრუქციების დეფექტებისა და ბეტონის სამუშაოების ტექნოლოგიის პარამეტრების დარღვევათა ანალიზი	46
1.3.1. მონოლითურ კონსტრუქციათა დეფექტები	47
1.3.2. ბეტონის სამუშაოების ტექნოლოგიური დეფექტები	52
1.4. მონოლითური კონსტრუქციების დეფექტების წარმოქმნის მიზეზების ანალიზი	61
1.5. ბეტონის სიმტკიცისა და გეომეტრიული პარამეტრების მნიშვნელობათა ალბათობითი განაწილების მახასიათებლების განსაზღვრა	62
1.6. მონოლითური კონსტრუქციების გეომეტრიულ გადახრებზე დაშვებების ანალიზი მიღწევადი სიზუსტის საფუძველზე	66
2. ბეტონის სამუშაოებისა და მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის შეფასების მეთოდის შემუშავება სანდოობის მაჩვენებლის მიხედვით და მათი კვეთის განივი ზომის გადახრაზე შემოთავაზებული დაშვების დასაბუთება	72
2.1. ბეტონის სამუშაოების და მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის მაჩვენებლების ნომენკლატურის დასაბუთება	72
2.2. მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის შეფასების სტატისტიკური მეთოდის შემუშავება	76
2.2.1. ორი მხრიდან შემოსაზღვრული მონოლითური კონსტრუქციების გეომეტრიული პარამეტრების სტატისტიკური შეფასების მეთოდი	76
2.2.2. კუმშვაზე მონოლითური კონსტრუქციების ბეტონის სიმტკიცის სტატისტიკური შეფასების მეთოდი	75
2.2.3. ზემოდან შემოსაზღვრული მონოლითური კონსტრუქციების პარამეტრების სტატისტიკური შეფასების მეთოდი	79
2.2.4. მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის შეფასება ტექნოლოგიური პროცესების სტაბილურობის მაჩვენებლების მიხედვით შემთხვევითი და სისტემური ცდომილებების დროს	82
2.3. მონოლითური კონსტრუქციების პარამეტრების ხარისხის კომპლექსური სტატისტიკური მაჩვენებლის განსაზღვრა	83
2.4. კონსტრუქციების აგების ხარისხის შეფასება ობიექტების მიხედვით	87

2.5. შენობის ხარისხის შეფასებების მეთოდი საიმედოობის ინდექსის ცვლის მიხედვით _____	92
2.6. მონოლითური კონსტრუქციების უსაფრთხო ექსპლუატაციის ვადის შეფასება _____	105
2.7. შენობების ხარისხის შეფასების შედეგები კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსისა და უსაფრთხო ექსპლუატაციის ცვლილების დროს _____	108
2.8. კონსტრუქციის საიმედოობის შეფასება საიმედოობის პარამეტრის უდევექტობით _____	110
2.9. მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის პარამეტრების წონადობის განსაზღვრა _____	115
2.10. საიმედოობის მაჩვენებლით მონოლითური კონსტრუქციების განივი კვეთის ზომის გადახრაზე შემოთავაზებულ დაშვებათა დასაბუთება _____	116
3. მონოლითური კონსტრუქციის ხარისხის ინტეგრალური შეფასების მეთოდის შემუშავება და მისი ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასება _____	120
3.1. მონოლითური კონსტრუქციის ხარისხის შეფასება ეკონომიკური მაჩვენებლის მიხედვით _____	117
3.2. მონოლითური კონსტრუქციის ხარისხის ინტეგრალური შეფასების მეთოდის შემუშავება და შედეგები _____	122
3.3. მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის ინტეგრალური შეფასების ეკონომიკური ეფექტურობა _____	123
ძირითადი დასკვნები _____	130
გამოყენებული ლიტერატურა _____	132

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1.	მშენებლობის მონაწილეთა შეცდომების ალბათობა.....	18
ცხრილი 2.	დეფექტების წარმომქმნელი მიზეზების წონალობის შედეგები.....	61
ცხრილი 3.	ძირითადი კონტროლირებადი პარამეტრების მნიშვნელობათა სტატისტიკური ანალიზის შედეგები..	64
ცხრილი 4.	ძირითადი კონტროლირებადი პარამეტრების განაწილების სააღბათო სტატისტიკური მახასიათებლები.....	66
ცხრილი 5.	შემოთავაზებული დაშვებები მონოლითური კონსტრუქციების განივი კვეთის ზომების გადახრაზე და მათი გავლენა კონსტრუქციის საიმედოობაზე.....	69
ცხრილი 6.	ღრეჩოს დაშვებისა და კვანძების აწყობის გაანგარიშება	70
ცხრილი 7.	კონტროლირებადი პარამეტრების ნომენკლატურა მათი დასაბუთებით.....	72
ცხრილი 8.	უდეფექტობის დონეზე კონტროლის სიზუსტის გავლენა (ერთი მხრიდან შემოსაზღვრულის შემთხვევა).....	85
ცხრილი 9.	უდეფექტობის დონეზე კონტროლის სიზუსტის გავლენა (ორი მხრიდან შემოსაზღვრულის შემთხვევა).....	85
ცხრილი 10.	ცალკეული სტატისტიკური მაჩვენებლების შესაფასება.....	88
ცხრილი 11.	ბეტონის სამუშაოების პარამეტრების შესაბამისობის შეფასება ნორმებისა და მოთხოვნებისადმი ხარისხობრივი მაჩვენებლით.....	89
ცხრილი 12.	კონტროლირებადი პარამეტრების ხარისხის შეფასება სტატისტიკური მაჩვენებლებით.....	90
ცხრილი 13.	სტატისტიკური შეფასების შედეგები კონსტრუქციების სახეობების მიხედვით.....	91
ცხრილი 14.	შენობების ხარისხის სტატისტიკური მაჩვენებლები.....	91
ცხრილი 15.	არმატურის ღეროების კვეთის ფართობის ვარიაციები.....	98
ცხრილი 16.	შედეგები სამოქალაქო მონოლითური შენობების სხვადასხვა კონსტრუქციებისთვის.....	99
ცხრილი 17.	ექსპერიმენტული და გაანგარიშებული მონაცემების შედეგები.....	104
ცხრილი 18.	მონოლითური კონსტრუქციების შეფასების შედეგები კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსისა და უსაფრთხო	

	ექსპლუატაციის ვადის ცვლილების დროს.....	111
ცხრილი 19.	სხვადასხვა დონის უდევექტობის გავლენა ბეტონის სიმტკიცის სხვადასხვა საშუალო მნიშვნელობისა და კონსტრუქციის საიმედოობაზე სტანდარტული გადახრების დროს.....	114
ცხრილი 20.	კონსტრუქციის პარამეტრებისა და მათი სიმტკიცის მნიშვნელობები.....	115
ცხრილი 21.	პარამეტრის წონადობები.....	116
ცხრილი 22.	პარამეტრების სტანდარტულ გადახრათა წონადობა.	117
ცხრილი 23.	ახალი დაშვების წონადობა კონსტრუქციის სიმტკიცეში..	118
ცხრილი 24.	განივი კვეთის ზომების გადახრებზე შემოთავაზებული დაშვებები და მათი გავლენა კონსტრუქციის საიმედოობაზე.....	119
ცხრილი 25.	მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის შეფასების შედეგები.....	126
ცხრილი 26.	ეკონომია რაოდენობითი ნიშნით შერჩევითი კონტროლის გამოყენებისას ხარისხობრივი ნიშნით შერჩევით კონტროლთან შედარებით.....	127
ცხრილი 27.	ეკონომიის შედეგები ხარისხობრივი ნიშნით შერჩევითი კონტროლიდან რაოდენობითი ნიშნით შერჩევით კონტროლზე გადასვლისას.....	128

ნახაზების ნუსხა

ნახ. 1.	კონსტრუქციის განივი კვეთის გადახრების ნორმატიული და ფაქტობრივი მნიშვნელობების განაწილების სიმკვრივის გრაფიკი.....	68
ნახ. 2.	განაწილების ლოგნორმალური და ნორმალური კანონის სიმკვრივეები.....	79
ნახ. 3.	კომპლექსური სტატისტიკური პარამეტრის განსაზღვრის ნომოგრამა ერთი მხრიდან შემოსაზღვრული პარამეტრისთვის.....	86
ნახ. 4.	კომპლექსური სტატისტიკური პარამეტრის (კსპ) განსაზღვრის ნომოგრამა ორმხრივ შემოსაზღვრული პარამეტრისთვის.....	87
ნახ. 5.	კონსტრუქციის სიმტკიცის R მნიშვნელობათა განაწილების სიმკვრივის გრაფიკი, F - დატვირთვა და q - უმტყუნებო მუშაობის მყისიერი ალბათობა.....	94
ნახ. 6.	კონსტრუქციის სიმტკიცის დამოკიდებულება მისი i-ური პარამეტრისადმი.....	96
ნახ. 7.	ნორმალური განაწილების ფუნქციის გრაფიკი.....	101
ნახ. 8.	კონსტრუქციის სიმტკიცის დროში კლების გრაფიკი.....	106
ნახ. 9.	კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსის დროში კლების გრაფიკი.....	107
ნახ. 10.	მტყუნების ალბათობის დამოკიდებულება დროზე.....	108
ნახ. 11.	საიმედოობის ინდექსის ცვლილების გავლენა კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ხანგრძლივობაზე.....	110
ნახ. 12.	კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ვადის გავლენა შენობაზე გამოყენებული საშუალებების შემოსავლის ინდექსზე.....	124
ნახ. 13.	კონსტრუქციაზე დაბანდებულ სახსრებზე შემოსავლის ინდექსის დამოკიდებულება კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსის ცვლილებაზე.....	124

სურათების ნუსხა

სურ. 1.	საწარმოო შემთხვევები 2011-2018წ.წ.....	18
სურ. 2.	მონოლითურ მშენებლობაში დეფექტების ძირითადი სახეების კლასიფიკაცია მნიშვნელოვნების მიხედვით.....	48
სურ. 3.	დასრულებულისაყალიბო სამუშაოები.....	52
სურ. 4.	არმატურის ჩაწყობის სამუშაოები.....	53
სურ. 5.	ბეტონის ნარევის მიწოდება.....	55
სურ. 6.	ბეტონის ნარევის ჩაწყობა.....	58
სურ. 7.	მუშა ნაკერების მოწყობა და ყალიბის დაყენება.....	59

გამოყენებული აბრევიატურების ნუსხა

- **ISO - International Organization for Standardization** - სტანდარტიზაციის საერთაშორისო ორგანიზაცია.
- **QA/QC – Quality Assurance/Quality Control** - ხარისხის უზრუნველყოფა / ხარისხის კონტროლი;
- **EN – European Norms** - ევროპული ნორმები/სტანდარტები;
- **ASTM – American Society for Testing and Materials** - ამერიკის მასალების და ტესტირების საზოგადოება;
- **ILO** - შრომის საერთაშორისო ორგანიზაცია //„სამუშაო ადგილზე უბედური შემთხვევებისა და დაავადებების გამოძიება“
- **LIRA** — პროგრამა „რომელიც გამოყენება „მშენებლობის კონსტრუქციების გამოთვლებისთვის“;

მადლიერების გვერდი

მადლიერი ვარ და მადლობას ვუხდი დიდი პატივისცემით საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რექტორს ბატონ დავით გურგენიძეს, სამშენებლო ფაკულტეტის დეკანს პროფესორს ბატონ ზურაბ გვიშიანს, მინდა დიდი მადლობა გადავუხადო ჩემი სადისერტაციო თემის სამეცნიერო ხელმძღვანელს, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორს, პროფესორ ქალბატონ ელინა ქრისტესიშვილს, რომელიც თავის მრავალმხრივ ცოდნასა და გამოცდილებას მიზიარებდა, როგორც დოქტორანტურაში სწავლის პერიოდში, ისე სადისერტაციო ნაშრომის მომზადების ყველა ეტაპზე.

აგრეთვე, მადლიერი ვარ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორების დემურ ტაბატაძის, მურმან ბაქრაძის, გრიგორ ხოფერიას, პროფესორ ქალბატონი მედეა ძოწენიძის, ლეილა ქრისტესიაშვილის, გელა ყიფიანის, ვახტანგ ცხვარიაშვილისა და დეპარტამენტის თითოეული თანამშრომლისა, რამეთუ ნაშრომზე მუშაობისას მეხმარებოდნენ და სწორ რჩევებსა და მიმართულებებს მაძლევდნენ საჭირო დროს. მადლობას ვუხდი სტუ–ის პროფესორებს, რომელთაც სასარგებლო, კრიტიკული შენიშვნები მომცეს კოლოკვიუმებისა და თემატური სემინარების ჩატარებისას;

მადლობას ვუხდი ჩემს პედაგოგებს პროფესორებს ქალბატონ ლია კახიანს, ლია ბალანჩივაძეს, რევაზ ძნელაძეს, ტარიელ კვიციანს, ამირან საყვარელიძეს ცოდნისა და გამოცდილების გაზიარებისათვის, რაც მათ შემძინეს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში სწავლის პერიოდში.

მადლობას ვუხდი სადისერტაციო საბჭოს წევრებს, რეცენზენტებს, რომელთა სამსჯავროზეც წარსდგა მოცემული სადისერტაციო ნაშრომი; მინდა მადლობა გადავუხადო საქართველოს ბიზნეს ჯგუფის „GBG“-ის გენერალურ დირექტორს, ბატონ გიორგი ყიფშიძეს და ამ ფირმის თითოეულ თანამშრომელს, აგრეთვე სამშენებლო ფირმა „რიკონი“-ის და მის ხელმძღვანელს ბატონ ზაზა ტურაშვილს, რომლებიც სადისერტაციო

ნაშრომის ყველა ეტაპზე თავდაუზოგავად მეხმარებოდნენ კვლევისათვის საჭირო მასალების მოპოვებაში, მათ დამუშავებასა და რეალურად მათ სამშენებლო ობიექტებზე ექსპერიმენტული კვლევების განხორციელებასა და მათ შემდგომ დანერგვაში ამ ობიექტებზე.

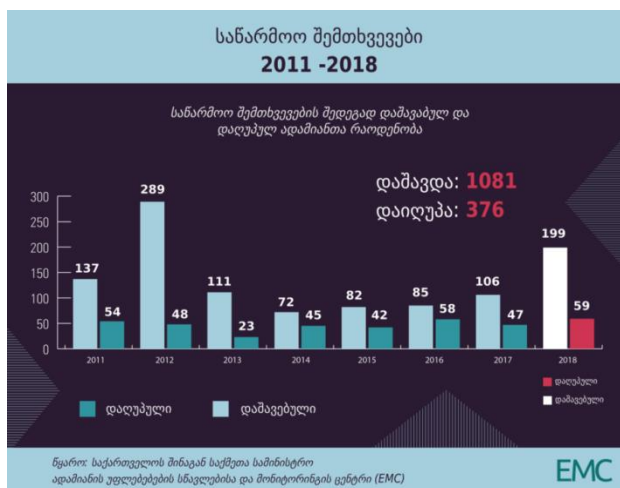
მცდელობის მიუხედავად, რთულია ყველა იმ ადამიანის ჩამოთვლა, რომლებმაც წვლილი შეიტანეს ჩემი ნაშრომის შემოთავაზებული სახით წარდგენაში. მინდა მადლობა გადავუხადო ჩემს ოჯახს ხელშეწყობისთვის, ყველა იმ ადამიანს, ვინც ჩემს ცხოვრებაში გვერდით მედგა, აღმზარდა, მომცა სათანადო განათლება და დღეს კი ჩემს გვერდით აღარ არიან. მადლობა მინდა გადავუხადო ყველა თანამშრომელსა და მეგობარს თანადგომისათვის.

შესავალი

კვლევის აქტუალურობა. საქართველოში სამშენებლო სექტორი ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს როლს ასრულებს ქვეყნის ეკონომიკაში. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ამ სექტორში არის დასაქმებული მრავლი სხვადასხვა სფეროს მომუშავე კომპანია და ფიზიკური პირი. მაგალითად, ასეთია ბეტონის, არმატურისა და სხვა სამშენებლო მასალის მწარმოებელი კომპანიები. ამ სფეროში ვაწყდებით მრავალი სახის პრობლემებს, რომლებიც წლების მანძილზე არ არის მოგვარებული. მართალია, ბოლო წლებში მდგომარეობა გაუმჯობესდა, მაგრამ არა იმ ტემპით, რა ტემპითაც მატულობს მშენებარე ობიექტების რაოდენობა. მოუგვარებელი და გამოუსწორებელი პრობლემა ნამდვილად არ არსებობს, მაგრამ ამის მოგვარებას დიდი დრო სჭირდება. ყველა სამშენებლო-სამონტაჟო კომპანია ცდილობს, მინიმალური დანახარჯით მიიღოს მაქსიმალური მოგება. შესაბამისად, ისინი ითვალისწინებენ მხოლოდ იმ რეგულაციებს, რომლის დარღვევისთვის დაჯარიმდებიან, რის გამოც მცირდება სამშენებლო პროდუქციის ხარისხი.

ბოლო წლებში საქართველოში გაიზარდა სამშენებლო ობიექტებზე უბედური შემთხვევების რიცხვი. აქედან გამომდინარე, მსგავსი სიახლეები თითქმის ყოველდღიურობად იქცა და საზოგადოებრივი თუ პოლიტიკური რეაგირების მიღმა რჩება [17,26].

შრომის უსაფრთხოების მიმართულებით არსებული მძიმე მდგომარეობის საპასუხოდ, საქართველოს პარლამენტმა მიიღო „შრომის უსაფრთხოების შესახებ“ ორგანული კანონი. აღნიშნული კანონი დასაქმებულთა შრომითი უფლებების უზრუნველყოფის მნიშვნელოვანი წინგადადგმული ნაბიჯია [17,22].



სურ. 1 სანარმოო შემთხვევები 2011-2018 წ.წ.

ამრიგად, ავარიებისა ძირითადი მიზეზები დაკავშირებულია სამუშაოების წარმოებასთან. სამშენებლო ობიექტებზე ავარიის მაჩვენებლების მკვეთრი შემცირება შესაძლებელია, პირველ რიგში, სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის უზრუნველყოფით. თუმცა, დეფექტების გარეშე მუშაობა უსაფრთხო მშენებლობისთვის აუცილებელი, მაგრამ არასაკმარის პირობაა. დადგენილია, რომ შენობებსა და ნაგებობებში ავარიის გამომწვევი მიზეზები კრიტიკული დეფექტებია, რომლებიც განპირობებულია მშენებლობის მონაწილეთა დაშვებული შეცდომებით [1,7,8,10].

ცხრილი1.

მშენებლობის მონაწილეთა შეცდომების ალბათობა

მოვლენა	მოვლენის ალბათობა	
	დასავლეთ ევროპა	საქართველო
არქიტექტორის შეცდომა	0,10	არ არის გამოკვლეული
დამპროექტებლის შეცდომა	0,40	0,20
მწარმოებლის შეცდომა	0,50	0,50...0,60
მაკონტროლებელი პირის შეცდომა	0,10	არ არის გამოკვლეული
ექსპლუატაციის დროს დაშვებული შეცდომა	0,02	0,10...0,15
კონსტრუქციის გადატვირთვა	0,02	დაახლოებით 0,05
უხარისხო მასალა	0,02	დაახლოებით 0,20

ცხრილიდან გამომდინარე, ჩანს, რომ ევროპაში დამპროექტებლები და მშენებლები უფრო ხშირად უშვებენ შეცდომებს, ვიდრე საქართველოში.

საქართველოში ნაწილი შეცდომების გამოწვეულია მასალების მწარმოებლების, მიმწოდებლებისა და სამონტაჟო სამუშაოების შემსრულებლების მიზეზით [13].

თუმცა, როგორც ევროპაში, ასევე საქართველოში, ავარიების დაახლოებით 80% გამოწვეულია ინვესტორებისა და მშენებლობის პროცესში მონაწილეთა შეცდომებით. ხარისხის უზრუნველყოფის მართვის სისტემების თანამედროვე მოთხოვნები მოცემულია: ISO 9000-9001 სერიის საერთაშორისო სტანდარტებში, QA/QC – Quality Assurance/Quality Control - ხარისხის უზრუნველყოფა / ხარისხის კონტროლის, EN– European Norms - ევროპული ნორმებსა/სტანდარტებსა და მათ ქართულ ანალოგებში. [6,19,23,24,25,27]

საქართველოსთვის საინვესტიციო პროცესები გარდაქმნებისა და ეკონომიკის აღორძინების ერთ-ერთ მთავარი მექანიზმია [13,18]. სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოები და ოპერაციული რისკები, ერთ-ერთი მთავარი საშიში ფაქტორებია სამშენებლო პროექტების ინვესტიციისთვის. განსაკუთრებით აქტუალურია სამშენებლო-სამონტაჟო და ოპერაციული რისკების პირობებში საინვესტიციო პროექტების მენეჯმენტის გაუმჯობესება. ზემოაღნიშნული გარემოებები ექსპერტთა ჯგუფების წინაშე მრავალი რთული საკითხის გადაჭრის დროს განსაკუთრებულ მოთხოვნებს აყენებს, კერძოდ, ესაა: კონკრეტული მშენებლობის რისკების ანალიზი და შეფასება; სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების დროს საპროექტო რისკის ცვლილების ხარისხის შეფასება; სამშენებლო ობიექტის საოპერაციო რისკების შეფასება; მშენებლობებზე მომხდარი ავარიების დროს ეკონომიკური ზიანის სიდიდის პროგნოზირება.

ცნობილია, რომ ნებისმიერი საინვესტიციო პროექტის განხორციელება თითქმის ყოველთვის ხდება ვადებისა და ხარჯების ცდომილებებით ამიტომ, პროექტების მართვის მნიშვნელოვან ამოცანაა მონიტორინგი და საინვესტიციო რისკების შემცირება წარმოადგენს, რამაც არახელსაყრელ ვითარებაში, შესაძლებელია, მოგების, შემოსავლისა ან

ინვესტორების მთელი აქტივების დაკარგვა გამოიწვიოს. მენეჯმენტის გადაწყვეტილებების ეფექტიანობა, კერძოდ, წარმოების განაწილება და ოპერაციული რისკები, პროექტის სხვადასხვა მონაწილეს შორის პირდაპირ დამოკიდებულია მათი ანალიზისა და აღრიცხვაზე.

დღეს, საქართველოში მრავალსართულიანი შენობები ძირითადად შენდება მონოლითური კონსტრუქციებითა და ბეტონით. ამასთანავე, სამოქალაქო შენობების მონოლითური კონსტრუქციების მნიშვნელოვანი რაოდენობა შენდება დეფექტით, რომელთა 60-70%-ის მიზეზიც სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის დაბალი დონეა. უმრავლეს შემთხვევაში, ეს განპირობებულია ტექნოლოგიურ პროცესებში არსებული ნაკლით, ბეტონის სამუშაოთა და მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის შეფასების ეფექტიანი მეთოდების არარსებობით.

სამშენებლო სამუშაოთა ხარისხის შეფასებისა და კონტროლისთვის სხვადასხვა მეთოდები გამოიყენება, მათ შორის სტატისტიკური. სტატისტიკური მეთოდების ეფექტიანობა დასტურდება ხარისხის მართვის საერთაშორისო გამოცდილებით (საერთაშორისო სტანდარტების ISO9000-9001სერია). დღეისთვის აღნიშნული მეთოდები გამოიყენება ძირითადად კონსტრუქციის ბეტონის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების დასადგენად, ხოლო კონსტრუქციის სხვა პარამეტრების განსაზღვრა ხდება ნორმების მოთხოვნებთან შესაბამისობის შემოწმებით [27]. გეომეტრიული პარამეტრების სტატისტიკური შეფასება შეიძლება მათი მნიშვნელობების განაწილების სავარაუდო მოდელების მახასიათებლების ცოდნის შემთხვევაში, რაც ნაკლებად შესწავლილი საკითხებია.

მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხი განსაზღვრავს შენობების კონსტრუქციულ საიმედოობას და უზრუნველყოფს მათ უსაფრთხო ექსპლუატაციას, რაც ასახულია კანონში “ტექნიკური რეგულირების შესახებ”.

ამიტომ მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის შეფასებისას გათვალისწინებული უნდა იყოს საიმედოობის მაჩვენებელი.

საბაზრო ეკონომიკის პირობებში აუცილებელია კონსტრუქციების ხარისხი შეფასდეს ასევე ეკონომიკური მაჩვენებლებითაც.

აღნიშნულის საფუძველზე თემა უდავოდ აქტუალურია.

კვლევის მიზანია მონოლითური მრავალსართულიანი სამოქალაქო შენობების მდგრადობისა და ხარისხის შეფასების ინტეგრალური მეთოდის შემუშავება, რომელიც უზრუნველყოფს სამუშაოთა წარმოების ეფექტიანობასა და ხარისხის ამაღლებას; არსებული მეთოდების სრულყოფა; საანგარიშო მახასიათებლების დაზუსტება; ინოვაციური საანგარიშო მოდელების გამოყვანა.

კვლევის ამოცანებია კვლევების ჩატარება და რიგი თეორიული და პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტა, კერძოდ:

- ბეტონის სამუშაოების დეფექტების ანალიზის დადგენა;
- ბეტონის სამუშაოებისა და შენობების ხარისხის პარამეტრების ნომენკლატურის დადგენა;
- მონოლითური კონსტრუქციების დასაშვები გადახრის ზომების დადგენა და მათი გავლენა კონსტრუქციის საიმედოობაზე;
- მონოლითური მრავალსართულიანი სამოქალაქო შენობების ხარისხის შეფასების ინტეგრალური მეთოდის შემუშავება: ბეტონის სამუშაოთა ხარისხის შეფასება და შენობის ხარისხის ეკონომიკური მაჩვენებლებით შეფასება საიმედოობის გათვალისწინებით.

ნაშრომის მეცნიერული სიახლეა:

- განისაზღვრა მონოლითური სამოქალაქო შენობების ბეტონის სიმტკიცე და კონსტრუქციების მახასიათებლები;
- ცალმხრივად შემოსაზღვრული კონსტრუქციების პარამეტრების სტატისტიკური შეფასებისათვის შემუშავდა ფორმულები;
- განისაზღვრა მონოლითური კონსტრუქციების პარამეტრების გადახრის გავლენა მათი საიმედოობის მაჩვენებლებზე;
- შემუშავდა კონსტრუქციის ხარისხის შეფასების მაჩვენებელი მისი უსაფრთხო ექსპლუატაციის ვადის გათვალისწინებით.

კვლევის საგანი და ობიექტია მონოლითური მრავალსართულიანი სამოქალაქო შენობების ხარისხის კომპლექსური შეფასება და მათი პარამეტრების კვლევა.

კვლევის პრაქტიკული მნიშვნელობა: სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის მართვის სრულყოფისთვის, სტრატეგიისა და პოლიტიკის შემუშავებისათვის აუცილებელია თეორიულ და პრაქტიკულ ნაწილში მნიშვნელოვანი საკითხების გადაწყვეტა.

ამჟამად სამუშაოთა ხარისხის კონტროლის ამოცანაა უკვე არსებული პრობლემების აცილება და არა დაფიქსირება. იმისათვის, რომ უკეთესად წარმოვიდგინოთ ხარისხის პრობლემები ნორმატიული დოკუმენტაციის მოთხოვნების გათვალისწინებით, აუცილებელია, განვიხილოთ ხარისხის შეფასების ძირითადი პრობლემები მზა სამშენებლო პროდუქციის შექმნის ყველა ეტაპზე.

მრავალსართულიანი შენობების ხარისხის შეფასებისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფისათვის „სამოქალაქო შენობების მონოლითური კონსტრუქციების აგების ხარისხის შეფასების ტექნოლოგიური რეგლამენტი“ მოიცავს: მაკონტროლებელი პარამეტრების, სტატისტიკური, საიმედოობის, ეკონომიკური მაჩვენებლებისა და ხარისხის ინტეგრალური მეთოდით შეფასების ნომეკლატურას. სამშენებლო ორგანიზაციების მიერ რეგლამენტი შეიძლება გამოყენებული იქნეს საქართველოში მოქმედი რეგულაციების, ხარისხის შეფასების სტანდარტებისა და ISO 9000-9001 სერიის, QA/QC – Quality Assurance/Quality Control - ხარისხის უზრუნველყოფა / ხარისხის კონტროლის; EN – European Norms - ევროპული ნორმები/სტანდარტების; ASTM – American Society for Testing and Materials - ამერიკის მასალების და ტესტირების საზოგადოების მიხედვით და შესაბამისად [6,19,27] შენობის უსაფრთხო ექსპლუატაციის ტექნიკური რეგულირების მიზნით [22], პროგრამული უზრუნველყოფის ელემენტებით, მონოლითური

კონსტრუქციების ხარისხის მონიტორინგის ავტომატიზებულ სისტემებში რეალიზაციისთვის.

ნაშრომის შედეგების აპრობაცია: დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 3 პუბლიკაცია. სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებების შესახებ მისი დამუშავების სხვადასხვა ეტაპებზე მოხსენდა იყო სამეცნიერო კონფერენციებს, მათ შორის:

1. ქრისტესიაშვილი ე., ქრისტესიაშვილი ლ., მოწენიძე მ., თანიაშვილი ი. საქართველოს მექანიკოსთა კავშირის XI ყოველწლიური საერთაშორისო კონფერენცია „მრავალკრიტერიალური შეფასების გადაწყვეტების თეორიული ასპექტები“ // მოხსენებათა თეზისები. ქ. ბათუმი, “ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“, 2020 წ. 27-29 აგვისტო.
2. თანიაშვილი ი. „მშენებლობის ხარისხის მაჩვენებლები და მათი გავლენა შენობების ექსპლუატაციის საიმედოობაზე“//სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, სტუ №4(60), 2021 წ;
3. თანიაშვილი ი. „შენადული შეერთებების დეფექტები და მათი შესწავლამაკროსკოპულიანალიზის(მაკროანალიზის)მეთოდებით“//სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, სტუ №1(61), 2022 წ;
4. ქრისტესიაშვილი ე., თანიაშვილი ი. „შენობა-ნაგებობებისა და მათი სამშენებლო კონსტრუქციების დეფექტები, ცვეთა, ხანგამძლეობა“// სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, სტუ №1(61), 2022 წ;
5. ქრისტესიაშვილი ე., ყიფიანი გ., მოწენიძე მ., თანიაშვილი ი. განათლებისა და მეცნიერების პროგრესის ყოველწლიური საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „საინჟინრო მეცნიერებათა პრობლემები“//მოხსენსებათა თეზისები. ქ. ერევანი, „ერევნის არქიტექტურის და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“, 2022 წ. 12-15 მაისი.

სადისერტაციო ნაშრომის სტრუქტურა: სადისერტაციო ნაშრომი

შედგება შესავლის, სამი თავის, ძირითადი დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურისაგან, მოიცავს 137 ნაბეჭდ გვერდს, 13 ნახაზს, 27 ცხრილს, 7 სურათსა და 96 დასახელების ლიტერატურას.

1. ლიტერატურის მიმოხილვა

სამოქალაქო შენობების კონსტრუქციებისა და ბეტონის სამუშაოების ხარისხის პარამეტრების ანალიზი და კვლევა

რკინაბეტონი, სხვა ტრადიციულ საშენ მასალებთან შედარებით, ძალზე ახალგაზრდაა. მისი გამოყენების ისტორია მოიცავს მხოლოდ ერთ საუკუნეზე რამდენადმე მეტ ხანს. რკინაბეტონის ტექნოლოგიისა და კონსტრუქციული ფორმების განვითარება, რკინაბეტონის თეორიის სრულყოფაზე მუშაობა მიმდინარეობს განუწყვეტლივ. რკინაბეტონი მშენებლობაში და მკვიდრდა როგორც ძირითადი საკონსტრუქციო საშენი მასალა. შეიქმნა რკინაბეტონის პროგრესული ნაირსახეობები, რომელთაგან, პირველ რიგში, აღსანიშნავია წინასწარ დამაბული და ასაწყობი რკინაბეტონი.

რკინაბეტონი მშენებლობის პრაქტიკაში დამკვიდრდა, როგორც ძირითადი საკონსტრუქციო საშენი მასალა. ბოლო ხანს კიდევ უფრო გაფართოვდა მისი გამოყენების არეალი; იგი მკვიდრდება ახალ ახალ დარგებში. გამოყენების ახალი დარგები ახალ მოთხოვნებს უყენებს რკინაბეტონის კონსტრუქციებისა მასალების თვისებებს. რკინაბეტონის თვისებები უნდა შეესაბამებოდეს მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პირობებს, რათა უზრუნველყოფილ იქნეს კონსტრუქციის საიმედოობა და ხანგამძლეობა ისე, რომ სრულად იყოს გამოყენებული რკინაბეტონის შესაძლებლობები. ამ ამოცანის გადაჭრა ეკისრება რკინაბეტონის თეორიას.

რკინაბეტონის თეორია აძლევს საანგარიშო შეფასებას კონსტრუქციის მდგომარეობას სამსახურის(ექსპლუატაციის) დაგეგმილი ვადის განმავლობაში დატვირთვისა და ყოველგვარ ზემოქმედებაზე.

კონსტრუქციის მდგომარეობის შეფასებას საფუძვლად უდევს ექსპერიმენტული და თეორიული გამოკვლევები, რომელთა შედეგი დაპროექტების პრაქტიკაში გამოყენებული იქნება მხოლოდ დაპროექტების ნორმებში მათი ასახვის შემდეგ. დაპროექტების ნორმები სამშენებლო ნორმებისა და წესების ერთი ნაწილია. სამშენებლო ნორმები და წესები არის

მშენებლობაში საყოველთაოდ სავალდებულო ძირითადი ნორმატიული დოკუმენტების ერთობლიობა, რომელიც ძირითადი სამუშაო საბუთია დამპროექტებლებისა და მშენებლებისათვის და შედგება ხუთი ნაწილისაგან: 1. ორგანიზაცია, მართვა, ეკონომიკა; 2. დაპროექტების ნორმები; 3. სამუშაოთა ორგანიზაცია, წარმოება და მიღება; 4. სახარჯთაღრიცხვო ნორმები; 5. მატერიალური და შრომითი რესურსების ხარჯვის ნორმები. დაპროექტების ნორმები, მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების კვალობაზე დროდადრო იცვლება.

რკინაბეტონი არის შედგენილი საშენი მასალა. ის შედგება ბეტონისა და ფოლადის არმატურისაგან, რომელთა ერთობლიობა ქმნის მონოლითურ მთელს. რკინაბეტონის, როგორც საშენი მასალის თვისებები დამოკიდებულია შემადგენლების - ბეტონისა და ფოლადის - ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავებული თვისებების მასალების, მიზანშეწონილ შეხამებაზე.

რკინაბეტონის ერთ-ერთი შემადგენელი ფოლადი გამოყენებულია, როგორც ბეტონის აღჭურვილობა; აღჭურვილობას ფოლადის ღეროებს, ღეროების ერთობლიობას არმატურა ეწოდება [4].

ნაშრომის პირველ თავში წარმოდგენილია იმ ლიტერატურის მიმოხილვა და განხილულია ის ლიტერატურული წყაროები, რომელთაც მნიშვნელოვანი როლი ითამაშეს სადისერტაციო თემის აქტუალურ წარმოჩენასა და კვლევის ძირითადი მიმართულებების განსაზღვრაში. განხილულია მშენებლობისა და სამშენებლო პროდუქციის ხარისხის შეფასების მეთოდების კვლევა და ანალიზი, აგრეთვე მოცემულია იმ დეფექტების დახასიათება, რომლებიც გავლენას ახდენს და იწვევს მონოლითური შენობების ბეტონის სამუშაოების ტექნოლოგიის დარღვევას და უარყოფითად მოქმედებს მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხზე.

დღეს საქართველოს ტერიტორიაზე მიმდინარე მშენებლობებში მონოლითური ბეტონის წილი მნიშვნელოვანია. მასთანავე, აღსანიშნავია, რომ ამჟამად არ არსებობს დასრულებული შენობისა და ბეტონის

სამუშაოების ხარისხის შეფასების ეფექტური მეთოდები, რომლებიც განვითარების დონით შესაბამისობაში იქნებოდნენ თანამედროვე ნორმატიულ მარეგულირებელ სამშენებლო ბაზასთან.

ტექნოლოგიური პროცესებისა და დამზადებული პროდუქციის ხარისხის შეფასების მეთოდების ანალიზისთვის გამოკვლეული იქნა ქართველ და უცხოელი სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერთა: ნ. ნინუას [4], თ. ჟორდანიას [11], დ. გურგენიძის [7,8], ლ. კლიმიაშვილის [6,8], ა. ჩიქოვანის [6,8], ა. ბოლოტოვას [58], პ. ოლეინიკის [51,52], ლ. დრობიშის [56], ა. ბაიბურინის [71,72,74,75,76,85], ლ. ბასოვსკის [46], ვ. შუგაევის [60], რუფფერტის [65], ა. მელჩაკოვის [37,38,39], კ. გაბრინის [37,38], ს. ბარკალოვის [47], ა. გინზბურგის [48], ა. თამარზიანის [40,42] და სხვათა ნაშრომები. ლიტერატურული წყაროების ანალიზიდან განისაზღვრა საიმედოობისა და უსაფრთხოების წარმოდგენები.

სამშენებლო კონსტრუქციების გაანგარიშების მეთოდები განხილულია მეცნიერთა: ნ. ნინუას [4], თ. ჟორდანიას [11], დ. გურგენიძის [6,7], რ. იმედაძის [7], ლ. კლიმიაშვილის [8], ა. ჩიქოვანის [6], ლ. ბასოვსკის [46], ა. გონჩაროვის [67] და სხვა მეცნიერთა ნაშრომებში. მონოლითური კონსტრუქციების აშენების ხარისხის პარამეტრების ნომენკლატურის დასასაბუთებლად გამოკვლეული და გაანალიზებული იქნა მეცნიერთა ნაშრომები: ნ. ნინუას [4], ა. სოხაძის [5], ნ. დლონტის [5], ლ. ყავლაძის [5], გ. ქურდაძის [5], დ. გურგენიძის [6,7], რ. იმედაძის [7], გ. მეტრეველის [7], ე. გუსევის [96], ს. გოლოვნიევის [35,80], ბ. ბოროვიკოვის [36], ა. თამარზიანის [40,42], ბ. ბადაგუევის [44] ლ. ბაბაიბურინის [29], პ. ოლეინიკის [51], ლ. დობშიცის [56], გ. რუფფერტის [65], ლ. სკრიპკოს [84], ა. გონჩაროვის [67], ა. კუზნეცოვის [82,83], კიევსკისა [49] და სხვათა ნაშრომები რომლებშიც განხილულია ბეტონის სამუშაოებისა და სამშენებლო კონსტრუქციების დეფექტები.

ლიტერატურულ წყაროებზე დაყრდნობით, გამოკვლეული იქნა მონოლითური კონსტრუქციების დეფექტების წარმოქმნის მიზეზები.

ანალიზის შედეგად, დადგენილია ურთიერთკავშირი ბეტონის სამუშაოების დეფექტებისა და მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხს შორის [72]. აგრეთვე ლიტერატურული წყაროების ანალიზის საფუძველზე განისაზღვრა საიმედოობისა და უსაფრთხოების წარმოდგენები და სამშენებლო კონსტრუქციების გაანგარიშების მეთოდები [67,71,72].

კონსტრუქციებისა და შენობების აშენების ხარისხის შეფასების მეთოდები საიმედოობის მაჩვენებლებით განხილულია სხვადასხვა მეცნიერთა ნაშრომებში. მაგალითად, ა. ბაიბურინი [29,30,31,70,72] და ს. გოლოვნივი [35] გვთავაზობენ, შენობების ხარისხი შევაფასოთ მზიდუნარიანობის მარაგითა და უმტყუნებო მუშაობის ალბათობით. ა.მელჩაკოვი [37,39] და ბარკალოვი [47] თავის მეთოდში გვთავაზობენ შენობის აგების ხარისხი შევაფასოთ ობიექტის კონსტრუქციული უსაფრთხოების ინტეგრალური მაჩვენებლით.

დისერტაციაში მოცემულია იმ დეფექტების დახასიათება, რომლებიც გავლენას ახდენენ და იწვევენ მონოლითური ნაგებობების ბეტონის სამუშაოების ტექნოლოგიის დარღვევას, რაც უარყოფითად მოქმედებს მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხზე.

1.1. მშენებლობისა და სამშენებლო პროდუქციის ხარისხის შეფასების მეთოდების ანალიზი

საზოგადოებრივი შენობა-ნაგებობების, ასევე საწარმოო დანიშნულების შენობების ხარისხის შეფასება ხდება დამპოექტებლების, მშენებლებისა და ორგანიზაციის მხრიდან, რომელიც მათ ექსპლუატაციას ეწევა.

შერჩევითმა ანალიზმა აჩვენა, რომ პირდაპირი გაანგარიშების გზით რთულია, ხარისხის ყველა მაჩვენებელი მივიყვანოთ ოპტიმიზაციის ამოცანების გადასაწყვეტად აუცილებელ ერთიან სიდიდემდე. ამის გარდა, ჯერ კიდევ სრულად არ არის შემუშავებული ხარისხის მაჩვენებლების სისტემა, არ არსებობს მათი მკაფიო კლასიფიკაცია. ამის გამო,

საქართველოში მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტები მშენებლობის ხარისხის შესახებ, მუდმივად დახვეწას საჭიროებს. მშენებლობის ხარისხის ამაღლებაზე მუშაობის ნაკლია ხარისხის კონტროლისა და დიაგნოსტიკების მოძველებული მეთოდებისა და ხელსაწყოების გამოყენება ან საერთოდ, მათი არარსებობა. სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხი, რომელიც შეიძლება განვიხილოთ, როგორც მზა სამშენებლო პროდუქციის შესაბამისობა საპროექტო გადაწყვეტებთან, განისაზღვრება სპეციალური ხელსაწყოებისა და გამზომი მოწყობილობების საშუალებით. უმეტეს შემთხვევებში, კონტროლი ხორციელდება სამუშაო პროცესის მიმდინარეობისას, რაც საშუალებას გვაძლევს, დროულად აღმოვფხვრათ გამოვლენილი ნაკლი. ამავდროულად, არსებობს სამუშაოთა გარკვეული სახეობები, რომელთაც პარამეტრების კონტროლის დიდი ხანგრძლივობა ახასიათებს და ხარისხის აუცილებელ მაჩვენებელს განსაზღვრავს.

ხარისხის ზოგიერთი მაჩვენებელი ძნელად ემორჩილება მკაფიო განსაზღვრას. მაგალითად, საცხოვრებელი სახლების შეფასებისას გამოიყენება მაჩვენებელი, რომელთა უმეტესობა სუბიექტური ხასიათისაა. ქ. თბილისში ჩატარებულმა მარკეტინგულმა კვლევამ და საცხოვრებლების ბაზრის სეგმენტირებამ აჩვენა სამშენებლო პროდუქციის პოტენციურ მომხმარებელთა სხვადასხვა ჯგუფის ინტერესების დიდი ნაირგვარობა. გამოიკვეთა, რომ მოსახლეობის სხვადასხვა ჯგუფისათვის სოციალური და ესთეტიკური თვისებების მახასიათებელ მაჩვენებლებს სხვადასხვა ღირებულება აქვს. ამ მაჩვენებლების რიცხოვრივი განსაზღვრისას წარმოიქმნება სხვადასხვა სახის სირთულეები.

ხარისხის მაჩვენებელთა სირთულისა და სხვადასხვაგვარობის გამო, მიზნის კრიტერიუმის სახით შეიძლება წარმოჩინდეს განუზომელი სიდიდე, რომელიც საწარმოო პროცესის აღმწერი მათემატიკური მოდელის რეალიზაციის შედეგად მიღებულ ხარისხის კომპლექსურ შეფასებას ასახავს.

ხარისხის შეფასების მაჩვენებლებისა და მათი რაოდენობრივი მნიშვნელობების განსაზღვრისათვის გამოიყენება სხვადასხვა მეთოდები, მათ შორის:

- ინსტრუმენტული (გამზომი), რომელიც მოითხოვს სხვადასხვა სახის გამზომი და მაკონტროლებელი ხელსაწყოებისა და მოწყობილობების გამოყენებას;
- საანგარიშო-ანალიტიკური, რომელიც დაფუძნებულია ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელების რეალიზაციაზე;
- სტატისტიკური, რომელიც გვაძლევს საშუალებას, განზოგადებული მონაცემების მისაღებად გამოვიყენოთ დაგროვილი ინფორმაცია ცალკეულ მაჩვენებლებსა და რიცხობრივ მნიშვნელობების შესახებ;
- საექსპერტო შეფასების მეთოდი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს, დავადგინოთ ხარისხის მაჩვენებლების სიდიდე სპეციალისტების ან სამშენებლო პროდუქციის მომხმარებელთა აზრის გამოკითხვის შედეგად;
- ორგანოლექტიკური მეთოდები, რომლებიც ადამიანის ორგანოების აღქმას იყენებს (სმენა, უნარი, გავარჩიოთ სუნი და ა.შ.);
- კომბინირებული, რომელიც ხარისხის მაჩვენებლის რაოდენობრივი შეფასებისთვის, განხილული მეთოდებიდან, იყენებს არა ერთ, არამედ რამდენიმეს, ხოლო შედეგების განსაზღვრის მეთოდის მიხედვით იყოფა დიფერენციალურ, კონმპლექსურ და შერეულ მეთოდებად.

დიფერენციალური მეთოდის დროს ადარებენ ხარისხის მაჩვენებლებს ნორმების ან ანალოგების ცალკეულ მაჩვენებლებთან. შედარება შეიძლება მოხდეს ცალკეული მაჩვენებლის როგორც სიდიდის მიხედვით, ასევე მათი ფარდობითი მნიშვნელობით:

$$q = k_i/k_{i\bar{}}, \quad (1.1)$$

სადაც $k_{i\bar{}}$ – ნორმატიული (საბაზისო) მაჩვენებლების მნიშვნელობაა.

კომპლექსური მეთოდი გამოიყენება მაშინ, როცა ხარისხი მხოლოდ ერთი განზოგადებული მაჩვენებლით ხასიათდება. ამასთანავე, თუ შეიძლება განსახილველი ამოცანისათვის გამოვყოთ მთავარი მახასიათებელი, მაშინ შეიძლება ავარგოთ განზოგადებული(განზ.) მაჩვენებლების ფუნქციური დამოკიდებულება:

$$K_{განზ} = f(k_1, k_2, \dots, k_n) \quad (1.2)$$

მიღებულ შედეგს ადარებენ საბაზისო მაჩვენებელს. თუ შეუძლებელია მთავარი მაჩვენებლის გამოყოფა, იყენებენ საშუალოდ აწონის მეთოდებს.

საშუალო არითმეტიკული:

$$q_{განზ} = \sum_{i=1}^n v_i \cdot q_i \quad (1.3)$$

საშუალო კვადრატული:

$$q_{განზ} = \sqrt{\sum_{i=1}^n v_i \cdot q_i^2} \quad (1.4)$$

საშუალო ჰარმონიული:

$$q_{განზ} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{v_i}{q_i}} \quad (1.5)$$

საშუალო გეომეტრიული:

$$q_{განზ} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n q_i^{v_i}} \quad (1.6)$$

სადაც, v_i – i -ური ერთეული – q_i მაჩვენებლის წონადობის კოეფიციენტებია, რომელთა ჯამიც ერთი ტოლია;

n – ცალკეულ მაჩვენებელთა რიცხვი, რომელიც ჩართულია განზოგადებულ მაჩვენებელში.

ეს ვარიანტი გამოიყენება მცირე გადახრების დროს. საბაზისო მაჩვენებლებიდან დიდი გადახრებისას შესაძლოა ისეთი შემთხვევები, როდესაც განზოგადებული მაჩვენებლის მნიშვნელობა შეიძლება გაიზარდოს ცალკეული მაჩვენებლის მცირე მნიშვნელობისას. ამასთანავე,

წონადობის კოეფიციენტები შეიძლება დადგინდეს ექსპერტული მეთოდითაც .

ობიექტის ხარისხის შეფასების ინტეგრალური მეთოდი მოიცავს მოთხოვნების პარამეტრების შესაბამისობის შეფასებას, როგორც ობიექტისადმი წაყენებული ტექნიკური, ისე ეკონომიკური მახასიათებლებისადმი.

შერეული მეთოდის გამოყენებისას ხარისხის ცალკეულ მაჩვენებლებს აერთიანებენ ჯგუფებში და თითოეული ჯგუფისთვის განსაზღვრავენ შესაბამის კომპლექსურ მაჩვენებელს. მაჩვენებელთა მიღებული ჯგუფების საშუალებით აფასებენ ხარისხის დონეს დიფერენციალური მეთოდით.

ხარისხის კომპლექსური მაჩვენებლის ცალკეული ფუნქციური დამოკიდებულების დასაბუთება იმ შემთხვევებში, როდესაც ის უცნობია, იმ მდგომარეობით აიხსნება, რომ, ერთი ტიპის პროდუქციის შედარება, ჩვეულებრივ, ხორციელდება ფაქტობრივი და საბაზისო მაჩვენებლების სიდიდეთა მცირე განსხვავების დროს. ამის გამო კომპლექსური მაჩვენებლის დაშლის დროს ტეილორის მწკრივად შესაძლებელია შემოვიფარგლოთ წევრებით, რომლებიც არგუმენტის პირველ ხარისხებს შეიცავენ[72].

$$k \cdot (x_1, \dots, x_n) = k \cdot (x_{1\partial}, \dots, x_{n\partial}) + (x_1 - x_{1\partial}) \cdot \frac{\partial_j}{\partial x_1} + \dots + (x_n - x_{n\partial}) \frac{\partial_j}{\partial x_n}, \quad (1.7)$$

სადაც x_1, \dots, x_n – ცალკეული მაჩვენებლების ფაქტობრივი მნიშვნელობებია; $x_{1\partial}, \dots, x_{n\partial}$ – ცალკეული მაჩვენებლების საბაზისო მნიშვნელობები; $k \cdot (x_1, \dots, x_n), k \cdot (x_{1\partial}, \dots, x_{n\partial})$ – შესაბამისად, კომპლექსური მაჩვენებლების ერთეული და საბაზისო მაჩვენებლებია; $\frac{\partial_j}{\partial x_n}$ – წონადობის პარამეტრის მქონე კერძო წარმოებულეა. (1.7)-ის მარცხენა და მარჯვენა ნაწილების გაყოფით ყველა $\frac{\partial_j}{\partial x_1}$ – ჯამზე, ვიღებთ წონადობის ნორმირებულ კოეფიციენტებს, რომელთა ჯამი ერთის ტოლია.

სამშენებლო სამუშაოთა ხარისხის შეფასების მეთოდების გაანალიზების საფუძველზე უნდა აღვნიშნოთ, რომ სამშენებლო - სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხს განაპირობებს ოთხი ქვესისტემა: წარმოების საგნები, წარმოების იარაღები, შემსრულებლებლები და თვით პროცესების ხარისხი.

მიღებული და მოქმედი სტანდარტებით სამშენებლო სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის საწარმოო კონტროლის თანმიმდევრობა მოიცავს საპროექტო დოკუმენტაციის, კონსტრუქციების, ნაკეთობების, მასალებისა და დანადგარების საწყის კონტროლს, სამშენებლო პროცესების საოპერაციო კონტროლსა და დამთავრებული სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების მიღების კონტროლს. სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის კონტროლში, თვით შემსრულებლის გარდა, მონაწილეობს დამკვეთის ტექნიკური ზედამხედველობა, საპროექტო ორგანიზაციისა და სახელმწიფო ზედამხედველობის სამსახურის საავტორო ზედამხედველობა. ამის გარდა, საინსპექციო ზედამხედველობაში მონაწილეობის მიღება შეუძლიათ საგამოცდო ცენტრებსა და ლაბორატორიებს, ლიცენზიებისა და სერტიფიცირების ორგანოებს, მომხმარებელთა გაერთიანებებს, სადაზღვევო ფირმებს. ეს რთული სოციალურ-ტექნიკური სისტემას, რომელშიც შედის: კონტროლის ობიექტები, შემსრულებლები, კონტროლის მეთოდი და საშუალებები, რომლებიც ქმნიან გარკვეული წესებით ურთიერთქმედების ერთობლიობას.

სამშენებლო შენობა-ნაგებობებს რიგი თავისებურება ახასიათებს, რომლებიც საწარმოო პროდუქციის სხვა სახეობისთვის არ არის დამახასიათებელი. ესაა: მიმწოდებლის სიშორე, წარმოების რთული პირობები, სამშენებლო დეტალების დიდი ზომები, მზა პროდუქციის წუნდების შეუძლებლობა და ა.შ., რასაც მივყავართ სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის შეფასების გაზრდილ სირთულესთან.

სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოთა ხარისხისა და შენობა-ნაგებობების შეფასება ხდება: ნორმებისა და პროექტისადმი პარამეტრების

შესაბამისობის კოეფიციენტის მიხედვით; ექსპერტების შეფასების მიხედვით; დაშვებული დეფექტების გამოსწორებაზე დანახარჯებისა და საექსპლუატაციო დანახარჯების მიხედვით; სანდოობის მაჩვენებლებით; სტატისტიკური მაჩვენებლებითა და სხვა კრიტერიუმებით.

სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის კონტროლის მეთოდების შეფასება განხორციელდა მეცნიერთა მიერ შემოთავაზებული მაჩვენებლების მიხედვით, რომელიც ითვალისწინებს: ნაკლებ შრომატევადობას, ოპერატიულობას, რაოდენობრიობას, ერთგვაროვნებას, გლობალურობას, მოქნილობას, ყოველმხრივობას, მონოტონურობასა და სიზუსტეს. გადავიდეთ სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის შეფასების მეთოდების განხილვაზე მათი მაჩვენებლების მიხედვით [30,47,80,82].

მეთოდი 1. მშენებლობაში 01.10.77 წლამდე ხარისხის შეფასების ოფიციალური დოკუმენტი იყო „სამშენებლო-სარემონტო სამუშაოების, შენობათა და ნაგებობათა კონსტრუქციული ნაწილების, მშენებლობის დასრულებული ობიექტებისა და გამშვები კომპლექსების ხარისხის შეფასების შესახებ დროებითი მითითება“. სამუშაოს შესრულების ხარისხის კომპლექსური შეფასება განისაზღვრებოდა, როგორც საშუალო არითმეტიკული მაჩვენებელი:

$$K = \frac{3M_3 + 4M_2 + 5M_1}{M_1 + M_2 + M_3}, \quad (1.8)$$

სადაც M_1 , M_2 , M_3 – სამუშაოთა სახეობებია, შესაბამისად მიღებული შეფასებებით, „დამაკმაყოფილებელი“, „კარგი“, „საუკეთესო“.

3, 4, 5 ქულით ფასდებოდა სამუშაოები გადახრებით, შესაბამისად, მაქსიმალური, საშუალო და მინიმალური დაშვებების საზღვრებში. ამ დოკუმენტის საფუძველზე შემუშავდა მშენებლობის ხარისხის შესაფასებლად ნორმატიული მითითებანი. ამავდროულად, როგორც დადგენილი იყო, სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხი, სამშენებლო ორგანიზაციათა უმეტესობაში, ფასდებოდა შესაბამისობის

ხარისხის კრიტერიუმით ექსპერტული გზით, დასახელებული დოკუმენტების გათვალისწინების გარეშე.

მეთოდი 2. ეს მეთოდი შემუშავებულია უკრაინის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტის მიერ (ვარიანტი 3) , თუ სამუშაოები არ იყო მიღებული პირველივე მოთხოვნისთანავე და საჭიროებდა დამატებით ხარჯებს, ფასდებოდა 3 ქულით, 4 და 5 ქულით - ობიექტის პირველივე მოთხოვნით ჩაბარებისა და სამუშაოს გუმლოდგინედ შესრულებისას. დასრულებულ ობიექტზე სამუშაოების ხარისხიც ასევე ფასდებოდა ქულების სისტემით:

$$\Pi_0 = \sum O_b \cdot K_b / N + \Pi_{ესთ} \quad (1.9.)$$

სადაც, O_b – სამუშაოთა ცალკეული სახეობის ხარისხის მაჩვენებელია;

K_b – სამუშაოთა სახეობის მნიშვნელობის კოეფიციენტი;

$\Pi_{ესთ}$ – ესთეტიკის მაჩვენებელი;

N – სამუშაოთა სახეობების საერთო რაოდენობა.

განხილული მეთოდები ითვალისწინებს ნორმატიული და ტექნიკური დოკუმენტაციის ყველა მოთხოვნის კონტროლს ხისტი ეკონომიკური დასაბუთების გარეშე ხარისხის მაღალი შეფასების მისაღებად. შესაბამისად, ეს მეთოდები არ აკმაყოფილებს პრაქტიკულობის, რაოდენობრიობის, გლობალურობისა და მოქნილობის კრიტერიუმებს.

შეფასება ხდება საგანთა უხეში სკალის მიხედვით, რაც მეთოდების მგრძნობელობასა და მონოლითურობას გამორიცხავს.

მეთოდი 3. განხილული მეთოდები იყენებს მიდგომას, რომელიც სუფთა სახით შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც ნორმებისადმი შესაბამისობის მაჩვენებელი:

$$K = (H - H_0) / H, \quad (1.10)$$

სადაც H ნორმების კონტროლირებად მოთხოვნათა საერთო რაოდენობაა, H_0 – ნორმების მოთხოვნათა დარღვევების რაოდენობა. ეს მეთოდი ხარისხის დონის ობიექტურ შეფასებას გვაძლევს, თუ $K = 1$; როცა $K < 1$, არ შეიძლება შეფასების ობიექტურობაზე ვიმსჯელოთ, რამდენადაც

მოთხოვნათა სხვადასხვა დარღვევა სხვადასხვაგვარად მოქმედებს სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის შეფასებაზე. ამასთანავე, K -ს ერთგვაროვანი მაჩვენებლის დროს შეიძლება წუნდებული სამშენებლო სამონტაჟო სამუშაოების სხვადასხვა რაოდენობა იყოს. წონადობის კოეფიციენტის შემოღებისას, მეთოდი არ კარგავს თავის მთავარ ნაკლს, რომელიც განხილულ მეთოდებს აქვს.

მეთოდი 4. აღნიშნული მეთოდით სამუშაოთა შეფასება ხორციელდება შესაბამისობის კოეფიციენტით, ასევე ფიქსირდება ნორმატივების მოთხოვნათა შეუსრულებლობის მიზეზები:

$$Y = \sum D'_0 / D, \quad (1.11)$$

სადაც $\sum D'_0$ პროდუქციის წილია, რომელიც სტანდარტების მოთხოვნებს გარკვეული მიზეზით არ შეესაბამება.

მეთოდი 5. ამ შემთხვევაშიც სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის შეფასების ინსტრუქციასაც აქვს ზემოთ განხილული მეთოდების ძირითადი ნაკლი. მისი მთავარი ნაკლი შეფასების მკვეთრი, მათემატიკურად დასაბუთებული კრიტერიუმების არარსებობაა, რაზედაც მიუთითებს ინსტრუქციის ტექსტიდან შემდეგი ამონარიდი: ხარისხი ფასდება „საუკეთესო-დ“, როცა სამუშაოები შესრულებულია განსაკუთრებული გულმოდგინებით და ოსტატობით; „დამაკმაყოფილებელი“, როცა სამუშაო საპროექტო ორგანიზაციასა და დამკვეთთან შეთანხმებული ტექნიკური დოკუმენტაციიდან უმნიშვნელო გადახრებით, მაგრამ საიმედოობის არადაქვეითებული მონაცემებით არის შესრულებული. აქ უკვე სახეზეა სიმკვეთრის კრიტერიუმის დარღვევა განხილული მეთოდის ნაკლის შენარჩუნებით, ამიტომ ეს მეთოდი მართებულად გაკრიტიკდა და შეიცვალა [71].

მეთოდი 6. სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის შეფასება კერძო და საერთო მაჩვენებლებით. კერძო მაჩვენებლებს მიეკუთვნება:

$\Pi_{\text{ნორ}}$ – საწარმოო საიმედოობისა და ხანმედეგობის მაჩვენებელი, რომელიც გამოხატავს საპროექტო და ნორმატიულ დოკუმენტაციასთან

შესაბამისობის ხარისხს (შესაბამისობისას $\Pi_{ესთ} = 1$, შეუსაბამობისას $\Pi_{ნორ} = 0$);

$\Pi_{ესთ}$ – ესთეტიკური მაჩვენებელი, განსაზღვრული ექსპერტული მეთოდით 5- ქულიან სკალიანი საშუალო არითმეტიკულის სახით;

$\Pi_{წარმ}$ – შრომის ხარისხის მაჩვენებელი განისაზღვრება 5-ქულიანი სკალით და პირველივე მოთხოვნისთანავე სამუშაოთა ჩაბარების წარმატების გამომხატველია.

$\Pi_{გვ}$ – ეკონომიკური მაჩვენებელი, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Pi_{გვ} = M_{თვლ} - \Pi_{თვლ} + M_{შრტ} - \Pi_{შრტ} + M_{პრო} - \Pi_{პრო} \quad (1.12)$$

სადაც $\Pi_{თვლ}$, $\Pi_{შრტ}$, $\Pi_{პრო}$ – (სსს)-ის საპროექტო თვითღირებულების, შრომატევადობისა და ხანგრძლიობის ფარდობაა ფაქტობრივთან;

$M_{შრტ}$, $M_{პრო}$, $M_{თვლ}$ – წონადობის მაჩვენებელთა კოეფიციენტებია

საცხოვრებელ-სამოქალაქო მშენებლობის ობიექტებისთვის:

$$M_{თვლ} = 0,43; \quad M_{შრტ} = 0,33; \quad M_{პრო} = 0,24.$$

საერთო მაჩვენებლების ჯგუფი მოიცავს შემდეგ მაჩვენებლებს: კონსტრუქციის დეფექტურობის მაჩვენებელს:

$$\Pi_{დეფ} = (P_{დეფ}/P) \cdot 100\%, \quad (1.13.)$$

სადაც $P_{დეფ}$ დეფექტების მქონე კონსტრუქციების რიცხვია, ე.ი., რომელთათვისაც $\Pi_{ნორ} = 0$, P – შემოწმებული კონსტრუქციების საერთო რიცხვია.

სამუშაოთა ცალკეული სახეობების ხარისხის მაჩვენებელი, რომელიც მუშების სტიმულირების დროს გამოიყენება:

$$\Pi_{სამ} = \Pi_{ნორ} \cdot \Pi_{მოთ} \quad (1.14.)$$

სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის საერთო დონის მაჩვენებელი, რომელიც გამოიყენება ინჟინერ-ტექნიკური სამუშაოებისათვის, გამოითვლება ფორმულით :

$$\Pi_{საერ} = \left(\sum \Pi_{სამ} - M_{სამ}/\Pi \right) \cdot \alpha + \Pi_{ესთ} \quad (1.15)$$

სადაც $M_{საშ}$ არის სამუშაოების ცალკეულ სახეობათა ხარისხის მაჩვენებლების წონადობის კოეფიციენტი, α – დაუმთავრებელი სამუშაოების არარსებობის ($\alpha = 1$) ან არსებობის ($\alpha = 0$) კოეფიციენტი. სამშენებლო სამონტაჟო სამუშაოების (სსს)-ის შესრულების ხარისხის მაჩვენებელი ობიექტზე გამოითვლება ფორმულით:

$$\Pi_{საშ} = \Pi_{ნორ} \cdot \Pi_{ესტ} \quad (1.16.)$$

მოცემული მეთოდის უპირატესობა მისი მოქნილობა და ყოველმხრივობაა, ხოლო ნაკლი – შრომატევადობა, საერთო შეფასების სიმრავლე და შეფასების ექსპერტულ მეთოდებთან დაკავშირებული სუბიექტურობა და უზუსტობა. უკანასკნელი მდგომარეობა დაკავშირებულია ექსპერტის ფსიქოლოგიურ უუნარობასთან, შეაფასოს 10-ზე მეტი სხვადასხვაგვარი ფაქტორი და ექსპერტების ჯგუფთან შესაძლო შეუთანხმებლობა.

მეთოდი 7. სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის შეფასება ქვესისტემის სახით შედის საწარმოო-ტექნიკურ დონეში და მიმდინარეობს საშენი მასალებისა და ნაკეთობების ხარისხის შეფასებასთან ერთად. შეფასების მეთოდები დაფუძნებულია სამშენებლო ნორმებსა და წესებზე. ეს მეთოდი იგებს რა შეფასების ყოველმხრივობით, მეტად შრომატევადია და საექსპერტო მეთოდების ყველა ნაკლს მოიცავს.

მეთოდი 8. სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების (სსს-ის) ხარისხი განისაზღვრება სიდიდით:

$$K_{სსს} = (C - (3_{დეფ} + \Delta 3_{ესტ})) / C, \quad (1.17)$$

სადაც, C (სსს)-ის ხარჯთაღრიცხვის ღირებულებაა; $3_{დეფ}$ – დაშვებული დეფექტების ლიკვიდაციის ხარჯები; $\Delta 3_{ესტ}$ – საექსპლუატაციო ხარჯების გაზრდა.

არასწორი დანახარჯების $(3_{დეფ} + \Delta 3_{ესტ})$ განსაზღვრა რეკომენდირებულია წლის ბოლოს, როცა გამომჟღავნდება დაშვებული დეფექტები (მეთოდი ოპერატიულობის კრიტერიუმს არ აკმაყოფილებს). მეთოდის უპირატესობა მშენებლობაში მონაწილეთა ეკონომიკური

სტიმულირება, რამდენადაც დეფექტები აღმოიფხვრება დამნაშავეთა ხარჯზე (არ არის სიმკვეთრე, რადგან ძნელია გაირჩეს რთულ დეფექტებში დამნაშავეთა წილი).

მეთოდი 9. პროდუქციის ხარისხის შეფასება დეფექტურობის კოეფიციენტის მიხედვით [64]:

$$D_{დეფ} = \frac{1}{100n} \sum_{i=0}^n b_i m_i, \quad (1.18)$$

სადაც b_i დეფექტის წონადობის ქულაა ასქულიანი სკალით;

m_i – ნაკეთობათა რაოდენობა i დეფექტებით; d – დეფექტების სახეების რაოდენობა; n – ამონაკრების მოცულობა.

დეფექტების წონადობა ინიშნება დამატებითი დანახარჯების თანხის პროპორციულად, რომელიც დეფექტების ან ნაკეთობაში გამოუსწორებელი დეფექტის არსებობით გამოწვეული დანაკარგების გამოსასწორებლად არის საჭირო. მეთოდი შრომატევადია, რამდენადაც აუცილებელია დეფექტებით გამოწვეული დანაკარგების განსაზღვრა. მისი უპირატესობაა ის, რომ წონადობის კოეფიციენტები ეკონომიკურად დასაბუთებულია.

მეთოდი 10. დაფუძნებულია სოციოლოგიურ მიდგომაზე. მომხმარებელთა გამოკითხვას, აქვს სოციოლოგიური მეთოდების ყველა ნაკლი, მაგ: შრომატევადობა, სუბიექტურობა და სხვა. ასეთ მეთოდის გამოყენება მიზანშეწონილია განსაზღვრული მიზნის მისაღწევად. მაგალითად, საფრანგეთში იქმნება სახლების მფლობელთა ანკეტები და ხდება დამამზადებელთა დაჯილდოება მათი წარდგინებით.

მეთოდი 11. ხარისხის ცალკეული მაჩვენებლის საწარმოო წონადობის განსაზღვრა შემოთავაზებულია დეფექტების აცილების დანახარჯებისა და დანაკარგების პროპორციულად.

$$D_i = -P_i = \tau_i = \tau_i / \left(\sum P_i - \tau_i \right), \quad (1.19)$$

სადაც. P_i – არის ხარისხის ცალკეული მაჩვენებელი i -ური დეფექტის წარმოქმნის საშუალო არასტატისტიკური სიხშირე, τ_i – ხცმ დეფექტის აცილებაზე დანახარჯის τ_i – ნორმატივი.

შემოთავაზებულია ხცმ-ის მნიშვნელობა განვიხილოთ, როგორც ფუნქციური და საწარმოო წონადობის მახასიათებელი:

$$D_i = D_{i1} \cdot D_{i2} / \left(\sum D_{i1} \cdot D_{i2} \right), \quad (1.20)$$

სამუშაოთა დეფექტურობა:

$$W_j = P_j \cdot D_i, \quad (1.21)$$

სადაც j არის 1,2,..., – სამუშაოთა სახეობები. აღწერილი მეთოდი წარმოადგენს სრულყოფილი კომპლექსური მეთოდია წონადობის კოეფიციენტებით. განმსაზღვრელი მაჩვენებელია ხარისხის ინდექსი:

$$I_j = 1 - W_j / W_j^{\text{წუნ}}, \quad (1.22)$$

სადაც, $W_j^{\text{წუნ}}$ დეფექტურობის წუნდებულობის კოეფიციენტია.

მეთოდის შრომატევადობის შესამცირებლად შემუშავებულია სამანქანო ანგარიშის პროგრამა. რამდენადაც გაანგარიშებისთვის აუცილებელია, გვქონდეს სტატისტიკური მონაცემები დეფექტების სიხშირესა და დეფექტების აცილებაზე დანახარჯების ნორმატივთა მნიშვნელობები, მეთოდი არ აკმაყოფილებს ნაკლებად შრომატევადობისა და ოპერატიულობის კრიტერიუმებს. არასაკმარისად არის უზრუნველყოფილი ყოველმხრივობა და მგრძობელობა, ხოლო დანახარჯების დარგობრივი ნორმატივი შეიძლება არ შეესაბამებოდეს ფაქტობრივ დანახარჯებს (არასაკმარისი სიზუსტე).

მეთოდი 12. ხარისხის შეფასების ყველა ზემოთ განხილულ მეთოდს ადარებენ ნორმატიულ დასაშვებ გადახრებს, რომლებიც, ჩვეულებრივ, განსაზღვრულია „სამი სიგმა-ს“ წესებით, ეს მაშინ, როცა გეოდეზიური გაზომვების სიზუსტის შეფასებისას იღებენ $\pm 2\sigma$. ექსპერიმენტული და თეორიული კვლევებით გამოვლინდა, რომ პრაქტიკული მიზნებისთვის საკმარისია ზღვრული ცდომილება მივიღოთ 2σ -ს ტოლად. ამასთანავე, დასაშვები ზღვრებიდან შემთხვევითი გადახრის გამოსავლის ალბათობა იზრდება 0,27-დან 4,55-მდე.

სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ტექნოლოგიური პროცესები მასალებისათვის ხასიათდება ხარისხის მაჩვენებლის შემთხვევითი

გადახრებით. წარმოების პირობების, შემსრულებლებისა და მაკონტროლებლების შეცდომების მიხედვით. ხარისხის მაჩვენებლებისთვის, რომელთაც სტატისტიკური ბუნება აქვთ, უნდა გამოვიყენოთ სტატისტიკური მისაღები კონტროლი.

ტექნოლოგიური პროცესები, ხარისხის თვალსაზრისით, ხასიათდება შემდეგი სტატისტიკური მაჩვენებლებით :

- 1 ნორმატიული მოთხოვნებიდან გადახრების რაოდენობით (შეუსაბამობის დონით);
- 2 ამ გადახრების სიდიდით (პროცესების სიზუსტით);
- 3 სიზუსტის მარაგით (სიზუსტის პარამეტრების მიხედვით პროცესების საიმედოობა);
- 4 საკონტროლო გაზომვების სიზუსტის მაჩვენებლით;
- 5 ჩამოთვლილი მახასიათებლების დროში სტაბილურობით.

ხარისხის კონტროლს, რაოდენობრივი ნიშნის მიხედვით, გარკვეული არსებითი უპირატესობა აქვს: იძლევა მეტ ინფორმაციას, მოითხოვს ამონაკრებების ნაკლებ მოცულობას, ხოლო ამონაკრებების ტოლი მოცულობის შემთხვევაში უტყუარია. ხარისხის შეფასების სტატისტიკური მეთოდის გამოყენებისას შერჩევითი კონტროლი ხორციელდება, რაც ხარისხის კონტროლზე დანახარჯებს მნიშვნელოვნად ამცირებს. უდეფექტობის დონე ითვალისწინებს პარამეტრების მნიშვნელობათა ალბათობით განაწილებას. გაითვალისწინება გაზომვის ცდომილება. ეს მეთოდი ასევე იძლევა ტექნოლოგიური პროცესების რეგულირებისთვის აუცილებელ ინფორმაციას, ისეთისა, როგორც არის პროცესისა და სტატისტიკური მაჩვენებლების სტაბილურობის სიზუსტე შემთხვევითი და სისტემური ცდომილებების მიმართ დროში. შესაბამისად, ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა, საკმაოდ ზუსტად და ობიექტურად შევაფასოთ სამშენებლო სამუშაოების ხარისხის დონე.

კონტროლის მოცემული სახეობის ნაკლს უნდა მივაკუთვნოთ გაზომვებისა და გამოთვლების შესრულების აუცილებლობა, გასაზომ

სიდიდეთა განაწილების მხოლოდ ნორმალური კანონის გამოყენება. ამგვარად, მოცემული მეთოდი არ აკმაყოფილებს ოპერატიულობის, მოქნილობის, ყოველმხრივობისა და მონოტონურობის კრიტერიუმებს ($K_{მონოტ}$ -ის რანჟირებისას).

სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის შეფასების სხვა მეთოდები მხოლოდ განხილულების მოდიფიკაციებია.

სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხის შეფასების მეთოდების ანალიზის დროს შეიძლება გამოვყოთ ხარისხის სტატისტიკური შეფასების მეთოდი, რომელიც აკმაყოფილებს საერთაშორისო სტანდარტების ISO 9000-9001 სერიის მოთხოვნებს. სტატისტიკური შეფასებისას გამოიყენება შერჩევითი კონტროლი, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ხარისხის უზრუნველყოფის ხარჯებს. ამავე დროს, უდებეჭტობის დონე ითვალისწინებს პარამეტრების მნიშვნელობათა ალბათობით განაწილებას დაშვებასთან მიმართებაში. აღნიშნული მეთოდი იძლევა ტექნოლოგიური პროცესების რეგულირებისთვის აუცილებელ ინფორმაციას: პროცესისა და კონტროლის სიზუსტის, შემთხვევითი და სისტემატური ცდომილებების მიმართ სტაბილურობის სიზუსტის მაჩვენებლებს. ამგვარად, ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა, საკმარისად ზუსტად და ობიექტურად შევაფასოთ სამშენებლო სამუშაოთა ხარისხის დონე.

1.2. სამშენებლო კონსტრუქციების საიმედოობის შეფასების ანალიზი

საიმედოობა არის ობიექტის თვისება, მოცემულ პირობებსა და დროში შეინარჩუნოს ფუნქციონირების პარამეტრების გარკვეული მნიშვნელობები. საიმედოობა არის ნაკეთობის თვისება, შეასრულოს მოცემული ფუნქციები თავისი საექსპლუატაციო მაჩვენებლების შენარჩუნებით მოცემულ საზღვრებში, დროის საჭირო შუალედის განმავლობაში.

სამშენებლო კონსტრუქციების საიმედოობა არის კონსტრუქციის უნარი, იმუშაოს უმტყუნებოდ გარკვეული დროის განმავლობაში.

მდგრადი მუშაობის ალბათობა ეს იმისი ალბათობაა, რომ დროის მოცემულ ინტერვალში ნაკეთობის დაზიანება არ წარმოიქმნება.

უმტყუნო მუშაობის მყისიერი ალბათობა იმისი ალბათობაა, რომ დროის მოცემულ მომენტში არ წარმოიქმნება ნაკეთობის გამტყუნება.

ხანმედეგობა - არის კონსტრუქციის უმტყუნებო უღალატო მუშაობა დროის ალბათობით შუალედში.

უსაფრთხოება - არის თვისება, რომელიც გამოიხატება იმაში, რომ დროის განსაზღვრული შუალედის განმავლობაში შეეწინააღმდეგოს მასზე მოქმედ ფაქტორებს ადამიანებისა და გარემოს დაზიანების გარეშე. შეწინააღმდეგებაში იგულისხმება ზღვრული მდგომარეობის არდადგომა მდგრადობისა და გამძლეობის დანაკარგის გამო.

ზემოთქმულის განზოგადოებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ სამშენებლო კონსტრუქციის საიმედოობა არის კონსტრუქციის უნარი, დროის გარკვეული პერიოდის განმავლობაში T იმუშაოს P უღალატო მუშაობის განმსაზღვრელი ალბათობით.

სამშენებლო კონსტრუქციების საიმედოობის შეფასების ძირითადი მაჩვენებელი P უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა:

$$P = 0,5 - \Phi(Z), \quad (1.23)$$

სადაც $\Phi(Z)$ ლაპლასის ნორმალური განაწილების ფუნქციაა და მოცემულია მათემატიკურ ცნობარებში Z -ისგან დამოკიდებულებით; Z – ზიდვისუნარის მარაგის სტანდარტების რიცხვია, რომელიც ზიდვისუნარის მარაგის ინტერვალში F -დან R -მდე ჯდება და საიმედოობის უნარი ეწოდება. საიმედოობის უნარი ტოლია:

$$Z = \frac{R - F}{\sqrt{S^2(R) - S^2(F)}}, \quad (1.24)$$

სადაც R და F კონსტრუქციის ზიდვისუნარიანობა და კონსტრუქციაზე დატვირთვაა; $S(R)$, $S(F)$ – შესაბამისად, ზიდვისუნარიანობისა და დატვირთვის საშუალო კვადრატული გადახრებია, რომლებიც

განისზღვრება დამოკიდებულების შემთხვევითი ფუნქციების თეორიით.

$$S^2(R) = \sum_{i=0}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 S^2(x_i) \quad (1.25)$$

$$S^2(F) = \sum_{j=0}^k \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y_j} \right)^2 S^2(y_j) \quad (1.26)$$

სადაც $S(x_i)$ და $S(y_j)$ – სტანდარტული გადახრებია x_i და y_j , შემთხვევითი არგუმენტების სიმტკიცისა და დატვირთვის ფუნქციის შესაბამისად.

ფორმულებში (1.25) კერძო წარმოებულებს სიმტკიცისა და დატვირთვის ფუნქციის შემთხვევითი არგუმენტებიდან თითოეულის წონალობის კოეფიციენტის აზრი აქვს, რომლებიც კონსტრუქციის საიმედოობაზე მათი გავლენის ხარისხს განსაზღვრავენ. კერძო წარმოებულების მნიშვნელობა შეიძლება გამოყენებული იყოს ხარისხის საკონტროლებელი მაჩვენებლების წინააღმდეგობის კოეფიციენტების სახით.

სანდობის ინდექსის გამოსათვლელად სამშენებლო კონსტრუქციების საიმედოობის გაანგარიშებაში ასევე იყენებენ დეტერმინირებულ დატვირთვას ან კონსტრუქციის ზიდვის უნარს, რაც შესაძლებლობას გვაძლევს, კონსტრუქციის საიმედოობის გაანგარიშება გავაიოლოთ.

კონსტრუქციის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობის განსასაზღვრად ასევე გამოიყენება სტატისტიკური გამოცდის მეთოდი (მონტე-კარლოს მეთოდი), დაფუძნებული შემთხვევით, ნორმალურად განაწილებული რიცხვების გენერაციაზე, რომლებიც პარამეტრების მნიშვნელობებს განსაზღვრავენ მათი საშუალო და სტანდარტული გადახრების შესაბამისად. აქედან გამომდინარე, განისაზღვრება იმ მოვლენათა სიხშირე, რომელიც გამტყუნების აღმნიშვნელია.

თუ მტყუნებათა ალბათობის განმსაზღვრელი საწყისი სიდიდეები განაწილებულია არანორმალური კანონით და მათი განაწილება განაწილების ნორმალური კანონის წარმოებული არ არის, მაშინ კონსტრუქციის მდგრადი მუშაობის ალბათობის გამოსათვლელად

გამოიყენება „ცხელი წერტილების მეთოდი“, რომელიც შემუშავებულია მეცნიერ სანარსკის მიერ. მეთოდი მდგომარეობს საწყისი კანონების მიახლოებით აპროქსიმაციაში ნორმალურთან. ეს აპროქსიმაცია უნდა შესრულდეს გამტყუნების უბნის საზღვარზე, ყველა საწყისი სიდიდის განაწილების მაქსიმალური ერთობლივი სიმკვრივის წერტილში.

სამშენებლო კონსტრუქციის საიმედოობის დროებითი პარამეტრი განისაზღვრება კონსტრუქციის ცვეთის ინტენსიურ, ე.ი. ეს ის დროის მომენტი, როცა კონსტრუქციის უმტყუნებო მუშაობა გარკვეულ დონეს ან კონსტრუქციის უსაფრთხო ექსპლუატაციის ხანგრძლიობას აღწევს.

სხვადასხვა წყაროების მიხედვით მონოლითური რკინაბეტონის კონსტრუქციის ხანმედეგობა 100-200 წელია, მაგრამ დროის ამ პერიოდში ატარებენ კონსტრუქციის 2-3 კაპიტალურ რემონტს. რკინაბეტონის კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ვადაა 25 -60 წელი.

კონსტრუქციის მზიდუნარიანობის ცვლილება დროში, ემორჩილება ექსპონენციალურ კანონს, კონსტრუქციის მზიდუნარიანობის მნიშვნელობა დროში, ტოლია:

$$R(t) = R_0 - \exp(-\lambda \cdot t), \quad (1.27)$$

სადაც R_0 აღმართული კონსტრუქციის მზიდუნარიანობაა; λ – ჯამური კოეფიციენტი, რომელიც ზიდვის უნარის დაკარგვის ფარდობით სიჩქარეს ახასიათებს კოროზიის, დაბერებისა და ა.შ. შედეგად, t – დროის მომენტი.

სხვადასხვა კვლევების შედეგად, როგორცაა ა.გ. თამარაზიანის კვლევა, დადგენილია, რომ რკინაბეტონის კონსტრუქციებისთვის ზიდვის უნარის დანაკარგების ფარდობითი სიჩქარის დამახასიათებელი ჯამური λ კოეფიციენტი ტოლია 0,0053-ის .

კონსტრუქციებისა და შენობების აშენების ხარისხი შეიძლება შევაფასოთ მშენებლობის ობიექტის კონსტრუქციული უსაფრთხოების ინტეგრალური მაჩვენებლით, რომელიც დაფუძნებულია ავარიის რისკის ზრდის კოეფიციენტზე, რომელიც ობიექტის აშენებისას დაშვებული დეფექტებით ფორმირდება, ამცირებს მზიდი კონსტრუქციის სიმტკიცესა და მდგრადობას.

ავარიის რისკის შესაფასებლად გამოიყენება ფორმულა:

$$K = R_{\text{ფ}}/R_{\text{თ}} \quad (1.28)$$

სადაც $R_{\text{ფ}}$ ავარიის ფაქტობრივი ალბათობაა, ხოლო $R_{\text{თ}}$ – ავარიის თეორიული ალბათობა, რომელიც შედის სამშენებლო ნორმებში და შეტანილია ობიექტის დაპროექტების პროცესში.

ავარიის ალბათობა განისაზღვრება კონსტრუქციის პარამეტრების უდევექტობის დონიდან, რომელიც მზიდი კონსტრუქციის სიმტკიცესა და მდგრადობას განსაზღვრავს.

სამშენებლო კონსტრუქციების საიმედოობის მაჩვენებლებისა და საიმედოობის გაანგარიშების ანალიზის მიხედვით, კონსტრუქციის შეფასებისადმი ზემოთ მოყვანილი მიდგომებიდან უნდა გამოვყოთ კონსტრუქციის უმტყუნებოდ მუშაობის ალბათობა, კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსი, რომელიც კონსტრუქციის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობასა და უსაფრთხო ექსპლუატაციის ხანგამძლეობას განსაზღვრავს.

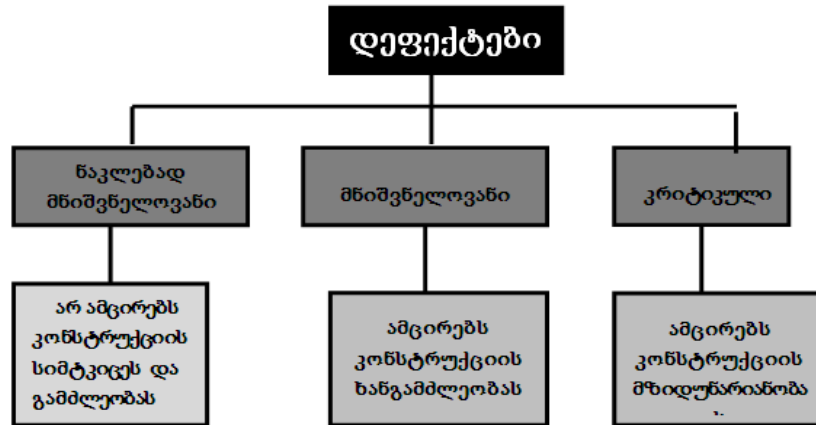
1.3. კონსტრუქციების დეფექტებისა და ბეტონის სამუშაოების ტექნოლოგიის პარამეტრების დარღვევათა ანალიზი

სტანდარტების შესაბამისად, დეფექტი არის პროდუქციის დადგენილ მოთხოვნებთან შეუსაბამობა. კრიტიკულია ის დეფექტი, რომლის არსებობისას შენობა-ნაგებობა, მისი ნაწილი ან კონსტრუქციული ელემენტი ფუნქციურად გამოუსადეგარია, სამუშაოთა შემდგომი წარმოება სიმტკიცისა და მდგრადობის პირობებით უსაფრთხო არ არის ან შეუძლია გამოიწვიოს მითითებული მახასიათებლების დაქვეითება ექსპლუატაციის პროცესში.

მნიშვნელოვანი დეფექტი არის სამშენებლო პროდუქციის საექსპლუატაციო მახასიათებლებისა და მისი ხანგამძლეობის არსებითად გამაუარესებელი დეფექტი. დეფექტები შეიძლება იყოს: მნიშვნელოვანი, რომელიც ამცირებს კონსტრუქციის გამძლეობას; ნაკლებად მნიშვნელოვანი, რომელიც არ ამცირებს კონსტრუქციის სიმტკიცესა და მის გამძლეობას;

კრიტიკული, რომელიც ამცირებს კონსტრუქციის მზიდუნარიანობას და უმნიშვნელო. უმნიშვნელო ჰქვია დეფექტს, რომელიც არსებითად არ მოქმედებს სამშენებლო პროდუქციის გამოყენებასა ან მის ხანგამძლეობაზე.

სურათი მე-2-ზე წარმოდგენილია სქემა, რომელიც ასახავს მონოლითურ მშენებლობაში დეფექტების ძირითადი სახეების კლასიფიკაციას მნიშვნელოვნების მიხედვით.



სურ. 2. მონოლითურ მშენებლობაში დეფექტების ძირითადი სახეების კლასიფიკაცია მნიშვნელოვნების მიხედვით

1.3.1. მონოლითურ კონსტრუქციათა დეფექტები

მონოლითური კონსტრუქციის დეფექტები, წარმოქმნის მიზეზები და კონსტრუქციის ხარისხზე მათი გავლენა.

1. ბეტონის სიმტკიცის, სიმკვრივის, ყინვამედეგობის, წყალშეუღწევადობის, დეფორმაციულობისა და სხვა მაჩვენებლების პარამეტრების შეუსაბამობა პროექტთან და ნორმებთან.

ეს მიზეზი შეიძლება იყოს:

1.1 უხარისხო ბეტონის ნარევი, დაწყობისა და შემჭიდროების მოთხოვნების დარღვევა, დაყოვნებისა და მოვლის რეჟიმის დარღვევა. ბეტონის პარამეტრების გაუარესებამ შეიძლება მიგვიყვანოს კონსტრუქციის განუსაზღვრელ დეფორმაციასა და ჩამონგრევამდე.

2. ბეტონის ზედაპირებზე ნიჟარები, ფორები და გაშიშვლებული არმატურა აღინიშნება.

2.1. ნიჟარები, ჩაღრმავებები ბეტონის ზედაპირში, რომლებიც ზედაპირიდან ჩანს, დეფექტის მხოლოდ ხილული ნაწილია წარმოადგენენ, კონსტრუქციის შიგნით კი შეიძლება თავისი ზომებით ბევრად აღემატებოდეს იმას, რაც გარედან ჩანს. ეს დეფექტი წარმოიქმნება უხარისხო ბეტონის გამოყენების დროს ან შემჭიდროების არასაკმარისი ხანგრძლივობის გამო.

2.2. ბეტონის ფოროვანი სტრუქტურა წარმოიქმნება ამ ნარევი წყლის სიჭარბის, შეფიცვის პირაპირის საშუალებით ჰაერის შეწოვის დროს და არასაკმარისი შემჭიდროებით. ამას ბეტონის სიმტკიცის, ხანგამძლეობის, ყინვამედეგობის და წყალშეუღწევადობის შემცირებასთან, ბეტონის ზედაპირის ხარისხის დაქვეითებასთან მივყავართ.

2.3. არმატურის გაშიშვლება ფორებსა და ნიჟარებში წარმოიქმნება დამცავი ფენის შემცირების დროს, რასაც არმატურის კოროზია მოსდევს. მრავალრიცხოვანი მსხვილი ფორები დაუშვებელია, თუ მათი სიღრმე არმატურის განლაგების ზონას არ აღწევს.

3. ბეტონის სტრუქტურის დარღვევა: შიდასიცარიელები, ბეტონის გარღვევა, არაერთგვაროვანი ფენები, ბეტონის გაფხვიერება და მარცვლოვანი სტრუქტურა.

3.1. შიდა სიცარიელები წარმოიქმნება ბეტონის ჩაწყობისა და დამუშავებისთვის ძნელად მისადგომ ადგილებში, უპირატესად იქ, სადაც არმატურაა. წარმოქმნის მიზეზებია არმატურით კონსტრუქციის დიდი გაჯერება და ბეტონის ნარევის დაბალი პლასტიკურობა. შიდა სიცარიელები ამცირებს კონსტრუქციის ზიდვის უნარს.

3.2. სვეტებში ბეტონის გარღვევა წარმოიქმნება ბეტონის ნარევის უხარისხო შემჭიდროების დროს. ის კონსტრუქციის ზიდვის უნარს ამცირებს და ხელს უწყობს შენობის განუზომელ დეფორმაციას.

3.3. ბეტონის არაერთგვაროვანი ფენები წარმოიქმნება სვეტებისა და საძირკვლების დაბეტონების დროს, რადგანაც ხდება ბეტონის ნარევის განფენადობა, რასაც კონსტრუქციის ზიდვის უნარის შემცირებასთან მივყავართ.

3.4. ბეტონის ზედაპირული ფენების გაფხვიერება ადრეულ ასაკში გაყინულ ბეტონში აღიძვრება. ის ამცირებს ბეტონის სიმტკიცესა და კონსტრუქციაში ბზარების წარმოშობისადმი მედეგობას, ფუჭდება ბეტონის ზედაპირების ხარისხი.

3.5. მარცვლოვანი სტრუქტურის ხილული ჩონჩხი განპირობებულია არამჭიდრო შეფიცვრით, ცემენტის რძის გამოდინებით, არაშემჭიდროებული ბეტონის ნარევით, რასაც ბეტონის ხარისხის შემცირებასა და არმატურის კოროზიის საშიშროებასთან მივყავართ.

4. ბეტონის ზედაპირზე ბზარები კლასიფიცირდება გახსნის სიგანითა და წარმოშობის მიზეზით: თმისებური – 0,1მმ; წვრილი – 0,2...0,3 მმ; განვითარებული – 0,3...0,5 მმ; დიდები – 0,5...1,5 მმ; მნიშვნელოვანია ბზარები, რომლებსაც თან ერთვის კონსტრუქციის დამსხვრევა - ნაწილები არმატურის გაშიშვლებითა და დაღუნვით. ბზარები მიუთითებს ბეტონში და კონსტრუქციებში ნეგატიურ ცვლილებებზე.

4.1. კონსტრუქციის გაჭიმული ნაწილის ბზარები, ზიდვის არმატურის განივად, განპირობებულია: არმატურის დიდი მოქნილობითა და ჩაზნექილობით; ბეტონის დამცავი ფენის გაზრდით; ზიდვის კონსტრუქციის არასაკმარისი უნარით ან გაანგარიშებული დატვირთვების გადამეტებით.

4.2. კონსტრუქციის გაჭიმული ნაწილის ბზარები არმატურის გასწვრივ განპირობებულია: არმატურის ღეროების განლაგების დიდი ბიჯით ან ცალკეული ღეროების გამოტოვებით.

4.3. კონსტრუქციის შეკუმშულ ნაწილში ბზარების ჯგუფები არმატურის გასწვრივ და უწესრიგო ბზარები არის ჩაჯდომის შედეგი ბეტონის შეკვრისა და დაწყებითი გამაგრების დროს.

4.4. ბზარები ასევე ჩნდება: ტემპერატურული დაძაბულობის, კონსტრუქციის ფორმებში წყლის გაყინვის, დინამიკური ზემოქმედების, კონსტრუქციის გადატვირთვის, შენობის სტატისტიკური სქემის შეცვლის,

საძირკვლების არათანაბარი დაჯდომის, ასევე ბეტონში სიცარიელების გაჩენის შედეგად [60].

5. კონსტრუქციის საპროექტო ზომების დარღვევად განიხილება სვეტების, კოჭებისა და რიგელების კვეთა; კედლებისა და გადახურვების სისქე.

კონსტრუქციების კვლევის მონაცემებმა გვაჩვენა, რომ ნამდვილი გადახრა, როგორც წესი, აჭარბებს სტანდარტებით მოცემულ დაშვებებს ორიდან ათჯერ. კერძოდ, სვეტების კვეთის ზომების საშუალო კვადრატული გადახრა 33 მმ შეადგენს, კოჭებისა და რიგელების 71 მმ, ხოლო სვეტების ქვეშ - საძირკვლების ჭიქები – 112 მმ. შესაბამისად, ამ ნაწილში სტანდარტების მოთხოვნები თითქმის არსად არ სრულდება.

1.3.2. ბეტონის სამუშაოების ტექნოლოგიური დეფექტები

განვიხილოთ ბეტონის სამუშაოების ტექნოლოგიის პარამეტრების დარღვევა და მათი გავლენა დასრულებული შენობების ხარისხზე.

1. საყალიბო სამუშაოები

მონოლითური ბეტონისა და რკინაბეტონისათვის ყალიბის ხარისხი მრავალი ფაქტორით განისაზღვრება. ყალიბის ძირითადი ხარისხი – ეს მისი სიმტკიცე, სიხისტე და უცვლელობაა მასში არმატურისა და ბეტონის ჩაწყობის დროს. მან უნდა უზრუნველყოს შესაქმნელი კონსტრუქციების ზომების სიზუსტე, სივრცეში მათი მდებარეობა და პროექტთან ფორმის შესაბამისობა. ყალიბისთვის გამოყენებულ მასალას ბეტონთან უნდა ჰქონდეს დაბალი ადგეზია (შეჭიდულობა). ყალიბი უნდა იყოს მოსახერხებელი არმატურისა და ბეტონის ჩასხმის დროს, ასევე მზა პროდუქციისთვის ყალიბის მოხსნის დროს, შეკრული ბეტონი არ უნდა დააზიანოს, მან მის ცალკეულ ელემენტებს შორის შეერთებებში საჭირო სიმჭიდროვე უნდა უზრუნველყოს.

ყალიბის არასწორად დაყენება იწვევს კონსტრუქციის საპროექტო ზომების დარღვევასთან მივყავართ.



სურ.3. დასრულებული საყალიბო სამუშაოები

1.1. ყალიბის არასაკმარისი სიხისტე იწვევს კონსტრუქციის ჩაღუნვასა და კედლების გასქელებას ;

1.2. ცემენტის რძის გამოდინება ყალიბიდან იწვევს ბეტონის სიმტკიცის მახასიათებლების დაქვეითებას;

1.3. ბეტონის ზედაპირის ხარისხი დამოკიდებულია ყალიბის ხარისხზე;

1.4. ნაგვის, თოვლისა და ყინულისაგან გაუსუფთავებელი ყალიბი კონსტრუქციის ადგილობრივ შესუსტებას იწვევს.

2. არმატურის სამუშაოები

2.1. არმატურის ფოლადი და სორტული ნაგლინი სიმტკიცითა და ქიმიური შემადგენილობით არ შეესაბამება პროექტსა და ნორმატიულ მოთხოვნებს;

2.2. ღეროების, ბადისა და კარკასის პირაპირა შეერთებები ნორმატიული მოთხოვნების დარღვევით სრულდება;

2.3. არმატურის კვეთა და ღერძების რაოდენობა შემცირებულია;

2.1–2.3 დეფექტები კრიტიკულია, რასაც შენობის ან ნაგებობის და შეიძლება მთლიანობაში კონსტრუქციის სიმტკიცისა და მდგრადობის დაქვეითება მოჰყვეს;



სურ. 4. არმატურის ჩაწობის სამუშაოები

2.4. არმატურის ღეროების ბიჯის გაზრდას, ცალკეული ღეროების გამოტოვებას მათი დაწობის დროს, მივყავართ გრძივი ბზარების წარმოქმნასა და კონსტრუქციის ზიდვის უნარის დაქვეითებამდე;

2.5. კონსტრუქციის გაჭიმულ ნაწილში დამცავი ფენის გაზრდა მზიდი არმატურის განივ ბზარების წარმოქმნას იწვევს;

2.6. ბეტონის დამცავი ფენის შემცირების დროს არმატურის გაშიშვლებამ, შეიძლება მისი კოროზია გამოიწვიოს.

2.7. არმატურის ღეროები ჟანგისა და ჭუჭყისაგან გაწმენდილი არ არის, ეს ღეროვანი არმატურის ბეტონთან შეჭიდულობის დაქვეითებას გამოიწვევს.

3. ბეტონის ნარევის ხარისხი

ბეტონის ნარევის ხარისხის ძირითადი პარამეტრებია: შემავსებლის ხარისხი, შემავსებლის დოზირება, წყლოვანება, წყალცემენტის თანაფარდობა, ერთგვაროვნება (გადარევის ხარისხი), ჩაწყობის მოხერხებულობა (ძვრადობა, სიხისტე), ნარევის ტემპერატურა და დანამატის დოზირება.

3.1. ბეტონის ნარევის უხარისხო შემავსებლები: შემავსებელი ძალიან მსხვილი ფრაქციისაა, ზომების გადამეტებას, არმატურის ღეროებს შორის უმცირესი დაცილების 2/3-ზე და ფილის სისქის 1/2-ზე, მიყვართ სიცარიელებისა და ნიჟარების წარმოქმნამდე;

3.2. ბეტონის ნარევაში დაჭუჭყიანებული შემავსებლის გამოყენება და სამშენებლო ნაგვის არსებობა ასევე იწვევს ბეტონის სტრუქტურის დარღვევას;

3.3. შემავსებლის დოზირების გადაჭარბებაა როცა ბევრია წმინდა ქვიშა, რომელსაც დასასველებლად დიდი რაოდენობის ცემენტის რძე სჭირდება, რაც მსხვილი შემავსებლების არასრულ შეჭიდულობას იწვევს; მსხვილი შემავსებელი ძალიან ბევრია (ხრეში), რითიც განპირობებულია სიცარიელების მნიშვნელოვანი მოცულობა.[56];

3.4. წყლის დოზირების გადაჭარბება განაპირობებს ბეტონის ხარისხის დაქვეითებას. ზედმეტი წყალი გვიან ორთქლდება და ბეტონში ფორებსა და კაპილარებს წარმოქმნის. წყალცემენტის დაბალი თანაფარდობის ($\nabla/\nabla < 0,3$) ბეტონის ნარევი ამცირებს ბეტონის სიმტკიცეს, რადგან მიმდინარეობს ცემენტის არასრული ჰიდრატაცია;

3.5. არაერთგვაროვანი (არასაკმარისად გადარეული) ბეტონის ნარევი ბეტონის სტრუქტურის რღვევას, გარკვეულ ადგილებში ერთნაირი ზომის ნაწილაკების თავმოყრას იწვევს;

3.6. სქელ არმირებულ კონსტრუქციებში ბეტონის ნარევის არასაკმარის პლასტიკურობას, მივყავართ შიგა სიცარიელებისა და ნიჟარების წარმოქმნამდე;

3.7. თერმოსის მეთოდის დროს ზამთრის პირობებში ბეტონის ნარევის ტემპერატურა ჩასხმისას ისეთი უნდა იყოს, რომ ბეტონი არ გაიყინოს გათბობამდე ან კრიტიკული (უყალიბო) სიმტკიცის აკრეფამდე. 30°C-ზე მეტი ტემპერატურისა ბეტონის ნარევის ძვრადობა, ჩაწყობის მოხერხებულობა იკარგება და წყალმოთხოვნა იზრდება (შესაბამისად, ცემენტის მოთხოვნაც) [69]. ბეტონის ნარევის 4°C-ით გათბობა იწვევს ნარევის ძვრადობის დაკარგვას დაახლოებით 1 სმ-ით კონუსის ჩაჯდომის მიხედვით.



სურ. 5. ბეტონის ნარევის მიწოდება

4. ბეტონის ნარევის ტრანსპორტირება, მიწოდება და ჩაწყობა

4.1. ჩაწყობის ადგილთან ბეტონის ნარევის ტრანსპორტირებისას, არ უნდა მოხდეს განფენადობა, გაცივება, წყლის აორთქლება და პლასტიკურობის დაკარგვა. დიდ მანძილზე ბეტონის ნარევის განფენადობა არასპეციალიზირებული ტრანსპორტით გადატანის დროს ხდება, ბეტონის ნარევის ხანგრძლივი ტრანსპორტირებისას კი მისი ძვრადობის შემცირება. ავტობეტონამრევიტ ტრანსპორტირებისას, გადარევის 60 წთ-მდე და მეტით ხანგრძლივობისას, ნარევის ძვრადობა 11-20 სმ-დან 4-16 სმ-მდე მცირდება

და ნარევის მოცულობაში ხსნადი ნაწილისა და მსხვილი შემავსებლის განაწილების არათანაბრობა იზრდება;

4.2. ბეტონის ნარევის ლენტური ტრანსპორტიორით მიწოდების დროს, ციცაბო დახრა და ლენტის სიჩქარე 2,5 მ/წმ-ზე მეტად, ბეტონის ნარევის განფენადობას იწვევს. განფენადობას ასევე იწვევს ბეტონტუმბოთი ნარევის მიწოდების შესამსუბუქებლად წყლის დამატება (ცემენტის გარეშე);

4.3. ბეტონის ნარევის თავისუფალი ჩამოყრის ზღვრული სიმაღლის გადამეტებაც ბეტონის ნარევის განფენადობას იწვევს. თავისუფალი ჩამოყრის დიდი სიმაღლისას, მსხვილი შემავსებლის დიდი კინეტიკური ენერგია ხელს უწყობს ნარევის დატვირთული მოცულობის სიღრმეში მის შეღწევას ხსნარის ნაწილის გარეშე, ხოლო ნარევის ხსნარის ნაწილი გამოიწინიხება განტვირთული მოცულობის ნაპირებში;

4.4. დაბეტონების წინ კლდოვანი საფუძვლები, მუშა ნაკერების ჰორიზონტალური და დახრილი ბეტონის ზედაპირები უნდა გაიწმინდოს ნაგვის, ქუჩყის, ზეთის, თოვლის, ყინულისა და ცემენტის აფსკისაგან. მოცემული პირობების შეუსრულებლობა მუშა ნაკერების დაბალ სიმტკიცეს განაპირობებს [66];

4.5. ბეტონის ნარევის ჩაწყობა უწყვეტი უნდა იყოს. დაბეტონებაში, შევსების დროს, ბეტონის ზედა ფენის (კონტაქტური) ხარისხი დროის მიხედვით, წყალგამოცლის პროცესის გამო, ფუჭდება. ნარევის ჩაწყობაში შესვენების კრიტიკული ხანგრძლივობა შეესაბამება კრისტალიზაციური სტრუქტურის ფორმირების დასაწყისს. დადგენილზე მეტი დროის შევსებისას ნარევის ჩაწყობა შეიძლება განხორციელდეს მხოლოდ ადრე ჩაწყობილი ბეტონის მიერ სიმტკიცის არანაკლებ 1,5 მპა ალების შემდეგ. წინააღმდეგ შემთხვევაში მისი სტრუქტურა შეიძლება დაირღვეს;

4.6. ჩაწყობის შემდეგ საჭიროა ბეტონის ნარევის შემჭიდროება, რამდენადაც ის გაფხვიერებულ, არაგამკვრივებულ მდგომარეობაში, დიდი რაოდენობის ჰაერს შეიცავს. საორიენტაციოდ შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ჰაერის თითოეული პროცენტი ბეტონში მის სიმტკიცეს 3-5%-ით ამცირებს.

შემქიდრობელ ბეტონს აქვს: შერეული მარცვლოვანი სტრუქტურა გრანულომეტრული მრუდის ცვალებადი მრუდით; მსხვილმარცვლოვანი სტრუქტურა; ფორები; ჩაჯდომის ნიჟარები. ჩასაწყობი ბეტონის არასაკმარისი შემქიდროება ვერტიკალური კონსტრუქციების ცალკეულ უბნებში კონსტრუქციების ზიდვის უნარს ამცირებს. ეს დამოკიდებულია ბეტონის სიმტკიცესა და შემქიდრობელი ფენების მოცულობასა და მის ერთობლივ მუშაობაზე საპროექტო სიმტკიცის ბეტონთან.

4.7. ხანგრძლივი ვიბრაციის დროს, ბეტონის ნარევში მიმდინარეობს მსხვილი შემავსებლის უფრო მძიმე ნაწილაკების დალექვა. ბეტონის ნარევში ჩაყურსული ვიბრატორების გამოყენებისას, განფენადობა ჰორიზონტალურ სიბრტყეშიც შეინიშნება. ვიბრირების ახლო ზედაპირზე წარმოიქმნება ხსნადი ნაწილის ფენა, ხოლო შემავსებლის მსხვილი მარცვლები კონცენტრირდება დამდგარი ტალღის კვანძებში;

4.8. ყალიბში ბეტონის ვიბრატორით ნარევის გადაადგილების დროს (ჰორიზონტალურ სიბრტყეში) ბეტონის ნარევის გადაადგილებადი ულუფის წინა ნაწილში მოხდება ხსნარის სიჭარბე მაშინ, როცა გადაადგილებადი ულუფის უკანა ნაწილში ხსნარი შეიძლება ხრემის სიცარიელების შესავსებადაც არ იყოს საკმარისი. ეს ბეტონის არათანაბარ სტრუქტურას განაპირობებს. ვიბრატორით ხსნარის გადაადგილებამ შეიძლება არმატურის გადაადგილებაც გამოიწვიოს.





სურ. 6. ბეტონის ნარევის ჩაწყობა

5. მუშა ნაკერების მოწყობა

მუშა ნაკერები ეწყობა საპროექტო ორგანიზაციასთან შეთანხმებით და პროექტის შესაბამისად. მუშა ნაკერების მოწყობის ნორმებისა და პროექტის მოთხოვნების დარღვევა კრიტიკული დეფექტია.

5.1. ჰორიზონტალურ კონსტრუქციებში მუშა ნაკერების გაფორმებაში დეფექტის მიზეზია ნაკერის უხარისხო ყალიბი, რაც ბეტონს გამოდინების საშუალებას აძლევს და ნაკერი წყლით თხელდება, რასაც ბზარების წარმოქმნამდე, ქიმიურ რღვევამდე და გამოფიტვამდე მივყავართ;

მუშა ნაკერის მოწყობის ყველა დეფექტი მუშა ნაკერების უზნებზე, სიმტკიცის მნიშვნელოვან შემცირებას განაპირობებს.



სურ. 7. მუშა ნაკერების მოწყობა და ყალიბის დაყენება

6. დასხმული ბეტონის მოვლა

ბეტონის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები მნიშვნელოვნად განისაზღვრება ცემენტის ჰიდრატაციის პროცესის მიმდინარეობის ხასიათით, ასევე შინაგანი დაძაბულობის მდგომარეობით, რომელიც ტემპერატურული ჩაჯდომის დეფორმაციის შედეგად წარმოიქმნება. ცემენტის ჰიდრატაცია მიმდინარეობს წყლის მეშვეობით, როგორც კლინკერის მინერალების ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური გარდაქმნების ჰიდრატულ ახალწარმონაქმნებად აუცილებელი კომპონენტი. წყალი გამყარებად ბეტონში პირობითად იყოფა აქროლადად და არააქროლადად (ქიმიურად შეკავშირებლად). გამყარების დროს, ქიმიურად შეკავშირებული წყლის რაოდენობა იზრდება კაპილარებში მასაში აორთქლებადი წყლის შემცველობის ხარჯზე. ამგვარად, სიმტკიცის ზრდის წინაპირობაა ბეტონში კაპილარული სინესტის შენარჩუნება;

6.1. გამყარების საწყის პერიოდში აუცილებელია, ბეტონი დავიცვათ ატმოსფერული ნალექების მოხვედრის ან სინესტის დაკარგვისაგან, შემდგომში შევინარჩუნოთ ტემპერატურული ტენიანობის რეჟიმი მისი სიმტკიცის მატების უზრუნველყოფის პირობების შექმნით. საფარის გარეშე ძლიერი წვიმის მოქმედება ახალდაგებულ ბეტონზე არასასურველად ცვლის წყალ-ცემენტის თანაფარდობას და ცემენტს გამორეცხავს, რასაც ბეტონის საპროექტო სიმტკიცის უკმარობამდე და მარცვლოვან ზედაპირამდე მივყავართ;

6.2. ბეტონის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე განსაკუთრებით უარყოფითად მოქმედებს გამტკიცებამდე, ჩაწყობის შემდეგ მალევე დაწყებული წყლის აორთქლება, რომელსაც მისი სტრუქტურის მექანიკური რღვევის აცილების უნარი აქვს. ნარევის ჩაწყობის შემდეგ, პირველ საათებში ინტენსიურმა აორთქლებამ და წყლის შეწოვამ აორთქლებად ნარევაში ჯერ კიდევ გაუმყარებელ ცემენტში, შეიძლება წარმოქმნას მიმართული მსხვილკაპილარული ფორიანობა. ასეთი ფორიანობა ამცირებს

წყალშეუღწევადობასა და მასალის ყინვამედეგობას. ბეტონის ადრეული გაუწყლოება უარყოფითად მოქმედებს მის სიმტკიცესა და არმატურასთან შეჭიდულობაზე. წყლის აორთქლება ბეტონისთვის დამახასიათებელ კრისტალური სტრუქტურის ჩამოყალიბებამდე, ძლიერ მოქმედებს პლასტიკურ ჩაჯდომაზე, ანუ მისი ჩაწყობის შემდეგ პერიოდში ბეტონის საკმაოდ დაბალი სიმტკიცის ფორმირებული სტრუქტურის დროს ვითარდება ფართო ზედაპირული ბზარები, რამოდენიმე მილიმეტრამდე გახსნით, 1-2 მ-ის სიგრძითა და 20 სმ-მდე სიღრმით. გაუწყლოება და პლასტიკური ბზარების განვითარება მკვეთრად უარყოფითად აისახება ბეტონის ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებსა და მის ხანგამძლეობაზე. დადგენილია ბეტონის სიმტკიცის პირდაპირი დამოკიდებულება პლასტიკური ჩაჯდომის სიდიდეზე. გამყარებულ ბეტონში სტრუქტურული ჩაჯდომა კაპილარული და ადსორბციული წყლის აორთქლების შედეგად მიმდინარეობს. სტრუქტურული ჩაჯდომის შედეგია ბზარებისა და მიკრობზარების განვითარება. დადგენილია, რომ ჩაჯდომის დროს, დესტრუქციული პროცესები მით მეტად ენერგიულად მიმდინარეობს, რაც ნაკლებია ბეტონის ტენიანი მოვლის ხანგრძლიობა.

1.4. მონოლითური კონსტრუქციების დეფექტების წარმოქმნის მიზეზების ანალიზი

მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხზე ჩატარებული კვლევების საფუძველზე გამოვლენილია სამუშაოთა წარმოების დეფექტების მიზეზები. სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხს წარმოქმნის ოთხი ქვესისტემა: წარმოების საშუალებები, საგნები, შემსრულებლები და თვით პროცესები. აქედან გამომდინარე, შეიძლება გამოვყოთ დეფექტების წარმოქმნის შემდეგი მიზეზები:

1. უხარისხო დანადგარები და მასალები;
2. სამუშაოთა წარმოების ხარისხის არასაკმარისი კონტროლი;

3. სამუშაოთა წარმოების შემსრულებლების შეცდომები;

4. სხვა მიზეზები.

მე-2 ცხრილში მოცემულია სამუშაოთა წარმოების ხარისხის შეფასებისა და სამუშაოთა წარმოების დეფექტების წარმომქმნელი მიზეზების წონადობის შედეგები.

ცხრილი 2

დეფექტების წარმომქმნელი მიზეზების წონადობის შედეგები

კონტროლირებადი პარამეტრების ჯგუფი	P	q	მიზეზის კოდი			
			01	02	03	04
1	2	3	4	5	6	7
ბეტონის ნარევის ხარისხი	0,91	0,09	1,00	-	-	-
დაბეტონებისთვის მომზადება	0,87	0,13	0,30	0,30	0,40	-
ბეტონის ნარევის დაგება	0,83	0,17	0,20	0,20	0,60	-
სამუშაო ნაკერების მოწყობა	0,88	0,12	-	0,30	0,70	-
ახლად დასხმული ბეტონის მოვლა	0,86	0,14		0,40	0,60	-
არმატურის ხარისხი	1,00	0,00		-	-	-
არმატურის დაყენება	0,79	0,21	-	0,50	0,40	0,10
ყალიბის ხარისხი	0,82	0,18	1,00	-	-	-
ყალიბის დაყენება	0,84	0,16	0,30	0,30	0,30	0,10
ყალიბის მოხსნა	0,90	0,10	-	0,50	0,50	-
საშუალო	0,867	0,133	0,30	0,29	0,35	0,06

შენიშვნა:

1. p - უდეფექტობის დონე, q - დეფექტურობის დონე;
2. მიზეზის კოდი 01, 02, 03 და 04 შეესაბამება ზემოთ მოყვანილი მიზეზების კლასიფიკაციის რიგით ნომერს;
3. სვეტები 4-7 შეესაბამება დეფექტების წარმოქმნის მიზეზების წონადობას.

1.5. ბეტონის სიმტკიცისა და გეომეტრიული პარამეტრების მნიშვნელობათა ალბათობითი განაწილების მახასიათებლების განსაზღვრა

კონტროლირებადი პარამეტრების სტატისტიკური შეფასების მეთოდის შემუშავებისათვის აუცილებელია ვიცოდეთ, როგორ ალბათობით განაწილებებს მიეკუთვნება ამ პარამეტრების მნიშვნელობათა განაწილება. ამისათვის ჩატარდა ხარისხის კონტროლის მონაცემების სტატისტიკური ანალიზი გარკვეული რაოდენობის პარამეტრებზე იხ.ცხრილი2. სტატისტიკური ანალიზი ჩატარდა პროგრამული პაკეტის - „STATISTICA 6.0“-ით. წარმოდგენილი პროგრამული პაკეტის საშუალებით წარმოებდა ალბათობითი განაწილების მიახლოება ხარისხის კონტროლის მონაცემებთან [36]. ანალიზისათვის გამოიყენებოდა: ნორმალური, ექსპონენციალური, გამა და ლოგნორმალური უწყვეტი განაწილება.

ხარისხის კონტროლის მონაცემთა განაწილების შეთანხმების შეფასება ალბათობით განაწილებასთან ხორციელდებოდა შემდეგი კრიტერიუმებით: კოლმოგოროვა-სმირინოვის, X -ი კვადრატი და შემოთავაზებულ განაწილებასთან შეთანხმების მნიშვნელობების დონის განაწილებასთან. კოლმოგოროვა-სმირინოვის და X -ი კვადრატის სტატისტიკაში შედარებულია დაკვირვებადი სიხშირე და მოსალოდნელი (თეორიული) სიხშირე, ე.ი. ისინი ახასიათებენ შეთანხმების ზომას და რამდენადაც მაღალია მათი მნიშვნელობა, მით ნაკლებია იმის ალბათობა, რომ მოცემული განაწილება შეესაბამება შემოთავაზებულ თეორიულ განაწილებას. ამ სტატისტიკით დადგენილია ზღვრული მნიშვნელობები საიმედოობის სარწმუნო ალბათობის, მნიშვნელობათა რაოდენობისა (კოლმოგოროვა-სმირინოვისთვის) და თავისუფლების ხარისხის რაოდენობებისგან დამოკიდებულებით (X -ი კვადრატისთვის). თანხმობის მნიშვნელობების დონე მიუთითებს შემოთავაზებული თეორიული განაწილებიდან გადახრის შეცდომის ალბათობაზე.

სტატისტიკური ანალიზის შედეგები მოცემულია მე-3 ცხრილში. სარწმუნო ალბათობა თანხმობის შესაფასებლად კოლმოგოროვა-სმირინოვისა და X -ი კვადრატის კრიტერიუმების მიხედვით, მიღებულია 0,95-ის ტოლად. ყველა პარამეტრისთვის მაქსიმალურად დასაშვები მნიშვნელობა კოლმოგოროვა-სმირინოვის სტატისტიკისთვის მიღებულია 0,13, რამდენადაც თითოეული პარამეტრის მონაცემების მნიშვნელობის რიცხვი 100-ზე მეტია. X -ი კვადრატის სტატისტიკისთვის მაქსიმალურად დასაშვები მნიშვნელობა მიიღება გაანალიზებული პარამეტრის თავისუფლების ხარისხის რიცხვიდან გამომდინარე. თანხმობის მნიშვნელოვნების დონე შეიძლება საკმაოდ დიდად ჩავთვალოთ რამდენიმე პროცენტის დროსაც კი, რამდენადაც თანხმობის შემოწმების დროს, სხვა თეორიულ განაწილებლებთან ერთად, ამ პარამეტრების მონაცემებმა მნიშვნელობების დონე ერთი ხარისხით დაბლა გვიჩვენა. 0,05-ზე მეტი მნიშვნელობის დონის დროს ითვლება, რომ მოცემული თეორიული განაწილება შეესაბამება კონტროლირებადი პარამეტრების მონაცემების განაწილებას. [36]

ჩატარებული ანალიზის თანახმად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ბეტონის კუმშვაზე სიმტკიცის პარამეტრების, (პარამეტრის ქვემოდან შემოსაზღვრულის შემთხვევა) და კონსტრუქციული საიმედოობის გეომეტრიული პარამეტრების (ორი მხრიდან შემოსაზღვრულის შემთხვევა) მაჩვენებლების ნორმალური განაწილება აქვთ, ხოლო ერთი მხრიდან შემოსაზღვრული (ზემოდან შემოსაზღვრულის შემთხვევა) გეომეტრიული პარამეტრების მონაცემებს - ლოგარითმულ-ნორმალური.

პარამეტრების შეფასების სტატისტიკური მეთოდი ითვალისწინებს კონტროლირებადი პარამეტრების მნიშვნელობათა განაწილების სტატისტიკური ანალიზის მიღებულ შედეგებს (ცხრილი 3).

ძირითადი კონტროლირებადი პარამეტრების მნიშვნელობათა სტატისტიკური ანალიზის შედეგები

კონტროლირებადი პარამეტრი	(MX. S)/ ($\mu \sigma$)	D	χ^2	df	χ^2 ცხრ	P
ნორმალური განაწილების მნიშვნელობების პარამეტრები						
B15 კლასის ბეტონის მდგრადობა(გამძლეობა) შეკუმშვაზე, მპა	(22,0; 2,24)	0,026	7,12	4	9,49	0,130
B25 კლასის ბეტონის მდგრადობა(სიმტკიცე) შეკუმშვაზე, მპა	(33,9; 2,08)	0,043	8,26	8	15,51	0,194
B30კლასის ბეტონის მდგრადობა შეკუმშვაზე, მპა	(39,9; 4,01)	0,061	10,19	5	11,07	0,085
განივი კვეთის კოლონების გადახრის ზომები ,მმ	(3,85; 6,14)	0,068	11,67	7	14,07	0,076
კედლის სისქის გადახრა,მმ	(9,24; 6,39)	0,059	11,62	6	12,59	0,084
გადახურვის სისქის გადახრა,მმ	(5,60; 6,09)	0,057	8,44	4	9,49	0,077
არმატურის ღეროებს შორის დაშორების გადახრა,მმ	(-1,66; 16,6)	0,061	13,15	7	14,07	0,081
ბეტონის დამცავი საფარის სისქის გადახრა,მმ	(-0,19; 8,88)	0,053	7,56	5	11,07	0,183
სვეტების ღერძების გადაადგილება გამყოფი ღერძებისაგან, მმ	(-0,16; 4,84)	0,015	9,41	6	12,59	0,067
კედლის ღერძების გადაადგილება გამყოფი ღერძებისაგან,მმ	(0,26; 5,32)	0,042	5,09	6	12,59	0,196
გადახურვის სიმაღლის ნიშნულის გადახრა,მმ	(4,88; 8,18)	0,046	8,29	9	16,92	0,171
ლოგნორმალური განაწილების მნიშვნელობათა პარამეტრები						
განსხვავება ორ გამავალ ზედაპირის ნიშნულს შორის, მმ	(1,40; 0,805)	0,097	5,98	3	7,82	0,112

კედლებისა და სვეტების გადახრა ვერტიკალიდან, მმ	(1,89; 0,749)	0,025	7,28	5	11,07	0,201
ჰორიზონტალური ზედაპირების გადახრა, მმ	(1,39; 1,085)	0,090	12,35	7	14,07	0,051
ბეტონის კედლებისა და სვეტების ადგილობრივი უსწორმასწორობა	(0,80; 1,235)	0,096	13,54	7	14,07	0,021

შენიშვნა: MX, S - ნორმალური განაწილების მნიშვნელობების სტატისტიკური მახასიათებლები; $\mu\sigma$ -ლოგარითმული-ნორმალური მნიშვნელობების განაწილების პარამეტრების სტატისტიკური მახასიათებლები; D — კოლმოგოროვა-სმირნოვის სტატისტიკური მაჩვენებლები; $\chi^2 - X$ -ი კვადრატის სტატისტიკური მნიშვნელობა; df - თავისუფლების ხარისხის რიცხვი; χ^2 ცხრ $-X$ -ი კვადრატის მაჩვენებელი ცხრილის მიხედვით; p - შემოთავაზებული განაწილების მნიშვნელობის დონე.

მე-4 ცხრილში. მოყვანილია ბეტონის სამუშაოების ხარისხის ძირითადი კონტროლირებადი პარამეტრების სააღბათო განაწილების ფაქტობრივი და ნორმატიული მახასიათებლები, ასევე ნაჩვენებია იმ პარამეტრების მნიშვნელობათა წილი, რომლებიც p დაშვების ველში ხვდებიან.

ცხრილი 4

ძირითადი კონტროლირებადი პარამეტრების სააღბათო განაწილების სტატისტიკური მახასიათებლები

კონტროლირებადი პარამეტრი	გამანაწილებელი პარამეტრი		P
	ფაქტობრივი (MX, S)/ ($\mu\sigma$)	ნორმატიული (MX, S)/ ($\mu\sigma$)	
ნორმალური განაწილების პარამეტრები			
-			
შეკუმშვაზე B15 კლასის ბეტონის სიმტკიცე, მპა	(22,0; 2,24)	(19,7; 2,66)	1,00
შეკუმშვაზე B25 კლასის ბეტონის სიმტკიცე, მპა	(33,9; 2,08)	(32,7; 4,41)	1,00
შეკუმშვაზე B30 კლასის ბეტონის მდგრადობა, მპა	(39,9; 4,01)	(39,3; 5,31)	0,99
განივი კვეთის სვეტების გადახრა / მმ	(3,85; 6,14)	(1,5; 2,25)	0,51
კედლების სისქის გადახრა/ მმ	(9,24; 6,39)	(1,5; 2,25)	0,28

გადახურვის სისქის გადახრა, მმ	(5,60; 6,09)	(1,5; 2,25)	0,45
არმატურის ღერძებს შორის დაშორების გადახრა, მმ	(-1,66; 16,6)	(0,0; 5,0)	0,45
ბეტონის დამცავი ფენის სისქის გადახრა, მმ	(-0,19; 8,88)	(2,5; 3,75)	0,57
სვეტების ღერძების გადაწევა გამყოფი ღერძებიდან, მმ	(-0,16; 4,84)	(0,0; 5,0)	0,96
კედლის ღერძების გადაწევა გამყოფი ღერძებიდან, მმ	(0,26; 5,32)	(0,0; 5,0)	0,94
გადახურვის მაღლივი ნიშნულებიდან გადახრა/ მმ	(4,88; 8,18)	(0,0; 5,0)	0,70
ლოგარითმულ-ნორმალური განაწილების მნიშვნელობათა პარამეტრები			
განსხვავება ორ გამავალ ზდაპირს შორის, მმ	(1,40; 0,805)	(0,55; 0,334)	0,36
კედლებისა და სვეტების გადახრა ვერტიკალიდან, მმ	(1,89; 0,749)	(1,35; 0,823)	0,86
ჰორიზონტალური სიბრტყეების გადახრები, მმ	(1,39; 1,085)	(1,50; 0,911)	0,93
ბეტონის კედლებისა და სვეტების ადგილობრივი უსწორმასწორობა, მმ	(0,80; 1,235)	(0,81; 0,489)	0,75

შენიშვნა:

1. MX – პარამეტრის საშუალო მნიშვნელობა; S – პარამეტრის სტანდარტული გადახრა; μ – პარამეტრის გალოგარითმებული მნიშვნელობის საშუალო; σ – პარამეტრის გალოგარითმებული მნიშვნელობის სტანდარტული გადახრა; p – პარამეტრის მნიშვნელობის წილი დაშვების ზონაში.
2. განაწილების ნორმატიული პარამეტრები განსაზღვრულია გადახრაზე დაშვებების სიდიდიდან.
3. ბეტონის B15, B25 და B30 კლასი ახასიათებს სამოქალაქო შენობების მონოლითური კონსტრუქციების აშენებისას გამოყენებული ბეტონის სიმტკიცის მნიშვნელობათა ინტერვალს.

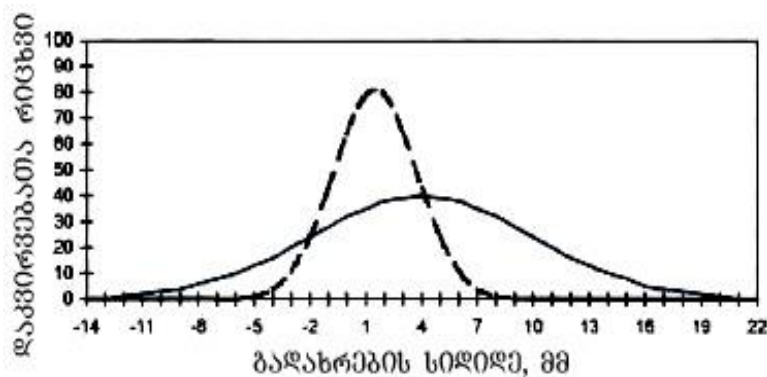
მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, აუცილებელია აღვნიშნოთ p პარამეტრის დაბალი მნიშვნელობა კონსტრუქციის განივი ზომების გადახრასა და არმატურის დალაგების პარამეტრებზე.

არმატურის სამუშაოების ხარისხის პარამეტრები ხასიათდება ხარისხის დაბალი მაჩვენებლებით. ეს აიხსნება ამ პარამეტრების ხარისხის კონტროლის არასაკმარისი დონითა და არმატურის დაყენების არასრულყოფილი ტექნოლოგიების გამოყენებით. კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრების მიხედვით ხარისხის მაჩვენებლებს დაბალი

მნიშვნელობა აქვთ, რაც განპირობებულია კონსტრუქციის განივი ზომის გადახრაზე დაუსაბუთებელი ხისტი დაშვებებით.

1.6. მონოლითური კონსტრუქციების გეომეტრიულ გადახრებზე დაშვებების ანალიზი მიღწევადი სიზუსტის საფუძველზე

კვლევებით დადგენილია, რომ, თუ კონსტრუქციის განივი კვეთის ზომაზე გადახრის სიდიდეები ვერ თავსდება სტანდარტული დაშვების ნორმებში ($-3 \dots + 6$ მმ), ამ პარამეტრის საშუალო გადახრა შეადგენს 6,23 მმ-ს და სტანდარტული გადახრა – 6,21 მმ-ს, რაც ნორმატიულს 3-4-ჯერ აჭარბებს (ნახ.1). აღსანიშნავია, რომ დაშვება ვერტიკალიდან გადახრაზე შეადგენს 15 მმ-ს, ხოლო ჰორიზონტალურიდან გადახრაზე - 20 მმ-ს, დაშვება ადგილობრივ უსწორობაზე - 5მმ-ს. ამის გათვალისწინებით, არსებული დაშვება არალოგიკურია. ი.გ. ხაიუტინის მიერ ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ნამდვილი გადახრები, როგორც წესი, ნორმატიულს აჭარბებს ($-3 \dots + 6$ მმ)-ით 2-10-ჯერ. ამერიკულ ნორმებში ეს დაშვებები ორჯერ მეტია ($-6 \dots + 12$ მმ). ამერიკელი სპეციალისტების მონაცემების ამ დაშვებებშიც კი ვერ თავსდება რეალური გადახრები. სააღბათოა, რომ განივი კვეთის გადახრაზე არსებული დაშვება ზედმეტად ხისტია, მეტროლოგიურად დაუსაბუთებელი და გადახედვას მოითხოვს. ამიტომ, მაგალითად, ი.გ. ხაიუტინი გვთავაზობს გავაფართოოდ დაშვება მონოლითური კონსტრუქციების განივი კვეთის გადახრაზე ($-8 \dots + 16$ მმ-მდე).



- ფაქტობრივ მნიშვნელობათა განაწილების სიმკვრივის გრაფიკი
- მნიშვნელობათა განაწილების სიმკვრივის გრაფიკი ნორმატიულ დაშვებებში;

ნახ. 1. კონსტრუქციის განივი კვეთის გადახრების ნორმატიული და ფაქტობრივი მნიშვნელობების განაწილების სიმკვრივის გრაფიკი

აქედან გამომდინარე, შემოთავაზებულია ახალი დაშვებები მონოლითური კონსტრუქციების განივი კვეთის ზომების გადახრაზე (ცხრილი 5), რომლებიც ბეტონის სამუშაოების ტექნოლოგიის არსებული დონის დროს, კონსტრუქციის განივი კვეთის გადახრაზე მოთხოვნას შესრულებადს ხდის.

ცხრილი 5

შემოთავაზებული დაშვებები მონოლითური კონსტრუქციების განივი კვეთის ზომების გადახრაზე და მათი გავლენა კონსტრუქციის საიმედოობაზე

კონსტრუქციის განივი კვეთის სიდიდე, მმ	დაშვების სიდიდე, მმ	მტყუნების ალბათობის ზრდა n-ჯერ
250- მდე	-4; +12	0,82... 1,20
250-დან 500-მდე	-5; +15	0,98... 1,24
500 -დან ზემოთ	-6; +18	0,94...0,98

მონოლითური კონსტრუქციების განივი კვეთის ზომების გადახრაზე ახალი დაშვება აღარ გამოიწვევს ნორმების დისკრედიტირებას, რაკი შესრულებადი გახდება. ახლა ეს მნიშვნელოვანია, რადგანაც ტექნიკური რეგულირების შესახებ კანონის შემოღებასთან დაკავშირებით, სტანდარტით დაშვებული ნორმები სარეკომენდაციო ხასიათს იღებს (შენობის ექსპლუატაციის უსაფრთხოებაზე მოქმედების ნაწილში), ამიტომ ისინი უნდა შეესაბამებოდნენ სინამდვილეს.

შემოთავაზებული დაშვების დასაბუთებისათვის ჩატარდა მისი გავლენის კვლევა კონსტრუქციის საიმედოობაზე. იმასთან დაკავშირებით, რომ მონოლითურ და ასაწყობ-მონოლითურ შენობებში ასაწყობი

კონსტრუქციები არსებობს, აუცილებელია ჩავატაროთ გაანგარიშება აწყობის სიზუსტის მიხედვით და განვსაზღვროთ შემოთავაზებული დაშვებების გავლენა ტექნოლოგიურ დაშვებებზე.

გაანგარიშება შესრულებულია შესაბამისი სტანდარტების გათვალისწინებით შენობის კონსტრუქციების აწყობის სიზუსტის გაანგარიშების მიხედვით რეკომენდაციების გამოყენებით. დაშვების შუაგულის კოორდინატი განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$\delta_0 = \sum A_i \cdot \delta_i, \quad (1.29)$$

სადაც δ_0 და δ_i შესაბამისად ჯამური და მდგენელი დაშვებების ველების შუაგულის კოორდინატებია, A_i - გადაცემის შეფარდება.

ჯამური დაშვება განისაზღვრებოდა შემდეგი ფორმულით:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=0}^n A_i^2 \cdot \Delta_i^2}, \quad (1.30)$$

სადაც Δ_{Σ} და Δ_i შესაბამისად ჯამური და მდგენელი დაშვებებია.

ღრეჩოს ზომის გაანგარიშება ჩატარებულია ასაწყობი კიბის ბაქნის მონტაჟისთვის, მონოლითური რკინაბეტონის 250 მმ სისქის კედლებისაგან (სიხისტის დიაფრაგმის) შემდგარი სისქისა (მაგალითი 1) და ორ მონოლითურ სვეტს შორის ასაწყობი კედლის განივიკვეთიანი პანელის მონტაჟისთვის 500 მმ. (მაგალითი 2). ნომინალური ღრეჩო C_0 20 მმ-ის ტოლია. გაანგარიშებების შედეგები მოყვანილია მე-6 ცხრილში.

ცხრილი 6

ღრეჩოს დაშვებისა და კვანძების აწყობის გაანგარიშება

სიზუსტის პარამეტრები	მაგალითი 1			მაგალითი 2		
	A_i	δ_i	Δ_i	A_i	δ_i	Δ_i
ასაწყობი კონსტრუქციის სიგრძეზე დაშვება, მმ	0,5	0	16	0,5	0	16
მონოლითურ კონსტრუქციებს შორის სივრცის დაშვება, მმ	0,5	0	40	0,5	0	40
მონტაჟზე დაშვება, მმ	1,0	0	16	1,0	0	16
ბეტონის უსწორობის დაშვება მონოლითურ კონსტრუქციებში, მმ	1,0	0	5	1,0	0	5

განივი კვეთის ზომის დაშვება მონოლითურ კონსტრუქციებში (ნორმატიული), მმ	0,5	1,5	9	0,5	1,5	9
განივი კვეთის ზომის დაშვება მონოლითურ კონსტრუქციებში (შემოთავაზებული), მმ	0,5	4	16	0,5	5	20
ნორმატიული დაშვების დროს						
ღრეჩოს დაშვება (ჯამური), მმ	28,5			28,5		
ღრეჩოს შუაგულის დაშვების გადაადგილება, მმ	-1,5			-1,5		
ღრეჩოს ზღვრული ზომა: $C_{მაქს}$ $C_{მინ}$	4,25 32,75			4,25 32,75		
კვანძების თავმოყრა, %	100			100		
შემოთავაზებული დაშვების დროს						
ღრეჩოს დაშვება(ჯამური), მმ	30			31		
ღრეჩოს შუაგულის დაშვების გადაადგილება, მმ	-4			-5		
ღრეჩოს ზღვრული ზომა: $C_{მაქს}$ $C_{მინ}$	1 31			-0,5 30,5		
კვანძების თავმოყრა, %	100			99		
ჯამური დაშვების გაზრდა ახალ დაშვებაზე გადასვლისას, %	5			8		

შენიშვნა:

1. ჯამური დაშვების გაანგარიშების დროს, მდგენელებს ბეტონის ზედაპირის უსწორობასა და მონოლითური კონსტრუქციის განივი ზომის სიდიდეზე ვიღებთ გაორმაგებული მნიშვნელობით. 2. დაშვების შუაგულის გაანგარიშების დროს, გაითვალისწინება დაშვების შუაგული მონოლითური კონსტრუქციის განივი კვეთის ზომაზე გაორმაგებული მნიშვნელობებით და მინუსი ნიშნით.

კონსტრუქციის აგების სიზუსტის გაანგარიშებამ გვიჩვენა შემდეგი: ტექნოლოგიური დაშვება იზრდება 5-8%-ით, რისი გათვალისწინებაც აუცილებელია ფუნქციური დაშვებების გაანგარიშების დროს, მონოლითურ და ასაწყობ-მონოლითურ შენობებში ასაწყობი კონსტრუქციების მონტაჟისთვის.

2. ბეტონის სამუშაოებისა და მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის შეფასების მეთოდის შემუშავება სანდოობის მაჩვენებლის მიხედვით და მათი კვეთის განივი ზომის გადახრაზე შემოთავაზებული დაშვების დასაბუთება

2.1. ბეტონის სამუშაოებისა და მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის მაჩვენებლების ნომენკლატურის დასაბუთება

პირველ თავში მოყვანილი ლიტერატურული მონაცემების ანალიზის, ნორმატიული დოკუმენტაციის მოთხოვნებისა და მონოლითური საცხოვრებელი სახლების აშენების შემოწმების საფუძველზე, მე-7 ცხრილში შემოთავაზებულია საცხოვრებელი სახლების მონოლითური კონსტრუქციების აშენების ხარისხის კონტროლირებადი პარამეტრების ნომენკლატურა, ასევე მოცემულია მიღებული პარამეტრების დასაბუთება.

ცხრილი 7

კონტროლირებადი პარამეტრების ნომენკლატურა მათი დასაბუთებით

კონტროლირებადი პარამეტრები (ტექნიკური მოთხოვნები)	კონტროლირებადი პარამეტრის დარღვევით გამოწვეული დეფექტი
1	2
1. ბეტონის ნარევის ხარისხი	
1.1. ბეტონის ნარევის შედგენილობა	ბეტონის სიმტკიცის მახასიათებლების ცვლილება
1.2. ნარევის ერთგვაროვნება	ბეტონის სტრუქტურის დარღვევა
1.3. ნარევის მოძრაობა	სიცარიელების გაჩენა მჭიდროდ არმირებულ თხელკედლიან კონსტრუქციებში
1.5. ტრანსპორტირების ხანგრძლივობა	ნარევის მოქნილობის დაქვეითება, ნარევის განფენადობა, ნარევის გაყინვა ან ნარევიდან წყლის აორთქლება
2. ბეტონირებისათვის მომზადება	
2.1 ბეტონის ზედაპირის სიმტკიცე მუშა ნაკერებთან	ბეტონის სტრუქტურის დარღვევა
2.2. ბეტონის ზედაპირის მომზადება მუშა ნაკერებთან	მუშა ნაკერების სიმტკიცის დაქვეითება

2.3.არმატურისა და ზედაპირის გაწმენდა ჭუჭყის, თოვლის, ყინულისა და ჟანგისაგან	არმატურის შეჭიდება ბეტონთან, ხილვადი ზედაპირის ხარისხის დაქვეითება
2.4. არმატურისა და ყალიბის გათბობა მათი დაბალი ტემპერატურის დროს	
3. ბეტონის ნარევის დასხმა	
3.1. ბეტონის ნარევის თავისუფლად ჩაყრის სიმაღლე	ბეტონის ნარევის განფენადობა-ბეტონის სტრუქტურის დარღვევა
3.2. ჰორიზონტალურად დაგებული ფენების სისქე	ბეტონის სტრუქტურის დარღვევა უხარისხოდ გასქელების გამო
3.3. ნარევის უწყვეტავდ დაგება	საკონტაქტო ფენის ხარისხის გაუარესება ბეტონირებისას შესვენების გამო
3.4. დაგებული მასის გამყარება	ბეტონის სტრუქტურის დარღვევა, ფორებისა და ნიჟარების გაჩენა
3.5. არმატურისა და ყალიბის ელემენტების ფიქსაცია ბეტონირებისას	კონსტრუქციის მზიდუნარიანობის ცვლილება მისი გეომეტრიული პარამეტრების ცვლილების გამო
3.6. ბეტონის ღია ზედაპირის სისწორე	კონსტრუქციის ზედაპირის ხარისხის გაუარესება
4. მუშა ნაკერების მოწყობა	
4.1. კონსტრუქციაში მდებარეობა	კონსტრუქციის მზიდუნარიანობის დაქვეითება
4.2. გადარეცხვისაგან დაცვა	მუშა ნაკერების სიმტკიცის დაქვეითება
5. ახლად დაგებული ბეტონის დაცვა	
5.1. ბეტონის დაცვა ატმოსფერული ნალექებისა და ნესტის დაკარგვისაგან	ბეტონის სიმტკიცის დაქვეითება, ბეტონის მარცვლოვანი და ფორებიანი ზედაპირი
5.2. ღია ზედაპირების დათბუნება ზამთრის პერიოდში	
5.3. ხალხის მოძრაობა და ყალიბის დაყენება ზემოთ დაწყობილ კონსტრუქციებზე ბეტონის არანაკლები 1,5მპა სიმკვრივის მიღწევისას	კონსტრუქციაში ჩასხმული ბეტონის ზედა ფენების დაზიანება
6. არმატურის ხარისხი	
6.1. არმატურის ფოლადის კლასისა და მარკის შესაბამისობა	კონსტრუქციის მზიდუნარიანობის დაქვეითება
6.2. არმატურის ღეროების დიამეტრი	
6.3. არმატურის ღეროების არმატურის	ბეტონის არმატურასთან შეჭიდების

სისუფთავე	ხარისხის დაქვეითება
7. არმატურის დაყენება	
7.1. კონსტრუქციის არმირების სიდიდის შესაბამისობა საპროექტოსთან	კონსტრუქციის დატვირთვის ცვლილება
7.2. დაშორება არმატურის ღეროებსა და მწკრივებს შორის	გამჭოლი ბზარების გაჩენა კონსტრუქციაში
7.3. ბეტონის დამცავი ფენის სისქე	კონსტრუქციის და კვანძების გამძლეობისა დაქვეითება - გაუარესება
7.4. არმატურის ღეროების, ბადეებისა და კარკასების შეერთებების ხარისხი	კონსტრუქციის დატვირთვისა და გამყარების კვანძების დაქვეითება
8. ყალიბის ხარისხი	
8.1. ყალიბის დამზადების სიზუსტე	კონსტრუქციის ზომების ცდომილება საპროექტო ზომებთან
8.2. ყალიბის ზედაპირის ხარისხი	კონსტრუქციის ზედაპირის ხარისხის გაუარესება
8.3. ყალიბის კომპლექტაცია	ყალიბის დაყენება პროექტთან შეუსაბამოდ
8.4. ყალიბის გამართულობა	
8.5. ყალიბის სიმტკიცე და დეფორმაციულობა	ჰორიზონტალური კონსტრუქციების გაღუნვა, ვერტიკალური კონსტრუქციების გასქელება, განივი კვეთიდან გადახრა
8.6. ყალიბის მოძრაობა	ყალიბის ხარისხის გაუარესება
9. ყალიბის სწორად დაყენება	
9.1. ყალიბის დაყენების სიზუსტე (ღერძების გადაადგილება)	საპროექტო მონაცემებისა და ზომების დარღვევა
9.2. აწყობლი ყალიბის გაღუნვა	კონსტრუქციის დასაშვები გაღუნვის გადაჭარბება კონსტრუქციის განივი კვეთიდან გადახრა
9.3. ყალიბის დამცავი ფარების გამაგრების სიხისტე, ნაპრალები ფარების დამაბვის ადგილებში	კონსტრუქციის საპროექტო ზომების დარღვევა და ბეტონის სიმტკიცის დარღვევა ცემენტის რძის გამოდინების გამო
10. ყალიბის მოხსნა	
10.1. ბეტონის სიმკვრივე ყალიბის მოხსნას	ჰორიზონტალური კონსტრუქციი გაღუნვა, ვერტიკალური კუთხეების დარღვევა
10.2. ყალიბის მოხსნის წესების დაცვა	ბეტონის კონსტრუქციების ზედაპირის დაზიანება
10.3. პროექტის მიხედვით გამავალი საყრდენების დაყენება	ჰორიზონტალური კონსტრუქციის გაღუნვა, ბზარების გაჩენა
11. შენობის საიმედოობა	
11.1. კონსტრუქციის შესაბამისობა სამუშაო ნახაზებთან	კონსტრუქციული სქემის შეცვლა-მდგრადობის დაკარგვა, ცალკეული

	კონსტრუქციების ან შენობის ნგრევა
11.2. ბეტონის საპროექტო სიმტკიცე	კონსტრუქციის დატვირთვის დაქვეითება
11.3. წყალგაუმტარობისა და ყინვგამძლეობის მაჩვენებლები	კონსტრუქციის ხანმედგობის დაქვეითება
11.4. მონოლითური კონსტრუქციები	კონსტრუქციის დატვირთვისა და ხანმედგობის დაქვეითება
11.5. არმირების პროექტთან შესაბამისობა	კონსტრუქციის მზიდუნარიანობის დაქვეითება
11.6. განივი კვეთის ელემენტების ზომების დარღვევა	კონსტრუქციის მზიდუნარიანობის შემცირება
11.7. ნიშნულებიდან და ღერძებიდან გადახრა	ექსცენტრისიტეტების დატვირთვის გაზრდა, კონსტრუქციის საიმედოობის დაქვეითება
12. აშენებული კონსტრუქციის მოხმარების ხარისხი	
12.1. ვერტიკალიდან ან ჰორიზონტალიდან ბრტყელი კონსტრუქციების გადახრა	ხარჯების გაზრდა კონსტრუქციის მოპირკეთებაზე
12.2. ორ გადამკვეთ ზედაპირის ნიშნულების განსხვავება	
12.3. ბეტონის ზედაპირის სიმრუდე	
12.4. ბეტონის ხილული ზედაპირის ხარისხი	
12.5. ჩასაფენი დეტალების განლაგება	ასაწყობი კონსტრუქციების და მოწყობილობების დამონტაჟების ვერ განხორციელება

პარამეტრების უმეტესობას მე-7 ცხრილის რაოდენობრივი მახასიათებლები აქვს, ამიტომ მათი ხარისხის შესაფასებლად ხარისხის შეფასების სტატისტიკური მეთოდების გამოყენება არის საჭირო. ხარისხობრივი მახასიათებლების მქონე პარამეტრებისათვის (შეესაბამება – არ შეესაბამება), ხარისხის შეფასება შეიძლება ალტერნატიული ნიშნის მიხედვით, ე.ი. ნორმასთან ან პროექტთან შესაბამისობის კოეფიციენტით.

2.2. მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის შეფასების სტატისტიკური მეთოდის შემუშავება

სამშენებლო სამუშაოების ტექნოლოგიურ პროცესებს ახასიათებს ხარისხის მაჩვენებლების შემთხვევითი გადახრები. ეს პროცესი შეიძლება გამოიწვიოს მასალების თვისებებისა და წარმოების პირობების ცვლილებამ, შემსრულებლებისა და კონტროლიორების შეცდომებმა. სტატისტიკური ხასიათის ხარისხის მაჩვენებლებისთვის, უნდა არსებობდეს სტატისტიკური მიღების კონტროლი.

ტექნოლოგიური პროცესები, ხარისხის თვალსაზრისით, ხასიათდება შემდეგი სტატისტიკური მაჩვენებლებით:

1. სტანდარტებთან შესაბამისობის კოეფიციენტით (პროექტი მიხედვით);
2. უდეფექტობის დონით (პარამეტრებში შემთხვევითი განაწილების წილი დაშვების ინტერვალის ფარგლებში);
3. ამ გადახრების სიდიდით (პროცესების სიზუსტე);
4. საკონტროლო გაზომვების სიზუსტის მაჩვენებლით;
5. ჩამოთვლილი მახასიათებლების სტაბილურობით დროში.

2.2.1. ორი მხრიდან შემოსაზღვრული მონოლითური კონსტრუქციების გეომეტრიული პარამეტრების სტატისტიკური შეფასების მეთოდი

პროექტის მიხედვით, ნორმის შესაბამისობის კოეფიციენტი ტოლია:

$$K_{\text{შ}} = \frac{n - d}{n}, \quad (2.1)$$

სადაც d გაზომილი მნიშვნელობების რიცხვია, რომლებიც ნორმების (პროექტის) დაშვებებში არ შედიან; n – გაზომვების საერთო რიცხვი. უდეფექტობის დონე ტოლია:

$$p = \Phi\left(\frac{\bar{X} - a}{S_x}\right) + \Phi\left(\frac{b - \bar{X}}{S_x}\right) - 1, \quad (2.2)$$

სადაც Φ ნორმალური განაწილების სტანდარტული ფუნქციაა (ლაპლასის

ფუნქცია), დატაბულირებული მათემატიკურ ცნობარებში; \bar{X} – საშუალო შერჩევითი მნიშვნელობა X პარამეტრია (შემთხვევითი სიდიდის მათემატიკური მოლოდინის წერტილოვანი სტატისტიკური შეფასება); S_x – შერჩევითი პარამეტრის X სტანდარტული გადახრა; a და b – შესაბამისად გადახრაზე დაშვების ზედა და ქვედა საზღვარი.

ტექნოლოგიური პროცესის სიზუსტის მაჩვენებელი ტოლია:

$$K_{ტბ} = \frac{\delta X}{t \cdot S_x}, \quad (2.3)$$

სადაც δX დასაშვები გადახრაა; t – სტიუდენტის განაწილების კვანტილი (მიღებული ამონარჩევში გაზომვათა რიცხვისა და მათემატიკური ცნობარის ტაბულის მიხედვით, ნდობის ალბათობისგან დამოკიდებულებით); S_x – პარამეტრის სტანდარტული გადახრა.

კონტროლის სიზუსტის მაჩვენებელი გამოითვლება ფორმულით:

$$K_{კს} = \frac{\delta X_{met}}{\Delta X}, \quad (2.4)$$

სადაც δX_{met} საკონტროლო გაზომვათა ზღვრული ცდომილებაა; ΔX კი X პარამეტრებში დაშვება.

2.2.2. კუმშვაზე მონოლითური კონსტრუქციების ბეტონის სიმტკიცის სტატისტიკური შეფასების მეთოდი

მონოლითური კონსტრუქციების ბეტონის სიმტკიცეს აკონტროლებენ მოცემული სტანდარტების „ბეტონები. სიმტკიცის კონტროლის წესების“ მიხედვით. ბეტონის საჭირო სიმტკიცე გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$R_{ბ} = K_{ბ} \cdot B_{ნორმ}, \quad (2.5)$$

სადაც $B_{ნორმ}$ – ბეტონის სიმტკიცის ნორმირებული მნიშვნელობაა, მკა შეესაბამება (მოცემული ბეტონის კლასის მნიშვნელობას); $K_{ბ}$ – მოთხოვნადი სიმტკიცის კოეფიციენტი, სტანდარტების მიხედვით აღებულ საანალიზო

პერიოდში ყველა პარტიის ბეტონის სიმტკიცის ვარიაციის საშუალო კოეფიციენტის მიხედვით.

ბეტონის პარტია ექვემდებარება მიღებას, როცა პარტიაში ბეტონის $R_{საშ}$ საშუალო სიმტკიცე R_{θ} მოთხოვნად სიმტკიცეზე დაბალი არ იქნება, ე.ი. $R_{საშ} \geq R_{\theta}$. თუ მოცემული გამოსახულება სრულდება, მაშინ მნიშვნელობათა ალბათობა $R_i \geq B$ ტოლია 0,95-ისა. ეს მეთოდი ბეტონის სიმტკიცის შეფასების მხოლოდ ხარისხობრივ მახასიათებელს ასახავს (პრინციპით „შეესაბამება – არ შეესაბამება“), რაც ბეტონის სიმტკიცის რაოდენობრივი შეფასებისთვის საკმარისი არ არის.

ბეტონის სიმტკიცის რაოდენობრივი შეფასებისთვის აუცილებელია ხარისხის სტატისტიკური შეფასების მეთოდის გამოყენება[80]. პარამეტრის ქვემოდან შეზღუდვის შემთხვევაში, უდეფექტობის დონე გამოითვლება ფორმულით:

$$p = \Phi\left(\frac{R_{საშ} - B_{ნორმ}}{S}\right), \quad (2.6)$$

სადაც S ბეტონის სიმტკიცის სტანდარტული გადახრაა. უდეფექტობის დონე რაოდენობრივად აფასებს ბეტონის სიმტკიცის პროექტის მოთხოვნებთან შესაბამისობას. შემოთავაზებულია, მოქმედი სტანდარტების შესაბამისად ბეტონის სიმტკიცისთვის უდეფექტობის ზღვრული ნორმა დავადგინოთ 5%-ის ტოლად, სადაც ბეტონის კონსტრუქციების პარტიის მიღების დროს, მნიშვნელობათა მოხვედრის ალბათობა 0,95-ის ტოლია.

ტექნოლოგიური პროცესის სიზუსტის მაჩვენებელი ტოლია:

$$K_{ტბ} = \frac{(R_{საშ} - B_{ნორმ})}{t \cdot S}, \quad (2.7)$$

კონტროლის სიზუსტის მაჩვენებელი გამოითვლება ფორმულით:

$$K_{ტბ} = \frac{\delta X_{met}}{(R_{საშ} - B_{ნორმ})}, \quad (2.8)$$

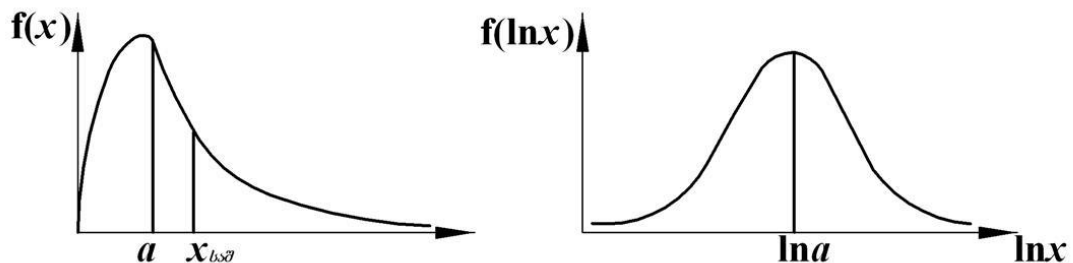
სადაც δX_{met} არის საკონტროლო განზომილებათა ზღვრული ცდომილება.

შენიშვნა: (2.8) ფორმულა გამოიყენება უდეფექტობის დონის არანაკლებ 0,70-ის დროს.

2.2.3. ზემოდან შემოსაზღვრული მონოლითური კონსტრუქციების პარამეტრების სტატისტიკური შეფასების მეთოდი

ზემოდან შემოსაზღვრული მონოლითური კონსტრუქციების პარამეტრების ხარისხის კონტროლის მონაცემების სტატისტიკურმა ანალიზმა, ისეთისა, როგორც არის კონსტრუქციის ვერტიკალიდან გადახრა, ჰორიზონტალური სიბრტყეების გადახრა, ორი მოსაზღვრე ზედაპირის ნიშნულების სხვაობა და ზედაპირების ადგილობრივი უსწორობა, გვიჩვენა, რომ მათი მნიშვნელობები განაწილებულია ლოგარითმულ-ნორმალური კანონით. ნაშრომში ნაჩვენებია პარამეტრებისათვის განიხილება პროცესის სიზუსტის მაჩვენებლისა და უდევექტობის დონის განსაზღვრის ამოცანა.

თუ x სიდიდეს ლოგნორმალური განაწილება აქვს, მაშინ $\ln x$ სიდიდეს ნორმალური განაწილება აქვს. ნახ.2-ზე გამოსახულია განაწილების ლოგნორმალური და ნორმალური კანონის სიმკვრივეები.



ნახ.2. განაწილების ლოგნორმალური და ნორმალური კანონის სიმკვრივეები.

ა) მითითებული პარამეტრების სიდიდეთა განაწილების სიმკვრივის გრაფიკი (ლოგნორმალური განაწილება); ბ) მითითებული პარამეტრების სიდიდეთა განაწილების სიმკვრივის გრაფიკი ლოგარითმის მიხედვით (ნორმალური განაწილება); $X_{საშ}$ – ლოგნორმალური განაწილების საშუალო მნიშვნელობა; a -მედიანა ლოგნორმალური განაწილების დროს; $\ln a$ – ნორმალური განაწილების საშუალო მნიშვნელობა.

ლოგნორმალური განაწილების ფუნქციას აქვს შემდეგი სახე:

$$F(\ln x) = \int_0^{\ln x} \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right)^2\right] dt, \quad (2.9)$$

სადაც t ფუნქციის არგუმენტი; μ და σ განაწილების ლოგნორმალური კანონის პარამეტრები; ინტერპრეტირებული მოცემული შემთხვევითი სიდიდის საშუალო მნიშვნელობებისა და დისპერსიის შესაბამისად $\mu = \ln a$; σ – გალოგარითმებული სიდიდეების სტანდარტული გადახრა.

ლოგნორმალური განაწილების ფუნქცია შეიძლება დავაკავშიროთ ნორმირებულ შემთხვევით სიდიდესთან, რომელიც განაწილებულია ნორმალური კანონის შესაბამისად. მაშინ (2.9) ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$F(\ln x) = \Phi(Z), \quad (2.10)$$

სადაც Φ განაწილების სტანდარტული ნორმალური კანონის ფუნქციაა (ლაპლასის ფუნქცია):

$$Z = \frac{\ln t - \mu}{\sigma}, \quad (2.11)$$

რადგანაც ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის დროს საშუალო მნიშვნელობა $X_{\ln a}$ და S სტანდარტული გადახრა ძირითად ინფორმაციად გვევლინება, ამიტომ აუცილებელია, მიღებული მნიშვნელობები დავაკავშიროთ ლოგნორმალური განაწილების μ და σ ძირითად პარამეტრებთან. ამისათვის ვიყენებთ შემდეგ გამოსახულებებს:

$$X_{\ln a} = a \cdot e^{\frac{1}{2}\sigma^2}, \quad (2.12)$$

$$S^2 = X_{\ln a}^2 \cdot (e^{\sigma^2} - 1), \quad (2.13)$$

$$\mu = \ln a, \quad (2.14)$$

ფორმულა (2.13)-ს გარდავექმნით შემდეგი სახით:

$$\sigma^2 = \ln\left(\frac{S^2}{X_{\ln a}^2} + 1\right), \quad (2.15)$$

(2.12) და (2.14) ფორმულებიდან ვიღებთ შემდეგ გამოსახულებას:

$$\mu = \ln(X_{\ln a}) - \frac{1}{2}\sigma^2, \quad (2.16)$$

უდეფექტობის დონე, გამომდინარე (2.9), (2.10) და (2.11) ფორმულებიდან, განისაზღვრება ფორმულით:

$$p = \Phi\left(\frac{Inb - \mu}{\sigma}\right), \quad (2.17)$$

სადაც b დასაშვები გადახრის სიდიდეა.

ტექნოლოგიური პროცესის სიზუსტის მაჩვენებელი განისაზღვრება ფორმულით:

$$K_{\sigma b} = \frac{Inb - \mu}{t \cdot \sigma}, \quad (2.18)$$

სადაც t სტიუდენტის განაწილების კვანტილია.

კონტროლის სიზუსტის მაჩვენებელს გამოითვლიან ფორმულით:

$$K_{\sigma b} = \frac{\delta X_{met}}{b - \bar{X}}, \quad (2.19)$$

სადაც δX_{met} საკონტროლო გაზომვების ზღვრული ცდომილებაა.

ზემოდან შემოსაზღვრული მონოლითური კონსტრუქციების პარამეტრების სტატისტიკური შეფასების შედეგები მოცემულია მე-13 ცხრილში.

K_{σ} შესაბამისობის კოეფიციენტის და P უდეფექტობის დონის (მიღებული 0,95 უზრუნველყოფით), მნიშვნელობათა შედარებისას შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, მათი ერთმანეთთან შესაბამისობის შესახებ. $K_{\sigma b}$ ტექნოლოგიური პროცესის სიზუსტის მაჩვენებლის მნიშვნელობა ეთანადება K_{σ} შესაბამისობის კოეფიციენტსა და უდეფექტობის დონის P მნიშვნელობებს. ასე, რომ, თუ სიზუსტის კოეფიციენტი 1-ზე მეტია, მაშინ ფაქტობრივი გადახრები ნორმატიულს არ აღემატება, ამიტომ, K_{σ} შესაბამისობის კოეფიციენტი და P უდეფექტობის დონის მაჩვენებლები მიისწრაფვიან ერთმანეთისკენ. ამგვარად, წარმოდგენილი მეთოდი შეიძლება გამოვიყენოთ ლოგნორმალური განაწილების მქონე მონოლითური კონსტრუქციების პარამეტრების სტატისტიკური შეფასებისთვის.

2.2.4. მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის შეფასება ტექნოლოგიური პროცესების სტაბილურობის მაჩვენებლების მიხედვით შემთხვევითი და სისტემური ცდომილებების დროს

ტექნოლოგიური პროცესის სტაბილურობის კოეფიციენტი სისტემურ ცდომილებებთან მიმართებაში ტოლია:

$$t = (\bar{X}_{max} - \bar{X}_{min}) / \sqrt{\frac{n_1+n_2}{n_1 n_2} \cdot \frac{S_1^2(n_1-1) + S_2^2(n_2-1)}{n_1+n_2-2}}, \quad (2.20)$$

სადაც \bar{X}_{max} და \bar{X}_{min} – შესაბამისად პარამეტრის უდიდესი და უმცირესი საშუალო მნიშვნელობაა, გამოთვლილი საკონტროლო გაზომვების შედეგების მიხედვით დროის გარკვეული მონაკვეთის შემდეგ; S_1 და S_2 – შესაბამისი სტანდარტული გადახრებია მათ მიმართ; n_1, n_2 – გაზომვების რაოდენობა ამონარჩევში.

ორივე მხრიდან შემოსაზღვრული პარამეტრისთვის, პირობების შესრულების დროს, როცა $t \leq t_{1-\frac{a}{2}(v)}$ პროცესი ითვლება სტაბილურად, ხოლო როცა, $t > t_{1-a/2(v)}$ – არასტაბილურად სისტემურ ცდომილებებთან მიმართებაში. აქ $t_{1-a/2(v)}$ – მათემატიკური ცნობარების ცხრილებით განსაზღვრული თავისუფლების ხარისხის $(1 - a/2)$ დონის $v = n_1 + n_2 - 2$, განაწილების t კვანტილია.

ერთი მხრიდან შემოსაზღვრული პარამეტრებისთვის პროცესის არასტაბილურობის დაშვება არ განიხილება, თუ $t \leq t_{1-a/(v)}$, როცა $t > t_{1-a/(v)}$, პროცესი არასტაბილურად ითვლება სისტემურ ცდომილებებთან მიმართებაში ნდობის a დონეზე.

ტექნოლოგიური პროცესის სტაბილურობის კოეფიციენტი შემთხვევით ცდომილებებთან მიმართებაში ტოლია:

$$F = \frac{S_{max}^2}{S_{min}^2}, \quad (2.21)$$

სადაც S_{max}, S_{min} პარამეტრის სტანდარტული გადახრის უდიდესი და უმცირესი მნიშვნელობებია სიზუსტის კონტროლის დროის გარკვეულ პერიოდში (მაგალითად, შენობის სხვადასხვა სართულზე).

ორი მხრიდან შემოსაზღვრული პარამეტრისთვის, პირობის- $F \leq F_{1-a/2}(v_1, v_2)$ და $F \geq 1/F_{1-a/2}(v_1, v_2)$ შესრულებისას, პროცესი სტაბილურად ითვლება, ხოლო როცა $F > F_{1-a/2}(v_1, v_2)$, ან $F < 1/F_{1-a/2}(v_1, v_2)$ – პროცესი არასტაბილურია შემთხვევით ცდომილებებთან მიმართებაში. აქ $F_{1-a/2}(v_1, v_2)$ – მათემატიკური ცნობარების ტაბულებით განსაზღვრებადი $v_1 = n_1 - 1$, $v_2 = n_2 - 1$, თავისუფლების ხარისხის $(1 - a/2)$ დონის F განაწილების კვანტილია.

ერთი მხრიდან შემოსაზღვრული პარამეტრებისთვის პროცესის არასტაბილურობის დაშვება არ განიხილება, თუ $F \geq 1/F_{1-a/2}(v_1, v_2)$, ხოლო როცა $F < 1/F_{1-a/2}(v_1, v_2)$ – პროცესი ითვლება არასტაბილურად, შემთხვევით ცდომილებებთან მიმართებაში ნდობის a დონეზე.

მოცემული პარამეტრის მიხედვით პროცესი ითვლება სტატისტიკურად ერთგვაროვნად, თუ გადახრების განაწილება გაერთიანებულ ამონარჩევში უახლოვდება ნორმალურს (როცა შეთანხმების მნიშვნელობების დონე ამონარჩევების სერიაში სიზუსტის მაჩვენებლები მაღალია ან საშუალოა ($p \geq 0,05$), და დროში სტაბილური. წინააღმდეგ შემთხვევაში, პროცესი არ შეიძლება გამართულად და დამყარებულად ჩაითვალოს. ამ შემთხვევაში საჭიროა, დავადგინოთ ოპერაციული კონტროლის დროს არასტაბილურობის მიზეზები და უზრუნველყოთ შესაბამისი მოწყობილობების, საკონტროლო ინსტრუმენტების გამართვა ან შევცვალოთ მუშაობის მეთოდი.

2.3. მონოლითური კონსტრუქციების პარამეტრების ხარისხის კომპლექსური სტატისტიკური მაჩვენებლის განსაზღვრა

სტატისტიკური კონტროლის დროს ხარისხის ობიექტური შეფასება შესაძლებელია შემდეგი მაჩვენებლების მნიშვნელობებით: უდფექტობის p დონით, ტექნოლოგიური პროცესის სიზუსტის $K_{ტს}$ მაჩვენებლით, კონტროლის $K_{კს}$ სიზუსტის მაჩვენებლით და ტექნოლოგიური პროცესის სტაბილურობის მაჩვენებლით შემთხვევითი და სისტემური ცდომილების

დროს. ხარისხის კომპლექსური სტატისტიკური მაჩვენებელი კსმ მოიცავს ჩამოთვლილ მაჩვენებლებს.

ხარისხის კომპლექსური სტატისტიკური მაჩვენებლის განსაზღვრის მიზნით თითოეული პარამეტრისთვის ჩატარდა სტატისტიკური მაჩვენებლების მათემატიკური ანალიზი (უდეფექტობის დონე, ტექნოლოგიური პროცესის დონე და კონტროლის სიზუსტე).

ტექნოლოგიური პროცესის სიზუსტის მაჩვენებელი სტანდარტული ნორმალური განაწილების კანონის ფუნქციის არგუმენტია, რომელიც უდეფექტობის დონეს განსაზღვრავს. ტექნოლოგიური პროცესის სიზუსტის მაჩვენებელი შეიძლება გამოვსახოთ უდეფექტობის დონის მნიშვნელობით. აქედან გამოდინარე, ის მოიძებნება საშუალო ტექნოლოგიური პროცესის სიზუსტის მაჩვენებლით გამოსახულ უდეფექტობის დონის მნიშვნელობასა და უდეფექტობის დონეს შორის. მიღებულ მნიშვნელობას ეწოდება უდეფექტობის დონე ტექნოლოგიური პროცესის სიზუსტის გათვალისწინებით.

პარამეტრების კონტროლის პროცესში კონტროლის სიზუსტის მაჩვენებელი გაზომვების ცდომილების რეგლამენტირებას ახდენს. გაზომვათა ცდომილებები გაზომილი მნიშვნელობების დამახინჯებას იწვევს. რამდენადაც პარამეტრების და გაზომვების ცდომილების გადახრები შემთხვევით მოვლენაა, კონტროლის შედეგები საჭიროა განვსაზღვროთ ალბათობის თეორიის დებულებების საფუძველზე. უდეფექტობის დონეზე გაზომვათა ცდომილების გავლენის განსაზღვრისთვის ჩატარებული იყო სტატისტიკური გამოცდები, რომლის შედეგადაც განისაზღვრა გაზომვათა ცდომილების გავლენა (კონტროლის სიზუსტე) დაშვების ველში პარამეტრების მნიშვნელობათა განაწილებაზე. უდეფექტობის დონეზე გაზომვების ცდომილების განსაზღვრის შედეგები მოცემულია მე-8 და მე-9 ცხრილებში.

ცხრილი 8

უდფექტობის დონეზე კონტროლის სიზუსტის გავლენა (ერთი მხრიდან შემოსაზღვრულის შემთხვევა)

უდფექტობის დონე	კონტროლის სიზუსტის კოეფიციენტი				
	0,2	0,5	1,0	2,0	4,0
0,99	0,988	0,971	0,910	0,779	0,655
0,95	0,946	0,931	0,880	0,770	0,655
0,90	0,898	0,883	0,844	0,755	0,652
0,80	0,798	0,794	0,773	0,722	0,644
0,70	0,698	0,697	0,691	0,670	0,626
0,60	0,599	0,599	0,598	0,595	0,597
0,50	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
0,40	0,401	0,401	0,402	0,405	0,413
0,30	0,302	0,303	0,309	0,330	0,374
0,20	0,202	0,206	0,227	0,278	0,356
0,10	0,102	0,117	0,156	0,245	0,348
0,01	0,013	0,029	0,090	0,221	0,345

ცხრილი 9

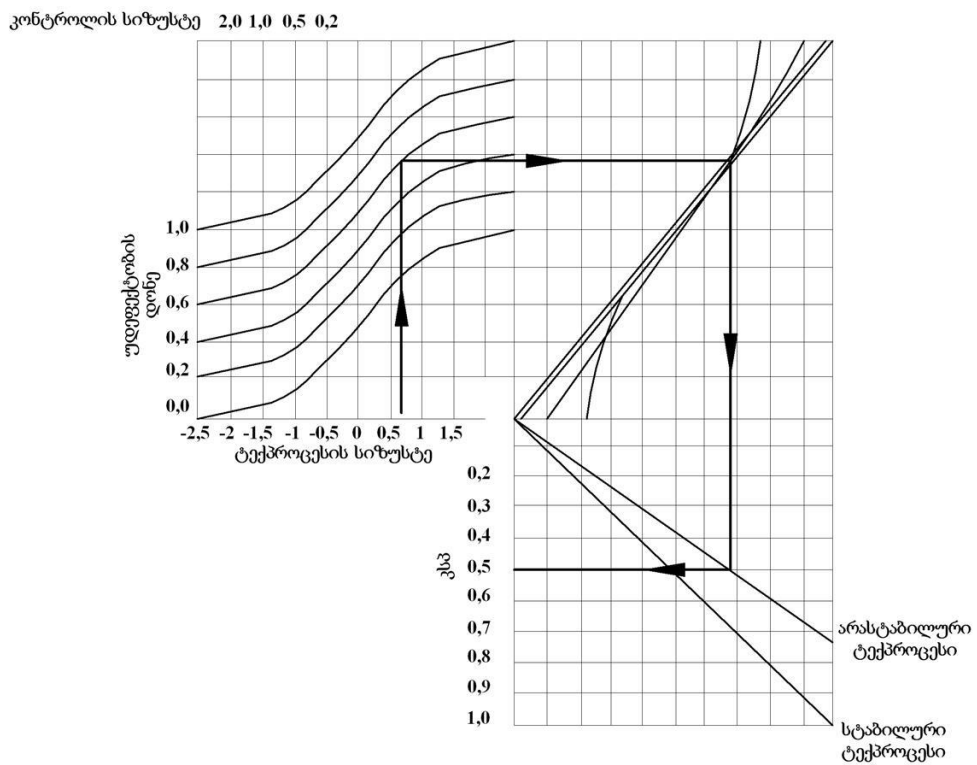
უდფექტობის დონეზე კონტროლის სიზუსტის გავლენა (ორი მხრიდან შემოსაზღვრულის შემთხვევა)

უდფექტობის დონე	კონტროლის სიზუსტის კოეფიციენტი				
	0,2	0,5	1,0	2,0	4,0
0,99	0,986	0,958	0,835	0,565	0,318
0,95	0,944	0,907	0,792	0,553	0,311
0,90	0,893	0,858	0,754	0,541	0,307
0,80	0,796	0,770	0,688	0,510	0,303
0,70	0,697	0,678	0,621	0,478	0,296
0,60	0,599	0,588	0,547	0,445	0,289
0,50	0,499	0,491	0,465	0,397	0,274
0,40	0,400	0,397	0,383	0,340	0,251
0,30	0,300	0,298	0,296	0,274	0,221
0,20	0,200	0,199	0,197	0,190	0,174
0,10	0,100	0,100	0,099	0,098	0,096
0,01	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

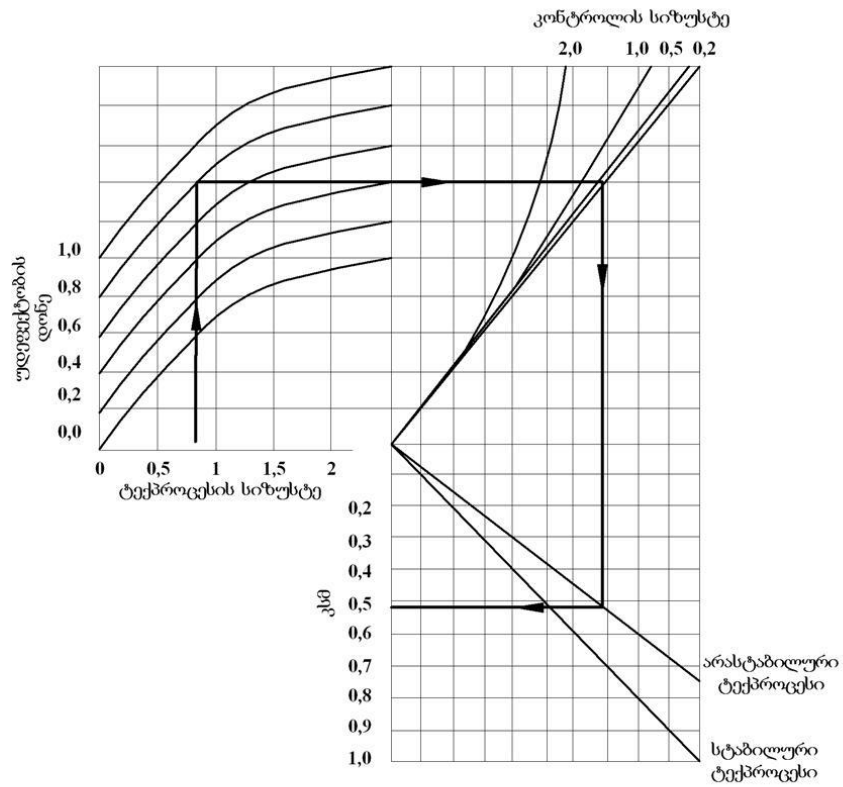
შემთხვევით და სისტემურ ცდომილებებთან მიმართებაში, ტექნოლოგიური პროცესების სტაბილურობა განისაზღვრება შემდეგნაირდ: როცა ტექნოლოგიური პროცესი სტაბილურია, მაშინ უდფექტობის

დონიდან მიღებული ტექნოლოგიური პროცესის სიზუსტისა და კონტროლის სიზუსტის მაჩვენებელი არ იცვლება, ხოლო თუ ტექნოლოგიური პროცესი არასტაბილურია, მაშინ მრავლდება 0,75-ზე.

ანალიზის შედეგებიდან გამოდინარე, ხარისხის კომპლექსური სტატისტიკური მაჩვენებლის განსაზღვრისათვის ავტორის მიერ შემუშავებულია ნომოგრამები: ნახაზი 3 და ნახაზი 4.



ნახ. 3. კომპლექსური სტატისტიკური პარამეტრის განსაზღვრის ნომოგრამა ერთი მხრიდან შემოსაზღვრული პარამეტრისთვის



ნახ. 4. კომპლექსური სტატისტიკური პარამეტრის (კპმ) განსაზღვრის ნომოგრამა ორმხრივ შემოსაზღვრული პარამეტრისთვის

2.4. კონსტრუქციების აგების ხარისხის შეფასება ობიექტების მიხედვით

მისაღები სტატისტიკური კონტროლის დროს ხარისხის ობიექტური შეფასება შეიძლება, როგორც ცალკეული სტატისტიკური მაჩვენებლების ანალიზით, ასევე შემდეგი მაჩვენებლების ერთობლიობით: უდევრებულობის p დონით, ტექნოლოგიური პროცესის სიზუსტის $K_{ტპ}$ მაჩვენებლით, კონტროლის $K_{კს}$ სიზუსტე და ტექნოლოგიური პროცესის სტაბილურობით შემთხვევითი და სისტემური ცდომილებებისადმი.

ცალკეული სტატისტიკური მაჩვენებლების შესაფასებლად შემოთავაზებულია წესები, რომლებიც წარმოდგენილია მე-10 ცხრილში.

ცალკეული სტატისტიკური მაჩვენებლების შესაფასებები

მაჩვენებელი	მაღალი	საშუალო	დაბალი
უღეფექტობის დონე	0,95 ზემოთ	0,80-დან 0,95-მდე	0,80 ქვემოთ
ტექნოლოგიის სიზუსტე	1,00 ზემოთ	0,70-დან 1,00-მდე	0,70 ქვემოთ
კონტროლის სიზუსტე	0,20 ქვემოთ	0,20-დან 0,50-მდე	0,50 ზემოთ

ამ თავში წარმოდგენილია მონოლითური კონსტრუქციების აგების ხარისხის პარამეტრების შეფასება მშენებარე საცხოვრებელი შენობების რამდენიმე მაგალითზე. კერძოდ, ესაა:

მონოლითური შენობები კარკასული მზიდი სისტემით: საცხოვრებელი სახლი (შენობა №1); საცხოვრებელი სახლების კომპლექსი (შენობა №2); საცხოვრებელი სახლი (შენობა №4). მონოლითური შენობები კედლის მზიდი სისტემით: საცხოვრებელი სახლი (შენობა №6); საცხოვრებელი სახლი (შენობა №5). საცხოვრებელი შენობა ლითონურ კარკასში მონოლითური გადახურვით (შენობა №3). ასაწყობ-მონოლითური შენობა კარკასული მზიდი სისტემით: საცხოვრებელი სახლი (შენობა №7); საოფისე შენობა (შენობა №9). ასაწყობი საცხოვრებელი შენობა (მონოლითური საძირკველი) (შენობა №8).

მე-11 ცხრილში წარმოდგენილია ბეტონის სამუშაოების ტექნოლოგიური პროცესების ხარისხის შეფასების შედეგები ხარისხობრივი მაჩვენებლების მიხედვით.

ბეტონის სამუშაოების პარამეტრების შესაბამისობის შეფასება ნორმებისა და მოთხოვნებისადმი ხარისხობრივი მაჩვენებლით

კონტროლირებადი პარამეტრები	შენიშვნის №								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ბეტონის ნარევის ხარისხი	0,96	0,95	0,96	0,90	0,80	0,80	0,95	0,95	0,96
დაბეტონებისთვის მომზადება	0,90	0,70	0,83	0,85	0,93	0,92	0,85	0,90	0,95
ბეტონის ნარევის დაგება	0,85	0,87	0,90	0,95	0,85	0,67	0,65	0,85	0,90
მუშა ნაკერების მომზადება	0,90	0,95	0,95	0,83	0,90	0,80	0,80	0,92	0,90
ახლად დაგებული ბეტონის დაცვა	0,90	0,88	0,95	0,95	0,92	0,90	0,85	0,50	0,85
არმატურის ხარისხი	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
არმატურის დაყენება	0,81	0,77	0,78	0,73	0,87	0,80	0,55	0,91	0,86
ყალიბის ხარისხი	0,93	0,87	0,90	0,95	0,80	0,85	0,35	0,80	0,96
ყალიბის დაყენება	0,80	0,85	0,82	0,91	0,86	0,82	0,87	0,90	0,70
ყალიბის მოხსნა	0,95	0,98	0,90	0,85	0,85	0,80	0,75	1,00	1,00
კონსტრუქციის აშენება	0,86	0,81	0,87	0,79	0,85	0,72	0,63	0,88	0,90
შენიშვნის მიხედვით საშუალო	0,89	0,81	0,89	0,88	0,86	0,82	0,75	0,87	0,90

მე-12 ცხრილში მოცემულია მონოლითური კონსტრუქციების აშენების პარამეტრების ხარისხის შეფასების შედეგები სტატისტიკური მაჩვენებლების მიხედვით.

**კონტროლირებადი პარამეტრების ხარისხის შეფასება სტატისტიკური
მაჩვენებლებით**

კონტროლირებადი პარამეტრი	K_{Φ}	P	$K_{ტსმ}$	$K_{კსმ}$	C	$Q_{კსმ}$
პროექტით მოცემული ბეტონის სიმტკიცე შეკუმშვაზე	0,99	0,98	1,94	0,13	0,75	0,92
ბეტონის სიმტკიცე შეკუმშვაზე ყალიბის მოხსნისას	0,95	0,94	1,18	0,29	0,75	0,90
არმატურის რიგებსა და ღეროებს შორის გადახრა	0,71	0,68	0,47	0,10	0,59	0,51
ბეტონის საფარის სისქის გადახრა	0,67	0,66	0,55	0,13	0,56	0,54
კონსტრუქციის გადახრა ღერძებიდან და სიმაღლეებიდან	0,84	0,75	0,76	0,37	0,46	0,58
განივი კონსტრუქციის გადახრა	0,48	0,39	0,36	0,22	0,17	0,31
კონსტრუქციის გადახრა ვერტიკალიდან და ჰორიზონტალიდან	0,91	0,90	0,88	0,26	0,42	0,75
ბეტონის ზედაპირის ადგილობრივი უსწორობა	0,87	0,83	0,63	0,55	0,67	0,76

შენიშვნა: K_{Φ} – შესაბამისობის კოეფიციენტი; p – უდევექტობის დონე; $K_{ტსმ}$ – ტექნოლოგიური პროცესის სიზუსტის მაჩვენებელი; $K_{კსმ}$ – კონტროლის სიზუსტის მაჩვენებელი; C- სტაბილური ტექნოლოგიური პროცესების წილი; $Q_{კსმ}$ – ხარისხის კომპლექსური სტატისტიკური მაჩვენებელი.

სტატისტიკური შეფასების შედეგების განსაზღვრისთვის პარამეტრების ჯგუფის ან შენობის მიხედვით სტატისტიკური მაჩვენებლების მნიშვნელობები განისაზღვრებოდა, როგორც მოცემული მაჩვენებლის მნიშვნელობის საშუალო არითმეტიკული.

მე-12 ცხრილის მონაცემების ანალიზით შეიძლება შემდეგი დასკვნების გამოტანა: არმატურის სამუშაოების ხარისხის პარამეტრები ხასიათდება ხარისხის დაბალი მაჩვენებლებით: ეს ამ პარამეტრების ხარისხის კონტროლის არასაკმარისი დონითა და არმატურის დაყენების არასრულყოფილი ტექნოლოგიის გამოყენებით აიხსნება. ხარისხის მაჩვენებლებს, კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრების მიხედვით, დაბალი მნიშვნელობა აქვს, რაც განპირობებულია კონსტრუქციის განივი ზომის გადახრაზე დაუსაბუთებელი ხისტი დაშვებებით.

მე-13 ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ, რაც უფრო დაბალია პარამეტრის უდეფექტობის დონე, მით დაბალია ამ პარამეტრების სტაბილურობა.

ცხრილი 13

სტატისტიკური შეფასების შედეგები კონსტრუქციების სახეობების მიხედვით

მონოლითური კონსტრუქციების ტიპი	K_{Φ}	P	$K_{ტსმ}$	$K_{კს}$	C	$Q_{კსმ}$
სამირკველი	0,79	0,72	0,87	0,27	0,49	0,63
ბოძები	0,82	0,80	0,91	0,23	0,45	0,68
კედლები	0,79	0,71	0,82	0,27	0,62	0,66
გადახურვა	0,80	0,76	0,80	0,24	0,41	0,61

შენიშვნა: K_{Φ} შესაბამისობის კოეფიციენტი; p – უდეფექტობის დონე; $K_{ტსმ}$ – ტექნოლოგიური პროცესის სიზუსტის მაჩვენებელი; $K_{კს}$ – კონტროლის სიზუსტის მაჩვენებელი; C – სტაბილური ტექნოლოგიური პროცესების წილი; $Q_{კსმ}$ – ხარისხის კომპლექსური სტატისტიკური მაჩვენებელი.

მე-14 ცხრილის მონაცემების გაანალიზებით შეიძლება გავაკეთოთ დავასკვნათ, რომ მშენებარე კონსტრუქციების ხარისხის სტატისტიკური მაჩვენებლები დაახლოებით ტოლია. მე-14 ცხრილში წარმოდგენილია საკვლევი მშენებარე შენობების სტატისტიკური შეფასების შედეგები.

ცხრილი 14

შენობების ხარისხის სტატისტიკური მაჩვენებლები

შენობის №	K_{Φ}	P	$K_{ტსმ}$	$K_{კს}$	C	$Q_{კსმ}$
1	0,86	0,85	1,05	0,19	0,57	0,73
2	0,76	0,73	0,89	0,22	0,11	0,58
3	0,76	0,75	0,73	0,19	0,80	0,70
4	0,83	0,79	0,91	0,29	0,55	0,65
5	0,85	0,81	0,76	0,28	0,81	0,71
6	0,76	0,71	0,85	0,24	0,13	0,57
7	0,78	0,77	1,00	0,19	0,00	0,50
8	0,89	0,83	0,73	0,29	0,43	0,64
9	0,90	0,86	1,07	0,16	0,50	0,72

შენიშვნა: K_{Φ} შესაბამისობის კოეფიციენტი; p – უდეფექტობის დონე; $K_{ტსმ}$ – ტექნოლოგიურ პროცესის სიზუსტის მაჩვენებელი; $K_{კს}$ – კონტროლის სიზუსტის

მაჩვენებელი; C – სტაბილური ტექნოლოგიური პროცესების წილი; $Q_{კსმ}$ – ხარისხის კომპლექსური სტატისტიკური მაჩვენებელი.

მონოლითური კონსტრუქციების აშენების ხარისხის სტატისტიკური შეფასების მონაცემების გაანალიზებით, შენობების მიხედვით შეიძლება დავასკვნათ, რომ უდევექტობის დონე 0,71...0,86-ის ტოლია, რაც ნორმებთან და პროექტთან ხარისხის დაბალ შესაბამისობაზე მოწმობს, რადგან უდევექტობის დონის მიღებული მნიშვნელობაა 0,95. კომპლექსური სტატისტიკური მაჩვენებელი 0,50...0,73-ის ტოლია. №№2, 6 და 7 შენობების ხარისხის კომპლექსური სტატისტიკური მაჩვენებელია 0,50...0,57 აშენებისას ტექნოლოგიური პროცესის დაბალი სტაბილურობის გამო.

მეთოდის აპრობაციის პირველ ეტაპზე შემოთავაზებულია შეფასების შემდეგი კლასიფიკაცია: 0,60-ზე ნაკლები – დაბალია; 0,60...0,70 – საშუალოზე დაბალი; 0,80...0,90 – საშუალოზე მაღალი და 0,90-ზე მეტი – მაღალი. მაჩვენებელი ინტერვალები შეიძლება დაკორექტირდეს იყოს კონტროლისა და შეფასების მიზნის შესაბამისად.

2.5. შენობის ხარისხის შეფასების მეთოდი საიმედოობის ინდექსის ცვლის მიხედვით

მონოლითური სამოქალაქო შენობების მშენებლობისას, ძირითადად გამოიყენება ორი კონსტრუქციული სქემა: მზიდი სისტემა და კარკასული მზიდი სისტემა. მონოლითური შენობების პროექტების ანალიზის დროს, შეიძლება დასკვნების გაკეთება, რომ კონსტრუქციისა და არმატურის კვეთის ფართობი აჭარბებს გაანგარიშებით განსაზღვრულს. სხვადასხვა კონსტრუქციებსა და შენობებში გადამეტება სხვადასხვაა, ამიტომ კონსტრუქციის საიმედოობის შეფასებას ვაწარმოებთ დატვირთვის შეფარდებით, რომლის მიღებაც შეუძლია დაპროექტებულ კონსტრუქციას.

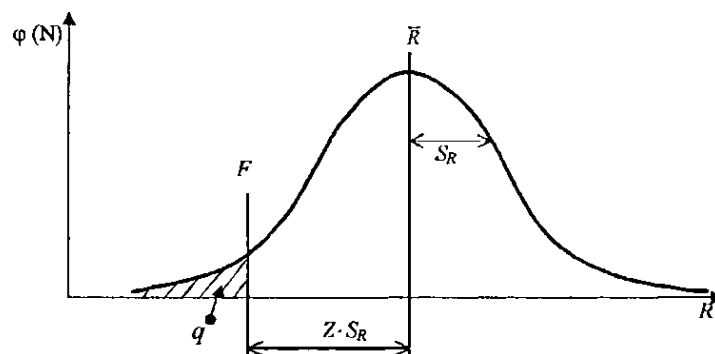
საინჟინრო პრაქტიკაში ხშირად გამოიყენება სამშენებლო კონსტრუქციების საიმედოობის გაანგარიშების მოდელი კონსტრუქციის სიმტკიცის მიმღები დატვირთვისა და მათი სტანდარტული

გადახრებისადმი. მრავალრიცხოვან პარამეტრებს შორის, რომელიც მონოლითური ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციების სიმტკიცეს განსაზღვრავს, შეიძლება გამოვყოთ პარამეტრების ჯგუფი, რომლებიც მონოლითური შენობის ერთდროულად კონტროლდება, მიღებული სტანდარტებით და შედის „მზიდი გადამღობი კონსტრუქციებით“ დაშვებული სტანდარტების გამოსათვლელ ფორმულებში. ამ პარამეტრების რიცხვში შედის: ბეტონის R_b სიმტკიცე; განივი კვეთის b და h ზომა; არმატურის კვეთის A_s ფართი; მუშა არმატურის R_s სიმტკიცე; დამცავი ფენის a სიდიდე. მშენებარე მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის კვლევის შედეგების თანახმად, ჩამოთვლილ პარამეტრებს შემთხვევითი მნიშვნელობების ნორმალური განაწილება აქვს.

აშენებული კონსტრუქციების ხარისხის შეფასებისათვის, საიმედოობის მიღწეული დონის მიხედვით, შემოთავაზებულია საიმედოობის ინდექსის ცვლილების K_z კოეფიციენტი:

$$K_z = Z_{\text{ფ}} / Z_{\text{პრ}}, \quad (2.22)$$

სადაც $Z_{\text{ფ}}$ კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსის ფაქტობრივი მნიშვნელობაა; $Z_{\text{პრ}}$ – კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსის საპროექტო მნიშვნელობა, F დატვირთვა და q – უმტყუნებო მუშაობის მყისიერი ალბათობა. ნახაზი 5.



ნახ. 5 კონსტრუქციის სიმტკიცის R მნიშვნელობათა განაწილების სიმკვრივის გრაფიკი, F დატვირთვა და q – უმტყუნებო მუშაობის მყისიერი ალბათობა.

კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსი „ორი მომენტის“ მეთოდით ტოლია:

$$Z = \frac{\bar{R} - \bar{F}}{\sqrt{S_R^2 + S_F^2}}, \quad (2.23)$$

სადაც \bar{R} კონსტრუქციის სიმტკიცის საშუალო მნიშვნელობაა, რომლის განსაზღვრისთვისაც მასალების წინაღობის საშუალო მნიშვნელობებით სარგებლობენ; \bar{F} – კონსტრუქციაზე დატვირთვა, რომლის სახითაც შეიძლება განვიხილოთ კონსტრუქციის მზიდი უნარი მასალების წინაღობის გაანგარიშების დროს; S_R – კონსტრუქციის სიმტკიცის სტანდარტული გადახრა; S_F – კონსტრუქციაზე დატვირთვის სტანდარტული გადახრა.

შემოთავაზებულ მეთოდში დატვირთვა დეტერმინირდება, რამდენადაც სამოქალაქო შენობებში მას ნაკლები ვარიაცია აქვს და დატვირთვის მნიშვნელობა მიიღება გადატვირთვის კოეფიციენტების გათვალისწინებით. აქედან გამომდინარე, დავუშვათ $S_F = 0$. შესაბამისად, საიმედოობის ინდექსი იქნება:

$$Z = \frac{\bar{R} - F}{S_R}, \quad (2.24)$$

საიმედოობის საპროექტო ინდექსის განსაზღვრისათვის იყენებენ პარამეტრების საპროექტო მნიშვნელობებსა და საპროექტო სტანდარტულ გადახრებს.

საიმედოობის ინდექსის გაანგარიშებაში ნავარაუდევია, რომ კონსტრუქციის სიმტკიცეს ნორმალური განაწილება აქვს. როგორც ზემოთ აღინიშნა, პარამეტრებს, რომლებზეც კონსტრუქციის სიმტკიცეა დამოკიდებული, ნორმალური განაწილება აქვს, ამიტომ აუცილებელია კონსტრუქციის სიმტკიცის განაწილების ნორმალურობის შემოწმება. მონოლითური კონსტრუქციის \bar{R} სიმტკიცის საშუალო მნიშვნელობების განსაზღვრისთვის მივიღოთ კონსტრუქციის სიმტკიცის განმსაზღვრელი პარამეტრების საშუალო მნიშვნელობა.

კონსტრუქციის სიმტკიცის სტანდარტული გადახრა დამოკიდებულია პარამეტრების სტანდარტულ გადახრაზე:

$$S_R = \sqrt{\sum_{i=1}^n (k_i \cdot S_i)^2} \quad (2.25)$$

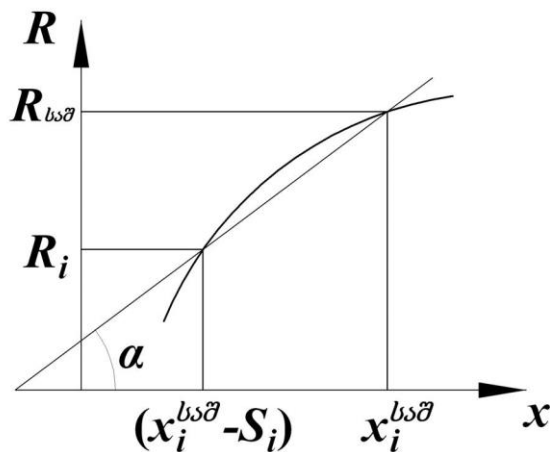
სადაც n პარამეტრების რაოდენობაა; k_i – i -ური პარამეტრის გავლენის კოეფიციენტი მონოლითური კონსტრუქციის სიმტკიცეზე:

$$k_i = \frac{\partial R}{\partial x_i}, \quad (2.26)$$

სადაც x_i კონსტრუქციის განმსაზღვრელი i -ური პარამეტრია. რამდენადაც წარმოებულის გეომეტრიული $\text{tg}\alpha$ (ნახ.6), ასევე იმის გათვალისწინებით, რომ პარამეტრების დიდი ცვლილების დროს, დამოკიდებულება მათსა და კონსტრუქციის სიმტკიცეს შორის შეიძლება წრფივად ჩავთვალოთ, გავლენის კოეფიციენტი:

$$k_i = \frac{\Delta R}{\Delta x_i} = \frac{\bar{R} - R_i}{\bar{x}_i - (\bar{x}_i - S_i)} = \frac{\bar{R} - R_i}{S_i}, \quad (2.27)$$

სადაც \bar{R} მონოლითური კონსტრუქციის საშუალო სიმტკიცეა, რომელიც განისაზღვრება მონოლითური კონსტრუქციის პარამეტრების საშუალო მნიშვნელობებით; R_i – მონოლითური კონსტრუქციის სიმტკიცე, რომელიც i -სთან მისი სტანდარტული გადახრითაა შემცირებული ($\bar{x}_i - S_i$); i -ური პარამეტრით განსაზღვრებადი \bar{x}_i -ური პარამეტრის საშუალო მნიშვნელობა; i – ური პარამეტრის S_i – ს სტანდარტული გადახრა.



ნახ. 6. კონსტრუქციის სიმტკიცის დამოკიდებულება მისი i -ური პარამეტრისადმი

(2.27) გამოსახულების (2.25) გამოსახულებაში ჩასმით მივიღებთ კონსტრუქციის სიმტკიცის გადახრას, რომელიც ტოლია:

$$S_R = \sqrt{\sum_{i=0}^n (\bar{R} - R_i)^2}, \quad (2.28)$$

კონსტრუქციის სიმტკიცის განსაზღვრისთვის გამოიყენება ფორმულები მოთხოვნებისადმი შესაბამისი პირველი ზღვრული მდგომარეობის ანგარიშიდან. გადახურვები იანგარიშებოდა მართკუთხა კვეთის ღუნვადი ელემენტით. ორი განტოლების სისტემის ამონახსნიდან განისაზღვრებოდა კონსტრუქციის M სიმტკიცე ღუნვაზე:

$$M = R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A_s'(h_0 - a'), \quad (2.29)$$

$$R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A_s' = R_b \cdot b \cdot x. \quad (2.30)$$

რკინაბეტონის სვეტები და დიაფრაგმის კედლების გაანგარიშება ხდება, როგორც მართკუთხა კვეთის გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტისა, როცა $\xi - x/h_0 \leq \xi_R$, ორი განტოლების სისტემის ამონახსნით მივიღებთ:

$$N \cdot e = R_b \cdot b(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A_s', \quad (2.31)$$

$$N + R_s A_s - R_{sc} A_s' = R_b b x \quad (2.32)$$

ამონახსნიდან $\xi - x/h_0 > \xi_R$. სამი განტოლების სისტემის ამონახსნიდან:

$$N \cdot e = R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A_s' \quad (2.33)$$

$$N + \sigma_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A_s' - R_b \cdot b \cdot x \quad (2.34)$$

$$\sigma_s = \frac{2 \cdot (1 - x/h_0)}{(1 - \xi_R) - 1} \cdot R_s \quad (2.35)$$

ბეტონის კედლები იანგარიშებოდა, როგორც მართკუთხა კვეთის გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტი.

თავიდან გამოითვლებოდა პირობითი კრიტიკული ძალა:

$$N_s = \frac{0,533 \cdot E \cdot A}{\varphi_i(1/h)} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_s} + 0,1 \right), \quad (2.36)$$

სადაც

$$\varphi_i = 1 + \beta \cdot M/M_i \quad (2.37)$$

$$\delta_s = 0,5 - 0,01 \cdot 1/h - 0,01 \cdot R_b \quad (2.38)$$

კონსტრუქციის კუმშვაზე სიმტკიცე N განისაზღვრებოდა სამი განტოლების სისტემის ამონახსნიდან:

$$N = a \cdot R_b \cdot A_b \quad (2.39)$$

$$A_b = b \cdot h \cdot (1 - 2e_0 \cdot \eta/h) \quad (2.40)$$

$$\eta = \frac{1}{1 - N/N_\sigma} \quad (2.41)$$

1. საცხოვრებელი შენობების მონოლითური კონსტრუქციების

განგარიშებადი პარამეტრების ცვლილების დასაბუთება

სტანდარტების მიხედვით ბეტონის კუმშვაზე სიმტკიცის ვარიაციის კოეფიციენტი $V(R_b) = -0,135$. არმატურის დროებითი წინაღობის ვარიაციის კოეფიციენტი, მიღებულია სტანდარტების შესაბამისად- $V(R_s) = 0,07$.

გეომეტრიული პარამეტრების ცვლილება განვსაზღვროთ „ორი სიგმას“ წესით განვიკვეთის ზომისთვის, დამცავი ფენის სისქისა და არმატურის დიამეტრისთვის, რამდენადაც ამ პარამეტრებს ორმხრივი დაშვება აქვს, მიღებული ცვლილება უზრუნველყოფს პარამეტრების მნიშვნელობათა მოხვედრას დაშვებაში 0,95 ალბათობით.

შესაბამისად, სტანდარტული გადახრა იქნება:

$$S = \Delta(2 \cdot P) - \Delta/4, \quad (2.42)$$

სადაც Δ პარამეტრის დაშვებაა.

გეომეტრიული პარამეტრების ვარიაციის V კოეფიციენტი ტოლია:

$$V = S/P - \Delta/(4 \cdot P), \quad (2.43)$$

სადაც P პარამეტრის სიდიდეა.

არმატურის დიამეტრის ზღვრული გადახრა, მოქმედი სტანდარტების მიხედვით: 6-20 მმ დიამეტრის არმატურისთვის +0,3 ... - 0,5 მმ-ია, 22-25 მმ დიამეტრისათვის +0,4 ... - 0,5 მმ.

განვსაზღვროთ არმატურის ღეროს განვიკვეთის ფართის ვარიაცია ფორმულით:

$$V_{sd} = \frac{S_{sd} \Delta A_{sd} \frac{\pi}{4} (d + \delta_b)^2 - \frac{\pi}{4} (d + \delta_j)^2}{A_{sd} 4 A_{sd} 4 \frac{\pi}{4} d^2} \frac{2 \cdot d \cdot (\delta_b - \delta_j) + (\delta_b^2 - \delta_j^2)}{4 \cdot d^2}, \quad (2.44)$$

სადაც S_{sd} არმატურის ღეროს კვეთის ფართის სტანდარტული გადახრაა; A_{sd} – არმატურის ღეროს კვეთის ფართი; δ_b და δ_j – შესაბამისად არმატურის ღეროს დიამეტრის ზედა და ქვედა დაშვებაა; d – არმატურის ღეროს დიამეტრი.

მრიცხველში მეორე შესაკრებს უგულვებვყოფთ პირველთან შედარებით, მისი პატარა სიდიდის გამო და ვიღებთ შემდეგ გამოსახულებას:

$$V_{sd} = \frac{\Delta}{2 \cdot d}, \quad (2.45)$$

სადაც Δ დაშვებაა არმატურის ღეროს დიამეტრზე.

მე-15 ცხრილში თავმოყრილია არმატურის ღეროების კვეთის ფართობის ვარიაციების V მნიშვნელობები მონოლითური სამოქალაქო შენობების აშენებისას გამოსაყენებელი D დიამეტრიანი არმატურისთვის .

ცხრილი 15

არმატურის ღეროების კვეთის ფართის ვარიაციები

D	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
V	0.067	0.050	0.040	0.033	0.029	0.025	0.022	0.020	0.020	0.018

მონოლითური კონსტრუქციების არმირების სტანდარტული ნორმატიული გადახრის განსაზღვრისთვის ვიღებთ შემდეგ ფორმულას:

$$S_s = A_s \cdot V_{sd} \quad (2.46.)$$

არმატურის დამცავი ფენის სიდიდის სტანდარტულ ნორმატიულ გადახრას განვსაზღვრავთ მიღებული სტანდარტების ზღვრული გადახრებით (2.42) ფორმულით. სამოქალაქო მონოლითური შენობების სხვადასხვა კონსტრუქციისთვის შედეგები წარმოდგენილია მე-16 ცხრილში.

შედეგები სამოქალაქო მონოლითური შენობების სხვადასხვა

კონსტრუქციებისთვის

კონსტრუქცია	დამცავი ფენის სიდიდე, მმ	დაშვების სიდიდე, მმ	სტანდარტული გადახრა
გადახურვა, სისქე 160 მმ	10	+5...0	1,25
	15	+5... 0	1,25
გადახურვა, სისქე 220 მმ	15	+5... 0	1,25
	25	+10...-5	3,75
სვეტი გვერდების ზომებით 400-500 მმ	40	+15...-5	5,00
	50	+15...-5	5,00
კედლის სისქე 250 მმ	40	+10...-5	3,75
	50	+10...-5	3,75

კონსტრუქციის განივი ზომის სტანდარტული ნორმატიული გადახრა განსაზღვრული იყო უკიდურესი $-3 \dots +6$ გადახრითა და ფორმულით (2.42.) და გაუტოლდა 2,25 მმ-ს.

2. მონოლითური კონსტრუქციის ალგორითმი საიმედოობის ინდექსის

ცვლილებების კოეფიციენტით

1. განისაზღვრება კონსტრუქციის საპროექტო სიმტკიცის $R_{საპრ}$ მნიშვნელობა. კონსტრუქციის საპროექტო სიმტკიცე ტოლია მასალების წინააღობის საშუალო მაჩვენებლებითა და გეომეტრიული პარამეტრების საპროექტო მნიშვნელობებით გამოთვლილი კონსტრუქციის სიმტკიცისა.

2. კონსტრუქციის სიმტკიცის სტანდარტული საპროექტო გადახრა განისაზღვრება (2.28) ფორმულით. საიმედოობის ინდექსის საპროექტო მნიშვნელობა განისაზღვრება (2.24) ფორმულით.

3. განისაზღვრება კონსტრუქციის სიმტკიცის ფაქტობრივი მნიშვნელობა $R_{ფაქ}$. კონსტრუქციის ფაქტობრივი სიმტკიცე ტოლია კონსტრუქციის სიმტკიცის განმსაზღვრელი პარამეტრების ფაქტობრივი საშუალო მნიშვნელობებით გამოთვლილი კონსტრუქციის სიმტკიცისა.

4. განისაზღვრება კონსტრუქციის სიმტკიცის სტანდარტული საპროექტო გადახრა (2.28) ფორმულით.

5. განისაზღვრება საიმედოობის ინდექსის ფაქტობრივი მნიშვნელობა (2.24) ფორმულით.

6. განისაზღვრება საიმედოობის ინდექსის ცვლის კოეფიციენტი (2.22) ფორმულით.

„ორი მომენტის“ მეთოდზე დაფუძნებული საიმედოობის შეფასების შემოთავაზებულ მეთოდში, ავტორის მიერ შემუშავებულია (2.28) ფორმულა მზიდი უნარის სტანდარტული გადახრის განსაზღვრისათვის. მეთოდის შესამოწმებლად გამოყენებული იყო ე.წ. „მონტე-კარლოს“ მეთოდი, რომელიც დამყარებულია შემთხვევითი, ნორმალურად განაწილებული რიცხვების გენერაციაზე და, რომლებიც განსაზღვრავენ პარამეტრების მნიშვნელობას სტანდარტული გადახრის შესაბამისად. მათ საფუძველზე გამოითვალა კონსტრუქციის სიმტკიცის შემთხვევითი მნიშვნელობები. შემდგომში, მიღებული მნიშვნელობებისთვის მოიძებნა მონოლითური კონსტრუქციის სიმტკიცის საშუალო მნიშვნელობა და მისი სტანდარტული გადახრა. საიმედოობის ინდექსის შეცვლის კოეფიციენტი განისაზღვრა ფორმულების (2.24) და (2.22) ფორმულების შესაბამისად. რიცხვითი ექსპერიმენტების შესასრულებლად ავტორთა მიერ შემუშავებული იყო პროგრამა „BASIC“-ის ენაზე.

3. რიცხვითი ექსპერიმენტის მეთოდი

მიიღება კონსტრუქციის სიმტკიცის განმსაზღვრელი გაანგარიშებითი პარამეტრები. განისაზღვრება კონსტრუქციაზე F დატვირთვა, რომელიც კონსტრუქციის მასალების სიმტკიცის გამოთვლილი მნიშვნელობებით გაანგარიშებული კონსტრუქციის სიმტკიცის ტოლია.

მოცემულია პარამეტრების საშუალო მნიშვნელობები და მათი სტანდარტული გადახრები. განისაზღვრება კონსტრუქციის საშუალო სავარაუდო R_0 სიმტკიცე პარამეტრების საშუალო მაჩვენებლებით. თითოეული პარამეტრისთვის ინიშნება სხვადასხვა შვიდციფრიანი კენტი

მთელი დადებითი i რიცხვები და სტატისტიკური გამოცდების n რაოდენობა. თითოეული პარამეტრისთვის ხდება შემთხვევითი რიცხვების გამომუშავება, რაც ხორციელდება შემთხვევითი რიცხვების გენერატორით. გენერატორი მუშაობს მულტიპლიკატიური გადამწოდის მათემატიკურ საფუძველზე:

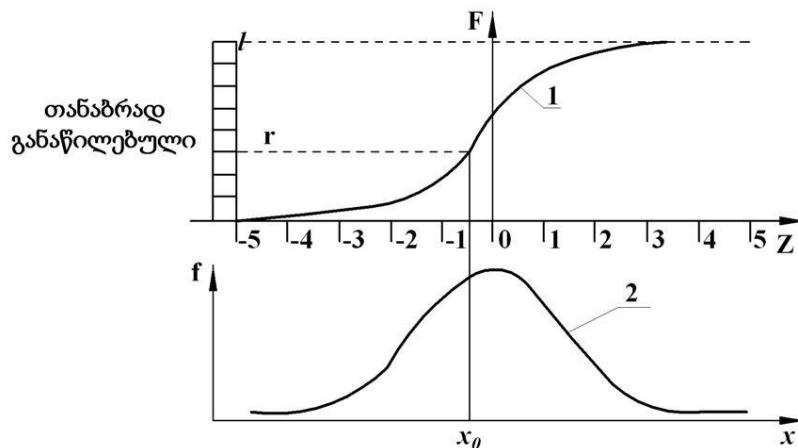
$$u_{n+1} = 23 \cdot u_n - (10^8 + 1) \cdot \text{int} \left(\frac{23 \cdot u_n}{10^8 + 1} \right) \quad (2.47)$$

სადაც $\text{int}(\dots)$ გამოსახულების მთელი ნაწილია.

შემდგომში მიღებული რიცხვი გარდაიქმნება დადებით რიცხვად არა უმეტეს 1-ისა, შემდეგი გამოსახულების საშუალებით:

$$r = \frac{u_n}{10^8 + 1} \quad (2.48)$$

მრავალი გამოცდის შემდეგ მიიღება $[0;1]$ ინტერვალში თანაბრად განაწილებული რიცხვები. თანაბრად განაწილების ფუნქცია გარდაიქმნება ნორმალურად განაწილების ფუნქციად (ნახ.7). შემდგომში პარამეტრების მნიშვნელობების ნორმალური განაწილების ფუნქციის Z -არგუმენტს გაანაწილებენ ნორმალური განაწილების ფუნქციის ცხრილით r - თან მიმართებაში.



ნახ. 7. ნორმალური განაწილების ფუნქციის გრაფიკი

ნორმალური განაწილების r_n ფუნქციის შემთხვევითი რიცხვის თანაბრად განაწილებული $[0,1]$ -ზე ფუნქციის შემობრუნების მეთოდი F:
 1 - ნორმალური განაწილების ფუნქცია; 2 - ნორმალური განაწილების სიმკვრივე.

საჭიროა განისაზღვროს პარამეტრების შემთხვევითი სიდიდეები მათი განაწილების შესაბამისად მიმდინარე სტატისტიკურკურ გამოცდებში:

$$X_{ij} = X_i^{\text{საშ}} + Z_{ij} \cdot S_i, \quad (2.49)$$

სადაც $X_i^{\text{საშ}}$ i -ური პარამეტრის საშუალო მნიშვნელობაა; S_i – i -ური პარამეტრის სტანდარტული გადახრაა; Z_{ij} – j -ს გამოცდაში i -ური პარამეტრის მნიშვნელობის ნორმალური განაწილების ფუნქციის არგუმენტი; X_{ij} – i -ური პარამეტრის მნიშვნელობაა j -ს გამოცდაში.

კონსტრუქციის გამტყუნების ალბათობა მოიძებნება შემდეგნაირად: შემთხვევათა რაოდენობა, როცა კონსტრუქციის R_j სიმტკიცე ნაკლებია, ვიდრე კონსტრუქციაზე F დატვირთვა, იყოფა გამოცდის რაოდენობაზე.

გამოცდის შედეგებით გამოითვლება კონსტრუქციის სიმტკიცის სტანდარტული გადახრა ფორმულით:

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_j - R_0)^2}{n-1}} \quad (2.50)$$

გამოითვლება კონსტრუქციის სიმტკიცის საშუალო მნიშვნელობა:

$$R_{\text{საშ}} = \frac{\sum_{i=1}^n R_j}{n} \quad (2.51)$$

შემდეგ იძებნება კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსი ფორმულით:

$$Z_R = \frac{R_{\text{საშ}} - F}{S_R} \quad (2.52)$$

სტატისტიკური გამოცდის მეთოდით გაანგარიშება პარამეტრების საპროექტო და ფაქტობრივი მნიშვნელობების მეშვეობით მიმდინარეობს და გამოითვლება საიმედოობის ინდექსის ცვლილების კოეფიციენტი, (2.22) ფორმულით.

შემოთავაზებული მეთოდისა და რიცხვითი ექსპერიმენტის შედეგებით შეიძლება გამოვკვეთოთ პრინციპული განსხვავება საშუალო მნიშვნელობების გამოთვლასა და კონსტრუქციის სიმტკიცის სტანდარტულ გადახრას შორის. აღნიშნული განსხვავება იმიტომ აღინიშნება, რომ შემოთავაზებულ მეთოდში გამოიყენებოდა მათემატიკური (თეორიული)

მიდგომა, ხოლო რიცხვით ექსპერიმენტში - სტატისტიკური მიდგომა. შესაბამისად, თუ შედეგები მსგავსი იქნება, მაშინ შემოთავაზებული მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნას კონსტრუქციის საიმედოობის საინჟინრო გამოთვლებში.

4. შემოთავაზებული მეთოდების ექსპერიმენტული შემოწმება

ექსპერიმენტი იმაში მდგომარეობდა, რომ კუმშვის სიმტკიცეზე აღებული იყო ბეტონის ნიმუშების ერთი ჯგუფის სერია - 99 ცალი (ზომა $10 \times 10 \times 10$). ნიმუშებისთვის გაიზომა კვეთის ფართობი, დაფიქსირდა დამრღვევი დატვირთვა და თითოეული ნიმუშისთვის გამოითვალა ბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე. მიღებული მონაცემებით გამოითვალა საშუალო მნიშვნელობები და სტანდარტული გადახრები, თითოეული პარამეტრისთვის ჩატარდა მნიშვნელობათა განაწილების სტატისტიკური ანალიზი, რომელმაც აჩვენა, რომ პარამეტრების მნიშვნელობები განაწილებულია ნორმალურად. მოცემულ შემთხვევაში ბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე დამოკიდებულია ნიმუშის დამრღვევ დატვირთვასა და კვეთის ფართობზე.

ბეტონის სიმტკიცეს კუმშვაზე ნორმალური განაწილება აქვს. ამას ადასტურებს ადრე ჩატარებული თემატური ანალიზი, რომელშიც დადგინდა, რომ სხვა პარამეტრებზე, რომელთა მნიშვნელობას ნორმალური განაწილება აქვს, დამოკიდებული პარამეტრის მნიშვნელობას ასევე ნორმალური განაწილება ექნება. ამ მეთოდსა და სტატისტიკური გამოცდის მეთოდში კონსტრუქციის საიმედოობის მაჩვენებლების გაანგარიშებით, შემოწმებისთვის ძირითადი მომენტით კონსტრუქციის საშუალო მზიდი უნარის მიღებული მნიშვნელობები და მისი სტანდარტული გადახრა. გამოსული მნიშვნელობები, ისეთები, როგორც არის საიმედოობის ინდექსი, უმტყუნობის ალბათობა და მათი ცვლილების კოეფიციენტები გამოითვლება ნორმატიულ მნიშვნელობებთან შედარებით არსებული ფორმულებით კონსტრუქციის საშუალო მზიდი უნარისა და სტანდარტული გადახრისგან დამოკიდებულებით.

აქედან გამომდინარე, ექსპერიმენტის ჩარჩოებში შემოთავაზებული მეთოდებით ვიპოვით ბეტონის საშუალო სიმტკიცეს კუმშვაზე და მის სტანდარტულ გადახრას დამრღვევი დატვირთვის საშუალო მნიშვნელობისა და სტანდარტული გადახრისა და ნიმუშის კვეთის ფართობის გაანგარიშებული და ექსპერიმენტული მნიშვნელობების შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 17.

ცხრილი 17

ექსპერიმენტული და გაანგარიშებული მონაცემების შედეგები

პარამეტრების სტატისტიკური მაჩვენებლები	N	A	$R_{ექსპ}$	$R_{გაან}$	$R_{სტ}$
	κH	სმ ²	მპა	მპა	მპა
საშუალო მნიშვნელობა	344.08	96.31	33.99	33.94	33.95
სტანდარტული გადახრა	28.83	3.12	3.01	3.06	3.04

შენიშვნა: N – დამრღვევი დატვირთვაა, A – ნიმუშის კვეთის ფართობი, $R_{ექსპ}$, $R_{გაან}$ და $R_{სტ}$ – ბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე მიღებულია შესაბამისად ექსპერიმენტული, გაანგარიშებულია ავტორის მეთოდით და სტატისტიკური გამოცდების მეთოდებით.

ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგებიდან სხვადასხვა მეთოდით მიღებულ ბეტონის კუმშვაზე სიმტკიცის საშუალო მნიშვნელობებსა და სტანდარტულ გადახრებს კორელაციის მაღალი ხარისხი აქვს, მეთოდის ცდომილება 2%-ზე მეტი არ არის, ამიტომ შეიძლება დასკვნის ეს მეთოდი შეიძლება საინჟინრო გაანგარიშებებში იყოს გამოყენებული.

2.6. მონოლითური კონსტრუქციების უსაფრთხო ექსპლუატაციის ვადის შეფასება

კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ვადა დამოკიდებულია აშენებული კონსტრუქციის მყისიერი გაუმტყუნებლობის მიღწეულ დონეზე, კონსტრუქციის ცვეთასა და კონსტრუქციის საიმედოობის ზღვრულად დასაშვებ დონეზე.

შემუშავებულ მეთოდში კონსტრუქციის უსაფრთხო ექსპლუატაციის ვადა არის დროის პერიოდი კონსტრუქციის აშენებისა და მისი კაპიტალური რემონტის ჩატარების აუცილებლობის მომენტს შორის, ე.ი. კონსტრუქციის პირველი „სასიცოცხლო ციკლი“.

სხვადასხვა წყაროების მიხედვით [53] მონოლითური რკინაბეტონის კონსტრუქციების ხანგამძლეობა 100-200 წელია, მაგრამ დროის ამ პერიოდში 2-3 კაპიტალურ რემონტს ატარებენ. აქედან გამომდინარე, კაპიტალური რემონტის პერიოდულობა საშუალოდ 40-60 წელია. ამიტომ, მონოლითური კონსტრუქციების საპროექტო ვადას 50 წლის ტოლად ვიღებთ.

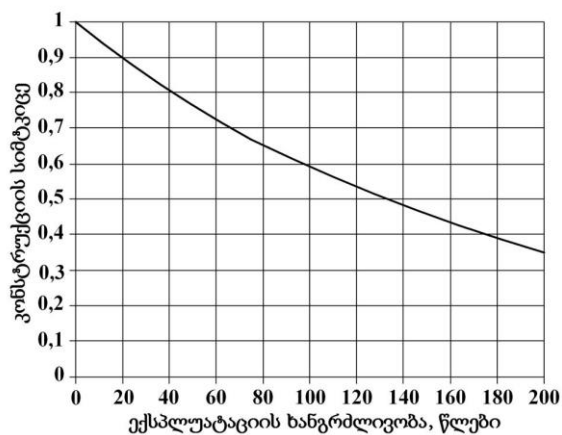
კონსტრუქციის სიმტკიცის ცვლილება დროში ექსპონენციურ კანონს ემორჩილება [40] და კონსტრუქციის სიმტკიცის მნიშვნელობა დროში ტოლია:

$$R(t) = R_0 \exp(-\lambda \cdot t), \quad (2.53)$$

სადაც R_0 აშენებული კონსტრუქციის სიმტკიცეა; λ – კონსტრუქციის სიმტკიცის კლების ფარდობითი სიჩქარის მახასიათებელი კოეფიციენტი, დაძველებისა და სხვა მიზეზების შედეგად; t დროის მომენტი, წელიწადი.

მეცნიერებმა კვლევებით დაადგინეს [42], რომ რკინაბეტონის კონსტრუქციებისთვის ჯამური კოეფიციენტი, რომელიც კონსტრუქციის სიმტკიცის კლების ფარდობით სიჩქარეს ახასიათებს, $\lambda = 0,0053$ -ის.

ნახ. 8-ზე წარმოდგენილია კონსტრუქციის სიმტკიცის დროში ცვლილების გრაფიკი ($R_0 = 1,0$).



ნახ. 8. კონსტრუქციის სიმტკიცის დროში კლების გრაფიკი

მე-8 ნახაზის ანალიზისას უნდა აღვნიშნოთ, რომ კონსტრუქციის სიმტკიცის კლება 50 წლისთვის 0,25% შეადგენს, ხოლო ზღვრული მდგომარეობა 130 წლის შემდეგ დგება, რამდენადაც რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტების ნორმებში ჩადებული კონსტრუქციის სიმტკიცის მარაგი 2-ის ტოლია (ცხრილი 20).

კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსი დამოკიდებულია მის სიმტკიცეზე, ამის შესაბამისად, დროის საიმედოობის ინდექსი ასევე კლებას იწყებს. ამასთან დაკავშირებით, (2.53) გამოსახულება ჩავსვათ (2.24) ფორმულაში და იმის გათვალისწინებით, რომ $S_R = V_R \cdot R$, სადაც V_R – კონსტრუქციის სიმტკიცის ვარიაციაა, ვიღებთ შემდეგ გამოსახულებას:

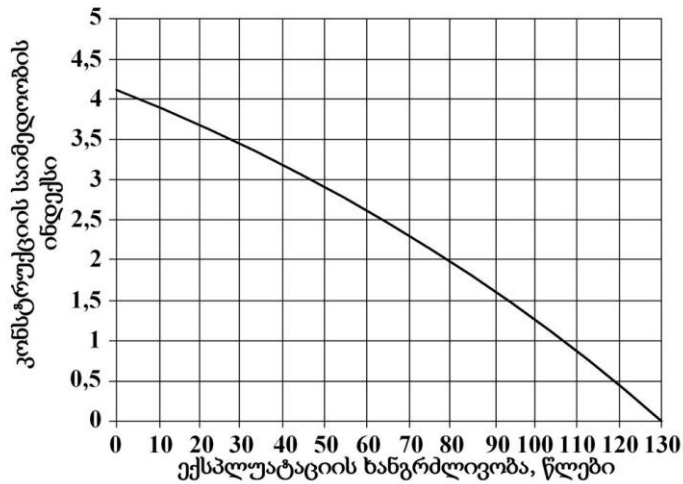
$$Z(t) = \frac{R_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t) - F}{V_R \cdot R_0 \exp(-\lambda \cdot t)} \quad (2.54.)$$

სადაც $Z(t)$ კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსია დროის t მომენტში.

იქიდან გამომდინარე, რომ სამოქალაქო შენობების მონოლითური რკინაბეტონის კონსტრუქციების სიმტკიცის საშუალო ვარიაციაა 12%, ხოლო კონსტრუქციის სიმტკიცის მარაგი 2-ის ტოლია (ცხრილი 20-ის მონაცემების ანალიზიდან), $\lambda=0,0053$ -ის დროს (2.54) ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$Z(t) = 8,333 - 4,167 \cdot \exp(-0,0053 \cdot t) \quad (2.55.)$$

მე-9 ნახაზზე წარმოდგენილია საიმედოობის ინდექსის დროში ცვლილების გრაფიკი. მისი გაანალიზებით შეიძლება შემდეგი დასკვნების გაკეთება: პრაქტიკულად დამოკიდებულება ხაზობრივია, ამიტომ მტყუნების ალბათობის ზრდა დროში ნორმალური კანონის ფუნქციას ემორჩილება, რამდენადაც კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსი ნორმალური განაწილების ფუნქციის არგუმენტია. ასევე გ.შლეტე თვლის, რომ მტყუნების ალბათობა დროში განაწილებულია ნორმალური კანონით საიმედოობის ინდექსის ცვლილება ექსპლუატაციის პირველ 50 წელიწადში არის 0,70 [34,69].



ნახ. 9. კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსის დროში კლების გრაფიკი

მე-10 ნახაზზე წარმოდგენილია კონსტრუქციის მტყუნების ალბათობის და მტყუნების განაწილების სიმკვრივის დროში ზრდის გრაფიკები და ნაჩვენებია კონსტრუქციის ექსპლუატაციის საპროექტო და ფაქტობრივი ხანგრძლივობის დროებითი მონაკვეთები. ნახაზი 10-ის თანახმად, კონსტრუქციის საიმედოობის Z ინდექსისა და კონსტრუქციის ხანგამძლეობის სტანდარტული S_t გადახრის საშუალებით, გამოვსახავთ კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ფაქტობრივ და ნორმატიულ ხანგამძლეობას:

$$T_{\text{კრ}} = Z_{\text{კრ}} \cdot S_t - Z_{\text{ბ}} \cdot S_t \quad (2.56.)$$

$$T_{\text{ფ}} = Z_{\text{ფ}} \cdot S_t - Z_{\text{ნბ}} \cdot S_t \quad (2.57.)$$

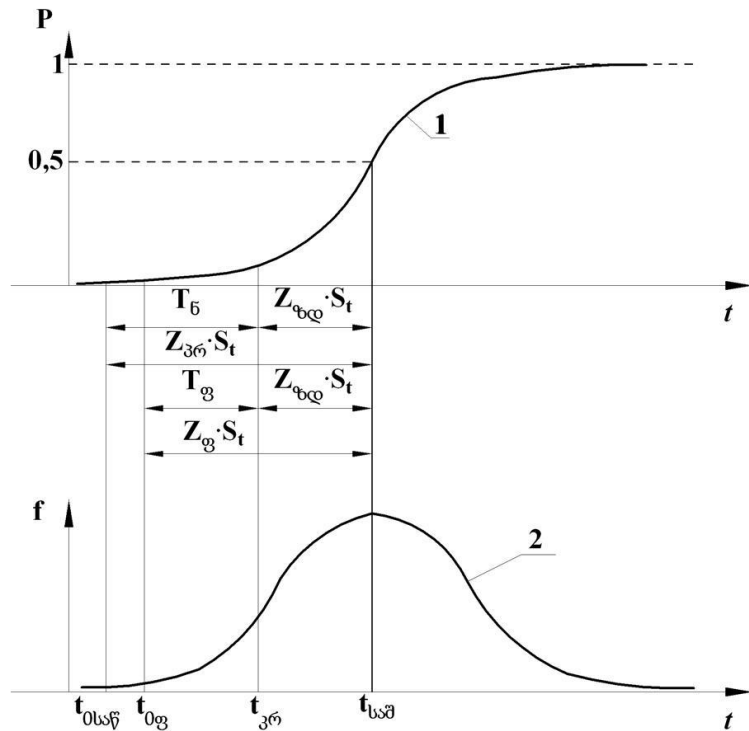
სადაც, $T_{\text{კრ}}$ კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ნორმატიული ხანგრძლივობა;

$T_{\text{ფ}}$ – კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ფაქტობრივი ხანგრძლივობა, წელი;

$Z_{\text{კრ}}$ – კონსტრუქციის საიმედოობის საპროექტო ინდექსი;

$Z_{\text{ფ}}$ – კონსტრუქციის საიმედოობის ფაქტობრივი ინდექსი;

$Z_{\text{ბ}}$ – კონსტრუქციის საიმედოობის ზღვრულად დასაშვები ინდექსი, ე.ი. როცა კონსტრუქციის მტყუნების ალბათობა მიუღებელი ხდება.



ნახ.10. მტყუნების ალბათობის დამოკიდებულება დროზე

1. კონსტრუქციის მტყუნებათა ნორმალური განაწილების ფუნქცია დროში;
 2. კონსტრუქციის მტყუნებათა ნორმალური განაწილების სიმკვრივე დროში
- $T_{ფ}$ – კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ფაქტობრივი ხანგრძლივობა, წელი;
 $Z_{კრ}$ – კონსტრუქციის საიმედოობის საპროექტო ინდექსი;
 $Z_{ფ}$ – კონსტრუქციის საიმედოობის ფაქტობრივი ინდექსი;
 $Z_{ფდ}$ – კონსტრუქციის საიმედოობის ზღვრულად დასაშვები ინდექსი, ე.ი. როცა კონსტრუქციის მტყუნების ალბათობა მიუღებელი ხდება.
 $t_{0საწ}$ – კონსტრუქციის ექსპლუატაციის საწყისი მომენტი საიმედოობის საპროექტო ინდექსის დროს;
 $t_{0ფ}$ – კონსტრუქციის ექსპლუატაციის საწყისი მომენტი საიმედოობის ფაქტობრივი ინდექსის დროს;
 $t_{კრ}$ – კონსტრუქციის ექსპლუატაციის მომენტი საიმედოობის ზღვრულად დასაშვები ინდექსის დროს;
 $t_{საშ}$ – კონსტრუქციის კონსტრუქციის საშუალო ხანგამძლეობის ტოლი ექსპლუატაციის მომენტი.

შემოვიტანოთ კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ხანგრძლივობის ცვლილების K_t , კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია:

$$K_t = \frac{T_{ფ}}{T_{ფ}} = \frac{Z_{ფ} \cdot S - Z_{კრ} \cdot S_t}{Z_{კრ} \cdot S_t - Z_{ფ} \cdot S_t} = \frac{Z_{ფ} - Z_{კრ}}{Z_{კრ} - Z_{ფ}} = \frac{\frac{Z_{ფ}}{Z_{კრ}} - \frac{Z_{კრ}}{Z_{კრ}}}{1 - \frac{Z_{კრ}}{Z_{კრ}}} \quad (2.58.)$$

შემოვიტანოთ კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსის ზღვრულად დასაშვები კლების $K_z^{ზღ}$ კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია:

$$K_z^{\text{ზღ}} = \frac{Z_{\text{ზღ}}}{Z_6} \quad (2.59.)$$

(2,22)-ისა და (2.59) გამოსახულებების ჩასმით (2.58) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$K_t = \frac{K_z - K_z^{\text{ზღ}}}{1 - K_z^{\text{ზღ}}} \quad (2.60.)$$

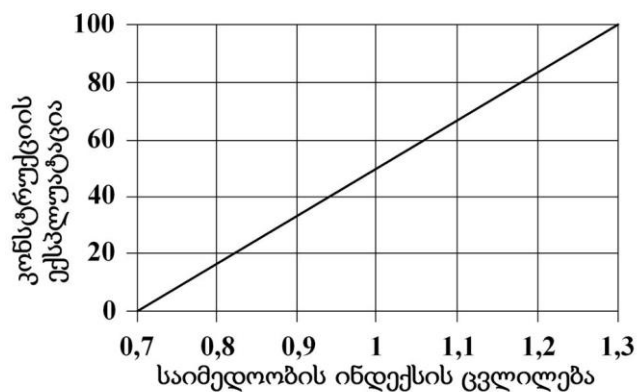
კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ფაქტობრივი $T_{\text{ფ}}$ ხანგრძლივობა ტოლი იქნება:

$$T_{\text{ფ}} = T_{\text{ფ}} \frac{K_z - K_z^{\text{ზღ}}}{1 - K_z^{\text{ზღ}}} \quad (2.61.)$$

იმის გათვალისწინებით, რომ კონსტრუქციის ექსპლუატაციის საპროექტო ვადა 50 წელია, ხოლო საიმედოობის ინდექსის ცვლილების ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობა 0,70, (2.61) გამოსახულება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$T_{\text{ფ}} = 166,7 \cdot K_z - 116,7 \quad (2.62.)$$

მიღებული (2.62) ფორმულის საფუძველზე შეიძლება განვსაზღვროთ უსაფრთხო ექსპლუატაციის ფაქტობრივი ვადა სამოქალაქო შენობების მასიური მონოლითური კონსტრუქციებისთვის საიმედოობის ინდექსის ცვლილების საფუძველზე. მონოლითური შენობის უსაფრთხო ექსპლუატაციის ვადის შეფასება მთლიანობაში საჭიროა კონსტრუქციაზე უსაფრთხო ექსპლუატაციის მინიმალური ვადის მიხედვით.



ნახ. 11. საიმედოობის ინდექსის ცვლილების გავლენა კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ხანგრძლივობაზე

2.7. შენობების ხარისხის შეფასების შედეგები კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსისა და უსაფრთხო ექსპლუატაციის ცვლილების დროს

მონოლითური კონსტრუქციების აშენების ხარისხის კონტროლის სტატისტიკური მონაცემების გათვალისწინებით ჩატარდა საიმედოობის შეფასება უსაფრთხოების ინდექსის ცვლილების მიხედვით. გაანგარიშება ტარდებოდა შემოთავაზებული მეთოდითა და გამოცდის სტატისტიკური მეთოდით (ცდების რაოდენობა 1000). კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსის ცვლილების კოეფიციენტის მიღებული მნიშვნელობების მიხედვით, ჩატარდა აშენებული კონსტრუქციების უსაფრთხო ექსპლუატაციის ვადის შეფასება. გაანგარიშებების შედეგები მოცემულია მე-18 ცხრილში.

ცხრილი 18

მონოლითური კონსტრუქციების შეფასების შედეგები კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსისა და უსაფრთხო ექსპლუატაციის ვადის ცვლილების დროს

კონსტრუქცია	№	F	R _{ვროქ}	S _{ვროქ}	Z _{ვროქ}	R _ფ	S _ფ	Z _ფ	K _z	T _ფ
გადახურვა	1	69,48	114.6	8.75	5.159	121.0	9.64	5.350	1.037	56
			114,5	8,62	5,223	121,0	9,51	5,426	1,039	
	2	60,40	99.34	7.76	5.018	104.8	9.13	4.872	0.971	45
			99,26	7,66	5,081	104,9	9,04	4,927	0,970	
	3	52,02	85.33	6.57	5.071	86.16	7.00	4.878	0.962	44
			85,30	6,49	5,132	86,21	6,92	4,940	0,963	
	4	69,48	114.6	8.75	5.159	116.8	9.25	5.118	0.992	49
			114,5	8,62	5,223	116,9	9,15	5,182	0,992	
	5	14,35	23.50	2.26	4.050	24.29	რმ	3.993	0.986	48
			23,52	2,22	4,137	24,30	2,47	4,020	0,972	
	6	24,59	40.71	3.43	4.704	40.98	3.46	4.732	1.006	51
			40,71	3,36	4,803	40,99	3,40	4,831	1,006	
	9	69,48	114.6	8.75	5.159	116.2	8.76	5.326	1.032	55
			114,5	8,62	5,223	116,1	8,60	5,418	1,037	
სვეტი	1	3,540	7.673	0.947	4.361	8.881	1.220	4.377	1.004	51

			7,684	0,937	4,423	8,895	1,203	4,452	1,007	
	2	3,254	7.131	0.870	4.455	7.320	0.742	5.480	1.230	88
			7,120	0,859	4,500	7,317	0,726	5,593	1,243	
	4	3,326	7.321	0,945	4.230	7.780	0.820	5.427	1.283	97
			7,321	0,939	4,279	7,798	0,829	5,390	1,254	
	7	4,780	10.19	1.135	4.764	10.41	1.061	5.307	1.114	69
			10,17	1,124	4,794	10,43	1,051	5,374	1,121	
დიაფრაგმა	2	2,314	4.983	0.650	4.108	5.743	0.726	4.721	1.149	75
			4,976	0,653	4,076	5,744	0,740	4,637	1,138	
კედელი	5	1,21	2.517	0.451	2.896	2,713	0.418	3.591	1.240	90
			2,502	0,446	2,896	2,732	0,440	3,456	1,193	
	6	1,21	2.517	0.451	2.896	2.930	0.608	2.825	0.975	46
			2,502	0,446	2,896	2,835	0,525	3,095	1,069	

შენიშვნა: 1. № – შენობის ნომერი; F – კონსტრუქციის დატვირთვა; $R_{პროქ}$ და $R < p$ – შესაბამისად კონსტრუქციის საპროექტო და ფაქტობრივი სიმტკიცე; $S_{პროქ}$ და $S < p$ – შესაბამისად კონსტრუქციის სიმტკიცის საპროექტო და ფაქტობრივი სტანდარტული გადახრა (გადახურვისათვის კნმ, სვეტებისა და კედლებისთვის – მნ); $Z_{პროქ}$ და $nZ < p$ – შესაბამისად კონსტრუქციის საიმედოობის საპროექტო და ფაქტობრივი ინდექსი; K_Z – საიმედოობის ინდექსის ცვლილების კოეფიციენტი; $T_{ფ}$ – კონსტრუქციის უსაფრთხო ექსპლუატაციის ფაქტობრივი ვადის მნიშვნელობა, წელი (კონსტრუქციის ექსპლუატაციის საპროექტო ვადა 50 წელია).

2. მონაცემები: გაანგარიშების შედეგები ავტორის მიერ შემუშავებული მეთოდით, გაანგარიშებების შედეგები სტატისტიკური გამოცდის მეთოდით.

3. I, II და IV შენობა – მონოლითური სამოქალაქო შენობები კარკასული მზიდი სისტემით; V, VI – მონოლითური სამოქალაქო შენობები კედლის მზიდი სისტემით; III შენობა – სამოქალაქო შენობა ლითონურ კარკასზე მონოლითური გადახურვით; VII და IX – ასაწყობ-მონოლითური შენობები კარკასული მზიდი სისტემით.

შემოთავაზებული მეთოდით გაანგარიშების შედეგები გვიჩვენებს მათი კორელაციის მაღალ ხარისხს (კორელაციის კოეფიციენტი 0,997-ის ტოლია), ამიტომ შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ავტორის მიერ შემოთავაზებული მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სამოქალაქო შენობების მონოლითური კონსტრუქციების საიმედოობის შეფასებისთვის.

საიმედოობის K_Z ინდექსის ცვლილებისას შემოთავაზებულია შეფასების შემდეგი დაყოფა K_Z :

$$K_Z \geq 1,0 - \text{მაღალი};$$

$1,0 > K_z \geq 0,9$ – საშუალო;

$0,9 > K_z \geq 0,75$ – დაბალი;

$K_z < 0,75$ – დაუშვებელი;

მაღალი დონე საპროექტო საიმედოობას უზრუნველყოფს. საშუალო დონე ხასიათდება საიმედოობის მისაღები კლებით, რამდენადაც გამტყუნების ალბათობა ამ დონის დროს 10-ჯერ მატულობს. დაბალი დონე ხასიათდება საიმედოობის მაღალი კლებით, რამდენადაც ამ დონის დროს გამტყუნების ალბათობა 10-ჯერ მეტად იზრდება. დაუშვებელი დონე საიმედოობის ინდექსის კლებისას ხასიათდება გამტყუნების ალბათობის 100-ჯერ და მეტად მატებით, რაც შენობის ექსპლუატაციის დაუშვებლობაზე მიუთითებს.

2.8. კონსტრუქციის საიმედოობის შეფასება საიმედოობის პარამეტრის უდევექტობით

პარამეტრის უდევექტობა განისაზღვრება გადახრაზე დაშვების, საშუალო მნიშვნელობისა და პარამეტრის სტანდარტულიდან გადახრის მიხედვით. კონსტრუქციის საიმედოობა განისაზღვრება კონსტრუქციის პარამეტრების საშუალო მნიშვნელობებითა და სტანდარტული გადახრებით, რომლებიც მის მზიდ უნარს განსაზღვრავენ. კონსტრუქციის საიმედოობა ფასდება საიმედოობის ფაქტობრივი მნიშვნელობის ცვლილებით საიმედოობის საპროექტო მნიშვნელობებთან შეფარდებით. აქედან გამომდინარე, შეიძლება კონსტრუქციის შეფასების კომპლექსური მაჩვენებლის შემოთავაზება, რომელიც კონსტრუქციის საიმედოობას განსაზღვრავს კონსტრუქციის მზიდი უნარის განმსაზღვრელ პარამეტრების უდევექტობასთან შეფარდებით. ხარისხის კომპლექსური შეფასება შეიძლება განვსაზღვროთ შემდეგი ფორმულით:

$$K = \sum_{i=1}^n V_i \cdot p_i \quad (2.63.)$$

სადაც V_i i -ური პარამეტრის წონადობის კოეფიციენტი; p_i – i -ური პარამეტრის უდევექტობა.

რადგანაც ამოცანა მდგომარეობს საიმედოობის მიხედვით ხარისხის კომპლექსური მაჩვენებლის განსაზღვრაა, ამიტომ აუცილებელია პარამეტრების წონადობის კოეფიციენტები განვსაზღვროთ კონსტრუქციის საიმედოობაზე პარამეტრის უდევექტობის ცვლილების გავლენიდან გამომდინარე.

განვსაზღვროთ 500 მმ სიგრძის კვადრატული კვეთის მქონე გვერდის მონოლითური სვეტის ბეტონის კუმშვაზე სიმტკიცის უდევექტობის ცვლილების გავლენა, ბეტონის კლასია B25, არმირების სიდიდე- 1728 მმ², არმატურის კლასი - AIII და გრძივი ძალის ექსცენტრისისტეტი - 40 მმ. ამისათვის განვსაზღვროთ სხვადასხვა დონის უდევექტობის გავლენა ბეტონის სიმტკიცის სხვადასხვა საშუალო მნიშვნელობებისა და კონსტრუქციის საიმედოობაზე სტანდარტული გადახრების დროს (ცხრილი 19).

ცხრილი 19

სხვადასხვა დონის უდევექტობის გავლენა ბეტონის სიმტკიცის სხვადასხვა საშუალო მნიშვნელობა და კონსტრუქციის საიმედოობაზე სტანდარტული გადახრების დროს

P	R_B	S	Z	K_z
0,99	30,0	2,15	7,313	1,68
	32,7	3,30	5,732	1,31
	35,3	4,41	4,923	1,13
	40,0	6,44	4,125	0,95
0,96	30,0	2,86	5,673	1,31
	32,7	4,41	4,361	1,00
	36,0	6,29	3,603	0,83
0,90	28,0	2,34	6,032	1,38
	30,6	4,41	3,904	0,90
	32,7	6,02	3,227	0,74
	35,0	7,81	2,789	0,64
0,75	27,0	4,41	3,114	0,71
	32,7	11,32	1,731	0,40

	35,0	14,7	1,490	0,34
--	------	------	-------	------

შენიშვნა: P – უდღეფექტობის დონე; R_B – ბეტონის სიმტკიცის საშუალო მნიშვნელობა; S – ბეტონის სიმტკიცის სტანდარტული გადახრა; Z – კონსტრუქციის უსაფრთხოების ინდექსი; K_Z – უსაფრთხოების ინდექსის ცვლილების კოეფიციენტი.

მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ უდღეფექტობის ერთნაირი დონე კონსტრუქციის საიმედოობაზე სხვადასხვა გავლენას ახდენს, შესაბამისად, გამძლელებულია ვიპოვოთ წონადობის კოეფიციენტი. ეს საკმარისია, რომ პარამეტრების უდღეფექტობის დონეებიდან გამოდინარე, კონსტრუქცია საიმედოობის მაჩვენებლებით შეფასდეს არასწორად.

2.9. მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის პარამეტრების წონადობის განსაზღვრა

საცხოვრებელი მონოლითური შენობების კონსტრუქციის ანალიზიდან ჩანს, რომ გამოიყენება ძირითადად შემდეგი კონსტრუქციები: გადახურვის კონტურზე დაყრდნობილი; უკოჭო გადახურვები; სვეტებზე დაყრდნობილი; კვადრატული კვეთის სვეტები; რკინაბეტონის კედლები; ბეტონის კედლები. მე-20 ცხრილში მოცემულია კონსტრუქციის პარამეტრებისა და მათი სიმტკიცის მნიშვნელობები.

ცხრილი 20

კონსტრუქციის პარამეტრებისა და მათი სიმტკიცის მნიშვნელობები

კონსტრუქცია	R_B მპა	R_s , მპა	A_s , მმ ² /მ	მმ	K მმ	e_0 , მმ	N, MH M, kHm
გადახურვა 1	19,6	590	283	15	160		23.50
	2,65	41,3	18,3	1,25	2,25		2,221
გადახურვა 2	32.7	590	754	25	220		83.72
	4,41	41,3	24,8	3,75	2,25		6,568
სვეტი	32.7	590	2x804	40	500	40	L673
	4,41	41,3	19,9	5,0	2,25	5,0	0,947
რკ/ბ კედელი	32.7	590	2x769	50_	250	60	41983
	4,41	41,3	22,0	3,75	2,25	5,0	0,650
ბეტონის	19.6				160	5	2.517

კედელი	2,65				2,25	5,0	0,420
--------	------	--	--	--	------	-----	-------

შენიშვნა: ხაზის ზემოთ – პარამეტრის საპროექტო მნიშვნელობაა, ხაზის ქვემოთ – პარამეტრის მნიშვნელობების სტანდარტული გადახრა.

მონოლითური კონსტრუქციების პარამეტრების წონალობები შეიძლება განვსაზღვროთ შემდეგი მეთოდით:

1. i -ურ პარამეტრს ეძლევა 10% ნამატი.
2. გამოითვლება კონსტრუქციის სიმტკიცის მნიშვნელობა და i -ური პარამეტრის მნიშვნელობები.
3. მიღებული შედეგი საშუალოს მიეკუთვნება და განისაზღვრება პარამეტრის ხვედრითი წონალობა.
4. პარამეტრის ხვედრითი წონალობა ყველა პარამეტრის წონის ჯამს ეკუთვნის და მისით განისაზღვრება პარამეტრის წონალობა. პარამეტრის წონალობები წარმოდგენილია 21-ე ცხრილში.

ცხრილი 21

პარამეტრის წონალობები

კონსტრუქცია	R _B	R _s	A _s	a	h	ϵ_0
გადახურვა 1	0,010	0,301	0,301	0,034	0,354	-
გადახურვა 2	0,010	0,295	0,295	0,040	0,360	-
სვეტი	0,267	0,030	0,030	0,003	0,617	0,053
რკინაბეტონის კედელი	0,252	0,035	0,035	0,032	0,470	0,177
ბეტონის კედელი	0,321	-	-	-	0,619	0,060

პარამეტრების მიღებული წონალობებიდან გამომდინარე, შეიძლება მივცეთ დაახლოებითი კომპლექსური შეფასება აშენებული მონოლითური კონსტრუქციის ხარისხს ფორმულით (2.63.).

2.10. საიმედოობის მაჩვენებლით მონოლითური კონსტრუქციების განივი კვეთის ზომის გადახრაზე შემოთავაზებულ დაშვებათა დასაბუთება

სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებულია ახალი დაშვებები მონოლითური კონსტრუქციების განივი კვეთის ზომების გადახრაზე.

შემოთავაზებული დაშვების დასაბუთებისათვის აუცილებელია კონსტრუქციის საიმედოობაზე მისი გავლენის გაანალიზება.

განვსაზღვროთ კონსტრუქციის საიმედოობაზე არსებული და შემოთავაზებული დაშვების გადახრის გავლენის დონე. საიმედოობის ძირითადი მახასიათებელი საიმედოობის ინდექსია, რომელიც კონსტრუქციის სიმტკიცესა და მის სტანდარტულ გადახრაზეა დამოკიდებული. პარამეტრის გადახრაზე დაშვება არეგლამენტირებს პარამეტრის სტანდარტულ გადახრას, კონსტრუქციის სიმტკიცის სტანდარტული გადახრა კი დამოკიდებულია კონსტრუქციის პარამეტრების სტანდარტულ გადახრებზე. ამიტომ, განვსაზღვრავთ რა პარამეტრის სტანდარტული გადახრის გავლენას კონსტრუქციის სიმტკიცის სტანდარტულ გადახრაზე, შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, კონსტრუქციის საიმედოობაზე პარამეტრის დაშვების გავლენის შესახებ.

1. კონსტრუქციის სიმტკიცის სტანდარტულ გადახრაზე პარამეტრის სტანდარტული გადახრის გავლენის განსაზღვრის ალგორითმი:

1. განვსაზღვროთ კონსტრუქციის სიმტკიცის სტანდარტული გადახრა პარამეტრის ყველა ნორმატიული სტანდარტული გადახრებიდან ფორმულით (2.28);
2. განვსაზღვროთ კონსტრუქციის სიმტკიცის სტანდარტული გადახრები ფორმულით (2.28) პარამეტრის ნორმატიული სტანდარტული გადახრიდან;
3. მიღებული მნიშვნელობა ეკუთვნის პირველ ბიჯში განსაზღვრულ კონსტრუქციის სიმტკიცის სტანდარტულ გადახრას და განისაზღვრება პარამეტრის სტანდარტული გადახრის ხვედრითი წონა;
4. პარამეტრის ხვედრითი წონა ყველა პარამეტრის წონის ჯამს მოიცავს და პარამეტრის წონადობას განსაზღვრავს.

პარამეტრების სტანდარტული გადახრების წონადობები მოყვანილია 22-ე და 23-ე ცხრილებში.

პარამეტრების სტანდარტულ გადახრათა წონადობა

კონსტრუქცია	R_B	R_s	A_s	a	h	e_0
გადახურვა 1	0,029 0,025	0,424 0,363	0,392 0,336	0,055 0,048	0,100 0,228	—
გადახურვა 2	0,041 0,036	0,493 0,431	0,232 0,203	0,146 0,127	0,088 0,203	—
სვეტი	0,741 0,679	0,045 0,041	0,016 0,015	0,006 0,006	0,054 0,132	0,138 0,127
რკინაბეტონის კედელი	0,579 0,518	0,042 0,037	0,018 0,016	0,040 0,035	0,071 0,169	0,250 0,225
ბეტონის კედელი	0,572 0,520	—	—	—	0,059 0,145	0,369 0,335

შენიშვნა: ზემოთ – მნიშვნელობები ნორმატიული სტანდარტული გადახრების დროს; ქვემოთ – განივი კვეთის ზომისათვის ახალშემოთავაზებული სტანდარტული გადახრა.

განივი კვეთის ზომის გადახრაზე არსებული დაშვების დროს ამ დაშვების გავლენა უმნიშვნელოა, ახალი დაშვების დროს კი გავლენა კონსტრუქციის სხვა პარამეტრების დაშვებების გავლენის თანაზომადი ხდება (ცხრილი 22). ახალი დაშვების წონადობა კონსტრუქციის სიმტკიცეში (ცხრილი 23) კონსტრუქციის განივი ზომის წონადობის ქვემოთ არის.

ახალი დაშვების წონადობა კონსტრუქციის სიმტკიცეში

კონსტრუქცია	$v(h)$	$v(S_h)$	$v(S_h)^{new}$
გადახურვა 1	0,354	0,100	0,228
გადახურვა 2	0,360	0,088	0,203
სვეტი	0,617	0,054	0,132
რკინაბეტონის კედელი	0,470	0,071	0,169
ბეტონის კედელი	0,619	0,059	0,145

შენიშვნა: $v(h)$ – კონსტრუქციის განივი ზომის წონადობა კონსტრუქციის მზიდ უნარში; $v(S_h)$ – კონსტრუქციის განივი ზომების ნორმატიული დაშვების წონადობა მზიდი უნარის სტანდარტულ გადახრაზე; $v(S_h)^{new}$ – კონსტრუქციის განივი ზომის შემოთავაზებული დაშვების წონადობა კონსტრუქციის სიმტკიცის სტანდარტულ გადახრაზე.

კონსტრუქციის განივი კვეთის გადახრის შემოთავაზებული დაშვების გავლენის განსაზღვრისთვის, კონსტრუქციის საიმედოობაზე მოძებნილი

იყო (პარამეტრების მიღებული წონადადობიდან გამომდინარე) კონსტრუქციის პარამეტრები, რომელთა ვარიაც აუცილებელია- გადახურვისთვის – განივი კვეთის სიმაღლისა და არმირების ხარისხისა, სვეტებისა და კედლებისთვის – ბეტონის კუმშვაზე სიმტკიცისა და განივი კვეთის ზომისა.

კონსტრუქციის კვეთის განივი ზომის ახალი დაშვების გავლენის გაანგარიშებისას, კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსზე გამოიყენებოდა ავტორის მიერ შემოთავაზებული გაანგარიშების მეთოდი. პარამეტრის საპროექტო მნიშვნელობებიდან გადანაცვლება გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$\Delta X = \frac{a + b}{2}, \quad (2.64.)$$

სადაც a და b შესაბამისად დაშვების ზედა და ქვედა მნიშვნელობებია.

ცხრილი 24

განივი კვეთის ზომების გადახრებზე შემოთავაზებული დაშვებები და მათი გავლენა კონსტრუქციის საიმედოობაზე

კონსტრუქციის განივი კვეთის სიდიდე, მმ	დაშვების სიდიდე, მმ	გამტყუნების ალბათობის ზრდა n -ჯერ
250- მდე	-4; +12	0,82... 1,20
250-დან 500-მდე	-5; +15	0,98... 1,24
500 -დან ზემოთ	-6; +18	0,94...0,98

24-ე ცხრილიდან ჩანს, რომ საიმედოობის მაჩვენებლის ცვლილება (გამტყუნების ალბათობის ზრდა) უმნიშვნელოა (გ. ლუგუსტის და სხვ. მონაცემებით დაიშვება 2-10 ჯერ). ამგვარად, შემოთავაზებული დაშვებები განივი კვეთის ზომებზე, შეიძლება რეკომენდირებულ იქნეს სამოქალაქო შენობების მონოლითური კონსტრუქციებისათვის.

3. მონოლითური კონსტრუქციის ხარისხის ინტეგრალური შეფასების მეთოდის შემუშავება და მისი ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასება

3.1. მონოლითური კონსტრუქციის ხარისხის შეფასება ეკონომიკური მაჩვენებლის მიხედვით

სადისერტაციო ნაშრომში შემუშავდა შენობის უსაფრთხო ექსპლუატაციის ვადის განსაზღვრის მეთოდი შენობის საიმედოობის ინდექსის ცვლილების კოეფიციენტის საფუძველზე. გამომდინარე შენობის უსაფრთხო ექსპლუატაციის ფაქტობრივი ვადიდან, შეიძლება განვსაზღვროთ შენობის აგების ხარჯების ეკონომიკური ეფექტიანობა.

ინვესტორისთვის (დამკვეთისთვის) მნიშვნელოვანია, როდის დახარჯოს ფული და როდის მიიღოს შემოსავალი. დანახარჯები და შემოსავლები თანხვედრაში უნდა იყოს დადგენილ ვადებთან. ამის გამო, აუცილებელია დისკონტირების – დანახარჯების და სარგებლის მიყვანა ერთ ვადამდე- დროის ერთ მომენტამდე [43].

შემოთავაზებულ მეთოდში გამოყენებული იყო შემოსავლიანობის ინდექსი I_{θ} , რომელიც შემდეგი ფორმულით გამოითვლება: [43,68]

$$I_{\theta} = \frac{1}{K_{\theta}} \sum_{i=0}^T \frac{(R_t - 3_t)}{(1 + E)^t} , \quad (3.1)$$

სადაც R_t ინვესტიციის შედეგია თითოეულ ნაბიჯზე (შემოსავალი კონსტრუქციის ექსპლუატაციიდან); K_{θ} მოზიდული კაპიტალდაბანდებები შეფასების მომენტისთვის (კონსტრუქციის ღირებულება); R_t – მიმდინარე გადახდები (ხარჯები კონსტრუქციის შენახვაზე); E – დისკონტის ნორმა; t – გაანგარიშების ბიჯი, რომელიც ერთი წლის ტოლია; T - კონსტრუქციის უსაფრთხო ექსპლუატაციის ვადა.

შენობის ეკონომიკური მაჩვენებლების მიხედვით შეფასებისას მხედველობაში მიიღება შენობის უსაფრთხო ექსპლუატაციის ვადა, ე.ი. დროის შუალედი, შენობის აშენების მომენტსა და კონსტრუქციის

კაპიტალურ რემონტს შორის (კონსტრუქციის პირველი სასიცოცხლო ციკლი). ასეთი მიდგომა დაფუძნებულია იმაზე, რომ კონსტრუქციის უსაფრთხო ექსპლუატაციის ვადა 50 წელია. შენობის კაპიტალური რემონტის მომენტისთვის შესაძლებელია შენობის „მორალური ცვეთა“ იყოს მაღალი, რაც დაკავშირებულია დამატებით ხარჯებთან.

მონოლითური კონსტრუქციის შენახვაზე დანახარჯები დადის კაპიტალური რემონტის დანახარჯებზე. ზემოთქმულის გათვალისწინებით, დანახარჯებს ვიღებთ ნულის ტოლად. ზოგად შემთხვევაში კონსტრუქციის ექსპლუატაციიდან შემოსავლებს ვიღებთ ნომინალის ტოლად, ვეყრდნობით რა იმას, რომ შემოსავალი შენობის ექსპლუატაციიდან თანაბარია (მაგალითად, შენობის არენდაში გადაცემისას).

სამოქალაქო მშენებლობის ნორმატიული ვადა, რომელსაც ექვემდებარება სადისერტაციო ნაშრომში განხილული მონოლითური კონსტრუქციები ერთი წლის ტოლია. აქედან გამომდინარე, კონსტრუქციის ექსპლუატაციიდან მოზიდული კაპიტალდაბანდებები კონსტრუქციის ღირებულების ტოლია და შემოსავლები გაანგარიშების მეორე ბიჯიდან იწყება. ამგვარად, გამოსახულება (3.1) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$I_{\vartheta} = \frac{1}{K} \sum_{t=1}^T \frac{R}{(1+E)^t}, \quad (3.2.)$$

სადაც R არის შემოსავალი კონსტრუქციის ექსპლუატაციიდან წელიწადში; K – კონსტრუქციის ღირებულებაა. გავხსნათ (3.2) გამოსახულების მარჯვენა ნაწილის ჯამი:

$$I_{\vartheta} = \frac{R}{K} \cdot (1+E)^{-1} + \frac{R}{K} \cdot (1+E)^{-2} + \frac{R}{K} \cdot (1+E)^{-3} + \dots + \frac{R}{K} \cdot (1+E)^{-1} + \dots + \frac{R}{K} \cdot (1+E)^{-(T-1)} + \frac{R}{K} \cdot (1+E)^{-T} \quad (3.3.)$$

ძნელი არ არის იმაში დარწმუნება, რომ (3.3) გამოსახულების მარჯვენა ნაწილი გეომეტრიული პროგრესიას, სადაც $(1+E)^{-1}$ მნიშვნელია, ხოლო $\frac{R}{K}(1+E)^{-1}$ პირველი წევრია. პროგრესიის წევრების რაოდენობა უდრის T -ს. გეომეტრიული პროგრესიის წევრთა ჯამი უდრის S – ს:

$$S = \frac{a_1 - a_n \cdot q}{1-q}, \quad (3.4.)$$

სადაც a_1 - გეომეტრიული პროგრესიის პირველი წევრია და $\frac{R}{K}(1+E)^{-1}$ - ს;

a_n - გეომეტრიული პროგრესიის ბოლო წევრია და $\frac{R}{K}(1+E)^{-T}$ -ს;

n - გეომეტრიული პროგრესიის წევრთა რაოდენობა უდრის T -ს;

q - გეომეტრიული პროგრესიის მნიშვნელი $(1+E)^{-1}$ - ს;

აქედან გამომდინარე, გამოსახულება (3.4.) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$S = \frac{\frac{R}{K}(1+E)^{-1} - \frac{R}{K}(1+E)^{-T} \cdot (1+E)^{-1}}{1 - (1+E)^{-1}} = \frac{R}{K} \cdot \frac{1 - (1+E)^{-T}}{E} \quad (3.5)$$

ხოლო გამოსახულება (3.3) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$I_{\vartheta} = \frac{R}{K} \cdot \frac{1 - (1+E)^{-T}}{E} \quad (3.6)$$

იმის გათვალისწინებით, რომ შემოსავლის ინდექსი I_{ϑ} 1-ის ტოლია ან მასზე მეტია, საინვესტიციო პროექტი მისაღებად ითვლება (სარგებლიანია), ხოლო თუ აღმართული კონსტრუქციის უსაფრთხო ექსპლუატაციის T ვადა ტოლია საპროექტო ექსპლუატაციის $T_{პრ}$ ვადისა, მაშინ აღმართულ კონსტრუქციებზე გამოყენებული საშუალებების შემოსავლის ინდექსი I_{ϑ} ერთის ტოლი იქნება.

$$1 = \frac{R}{K} \cdot \frac{1 - (1+E)^{-T_{პრ}}}{E} \quad (3.7)$$

(3.7) გამოსახულებიდან გამომდინარე, მივიღებთ შემდეგ გამოსახულებას:

$$\frac{R}{K} = \frac{E}{(1+E)^{-T_{პრ}}} \quad (3.8)$$

მათა კონსტრუქციაზე გამოყენებული საშუალებების შემოსავლის ინდექსი (3.6) ფორმულიდან გამომდინარე იქნება:

$$I_{\vartheta} = \frac{R}{K} \cdot \frac{1 - (1+E)^{-T_{\vartheta}}}{E} \quad (3.9.)$$

(3.9) გამოსახულებაში წლიური შემოსავლის ფარდობას კაპიტალდაბანდებასთან, $\frac{R}{K}$ ტოლობის შესაბამისად, მივიღებთ $\frac{E}{(1+E)^{-T_{პრ}}}$; აქედან გამომდინარე, (3.9) გამოსახულება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$I_{\vartheta} = \frac{1 - (1+E)^{-T_{\vartheta}}}{1 - (1+E)^{-T_{პრ}}} \quad (3.10)$$

სადაც, $T_{კრ}$ კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ვადაა პროექტის მიხედვით;
 $T_{გ}$ – კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ფაქტობრივი ვადა.

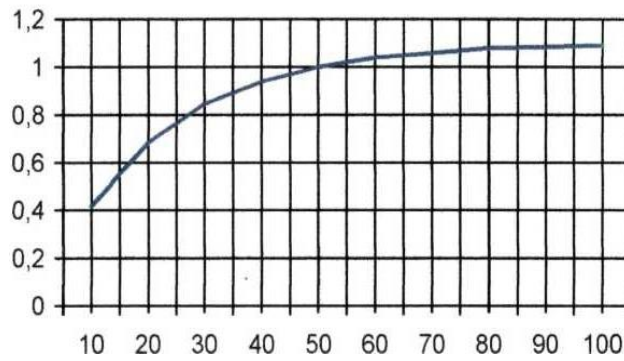
მოცემულ მეთოდში შემოსავლები მიიღებოდა ნომინალის მიხედვით ანუ ინფლაციის გათვალისწინების გარეშე. ამის გათვალისწინება აუცილებელია დისკონტის ნორმის დანიშვნის დროს. განვითარებულ ქვეყნებში ინფლაციის დონე დაბალია. მსოფლიო პრაქტიკაში, განვითარებული ქვეყნების ვალუტის მიხედვით, საინვესტიციო გაანგარიშებების დროს დისკონტის ნორმა 0,05-დან 0,08-მდე მიიღება. გამომდინარე იქიდან, რომ მოცემულ მეთოდში გაანგარიშების ჰორიზონტი 50 წელია, რაც გრძელვადიან ინვესტიციას წარმოადგენს, დისკონტის ნორმა უნდა მივიღოთ 0,05-ის ტოლად.

იმის გათვალისწინებით, რომ დისკონტის ნორმაა 0,05, ხოლო კონსტრუქციის საპროექტო ექსპლუატაციის ვადა 50 წელი, გამოსახულება (3.5) მიიღებს შემდეგ სახეს:

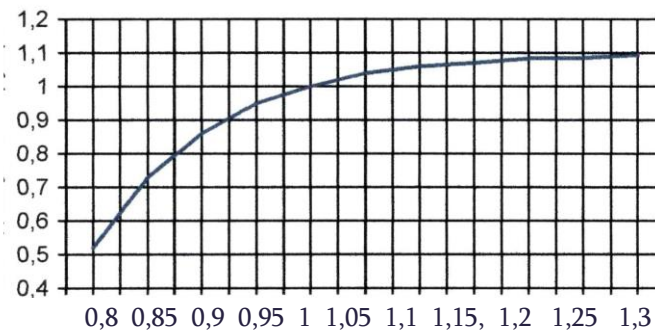
$$I_{გ} = \frac{1 - 1,05 - T_{გ}}{0,913}, \quad (3.11.)$$

გამომდინარე (3.11) გამოსახულებიდან, მე-13 ნახაზზე წარმოდგენილია აშენებული კონსტრუქციის $T_{გ}$ უსაფრთხო ექსპლუატაციის ფაქტობრივი ვადის გავლენის გრაფიკი აღმართულ კონსტრუქციაზე გამოყენებული საშუალებების შემოსავლის ინდექსზე.

წარმოდგენილი დამოკიდებულებების შესაბამისად, გრაფიკზე (ნახაზი 12) მოცემულია აშენებულ კონსტრუქციაზე დაბანდებულ სახსრებზე შემოსავლის ინდექსის დამოკიდებულება ამ კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსის ცვლილებაზე ნახ.13.



ნახ. 12. კონსტრუქციის ექსპლუატაციის ვადის გავლენა შენობაზე გამოყენებული საშუალებების შემოსავლის ინდექსზე



ნახ. 13. კონსტრუქციაზე დაბანდებულ სახსრებზე შემოსავლის ინდექსის დამოკიდებულება კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსის ცვლილებაზე

მონოლითური შენობის ეკონომიკური მაჩვენებლის მიხედვით, შეფასების შედეგები აშენებულ კონსტრუქციაზე დაბანდებულ საშუალებების $I_{შ}$ შემოსავლის ინდექსი მოცემულია 25-ე ცხრილში. შენობის მონოლითური კონსტრუქციის შეფასებისთვის მიღებული იყო კონსტრუქციები საიმედოობის უმცირესი მაჩვენებლებით. რადგან, მონოლითური შენობა-ნაგებობები შედგება მრავალი კონსტრუქციისაგან, შესაფასებლად გამოყენებულ იქნა კონსტრუქციების ის ჯგუფი, რომელიც უფრო სუსტადაა მიჩნეული.

მონოლითური შენობის ხარისხის შეფასების შემოთავაზებული მეთოდი შეიძლება პრაქტიკაში იქნეს გამოყენებული, როგორც ხარისხის რეგულირების საბაზრო მექანიზმის ინსტრუმენტი.

3.2. მონოლითური კონსტრუქციის ხარისხის ინტეგრალური შეფასების მეთოდის შემუშავება და შედეგები

ხარისხის ინტეგრალური შეფასება შედგება მონოლითური კონსტრუქციის აგების ხარისხის სტატისტიკური შეფასებისა და ამ კონსტრუქციის ხარისხის შეფასებისაგან ეკონომიკური მაჩვენებლების მიხედვით. ეს იმითაა განპირობებული, რომ მონოლითური კონსტრუქციის ხარისხის შეფასება ეკონომიკური მაჩვენებლების მიხედვით, დაფუძნებულია კონსტრუქციის საიმედოობის ინდექსის ცვლილების კოეფიციენტზე, რომელიც მშენებარე მონოლითური კონსტრუქციის ხარისხის ყველა პარამეტრს არ ითვალისწინებს. ამიტომ ხარისხის ინტეგრალურ შეფასებაში ჩართულია მონოლითური კონსტრუქციის აშენების ხარისხის სტატისტიკური შეფასება, რომელიც მონოლითური კონსტრუქციის აშენების ხარისხის ყველა პარამეტრს მოიცავს.

ხარისხის ინტეგრალური შეფასების – Q_{os} განსაზღვრა შემოთავაზებულია შემდეგი ფორმულით:

$$Q_{os} = \mu_1 \cdot K_{bs} + \mu_2 \cdot I_s, \quad (3.12)$$

სადაც K_{bs} კომპლექსური სტატისტიკური მაჩვენებელია; I_s შეფასების ინდექსი - აშენებული კონსტრუქციის ხარისხის შეფასების ეკონომიკური მაჩვენებელი; μ_1 და μ_2 შესაბამისი მაჩვენებლების წონადობის კოეფიციენტები, რომლებიც ხარისხის შეფასების კონკრეტულ მიზანზე დამოკიდებულებით დგინდება.

აშენებული მონოლითური კონსტრუქციების Q_{os} - ხარისხის შეფასების ინდექსის შედეგები წარმოდგენილია 25-ე ცხრილის (წონადობის კოეფიციენტების მნიშვნელობა პირობითად მიღებულია 0,5-ის ტოლად).

მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის შეფასების შედეგები

შენიშვნის №	$S_{კსმ}$	$T_{ფ}$	$I_{ფ}$	$Q_{ოშ}$
1	0,73	51	1,00	0,87
2	0,58	45	0,97	0,78
3	0,70	44	0,97	0,84
4	0,65	49	1,00	0,82
5	0,71	48	0,99	0,85
6	0,57	46	0,98	0,78
7	0,50	69	1,06	0,78
8	0,64	50	1,00	0,82
9	0,72	55	1,02	0,87

შენიშვნა: $S_{კსმ}$ - კომპლექსური სტატისტიკური მაჩვენებელი; $T_{ფ}$ - ფაქტობრივი ექსპლუატაციის ვადა; $I_{ფ}$ - შემოსავლის ინდექსი; $Q_{ოშ}$ - ხარისხის ინტეგრალური შეფასების ინდექსი;

ბეტონის სამუშაოების ხარისხის ინტეგრალური შეფასება, ბეტონის სამუშაოების მიმდინარეობის დროს არსებულ დონეზე, საკვლევ შენობებზე 0,75...0,87 შეადგენს. მეთოდის აპრობაციის პირველ ეტაპზე ვთავაზობთ შეფასების შემდეგ კლასიფიკაციას: 0,65-ზე ნაკლები – დაბალი; 0,65-0,75 – საშუალოზე დაბალი; 0,75-0,85 – საშუალო; 0,85-0,95 – საშუალოზე მაღალი და 0,95-ზე მეტი – მაღალი. მითითებული შეფასებები შეიძლება კორექტირებული იქნეს კონტროლის მიზნის გათვალისწინებით.

ტექნიკური რეგულირების კანონის შესაბამისად, აუცილებელია, მშენებლობის დასრულებული ობიექტის უსაფრთხო ექსპლუატაციის მოთხოვნებისადმი მისი შესაბამისობის შეფასების რეგლამენტის შემუშავება. შემოთავაზებული მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ტექნიკური რეგულირების მიზნისათვის.

3.3. მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის ინტეგრალური შეფასების ეკონომიკური ეფექტურობა

აშენებული მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის ინტეგრალური შეფასების მეთოდი ეფუძნება ხარისხის სტატისტიკურ კონტროლს. აქედან გამომდინარე, ხარისხის სტატისტიკური შეფასების

მეთოდის ეკონომიკური ეფექტურობის შესაფასებლად, რომელიც დაფუძნებულია რაოდენობითი ნიშნით შერჩევით კონტროლზე, ჩატარებულია დანახარჯების გაანგარიშება კონტროლის სხვადასხვა მეთოდების გათვალისწინებით გაანგარიშება ჩატარდა სხვადასხვა წლებში მოქმედი ფასებით. ორ ობიექტზე სხვადასხვა კონსტრუქციული სისტემებით (შენობა №1 – ცხრა სართულიანი საცხოვრებელი სახლი კარკასული მზიდი სისტემით; შენობა №2 – ხუთ სართულიანი საცხოვრებელი სახლი კედლის მზიდი სისტემით). შერჩევის მოცულობის ფორმირების წესი მოცემულია 26-ე ცხრილში. საქართველოში მიღებული სტანდარტების შესაბამისად, ხარისხობრივი ნიშნით შერჩევითი კონტროლისთვის და რაოდენობითი ნიშნით შერჩევითი კონტროლისთვის. 26-ე ცხრილში ასევე ნაჩვენებია ეკონომია, რაოდენობითი ნიშნით შერჩევითი კონტროლის გამოყენების დროს ხარისხობრივი ნიშნით შერჩევით კონტროლთან შედარებით.

ცხრილი 26

ეკონომია რაოდენობითი ნიშნით შერჩევითი კონტროლის გამოყენებისას ხარისხობრივი ნიშნით შერჩევით კონტროლთან შედარებით

მოცულობა N	შერჩევის მოცულობა n კონტროლისას		ეკონომია	
	ხარისხობრივი ნიშნით	რაოდენობითი ნიშნით	n	%
	25-მდე	5	4	1
25-40	7	5	2	28
41-65	10	7	3	30

26-ე და 27-ე ცხრილებში მოცემულია შერჩევის ფორმათა შედეგები საანალიზო შენობების ხარისხის კონტროლის სხვადასხვა გეგმისთვის, ასევე ნაჩვენებია ხარისხის კონტროლზე გაანგარიშებული დანახარჯები საანალიზო შენობების ხარისხის კონტროლის სხვადასხვა გეგმისათვის. ხარისხის კონტროლის ჩატარებისას სამუშაოების შეფასებები აღებულია

ფასების კრებულების მიხედვით. 27-ე ცხრილიში წარმოდგენილია ეკონომიის შედეგები ხარისხობრივი ნიშნით შერჩევითი კონტროლიდან რაოდენობითი ნიშნით შერჩევით კონტროლზე გადასვლისას.

ცხრილი 27

ეკონომიის შედეგები ხარისხობრივი ნიშნით შერჩევითი კონტროლიდან რაოდენობითი ნიშნით შერჩევით კონტროლზე გადასვლისას

კონტროლის სახე	შენიშვნის №	
	1	2
მთლიანი კონტროლი, ლარი	4972-32	2834-16
შერჩევითი კონტროლი ხარისხის ნიშნით, ლარი	1687-80	968-94
შერჩევითი კონტროლი რაოდენობრივი ნიშნით, ლარი	1294-80	758-52
შერჩევითი კონტროლიდან ხარისხის ნიშნით შერჩევით კონტროლზე რაოდენობითი ნიშნით გადასვლისას, ეკონომია, ლარი/%	393-00 15,3	210-42 12,7

აღწერილი მეთოდის ეკონომიკური ეფექტურობის შესაფასებლად ჩატარდა დანახარჯების შედარება კონტროლისა და შესაბამისობის კოეფიციენტის შეფასებით. შემოთავაზებული მეთოდის დანერგვით ხარისხის კონტროლზე დანახარჯები შემცირდა 10-15% -ით.

ხარისხის ინტეგრალური შეფასების მეთოდის გამოყენებით, ეკონომიკური ეფექტი ხარისხის კონტროლზე დანახარჯების შემცირებით არ შემოიფარგლება. შენიშვნის კონსტრუქციის საიმედოობა და საექსპლუატაციო მახასიათებლები იზრდება, რაც წუნის აცილებასა და სარემონტო სამუშაოებზე დანახარჯების შემცირებას იწვევს. გარდა ამისა, იზრდება ხარისხის რეგულირების საბაზრო მექანიზმების ეფექტურობა ხარისხის კონტროლისა და ხარისხის შეფასების ახალი ტექნოლოგიების დანერგვის ხარჯზე, რომელიც ადაპტირებულია ხარისხის სისტემის ჩარჩოში შეფასებისა და დოკუმენტირების ავტომატიზებულ საშუალებებთან.

ძირითადი დასკვნები

1. ბეტონის სამუშაოებისა და მონოლითური კონსტრუქციების დეფექტების ანალიზის საფუძველზე, ჩამოყალიბდა სამოქალაქო შენობების მონოლითური კონსტრუქციების საკონტროლო პარამეტრების ნომენკლატურა.
2. ჩატარდა მონოლითური კონსტრუქციების ბეტონის სიმტკიცისა და გეომეტრიული პარამეტრების სააღბათო განაწილების ანალიზი. დადგინდა, რომ ორი მხრიდან შემოსაზღვრული ბეტონის კუმშვაზე სიმტკიცისა და გეომეტრიული პარამეტრების მნიშვნელობები ნორმალურადაა განაწილებული, ხოლო ერთი მხრიდან შემოსაზღვრულ გეომეტრიულ პარამეტრებს აქვს ლოგარითმულად ნორმალური განაწილება.
3. კონსტრუქციის კვეთის განივი ზომის გადახრის მნიშვნელობათა ანალიზიდან გამომდინარე, შემოთავაზებულია ამ პარამეტრით ახალი დაშვებები. შემოთავაზებული დაშვებების შეფასებამ, კონსტრუქციების საიმედოობის მაჩვენებლების მიხედვით, მისი საჭიროება აჩვენა.
4. შემუშავდა მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის სტატისტიკური შეფასების მეთოდი. შეფასების შედეგად განისაზღვრა, რომ უდეფექტობის დონე სხვადასხვა პარამეტრების მიხედვით 0,39...0,98 შეადგენს. გამოვლენილია უდეფექტობის დაბალი დონე კონსტრუქციის განივი ზომების გადახრის მიხედვით – 0,39. კომპლექსური სტატისტიკური მაჩვენებელი, რომელიც მოიცავს უდეფექტობის დონეს, ტექნოლოგიური პროცესის სიზუსტეს, კონტროლის სიზუსტესა და ტექნოლოგიური პროცესის სტაბილურობას სხვადასხვა პარამეტრებისთვის 0,31მმ...0,92მმ - ია.
5. განისაზღვრა მონოლითური კონსტრუქციების პარამეტრების გადახრის გავლენა მათი საიმედოობის მაჩვენებელზე. შემუშავდა მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის შეფასების მეთოდი საიმედოობის

მაჩვენებლების მიხედვით: საიმედოობის ინდექსის ცვლილების და კონსტრუქციის უსაფრთხო ექსპლუატაციის ვადის, საიმედოობის ინდექსის ცვლილების კოეფიციენტმა სხვადასხვა კონსტრუქციებისთვის 0,97მმ...1,24მმ შეადგინა (თუ კოეფიციენტი ერთზე მეტია, მაშინ კონსტრუქციის ფაქტობრივი საიმედოობა საპროექტოზე მეტია).

6. შემოთავაზებულია კონსტრუქციის ხარისხის შეფასების მაჩვენებელი, რომელიც მის აშენებაზე დაბანდებული საშუალებების ეფექტიანობას განსაზღვრავს მისი უსაფრთხო ექსპლუატაციის ვადის გათვალისწინებით.
7. შემუშავდა სამოქალაქო შენობების მონოლითური კონსტრუქციების აგების ინტეგრალური შეფასების მეთოდი, რომელიც მოიცავს: ბეტონის სამუშაოების ხარისხის სტატისტიკურ შეფასებასა და მონოლითური კონსტრუქციების ხარისხის შეფასებას ეკონომიკური მაჩვენებლის მიხედვით მისი უსაფრთხო ექსპლუატაციის ფაქტობრივი ვადის საფუძველზე. სამოქალაქო შენობების მონოლითური კონსტრუქციების აგების ხარისხის დონეა 0,77...0,87. ბეტონის სამუშაოების წარმოების არსებული ტექნოლოგიური დონის დროს, შეფასების 0,75...0,85 ინტერვალი მიჩნეულია მონოლითური კონსტრუქციების აგების ხარისხის საშუალო დონედ.
8. შემუშავდა „სამოქალაქო შენობების მონოლითური კონსტრუქციების აგების ხარისხის შეფასების ტექნოლოგიური რეგლამენტი“, რომელიც მოიცავს: საკონტროლებელი პარამეტრების ნომენკლატურას, ხარისხის შეფასების მეთოდს სტატისტიკურ, საიმედოობისა და ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე და ხარისხის ინტეგრალური შეფასების მეთოდს. შემოთავაზებული რეგლამენტის რეალიზაციისთვის ხარისხის ავტომატიზებული მონიტორინგის სისტემაში შემუშავებულია პროგრამული უზრუნველყოფის ელემენტები.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ქრისტესიაშვილი ე., იოჰანეს შტუმპფი „მშენებლობის ხარისხი საქართველოში“. 2018 .
2. ქრისტესიაშვილი ე.- „ მშენებლობის ეკონომიკა“. თბილისი სტუ 2018.
3. ხმელიძე თ. სამშენებლო განმარტებითი ლექსიკონი. ონლაინ ვერსია. თბილისი, 2016,. 2100 გვ.
4. ნინუა ნ. „რკინაბეტონის კონსტრუქციები“ //გამომცემლობა „განათლება“,თბილისი 1986.
5. სოხაძე ა., ლლონტი ნ, ლ. ყავლაძე, გ.ქურდაძე „სამშენებლო კონსტრუქციები“ (რკინაბეტონი) //სამშენებლო პორტალი.სტუ, თბილისი, 1995.
6. კლიმაშვილი ლ., გურგენიძე დ., ჩიქოვანი ა. „ბეტონები, ტექნიკური მოთხოვნები, გამოცდის ევროპულ სამშენებლო ნორმებთან შესაბამისობაში“ სტუ 2017.
7. გურგენიძე დ., იმედაძე რ., მეტრეველი გ., მაღრაძე თ. „სამშენებლო კონსტრუქციების მდგომარეობის კვლევა“// სტუ, თბილისი 2018.
8. კლიმაშვილი ლ., გურგენიძე დ., ჩიქოვანი ა. „ბეტონთმცოდნეობა“ // სტუ,თბილისი 2021.
9. ჯავახიშვილი მ., იმედაძე რ., წიქარიშვილი მ. „შენობა-ნაგებობების დიაგნოსტიკა, რეკონსტრუქცია, მოდერნიზაცია“ // სტუ,თბილისი 2013.
10. „სამშენებლო კონსტრუქციების მემონტაჟე“, განათლების ხარისხის განვითარების და ეროვნული ცენტრი. 2017; 2-11 გვ.
11. ჟორდანიას თ. - „სამშენებლო წარმოების ტექნოლოგია“, თბილისი, სტუ 2006წ.
12. ღარიბაშვილი ი., ბალანჩივაძე ლ., დოლიძე შ , ნარეკლიშვილი თ., დოლიძე გ. -„რკინაბეტონის სამუშაოთა შემსრულებელი“ სტუდენტის სახელმძღვანელო 171 გვ. 188 გვ. 198 გვ. 237 გვ.
13. ნამჩავაძე ბ. „მშენებლობა საქართველოში“ საერთაშორისო გამჭვირვალობა საქართველო, თბილისი, 2018წ. [.https://www.transparency.ge/ge/content/beso-namchavaze](https://www.transparency.ge/ge/content/beso-namchavaze) უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.
14. ბახტურიძე ხ. „საიმედო მშენებლობა“ 23.12.2016 .

<https://buildgeo.ge/statiebi/article/20709-khathuna-bakhturidze> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.

15. ჩიტაია მ. „სამშენებლო მასალები“ თბილისი 2018. http://resonancedaily.com/index.php/index.php?id_rub=3&id_artc=24042 უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.

16. „საქართველოს კონსტიტუცია“. საქართველოს რესპუბლიკის კონსტიტუციური კანონი. კონსოლიდირებული ვერსია (საბოლოო) 23.03.2018 <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/30346> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.

17. საქართველოს კანონი „შრომის უსაფრთხოების შესახებ“ კონსოლიდირებული ვერსია (საბოლოო) 19.02.2019წ. N2048- II ს <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/4103880?publication=4> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.

18. საქართველოს კანონი „ინვესტიციების სახელმწიფო მხარდაჭერის შესახებ“. მიღებული საქართველოს პარლამენტის მიერ 30.06.2006 კონსოლიდირებული ვერსია საბოლოო. 20.07.2018 <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/24076?publication=8> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.

19. საქართველოს კანონი „სტანდარტიზაციის შესახებ“. 1999 წლის 25 ივნისი. N2197-II ს <http://www.economy.ge/uploads/kanonmdebloba/standartebi/standartizaciis.pdf> <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/4277583?publication=0> უკანაგადამოწმებული 15.05.2022. უკანასკნელად იქნა

20. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №439 ტექნიკური რეგლამენტის - „სამშენებლო სამუშაოების ხარჯთაღრიცხვის ფასწარმოქმნის ადეკვატურობის დადგენის მეთოდიკა“ დამტკიცების თაობაზე. თბილისი, 2017 წლის 26 სექტემბერი http://procurement.gov.ge/getattachment/ELibrary/LegalActs/faswarmoqmnis_adekvaturobis_dadgenis_meTofika.pdf.aspx უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.

21. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №41 ტექნიკური რეგლამენტის “შენობა ნაგებობების უსაფრთხოების წესების“ დამტკიცების თაობაზე. თბილისი, 2016 წლის 23 იანვარი http://gac.gov.ge/acredit/1_964_sfero.pdf უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.

22. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №361 „მშენებლობის უსაფრთხოების შესახებ ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე“. თბილისი, 2014 წლის 27 მაისი

<https://matsne.gov.ge/ka/document/download/2357152/0/ge/pdf>

უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.

23. მშენებლობის უსაფრთხოება და ხარისხი <https://www.youtube.com/watch?v=7Ls7-2WGY5Q> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.
24. ცხვარიაშვილი ვ. „ხარისხისა და უსაფრთხოების თანამედროვე ასპექტები მშენებლობაში“-სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, სტუ №3(46) , 2017 წ;
25. ცხვარიაშვილი ვ. „ხარისხისა და უსაფრთხოების როლი ლითონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციებში“ სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, სტუ №2(51), 2019 ;
26. შრომის საერთაშორისო ორგანიზაცია (ILO) – „სამუშაო ადგილზე უბედური შემთხვევებისა და დაავადებების გამოძიება“ პრაქტიკული სახელმძღვანელო შრომის ინსპექტორებისათვის;შრომის საერთაშორისო ნორმების ელექტრონული ბიბლიოთეკა - ILSE 2009 CD-ROM (E/F/S) 5 გვ.
27. სამშენებლო ნორმები და წესები „ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციები“ (პნ 03.01-09).
28. Байбурин А.Х., Никоноров С.В. Качество возведения монолитных жилых зданий // Жилищное строительство. - 2002. - №4. - С. 4-6.
29. Байбурин Л.Х., Оценка качества строительства монолитных зданий // Известие ВУЗов. Строительство. - 2002. -№9. - С. 129-133.
30. Байбурин А.Х., Никоноров С.В. Анализ опасности дефектов строительно-монтажных работ// Предотвращение аварий зданий и сооружений: Межвуз. сб. тр. Вып. 2. - Магнитогорск, МГТУ, 2002. - С. 71-77 .
31. Байбурин А.Х., Никоноров С.В. Система контроля и оценки качества строительно-монтажных работ // Сборник докладов научно-практической конференции «Проблемы повышения надежности и качества строительства». Челябинск, 2003. - С. 79-81 .
32. Никоноров С.В., Байбурин А.Х. Определение весомостей параметров качества монолитных ЖБК 7/ Сборник докладов научно-практической конференции «Проблемы повышения надежности и качества строительства». - Челябинск, 2003. - С. 82-84.
33. Никоноров С.В., Байбурин А.Х. Методика статистической оценки прочности бетона монолитных железобетонных конструкций // Строительство

- и образование: Сборник научных трудов. - Екатеринбург: ГОУ УГТУ - УПИ, 2002. Вып. 5 - С. 95-96.
34. Никоноров С.В., Байбурунн Л.Х. Оценка надежности конструкций монолитных жилых зданий // Предотвращение аварий зданий и сооружений: Межвуз. сб. тр. Вып. 2. - Магнитогорск, МГТУ, 2002. - С. 67-71.
 35. Байбурунн Л.Х., Головнев С.Г., Никоноров С.В. Проектирование экспертной системы оценки качества строительных технологий // Известие ВУЗов. Строительство. - 2002. - №7. - С. 52-55.
 36. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. - СПб.: Питер, 2001. - 656 с.
 37. Мельчаков А.П., Габрин К.Э. Контроль качества строительства на основе стандарта конструктивной безопасности // Сборник докладов научно-практической конференции «Проблемы повышения надежности и качества строительства». - Челябинск, 2003. - С. 35-38.
 38. Мельчаков А.П., Габрин К.Э. Математические основы теории экспертных систем в строительстве: Учебное пособие. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2000.-39 с. 62,113,114
 39. Мельчаков А.П. Квалиметрия при оценке технического состояния объектов строительства // Предотвращение аварий зданий и сооружений: Межвуз. сб. тр. Вып. 2.
 40. Тамразян А.Г., Назарян Г Р. К усилению железобетонных конструкций с учетом безопасной эксплуатации // Предотвращение аварий зданий и сооружений: Межвуз. сб. тр. Вып. 2. - Магнитогорск, МГТУ, 2002. - С. 129-135.
 41. Ивашенко Ю.А. Надежность строительных конструкций: Конспект лекций. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2000. - 50 с.
 42. Тамразян А.Г. Определение рационального уровня усиления железобетонных конструкций // Предотвращение аварий зданий и сооружений: Межвуз. сб. тр. Вып. 2. - Магнитогорск, МГТУ, 2002. - С. 123-129.- Магнитогорск, МГТУ, 2002. - С. 96-100.
 43. Шепелев И.Г. Экономика строительства / Учебное пособие. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. - 52 с.
 44. Бадагуев, Б.Т. Организация и производство строительно-монтажных работ. Сдача в эксплуатацию объектов строительства. Документальное обеспечение / Б.Т. Бадагуев. – М.: Альфа-Пресс, 2014. – 592 с.

45. Баркалов, С.А. Исследование математических основ рационализации планирования работ, ведущихся инжиниринговой организацией по созданию объекта / С.А. Баркалов, О.Я. Кравец, П.Н. Курочка, Т.В. Насонова, А.И. Половинкина // Системы управления и информационные технологии. – 2017. – №1 (67).
46. Басовский Л.Е., Протосъев В.Б. Управление качеством: Учебник. - М.: ИНФРЛ-М, 2000, - 212 с.
47. Баркалов, С.А. Методы построения интегральной оценки организационно-технологических решений / С.А. Баркалов, П.Н. Курочка // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Се-рия: управление строительством. – 2016. – №1 (8). – С. 7–26.
48. Гинзбург, А.В. Организационно-технологическая надежность строительных систем / А.В. Гинзбург // ВЕСТНИК МГСУ. – 2010. – №4-1. – С. 251–255.
49. Киевский, Л.В. Инвестиционная политика заказчика–застройщика на этапе организационной подготовки сосредоточенного строительства / Л.В. Киев-ский, С.Н. Шульженко, А.А. Волков // Вестник МГСУ. – 2016. – Вып. 3. – С. 111–121.
50. Мухаметзянов, З.Р. Системный подход к автоматизации процессов управления строительными проектами / З.Р. Мухаметзянов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. – №8 – С. 7–11.
51. Олейник, П.П. О новых требованиях к организации приемки законченных строительством объектов / П.П. Олейник, В.И. Бродский // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – № 9. – С. 56–60.
52. Олейник, П.П. Организация, планирование, управление и экономика строительства. Терминологический словарь / П.П. Олейник. – М.: АСВ, 2016. – 320 с
53. Шепелев И.Г. Экономика строительства / Учебное пособие. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. - 52 с. 125
54. Основы управления инвестиционно-строительными программами в условиях мегаполиса / В.И. Теличенко, Е.А. Король, П.Б. Каган, С.Б. Сборщиков, А.Н. Дмитриев, Н.Л. Карданская. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 240 с
55. Очиров, В.С. Организация строительно-монтажных работ / В.С. Очи-ров. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 84 с.

56. Добшиц, Л.М. О методиках определения прочности бетона конструкций / Л.М. Добшиц, А.Л. Клибанов // Эффективность применения монолитного и сборного железобетона в дорожном строительстве : научно-практическая конференция / ОАО «НИИМосстрой». – 2015. – С. 63–73.
57. Трескина, Г.Е. Стратегия успеха в строительстве система менеджмента качества по ИСО серии 9000 / Г.Е. Трескина, В.Н. Свиридов // Обследование, испытание, монито-ринг и расчет строительных конструкций зданий и сооружений : сб. научных трудов / Московский государственный строительный университет ; под ред. Ю.С. Кунина, Н.Н. Топчего. – М. : Изд-во АСВ, 2010. – С. 132–141.
58. Болотова, А.С. Технологическая безопасность и управление качеством монолитного строительства / А.С. Болотова // Строительство – формирование среды жизнедеятельности : сб. докл. XVII Межд. научно-практической конференции. – М. : МГСУ, 2014. – С. 501–504.
59. Ермаков, А.С. Методы решений специальных задач с использованием информационных технологий / А.С. Ермаков. – М. : МГСУ, 2014.
60. Шугаев, В.В. Аварии железобетонных конструкций и их предупреждение / В.Шугаев, Б.С. Соколов // Науч. тр. 2-ой Всеросс. (Междунар.) конференции по бетону и железобетону «Бетон и железобетон - пути развития». - М.: Дипак, 2005. - Т.1.-С. 371-380.
61. Томанн, Б. Мониторинг строительных конструкций для обеспечения безопасности и сохранности зданий и сооружений / Б. Томанн // Строительный эксперт. - 2005.-№17(204).-С. 8-9.
62. Тамразян, А.Г. Конструктивная безопасность железобетонных конструкций зданий и сооружений при запроектных воздействиях / А.Г. Тамразян, А.Ю. Степанов, С.Г. Парфенов // Науч. тр. 2-ой Всеросс. (Международной) конф. по бетону и железобетону «Бетон и железобетон - пути развития». - М.: Дипак, 2005. - Т.6. - С. 92-100.
63. Скрипко, Л.Е. Методология оценивания затрат на качество / Л.Е. Скрипко // Методы менеджмента качества - 2001. - №1.
64. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. Официальное издание (2-я ред.). - М.: Экономика, 2000. - 422 с.
65. Руфферт, Г. Дефекты бетонных конструкций / Г. Руфферт; Пер. с нем. - М.: Стройиздат, 1987. - 112 с.

66. Гаврилов, В.А. Комплексный показатель качества для квалитетической оценки процессов / В.А. Гаврилов, С.В. Дранишников // Методы менеджмента качества. - 2004. - №5.- С.44-49.
67. Гончаров, А.А. О точности геометрических параметров в строительстве / А.А.Гончаров// Промышленное и гражданское строительство.- 2003.- №1. - С.53-54.
- 68.ГОСТ Р 50779.44-2001. Статистические методы. Показатели возможностей процессов. Основные методы расчета.
69. ГОСТ Р 54257-2010. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования.
70. Кошелева, Ж.В. Оценка несущей способности и надежности элементов железобетонных конструкций при ограниченной информации о контролируемых параметрах: Дис. . канд. техн. наук / Ж.В. Кошелева. - Вологда, 2004. - 186 с.
71. Байбурин, А.Х. Комплексная оценка качества возведения домов / А.Х. Байбурин // Жилищное строительство. - 2003. - №11. - С. 2-3.
72. Байбурин, А.Х. Надежность как критерий для классификации дефектов в строительстве / А.Х. Байбурин // Промышленное и гражданское строительство. - №10.-2000.-С. 25-26.
73. Методика статистической оценки качества строительно-монтажных работ / А.Х. Байбурин, С.Г. Головнев // Известия вузов. Строительство. - 2000,- №5.-С. 85-89.
74. Байбурин, А.Х. Качество и безопасность строительных технологий: Монография / А.Х. Байбурин, С.Г. Головнев. - Челябинск, Изд-во ЮУрГУ, 2006. - 453 с.
75. Байбурин, А.Х. Качество возведения монолитных жилых домов / А.Х. Байбурин, С.В. Никоноров // Жилищное строительство. - 2002. - №4. - С. 4-6. 2
76. Байбурин, А.Х. Исследование влияния технологических факторов на уровень качества возведения гражданских зданий / А.Х. Байбурин // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Строительство и архитектура». Вып. 11.- 2010. - №33(209). - С. 20-24.
77. Афанасьева, В.Ф. Проблемы монолитного строительства и пути их решения / В.Ф. Афанасьева, В.Ф. Коровяков // Проблемы монолитного

- строительства и пути их решения : сб. докл. науч. практической конференции / ГУП «НИИМосстрой». – М., 2014. – С. 5–15.
78. Трескина, Г.Е. Анализ и систематизация аварий и несоответствий при монолитном строительстве // Г.Е. Трескина, А.С. Болотова // Научное обозрение. – 2014. – № 9 (2).
79. Безопасность строительства и осуществление строительного контроля / В.В. Котельников, Н.П. Четверик, Р.А. Андриевский, А.А. Ананьев. – М. : ОАО «Научно технический центр “Промышленная безопасность”», 2012. – 256 с.
80. Байбурун Л.Х., Головнев С.Г. Методика статистической оценки качества строительно-монтажных работ. // Известие ВУЗов. Строительство. - 2000. - №5.-С. 85-89.
81. Колчеданцев, Л.М. Анализ опыта внедрения системы менеджмента качества при производстве железобетонных изделий и выпуске товарного бетона / Л.М. Колчеданцев, Н.А. Зубов, А.Л. Колчеданцев // Вестник гражданских инженеров. - 2007.-№1(10).-С. 56-58.
82. Кузнецов, А.Н. Разработка методов анализа показателей технологических процессов для повышения качества продукции строительного производства: Дис. канд. техн. наук / А.Н. Кузнецов. - М., 2005. - 164 с.
83. Кузнецов, В.С. Нормативные допуски как факторы риска снижения долговечности строительных объектов / В.С. Кузнецов, А.В. Кузнецов, М.Н. Смирнов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2005. - №5. - С. 80-81.
84. Скрипко, Л.Е. Методология оценивания затрат на качество / Л.Е. Скрипко // Методы менеджмента качества - 2001. - №1. - С. 6.
85. Baiburin A.Kh., Golovnev S.G. Quality and reliability estimation of airfield runway// The Proceedings of the International Geotechnical Symposium «Geotechnical Engineering for Disaster Prevention & Reduction». - Yuzhno-Sakhalinsk, Russia - Sapporo, Japan, 2007, P. 271-272.
86. Frits Meijer – “Quality Control of Constructions: European trends and developments” – May, 2017
87. Building Control performance Standards – Building Control Performance Standards Advisory Group, January, 2017 “Getting to Know International
88. “Importance of Building Code” – Reshmi Banerjee - June 2015

89. Standard Codes on Structural Steel“ –<https://theconstructor.org/practical-guide/standard-codes-on-structural-steel/7554/> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.
90. Material Control“ – Project Procedure - AGT Pipeline Project – BTC-004-B010-CM-PRO-00060-C02; უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.
91. ISO 9000:2015: Quality management systems – Fundamentals and vocabulary – „Quality Control and Quality Assurance” - <https://asq.org/quality-resources/quality-assurance-vs-control> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.
92. Designing Buildings - “Quality Control for Construction Works” - https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Qualitycontrolfor_construction_works უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.
93. Robertson B. - „Quality in Construction Projects “- Ltd. “Suncor Energy”. კანადა.34.გვ
<https://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk3/ftp04/MQ63545.pdf>
უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.
94. BuildingCodesandStandards<https://guides.libraries.psu.edu/c.php?g=388626&p=348442690> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.05.2022.
95. Gladysz, B. Project Rick time Management – a proposed model and a case study in the construction industry / B. Gladysz, D. Skorupka, D. Kuchta, A. Duchaczek // Procedia Computer Science. – 2015. – T. 64. – P. 24–31.
96. Gusev, E.V. Technique for Determination of Rational Boundaries in Combining Construction and Installation Processes Based on Quantitative Estimation of Technological Connections / E.V. Gusev, Z.R. Mukhametzyanov, R.V. Razyapov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE). – 2017. – Vol. 262. – doi: 10.1088/1757–899X/262/1/012140.