

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ალექსანდრე წაქაძე

**ექსპლუატაციაში მყოფი შენობა-ნაგებობების ზღვრული
მდგომარეობის და ნარჩენი რესურსის კვლევა დაზიანებების
გათვალისწინებით**

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2011 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სამშენებლო ფაკულტეტზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: სრული პროფესორი მალხაზ წიქარიშვილი

რეცენზენტები: სრული პროფესორი მ. ყალაბეგაშვილი

სრული პროფესორი თ. ხმელიძე

დაცვა შედგება 2011 წლის „29“ დეკემბერს

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის

სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია 507ა

მისამართი: თბილისი 0175, კოსტავას 70

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება

სტუ-ს ბიბლიოთეკისა და სტუ-ს ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს

სწავლული მდივანი:

სრ. პროფესორი მ. კუბლაშვილი

ნაშრომის საერთო დახასიათება

თანამედროვე მშენებლობა ხასიათდება მაღალი ტემპებით და დიდი მოცულობით, აგრეთვე ახალი გადაწყვეტების აქტიური დანერგვით მშენებლობის ყველა ეტაპზე. აღნიშნული ტენდენცია უდაოდ წარმოადგენს დადებით ფაქტს, თუმცა, სწორედ თანამედროვე მშენებლობა ხასიათდება ავარიების გაზრდილი რისკით. საქმე იმაშია, რომ რთული მათემატიკური მოდელების განვითარებამ მაღალი კლასის კომპიუტერულ ტექნოლოგიებთან ერთად ჩამოაყალიბა ნებისმიერი არასტანდარტული კონსტრუქციის მაღალი სიზუსტით გაანგარიშების შესაძლებლობა. რეალობა კი ისეთია, რომ საანგარიშო მოდელის აგების უკან დგას კონკრეტული გარდაქმნის სადაო პრობლემები.

დასმული პრობლემის გამოყოფა და გადაწყვეტა განპირობებულია, პირველ რიგში, იმით, რომ კონსტრუქციების დაზიანებები და რღვევები, როგორც წესი იწვევენ უარყოფით შედეგებს. მათი გათვალისწინება საანგარიშო მოდელის აგებისას მთლიანად არ ხერხდება.

შექმნილი სიტუაციიდან ერთ-ერთ გამოსავალს წარმოადგენს ახალი თაობის უსაფრთხოების სისტემების შექმნა. უსაფრთხოების არსებული სისტემები შეიცავს ძლიერ შეზღუდულ სტანდარტულ ნაკრებს. ინტელექტუალური არქიტექტურული ნაგებობა შევსებულია, დამატებით ექსპლუატაციის მონიტორინგის სხვადასხვა ელემენტებით: გაჟონვების გადამცემებით, საინჟინრო ქსელების კონტროლით და სხვა. თუმცა სამშენებლო კონსტრუქციების მონიტორინგის სისტემები რეალური დროის რეჟიმში დღეს თითქმის არ არსებობს.

ამგვარად, დღევანდელ დღეს აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს ექსპლუატაციაში მყოფი შენობა-ნაგებობების ზღვრული მდგომარეობის და ნარჩენი რესურსის კვლევა დაზიანებების გათვალისწინებით, მათი მონიტორინგის, დიაგნოსტიკის და აღდგენის კომპლექსური სისტემების შემუშავება და დანერგვა სამშენებლო პრაქტიკაში.

ჩვენი კვლევების ძირითად სამეცნიერო ამოცანებს წარმოადგენს: დაზიანებების დაგროვების პროცესების კვლევა, კონსტრუქციების ელემენტების რეაქცია გარე და შიგა (მათ შორის ავარიულ) ზემოქმედებებზე, ზღვრული მდგომარეობის თეორიის გამოყენებით კონსტრუქციის ელემენტების კრიტიკულისწინა ქმედების პროცესი. ძლიერ მნიშვნელოვანია სამი ძირეული პრინციპის შემუშავება, რომელთა შემდგომი დანერგვა პრაქტიკაში საშუალებას მოგვცემს აღიკვეთოს მსხვილმასშტაბიანი რღვევები. ეს პრინციპებია ხარისხის უზრუნველყოფა, პერიოდული ან უწყვეტი დიაგნოსტიკის და ოპერატიული ანალიზის უზრუნველყოფა.

ჩვენი დისერტაციის მიზანს წარმოადგენს ექსპლუატაციაში მყოფი შენობა-ნაგებობების ზღვრული მდგომარეობის და ნარჩენი რესურსის მონიტორინგის, დიაგნოსტიკის და აღდგენის კომპლექსური სისტემის შექმნა. მოცემული სისტემა წარმოადგენს უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მრავალფუნქციურ ინსტრუმენტს სხვადასხვა დანიშნულების სამშენებლო ნაგებობებისათვის. ფლობს რა შესაძლებლობების ფართო სპექტრს, სისტემა განკუთვნილია ტექნოგენური ან ბუნებრივი ხასიათით გამოწვეული მოვლენების შესაჩერებლად მშენებლობაში შესაძლო ავარიული პროცესების განვითარების ყველა სტადიაზე.

მეცნიერული სიახლე მდგომარეობს შემდეგში:

- შენობა-ნაგებობების მონიტორინგის და დიაგნოსტიკის კომპლექსური მეთოდოლოგიის დამუშავება;
- შესაბამისი მონიტორინგის და დიაგნოსტიკის სისტემების დამუშავება; მონიტორინგის სისტემის განხორციელების ბლოკ-სქემა;
- ავარიული მოვლენის ლიკვიდაციის რიცხვითი და ანალიზური მოდელირების ხერხების დამუშავება;
- ოპერატიული ღონისძიებების რეალიზაციის სხვადასხვა სცენარების შემთხვევაში მოვლენის განვითარების პროგნოზირების მეთოდის შექმნა.

დასმული პრობლემის გადაჭრის გზად მიგვაჩნია შემდეგი: მონიტორინგის სისტემის, როგორც ტიპური ინსტრუმენტის შექმნისათვის უნდა ჩამოყალიბდეს მიზანი. აუცილებელია შეიქმნას მონიტორინგის და დიაგნოსტიკის სისტემა საბაზო ვარიანტში, რომელიც ითვალისწინებს, როგორც მინიმუმ ყველა ტიპური საცხოვრებელი შენობის კონტროლს. მონიტორინგის საბაზო ვარიანტი უნდა უზრუნველყოფდეს ძირითადი პარამეტრების კონტროლს, რომლებიც შეაფასებენ პოტენციური ავარიების უფრო მეტად გავრცელებულ მიზეზებს. აუცილებლობისას საბაზო ვარიანტს უნდა ჰქონდეს გაფართოების შესაძლებლობა, როგორც კონტროლის წერტილების რაოდენობის მიხედვით, ისე საკონტროლო კონსტრუქციების სახეობის მიხედვით, აგრეთვე საკონტროლო პარამეტრების სიის მიხედვით.

ნაშრომის აპრობაცია: ნაშრომის შედეგები მოხსენებულია საერთაშორისო-სამეცნიერო ტექნიკური კონფერენციაზე „სამშენებლო მექანიკის პრობლემები“ 2010 წელი, ხოლო მთლიანი ნაშრომის მიმოხილვითი და ძირითადი ნაწილები მოხსენებულია სადოქტორო პროგრამით გათვალისწინებულ ორ სემინარზე.

პუბლიკაციები: ნაშრომის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია 15 სამეცნიერო სტატიაში.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა: ნაშრომის სრული მოცულობა 150 გვერდი, იგი მოიცავს შესავალს, ოთხ თავს, დასკვნასა და ლიტერატურას, რომელიც 50 დასახელებისგან შედგება.

ნაშრომის შინაარსი

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

პირველ თავში განხილულია შენობა-ნაგებობების ტექნიკური მდგომარეობის მონიტორინგის და დიაგნოსტიკის არსებული მეთოდები. დასმული პრობლემის გამოყოფა და გადაწყვეტა განპირობებულია, პირველ რიგში, იმით, რომ კონსტრუქციების მზიდი ძლიერდატვირთული ელემენტების მსხვილმასშტაბიანი დაზიანებები და რღვევები, როგორც წესი იწვევენ ავარიებს და კატასტროფებს, რასაც მოჰყვება მატერიალური ზარალი და ადამიანთა მსხვერპლი. ამა თუ იმ ავარიული სიტუაციის რეალიზაციიდან მიღებული ჯამური ზარალი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული კონსტრუქციების, მოწყობილობების, დაცვის სისტემების და სხვათა ელემენტების რღვევის ან დაზიანების ხარისხზე. ავარიების და კატასტროფების გაჩენას და მიმდინარეობას, როგორც წესი, თან ახლავს არსებული დეფექტების გავრცელება და ძაბვების კონცენტრაციის ზონებში ბზარების წარმოქმნა. ამიტომ შენობა-ნაგებობების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის პრობლემების გადაწყვეტა მდგომარეობს ძალოვანი ბზარების კრიტერიუმების მიხედვით ძლიერ დაზიანებულ მდგომარეობაში კონსტრუქციის მზიდი ელემენტების უსაფრთხოების და ხანგამძლეობის უზრუნველყოფის ამოცანების გადაწყვეტაში. შენობა-ნაგებობების ავარიული მდგომარეობის წარმოქმნის მიზეზები მდგომარეობს შემდეგში:

- ანგარიშის და კონტროლის თანამედროვე მეთოდების, თანამედროვე ტექნოლოგიების არასაკმარისი დანერგვა, აგრეთვე მოძველებული ნორმების და სტანდარტების გამოყენება;
- უსაფრთხოების პრობლემის თანამედროვე სამეცნიერო მიდგომების დანერგვის სიმცირე;
- ახალი უდეფექტო მაღალი სიმტკიცისა და მაღალი ხანგამძლეობის მასალების არარსებობა.

ამგვარად, შენობა-ნაგებობების უსაფრთხოების და ხანგამძლეობის უზრუნველყოფის ახალი მეთოდოლოგიის და სისტემების შექმნა საკმაოდ პერსპექტიულია.

მეორე თავში განხილულია შენობა-ნაგებობების ზღვრული მდგომარეობის და ნარჩენი რესურსის მონიტორინგის და დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგიის დამუშავება დაზიანებათა

გათვალისწინებით. ბოლო დროს აქტუალური ხდება შენობა-ნაგებობების მონიტორინგი და დიაგნოსტიკა, მათი უსაფრთხოების უზრუნველყოფის და რესურსის გაგრძელების ანალიზის მზარდ აუცილებლობასთან დაკავშირებით. შენობა-ნაგებობების რესურსის, უსაფრთხოების, ხანგამძლეობის, სიმტკიცის პრობლემების გადაწყვეტასთან კომპლექსური მიდგომის მეთოდოლოგია შეიცავს შემდეგ ძირითად დებულებებს:

- მზიდი ელემენტების კონსტრუქციული მასალების მდგომარეობის ანალიზი, წარმოქმნილი ექსპლუატაციური დაზიანებების და საწყისი ტექნოლოგიური მემკვიდრეობის ჩათვლით;
- მზიდ ელემენტებში მაკრო და მიკრო დეფექტების ზომების, დისლოკაციის, პარამეტრების და ხასიათის განსაზღვრა;
- მზიდი ელემენტების დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის საანგარიშო და ექსპერიმენტული ანალიზი;
- მასალის ხანდაზმულობის მექანიზმის გამოკვლევა;
- კონსტრუქციის ელემენტების ზიდვის უნარის შეფასება დაზიანების სხვადასხვა სტადიაზე;
- სიმტკიცის, ხანგამძლეობის, უსაფრთხოების და ნარჩენი რესურსის საანგარიშო-ექსპერიმენტული განსაზღვრა.

მონიტორინგი და დიაგნოსტიკა დაკავებულია არა იმდენად სხვადასხვა სახეობების ზემოქმედებების შესწავლით, რამდენადაც განსაზღვრული ზემოქმედებებიდან საანგარიშო მოქმედ დატვირთვებზე გადასვლის აპარატის შექმნით. საერთო შემთხვევებში შენობა-ნაგებობების ექსპლუატაციისას მათზე მოქმედებს სამი ძირითადი ტიპის დატვირთვა: მექანიკური P_m (წნევისაგან, წონისაგან, ინერციის ძალებისაგან და სხვა); თბური P_T (ტემპერატურის არათანაბარი გადანაწილებისაგან და (ან) მასალების არაერთგვაროვანი თბოფიზიკური თვისებებისაგან) და ელექტრომაგნიტური P_{em} (ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისაგან). ჯამური საექსპლუატაციო დატვირთვები ქმნიან შესაბამის ძაბვებს σ და დეფორმაციებს ε . საექსპლუატაციო დატვირთვის პარამეტრების (დატვირთვის ციკლების რიცხვის N , დროის τ , ტემპერატურის T , საექსპლუატაციო ძალების P , დამაბულობის σ და დეფორმაციის ε) გათვალისწინებით აგებენ ურთიერთდამოკიდებულებებს P , T , σ , ε შორის. ყველა i -რეჟიმის ანალიზიდან დგინდება უფრო მეტად არახელსაყრელი შეხამება.

ჯამური ავარიული დატვირთვები ქმნიან შესაბამის დამაბულობებს და დეფორმაციებს σ , ε , რომლებიც საბოლოოდ განსაზღვრავენ ექსპლუატაციური დაზიანებების დაგროვებას a :

$$a_i = \{[P_m, P_{em}, P_T]\}, \quad (1)$$

თუ განხილული რეჟიმების საერთო რიცხვი k -ს ტოლია, მაშინ წრფივი ჯამური დაზიანების საფუძველზე ჯამურ დაზიანებას ვადგენთ შემდეგი ფორმულის გამოყენებით

$$a = \sum_i^k \{ai\} \leq 1 \quad (2)$$

შენობა-ნაგებობების მდგომარეობის დასაშვები პარამეტრების საზღვრების დადგენისათვის ანგარიშში შეჰყავთ უსაფრთხოების (მარაგის) კოეფიციენტები.

უსაფრთხოების პრობლემების გადაწყვეტა მჭიდრო კავშირშია კომპლექსურ გამოკვლევებთან, დამაბულ-დეფორმირებული და ზღვრული მდგომარეობების რიცხვითი ექსპერიმენტული მეთოდების გამოყენებასთან, აგრეთვე გამოკვლევების უნიფიკაციასა და სტანდარტიზაციასთან. კრიტიკული მექანიკური მახასიათებლების ექსპერიმენტალური განსაზღვრისათვის, რომელიც შედის მონიტორინგის და დიაგნოსტიკის საბაზისო ბლოკში, ზოგადად შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი ფორმულა:

$$\{S, R_{\tau, N}, P_R, R_{\sigma}\} = F\{f_s(p_s, T, N, \tau, \phi) f_{\sigma}(\sigma_B, \sigma_T, \sigma_{B\tau}, \sigma_{-1}, E, \lambda, H_B, \eta, \psi, K_{Ic}) f_{\ell}(\ell, K_t, F)\} \quad (4)$$

სადაც S - უსაფრთხოების მახასიათებლებია; $R_{\tau, N}$ - მარაგის მახასიათებლები; P_R - საიმედოობის მახასიათებლები; R_{σ} - სიმტკიცის მახასიათებლები (რღვევისადმი წინააღმდეგობა); f_s - საექსპლუატაციო დატვირთვის ფუნქციონალი; T - ტემპერატურა დროის მოცემულ მომენტში; N - დატვირთვის ციკლების რიცხვი; τ - ექსპლუატაციის დრო; ϕ - ფიზიკური ზემოქმედებების ველების პარამეტრები (რადიაცია, მაგნიტური ველი); f_{σ} - კონსტრუქციული მასალების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ფუნქციონალი, σ_B - სიმტკიცის ზღვარი, σ_T - დენადობის ზღვარი; $\sigma_{B\tau}$ - ხანგრძლივი სიმტკიცის ზღვარი; σ_{-1} - ამტანიანობის ზღვარი; E - დრეკადობის მოდული; λ - თბოგამტარობის კოეფიციენტი; H_B - სიმტკიცე; η - პლასტიკურ არეში გამკვრივების მაჩვენებელი; ψ - მასალის ზღვრული პლასტიურობა; K_{Ic} - ბზარმედეგობის მახასიათებელი; f_{ℓ} - კონსტრუქციის მზიდი ელემენტების კონსტრუქციული ფორმების ფუნქციონალი; ℓ - დეფექტის ზომა; K_t - დამაბულობის კონცენტრაციის თეორიული კოეფიციენტი; F - განსახილველ ზონაში განივკვეთის მახასიათებლები.

ამგვარად, უსაფრთხოების ანალიზი გვთავაზობს კონსტრუქციების მთლიანობის შეფასების მრავალდონიან სისტემას და შესაბამისად განისაზღვრება ამოცანის დასმით, დატვირთვის პირობებით და საკვლევი ობიექტის საშიშროების ხარისხით.

ავარიული სიტუაციებისათვის შენობა-ნაგებობების სიმტკიცის უსაფრთხოების და ხანგამძლეობის ანგარიში წარმოებს რღვევის მექანიკის საბაზო ფორმულების საფუძველზე, ავარიული სიტუაციის მიმდინარეობის მომენტისათვის მაქსიმალური დატვირთვის გამოყენებით ფორმულაში (4) შემავალი მასალის თვისების მახასიათებლები გამოიყენება დროის მოცემული მომენტისათვის τ , მოცემული ტემპერატურისათვის T და

დეფორმაციულობის სიჩქარისათვის. ამას გარდა, ანგარიშში შედის (ექსპლუატაციის ნორმალურ პირობებთან შედარებით) მარაგის კოეფიციენტები.

(4) ფორმულის თანახმად დეფექტებით დაზიანებული კონსტრუქციების ხანგამძლეობის მახასიათებლების სახით შეიძლება გამოვიყენოთ საიმედოობის და სიმტკიცის მარაგი:

$$\begin{aligned} \{R_{\tau,N}, P_R, R_{\sigma}\} = \\ = F\{f^s(P^s, T, N, \tau, \phi) f_{\sigma}(\sigma_B, \sigma_T, \sigma_{B\tau}, \sigma_{-1}, E, \lambda, H_B, \eta, \psi, K_{Ic}) f_{\ell}(\ell, K_t, F)\} \end{aligned} \quad (5)$$

ამასთან რესურს განსაზღვრავენ რღვევის დიაგრამის გათანაბრების ინტეგრირებით ბზარის დენადი ზომის მიხედვით

$$\{R_{\tau,N}\} = \int_{\ell_0}^{\ell_c} d\ell_{\tau,N} \quad (6)$$

სადაც: ℓ_c – დეფექტის კრიტიკული ზომა; ℓ_0 – ექსპლუატაციის მოცემულ სტადიაზე საწყისი დეფექტი; τ, N – ექსპლუატაციური დატვირთვის ციკლების დასაშვები რიცხვი და დასაშვები დრო.

ხანგამძლეობის ანგარიში, შეიძლება აგრეთვე წარმოვადგინოთ დეფექტის დასაშვები ზომების ანგარიშით $[\ell]$ ბზარმდეგობის კრიტერიუმების მიხედვით

$$l_{max} = f(K_{Ic}, F, \phi, P_{max}) \leq [l] = \frac{l_c}{n_t} \quad (7)$$

სადაც l_{max} – ექსპლუატაციის დეფექტის მაქსიმალური ზომა; ℓ_c – დეფექტის კრიტიკული ზომა; n_t – მარაგი დეფექტის ზომის მიხედვით. t დგინდება $n_B \leq n_t \leq n_T^2$ საზღვრებში. უფრო საპასუხისმგებლო და პოტენციურად საშიში კონსტრუქციებისათვის დაკმაყოფილებული უნდა იყოს მოთხოვნები ყველა მარაგის მიხედვით – $n_k, [\Delta T_K]$ და n_t .

ავარიული სიტუაციებისათვის ზღვრული და უსაფრთხო (დასაშვები) მდგომარეობების თვალსზრისით ხანგამძლეობის ანგარიშს აწარმოებენ ბზარმდეგობის კრიტერიუმების მიხედვით. ამასთან ავარიული სიტუაციის განვითარების მოცემული მომენტისათვის უნდა გავითვალისწინოთ დატვირთვების შესაბამისი ექსტრემალური დონეები, ტემპერატურების მინიმალური და მაქსიმალური დონეები, დეფექტების მაქსიმალური ზომები და მექანიკური თვისებების მინიმალური მახასიათებლები. რადგანაც ავარიული სიტუაციებისას, როგორც წესი მაქსიმალური ადგილობრივი და ხშირად მინიმალური ექსტრემალური ძაბვები აჭარბებენ დენადობის ზღვარს, ამიტომ რღვევის წრფივი მექანიკის გათანაბრება ხდება გამოუყენებელი. ამასთან დაკავშირებით კონსტრუქციების ხანგამძლეობის ანალიზისათვის ავარიული სისტემების გაჩენისა და განვითარების პირობებში გამოყენებული უნდა იყოს რღვევის არაწრფივი მექანიკის გათანაბრებები საანგარიშო პარამეტრების სრული გამოყენებით (5). რღვევის მექანიკის წრფივი საბაზისო მახასიათებლები იცვლება რღვევის მექანიკის არაწრფივი მახასიათებლებით, მაგალითად, გახსნა ბზარის წვერზე, J – ინტეგრალი, პლასტიკურ არეში დეფორმაციის ინტენსიურობის კოეფიციენტი, ბზარმდეგობის კოეფიციენტი და ა.შ.

ამგვარად, საბაზისო ფორმულების (4)–(5) გათვალისწინებით უსაფრთხოება მონიტორინგის და დიაგნოსტიკის პოზიციიდან, უნდა განიხილებოდეს, როგორც მზიდი ელემენტების კომბინირებული უნარი წინააღმდეგობა გაუწიოს ექსტრემალურად მაღალი შიგა და გარე ზემოქმედებების უფრო შესაძლო და არახელსაყრელ ფაქტორებს. აღნიშნულის გათვალისწინებით ფორმულა (4) გადაიწერება შემდეგნაირად

$$\{S\} \in f(T_{T,N}, P_R, R_\sigma) \in f(n_T, n_B, n_{B_T}, n_N, n_i, n_K, N_l) \quad (8)$$

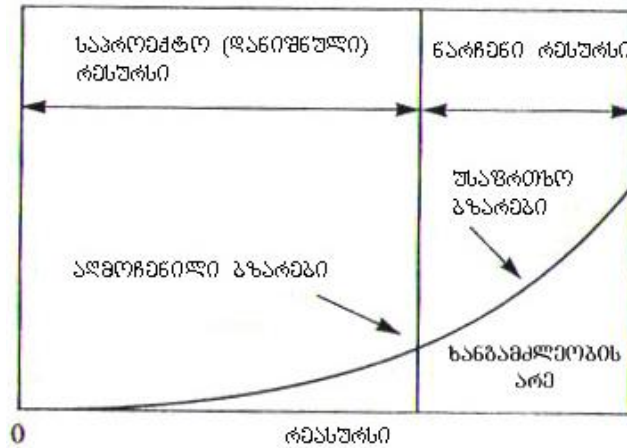
მეცნიერების და ტექნოლოგიების თანამედროვე მიღწევები იძლევა საშუალებას მნიშვნელოვნად ამაღლდეს პროექტირების სტადიაზე დანიშნული რესურსი ტრადიციული წესების მიხედვით, ანგარიშის და გამოცდის უმარტივესი მეთოდის საფუძველზე. ამასთან კომპლექსში გადაწყვეტილი უნდა იყოს შემდეგი ძირითადი პრობლემები:

- როგორც ცალკეული კონსტრუქციების, ისე მთლიანი შენობის საწყისი, გამოყენებული და ნარჩენი რესურსის ანალიზი;
- საპროექტო, ფაქტიური და ნარჩენი რესურსის დასაბუთება;
- მზიდი ელემენტების კონსტრუქციული მასალების მდგომარეობის შეფასება გაჩენილი საექსპლუატაციო დაზიანებების და საწყისი ტექნოლოგიური მემკვიდრეობითობის გათვალისწინებით;
- მზიდ ელემენტებში მაკრო და მიკრო დეფექტების ხასიათის, პარამეტრების, დისლოკაციის და ზომების განსაზღვრა;
- მზიდი ელემენტების დეფორმირებული მდგომარეობის საანგარიშო და ექსპერიმენტალური ანგარიში;
- ხანდაზმულობის მექანიზმის კვლევა;
- დაზიანების სხვადასხვა სტადიებზე კონსტრუქციის ელემენტების და მასალების ხანგამძლეობის შეფასება;
- რესურსის კომპლექსური დიაგნოსტიკა;
- ნარჩენი რესურსის წინასწარი და დაზუსტებული საანგარიშო-ექსპერიმენტალური განსაზღვრა.

ზემოთაღნიშნული პრობლემების გადაწყვეტას შეიძლება ჰქონდეს უნიფიცირებული ხასიათი. ამასთან პრინციპულად მნიშვნელოვანია, რომ ნარჩენი რესურსი განისაზღვროს უფრო მაღალი სამეცნიერო-მეთოდური დონით, ვიდრე საპროექტო და საწყისი.

ახლად დაპროექტებული კონსტრუქციებისათვის სიმტკიცის ანგარიშს აწარმოებენ დატვირთვის ექსპლუატაციური რეჟიმების ყველა სპექტრის მიხედვით, გაშვების წინა და პერიოდული ცდების ჩათვლით, მუშა პარამეტრების რეგულირება და ავარიული დაცვის სისტემების ამუშავება.

კონსტრუქციების ექსპლუატაციის სტადიაზე მზიდი ელემენტების (მექანიკური თვისებები და დეფექტურობა) მდგომარეობის ცვლილების და საექსპლუატაციო დაზიანებების დაგროვების ჩათვლით აუცილებელია მოხდეს ნიმუშების, ცალკეული კვანძების ან მთლიანად ნაკეთობების გამოცდა, განსაზღვრავენ ნარჩენ სიმტკიცეს, რესურსს და ბზარმედგობას. უსაფრთხო ექსპლუატაციის რესურსის გახანგრძლივება შეიძლება ყველა მარაგის – ნომინალური ძაბვების, ადგილობრივი ძაბვების და დეფორმაციების, ბზარმედგობის, ციკლების დროის და რიცხვის მიხედვით.



ნახ. 1. ბზარების განვითარებასთან დაკავშირებული დაზიანებული შენობა-ნაგებობების რესურსი

სტატიკური, ხანგრძლივი და ციკლური სიმტკიცის კრიტერიუმების საფუძველზე ანგარიში ფორმულის (8) თანახმად, ადგილობრივი ძაბვების და დეფორმაციების მიხედვით მარაგის კოეფიციენტების შეყვანა საშუალებას იძლევა დადგინდეს უსაფრთხოების თვალსაზრისით დასაშვები ჯამური დაზიანება (5). k -სათვის დროის, ციკლების რიცხვის და ტემპერატურის მიხედვით დატვირთვის რეჟიმები:

$$[a] = \sum_i^K \{[a_i]\} \leq 1 \quad (9)$$

და შეფასდეს უსაფრთხო ექსპლუატაციის მარაგი, მათ შორის ავარიული რეჟიმებისას (ნახ. 1).

დაზიანების დაგროვების და ბზარების განვითარების პირობებში რესურსის გახანგრძლივების შესაძლებლობა შეიძლება დასაბუთებული იქნას იმით, რომ დღეისათვის შექმნილია წინაპირობები, ბზარების მექანიკის თეორიული საფუძვლების და საინჟინრო მეთოდების პრაქტიკული გამოყენებისათვის, აგრეთვე ტექნიკური დიაგნოსტიკის საშუალებები, რომლებიც საშუალებას იძლევიან საკმარისად ზუსტად განისაზღვროს ბზარისმაგვარი დეფექტები დაზიანებულ კონსტრუქციებში. ცხადია, ამასთან ერთად გატარებული უნდა იქნას კონსტრუქციის ხანგამძლეობის დაწვრილებითი ანალიზი კონსტრუქციის მასალების უსაფრთხო ექსპლუატაციის მოთხოვნების დაცვისას მისი ფიზიკურ-

მექანიკური დაზიანების გათვალისწინებით, აგრეთვე რეგლამენტირებული დეფექტოსკოპური კონტროლის მიხედვით რეკომენდაციების დამუშავება.

მესამე თავში დამუშავებულია შენობა-ნაგებობების საშიში დეფორმაციების მონიტორინგის და დიაგნოსტიკის სისტემები. ცხადია, რომ მონიტორინგის ტიპური სისტემის არ არსებობის მიზეზი მდგომარეობს იმ ფაქტში, რომ მრავალი შემუშავებული სისტემა შემოიფარგლება კონტროლის ერთი ან რამდენიმე პარამეტრის განხილვით. ამასთან კონკრეტული პარამეტრების კონტროლი ხორციელდება სხვადასხვა ტიპის გადამწოდებით. რამდენადაც ნებისმიერ გამზომ სისტემას აუცილებლად აქვს ორი ძირითადი შემადგენელი ფიზიკური სიდიდეების გარდამქმნელი და დამუშავების ელექტრონული ბლოკი. მაშინ ყოველ მათგანში ერთგვაროვნების არ არსებობა მრავალჯერ ზრდის მონიტორინგის სისტემის სხვადასხვატიპობრიობას და როგორც შედეგი, ამცირებს ტიპური სისტემის შექმნის შესაძლებლობას.

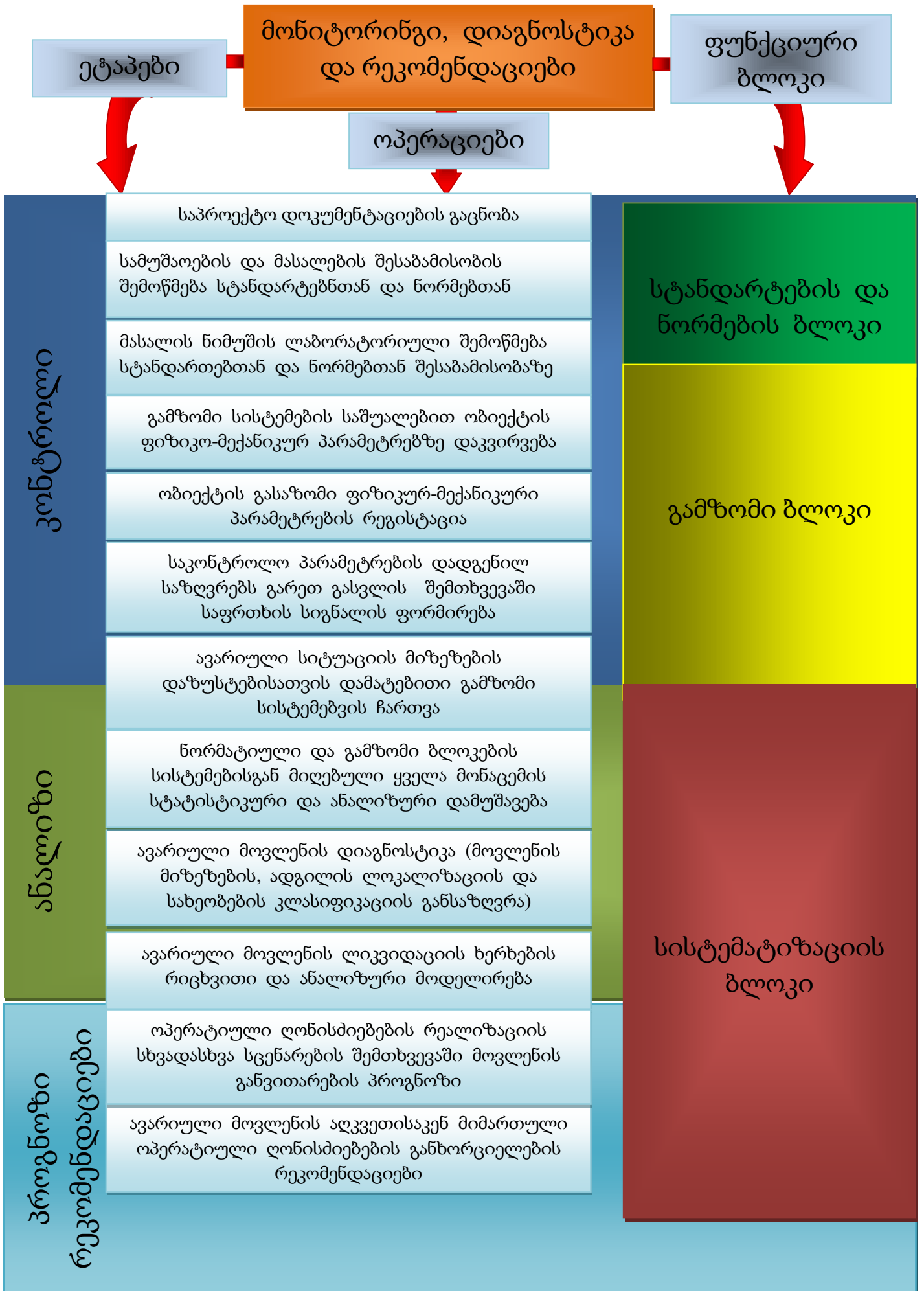
სხვადასხვა ტიპის სისტემების სიმრავლიდან მიღებული ინფორმაცია ითხოვს დამუშავების რთული სისტემის შექმნას.

მონიტორინგის სისტემის, როგორც ტიპური ინსტრუმენტის შექმნისათვის უნდა ჩამოყალიბდეს მიზანი. აუცილებელია შეიქმნას მონიტორინგის სისტემა საბაზო ვარიანტში, რომელიც ითვალისწინებს, როგორც მინიმუმ ყველა ტიპური საცხოვრებელი შენობის კონტროლს.

მონიტორინგის საბაზო ვარიანტი უნდა უზრუნველყოფდეს ძირითადი პარამეტრების კონტროლს, რომლებიც პასუხისმგებლები არიან პოტენციური ავარიების უფრო მეტად გავრცელებულ მიზეზებზე. აუცილებლობისას საბაზო ვარიანტს უნდა ქონდეს გაფართოების შესაძლებლობა, როგორც კონტროლის წერტილების რაოდენობის მიხედვით, ისე საკონტროლო კონსტრუქციების სახეობის მიხედვით, აგრეთვე საკონტროლო პარამეტრების სიის მიხედვით. მონიტორინგის ტიპური სისტემა უნდა შეიცავდეს:

- საბაზო ფიზიკურ პრინციპზე აგებულ გამზომ ბლოკს;
- სიგნალების დამუშავების ელექტრულ ბლოკს, რომელიც ადვილად ადაპტირდება გაფართოებულ საბაზო სისტემებში.

სამშენებლო მონიტორინგის ოპტიმალური სისტემების შემუშავების მიზნის მიღწევისათვის ნახ. 2-ზე, წარმოდგენილია საკონტროლო-გამზომი სისტემის ბლოკ-სქემა. მოვახდინოთ ამ სისტემის ძირითადი პარამეტრების ფორმულირება.



სურ. 2. სამშენებლო მონიტორინგის ორგანიზაციის სქემა

კონტროლი შეიძლება მიმდინარეობდეს როგორც მონტაჟის განმავლობაში, ისე შენობის ექსპლუატაციის პერიოდში. სიგნალების დამუშავების ელექტრონული ბლოკი იღებს მუდმივ ინფორმაციას კონსტრუქციის მდგომარეობის შესახებ კონტროლის შიგა და გარე წერტილებიდან. საპროექტო მონაცემებთან ამ ინფორმაციის შედარება მუდმივ რეჟიმში იძლევა კონსტრუქციის „ჯანმრთელობის“ შესახებ დასკვნების გაკეთების საშუალებას:

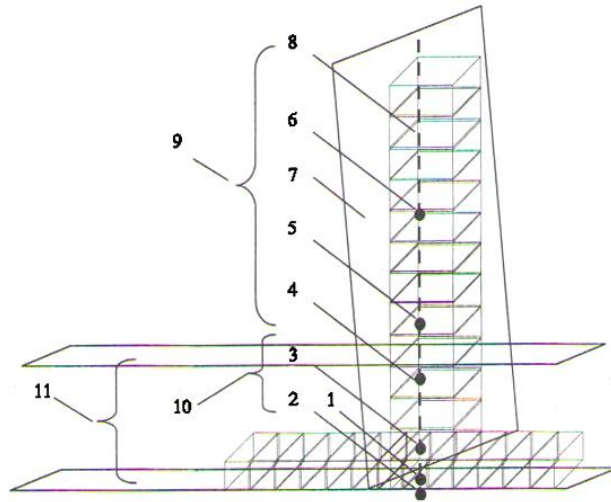
- კონკრეტული გადამწოდების კონტროლის ქვეშ მყოფი ზონები უნდა ფარავდნენ კონტროლირებადი ნაგებობების მაქსიმალურად შესაძლო მოცულობას ან ფართს;
- გადამწოდების მოწყობის რაოდენობა და ადგილი უნდა იყოს საკმარისი იმისათვის, რათა გასაზომი პარამეტრების აპროქსიმირებისას იყოს სრული სურათის მიღების შესაძლებლობა;
- გადამწოდების განთავსება ოპტიმიზირებული უნდა იქნეს იმგვარად, რომ ერთი ტიპის გადამწოდების მონაცემები შევადაროთ სხვა ტიპის გადამწოდების მონაცემებს სხვადასხვა პარამეტრების კორელაციის დონის შესახებ შემდგომი დასკვნების გამოტანით;
- გადამწოდების რაოდენობა უნდა იყოს მინიმიზირებული მონიტორინგის სისტემის შექმნის ხარჯების თვალსაზრისით;

გადამწოდების ქსელის კონფიგურაცია უნდა უზრუნველყოფდეს გასაზომი კვანძის ზონაში შენობის ან ნაგებობის პარამეტრის ლოკალური კონტროლის მიღმა ნაგებობის გლობალური მახასიათებლების შეფასების შესაძლებლობას, კერძოდ, შენობების ან ნაგებობების მიწისზედა და მიწისქვეშა ნაწილების ურთიერთქმედების კორელაციას.

ზემოთ ჩამოთვლილი პირობებიდან გამომდინარე საზღვრავენ გასაზომი კვანძების განთავსებას შემდეგ დონეებზე (ნახ. 3).

- ფუძე-გრუნტის დონე, საძირკვლის ფილის ძირი - I დონე;
- საძირკვლის ფილის არმირების ზონის ქვედა დონე - II დონე;
- საძირკვლის ფილის არმირების ზონის ზედა დონე - III დონე;
- პირველი სართულის „მინუს“ დონე (თუ არსებობს) - IV დონე;
- პირველი სართულის დონე - V დონე;

ვერტიკალის მიხედვით შენობის ცენტრში მყოფი სართულის დონე - VI დონე.



ნახ. 3. ვერტიკალურად სხვადასხვა დონეზე გასაზომი კვანძების განთავსების პრინციპი.

აღნიშნულია: 1 - I დონეზე კონტაქტური ძაბვების გადამწოდები;

2 - II დონეზე დეფორმაციის გადამწოდი; 3 - III დონეზე დეფორმაციის გადამწოდი;

4 - IV დონეზე დეფორმაციის გადამწოდი; 5 - V დონეზე დეფორმაციის გადამწოდი;

6 - VI დონეზე დეფორმაციის გადამწოდი; 7 - ვერტიკალური მკვეთი სიბრტყე;

8 - ვერტიკალური პირდაპირი, ყველა დონის გადამწოდების შემაერთებელი; 9 - მიწისზედა ნაწილი; 10 - გამყოფი ზღვარი; 11 - მიწისქვეშა ნაწილი

ახალი მშენებლობის გავლენის ზონაში ან ბუნებრივ-ტექნოგენური ზემოქმედებით გამოწვეული ფუძე-გრუნტის არათანაბარი ჯდომის გავლენის ქვეშ მყოფი შენობების სივრცით დეფორმაციაზე გეოდეზიური დაკვირვების ტრადიციული ტექნოლოგია ითვალისწინებს პერიოდული სამუშაოების ჩატარებას ვერტიკალური (ჯდომა) და ჰორიზონტალური (ძვრა) გადაადგილებების ცალ-ცალკე განსაზღვრისათვის, და აგრეთვე გადახრების გაზომვას.

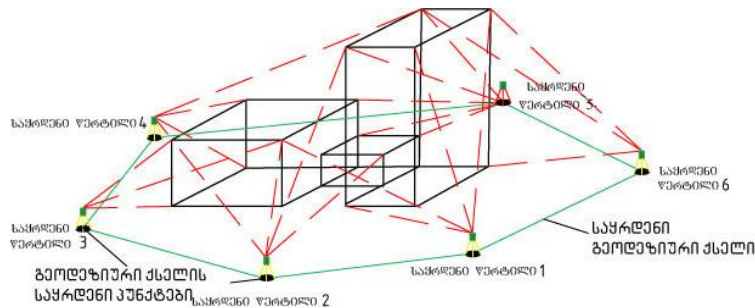
ნაგებობის და მათი ელემენტების გადაადგილებები შეიძლება განისაზღვროს სხვადასხვა მეთოდებით, სახ. სტანდარტის 24846-81-ის მიხედვით. მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია დეფორმაციის ხასიათზე გაზომვის სიზუსტის კლასის მოთხოვნებზე, აგრეთვე გეოდეზიური სამუშაოების ჩატარების პირობებზე.

დღეისათვის გადაწყვეტის უფრო ეფექტურ ხერხს წარმოადგენს ობიექტის მდგომარეობის სივრცითი აზომვა თანამედროვე ელექტრონული გეოდეზიური ხელსაწყოებით – ტახეომეტრით, რომელიც თავის თავში აერთიანებს კოდური თეოდოლიტის, ლაზერულმანძილმზომის და მინიკომპიუტერის ფუნქციებს. ასეთი ხელსაწყოები ფართოდაა გავრცელებული თანამედროვე სამშენებლო წარმოებაში და წარმოდგენილია სხვადასხვა ფირმების მიერ, როგორცაა: SOKKIA (იაპონია), Trimble

Navigation (აშშ), Leica Geosystems (შვეიცარია), Topcon Positioning Systems (იაპონია), Nikon (იაპონია), Pentax (იაპონია) და ა.შ.

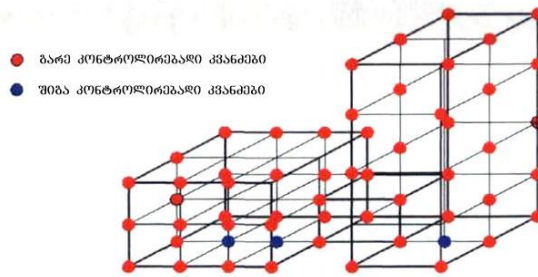
ნაგებობის ტახეომეტრიული აზომვა (სივრცითი აზომვა) (ნახ. 4) ითვალისწინებს მონიტორინგის განსაზღვრულ ეტაპზე დანიშნული წერტილების მასივების სივრცით განსაზღვრას. ეს საშუალებას იძლევა გაზომვის სხვადასხვა ციკლში შესაბამისი წერტილების სივრცითი კოორდინატების (x_i y_i z_i) მნიშვნელობების სხვადასხვაობის მიხედვით ერთდროულად გამოითვალოს როგორც ვერტიკალური, ისე ჰორიზონტალური გადაადგილებები, გადახრა (ძვრა) და სხვა დეფორმაციული მახასიათებლები.

წერტილების მასივის სისტემატიზაციის მიზნით, რომლის გადაადგილებებიც თავისი არსით მონიტორინგის საგანს წარმოადგენს შემოვიტანოთ განსაზღვრება ნაგებობის დეფორმაციის კონტროლის სივრცითი მოდელი (ს-მოდელი).



ნახ. 4. მონიტორინგის ობიექტის სს-აზომვა

ნაგებობების ზომები და მისი კონსტრუქციული სქემის დამოკიდებულებით სივრცითი მოდელი შეიძლება ფორმირებული იქნას მხოლოდ ობიექტის გარე კონტურის მიხედვით, ანუ შედგება გარე კონტოლირებადი წერტილებისგან (კვანძებისგან), რომლებიც ფასადზეა დაფიქსირებული ობიექტის დიდი გაბარიტების ან მისი რთული კონსტრუქციული სქემის შემთხვევაში გაზომვის სიზუსტის და დეფორმაციის დამატებითი კონტროლის შესაძლებლობების ამაღლებისათვის ს-მოდელი უნდა შეიცავდეს საკონტროლო კვანძებს ობიექტების შიგნით (ნახ. 5). მოცემული კვანძების ჯდომა განისაზღვრება შენობის შიგნით გეომეტრიული ნიველირების გზით, ამასთან ციფრული ნიველირება მნიშვნელოვნად ზრდის სამუშაოს ტემპებს. ნაგებობის ფუძის დონეზე განთავსებული გარე კონტოლირებადი კვანძები, შეიძლება დუბლირებული იქნენ სტანდარტული ჯდომის მარკების დახმარებით, რომლებიც განთავსებულია ობიექტების როგორც შიგნით, ისე გარეთ.



ნახ. 5. ნაგებობის დეფორმაციის კონტროლის ს-მოდელის გარე და შიგა კონტროლირებადი კვანძები

საერთო შემთხვევებში დეფორმაციული და ჯდენითი მანიშნები - ესაა გეოდეზიური ნიშნები, რომლებიც მჭიდროდაა დამაგრებული ნაგებობის კონსტრუქციებზე, როგორც კედლები, კოლონები, კოჭები, გადახურვები, საძირკვლები და ა.შ, რომლებიც თავის სივრცით მდებარეობას იცვლიან ფუძის არათანაბარი ჯდომის და დეფორმაციის შემდგომი გადანაწილების შედეგად მთელი ნაგებობის მოცულბაში.

იქ, სადაც ტახეომეტრი ვერ მუშაობს გამოიყენება ჩვენს მიერ დამუშავებული სამგანზომილებიანი ლაზერული გადახრის მზომი.

ამოცანის გადაწყვეტისათვის გამოიყენება გადაადგილებების განსაზღვრის კოორდინატთა მეთოდი. მონიტორინგის ობიექტის სივრცითი მოდელის დეფორმაციების დროს გარკვეულ შუალედში განსაზღვრავენ დეფორმაციული მანიშნების ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ გადაადგილებას სიდიდებით, რომლებიც დაყენებულია ნაგებობის კონტროლირებად კვანძებში, რომლებიც გამოითვლება, როგორც შესაბამისი მანიშნების კოორდინატებსა და სიმაღლეებს შორის სხვაობა მონიტორინგის სხვადასხვა ეტაპზე. ამასთან საწყის (ათვლის სათავე) მდგომარეობად მიიღება გაზომვების I ციკლის შედეგები.

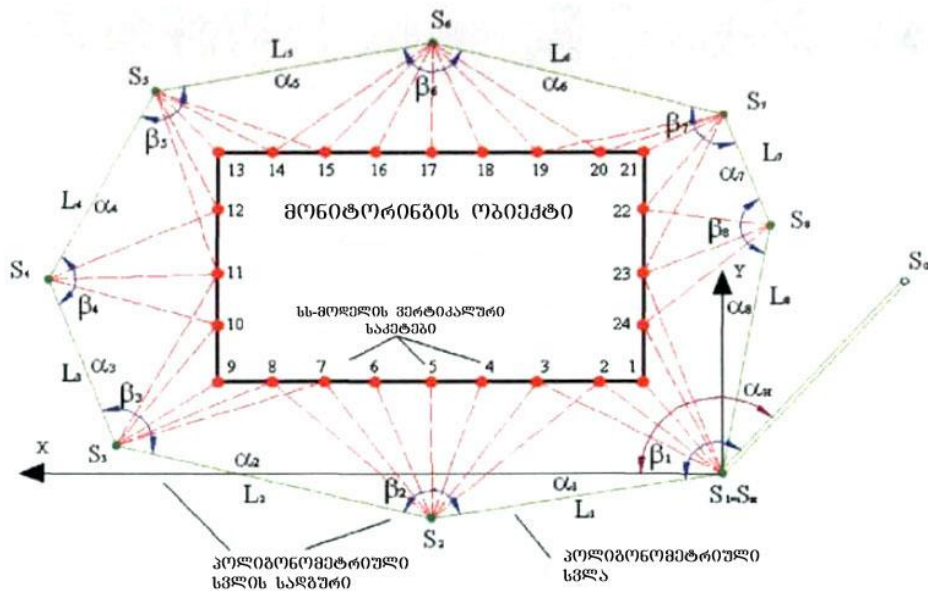
გარე კონტროლირებადი კვანძები. სივრცითი მოდელის გარე კონტროლირებადი კვანძების გეგმური და მაღლივი განსაზღვრა სრულდება მათი სივრცითი კოორდინატების გაზომვის გზით კოორდინატების ადგილობრივ სისტემაში პოლარული მეთოდით წინასწარ შექმნილი სქემით, რისთვისაც გამოიყენება სამგანზომილებიანი ლაზერული მზომი.

პოლიგონომეტრიული სვლის სადგურების კოორდინატები $S_1, S_2, S_3 \dots S_{q-1}, S_q$, განისაზღვრება კოორდინატთა არჩეულ სისტემაში ადგილზე წრფეების სიგრძის L_1, L_2, \dots, L_{q-1} გაზომვის გზით, რომლებიც თანმიმდევრობით აერთებენ ამ სადგურებს და ქმნიან პოლიგონომეტრიულ სვლას, აგრეთვე მათ შორის ჰორიზონტალურ კუთხეებს $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q$. პოლიგონომეტრიული სვლა ჩაიწყობა საყრდენი (საწყისი) სადგურიდან $S_1 = S_H$ ცნობილი კოორდინატებით x_H, y_H და მოცემული კუთხეებით α_H გადამკვეთ წერტილზე S_{CH} . მაშინ $k + 1$ სვლის სადგურისათვის

$$\begin{aligned}
 \alpha_k &= \alpha_H + \sum_{k=1}^k \beta_k - k180^0; \\
 x_{k+1} &= x_H + \sum_{k=1}^k L_k \cos \alpha_k; \\
 y_{k+1} &= y_H + \sum_{k=1}^k L_k \sin \alpha_k,
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

სადაც: α_k – k მხარის კუთხე; x_{k+1} , y_{k+1} – პოლიგონომეტრული სვლის $k + 1$ პუნქტის კოორდინატებია; L_k – სვლის პუნქტებს შორის წრფის სიგრძე; β_k – სვლის მხარეებს შორის კუთხეები.

პოლიგონომეტრიული სვლის (ბიჯის) ჩაწყობასთან ერთდროულად წარმოებს დეფორმაციის მარკების აზომვა სივრცითი მოდელის ვერტიკალური საკეტის მიხედვით მათი განთავსების შესაბამისად. გაზომვების სიზუსტის ამაღლების მიზნით საკეტების აზომვა შესაძლებლობის მიხედვით დუბლირდება სვლის (ბიჯის) მეზობელი სადგურებიდან (ნახ. 6).

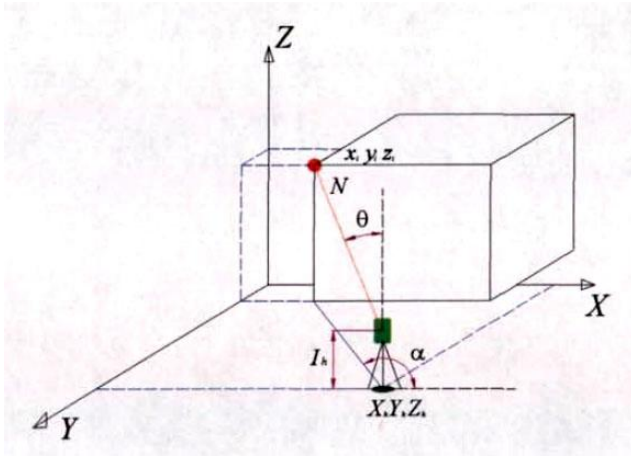


ნახ.6. სივრცითი მოდელის ვერტიკალური სვლის ტაქეომეტრული აზომვა

დეფორმაციის მარკების სივრცითი კოორდინატები, რომელშიც მოწყობილია კონტროლირებად კვანძებში, განისაზღვრება დეფორმაციის მანიშნებზე დახრის კუთხის და მანძილების გაზომვის შედეგების მიხედვით ხელსაწყოში სვლის სადგურის კოორდინატების მნიშვნელობების და ინსტრუმენტის სიმაღლის საფუძველზე (ნახ. 7).

$$\begin{aligned}
 x_i &= X_k + N \sin \theta \cos \alpha; \\
 y_i &= Y_k + N \sin \theta \sin \alpha; \\
 z_i &= Z_k + N \cos \theta + I_h,
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

სადაც: X_k , Y_k , Z_k – k პოლიგონომეტრიული სვლის კოორდინატებია; x_i , y_i , z_i – i დეფორმაციის მანიშნის კოორდინატები; N – დახრილობის მანძილი; θ – ზენიტის კუთხე; α – კუთხე; I_h – ინსტრუმენტის სიმაღლე.



ნახ. 7. სივრცითი მოდელის კვანძების სივრცითი კოორდინატების განსაზღვრა

პოლიგონომეტრიული სვლა იკეტება საწყის სადგურზე $S_q = S_H$ ან $S_q = S_3$ სადგურზე x_3, y_3 ცნობილი კოორდინატებით და α_3 დირექციული კუთხეებით S_{C3} გადამკვეთ წერტილზე.

ელექტრონული ტაქომეტრების გამოყენება საშუალებას იძლევა ვაწარმოთ ჰორიზონტალური, ვერტიკალური კუთხეების და დახრილობითი მანძილების ერთდროული გაზომვა. პროგრამული უზრუნველყოფა ავტომატურად ითვლის ვიზირებული სამიზნეების სივრცით კოორდინატებს გასაზომ მანძილებში და გასაზომ კუთხეზე ხელსაწყოს ვერტიკალური ღერძის გადახრაში შესწორებების გათვალისწინებით.

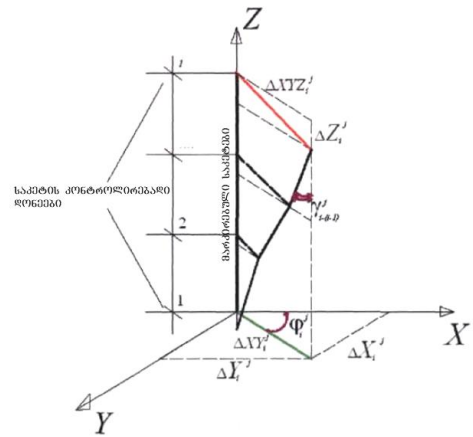
არათანაბარი დეფორმაციის სიდიდე და მიმართულება განისაზღვრება დეფორმაციული მანიშნების კოორდინატების სხვადასხვაობის მიხედვით დროის შუალედში ნულს და j -იურ ციკლებს შორის.

$$\begin{aligned} \Delta X_i^j &= x_i^0 - x_i^j; \\ \Delta Y_i^j &= y_i^0 - y_i^j; \\ \Delta Z_i^j &= z_i^0 - z_i^j, \end{aligned} \quad (18)$$

მონიტორინგის j ციკლში სივრცითი მოდელის i კოორდინატებად კვანძში გეგმიური გადაადგილებების მიმართულება და სიდიდე:

$$\begin{aligned} \Delta XY_i^j &= \sqrt{(\Delta X_i^j)^2 + (\Delta Y_i^j)^2}; \\ \varphi_i^j &= \arctg \frac{\Delta X_i^j}{\Delta Y_i^j}, \end{aligned} \quad (19)$$

სადაც: φ – ჰორიზონტალური გადაადგილების კუთხე, i – კონტროლირებადი კვანძის სივრცითი გადაადგილება



ნახ. 8. ს-მოდელის ვერტიკალური საკეტის სივრცითი გადაადგილება

$$\Delta XYZ_i^j = \sqrt{(\Delta XY_i^j)^2 + (\Delta Z_i^j)^2};$$

$$\gamma_i^j = \arctg \frac{\Delta XY_i^j}{z_i^j - z_{i-1}^j},$$
(20)

სადაც: γ – ვერტიკალური გადაადგილების კუთხეა.

საკეტის გადაადგილების მიმართულება და სიდიდე გამოითვლება ანალოგიური მიმოხილვით ზედა და ქვედა წერტილების კოორდინატებს შორის სხვაობით (ნახ. 8).

შიგა კონტროლირებადი კვანძები. შიგა კონტროლირებად ს-მოდელის კვანძებს შორის წანაცვლება განისაზღვრება მიმდევრობითი გეომეტრიული ნიველირების სვლის ჩაწყობის გზით, საყრდენი რეპერიდან დაწყებული, რომელსაც აქვს ცნობილი ნიშნული, ნიშნულის მიმდევრობითი გადაცემით შენობის საჭირო სართულზე (დონეზე) და შემდგომში ყველა მარკირებული წერტილის აზომვით. ამგვარად ჯდომის მარკის i ნიშნული ყოველ ციკლში:

$$H_i^j = H_{pen} + \sum_{n=1}^n h^j,$$
(21)

სადაც: H_{pen} – საყრდენი რეპერის ნიშნული; n – ჯდომის მარკების რაოდენობა; h^j – მონიტორინგის i ციკლში ნიველირების ქსელის წერტილებს შორის წანაცვლება.

i შიგა ჯდომის მარკის ვერტიკალური ჯდომა შეადგენს

$$\Delta z_i^j = H_i^{j-1} - H_i^j;$$

$$\Delta Z_i^j = H_i^0 - H_i^j,$$
(22)

სადაც: Δz_i^j – გაზომვის ციკლებს შორის დროის მანძილზე მარკის ჯდომა; ΔZ_i^j – გაზომვის ნულოვანი ციკლიდან მარკის სრული ჯდომა.

უმრავლეს შემთხვევაში მონიტორინგის ობიექტის გადაადგილებების გაზომვების აუცილებელი სიზუსტე და მისი შესაბამისი სიზუსტის კლასები განისაზღვრებიან ნორმატიული მოთხოვნების საფუძველზე (ГОСТ 24846-81).

თანამედროვე ტაქეომეტრების და ნიველირების გამოყენება საშუალებას იძლევა ეფექტურად განვახორციელოთ ელექტრონული მონაცემების კომპიუტერული დამუშავება სპეციალური კომპიუტერული საშუალებებით, რაც განაპირობებს გათანაბრების მკაცრი მეთოდების საყოველთაო დანერგვას და გაზომვების სიზუსტის სრულ შეფასებას. მათ მიეკუთვნება გეოინფორმაციული სისტემები (გის): AutoCAD Civil 3-D (Autodesk აშშ), Topocad (SMT Datatechnik შვეცია), Caddy (Zeigler გერმანია), CREDO („კრედო-დიალოგი“ ბელორუსია), „ტოპოგრაფი“ (უკრაინა) და FieldWorks კორპორაცია Intergraph და ა.შ.

ეს პროგრამული საშუალებები იძლევა მოქნილად და სწრაფად განხორციელდეს გეოდეზიური გაზომვების შედეგების კამერალური დამუშავება, ვაწარმოთ გეოდეზიური ხელსაწყოების ტიპების არჩევა, მითითებული სანდო ინტერვალებით გაზომვების

სხვადასხვა სახეობისა და აზომვის მეთოდებისათვის დაენიშნოთ გაზომვების დასაშვები შეცდომები, გაზომვებში შევიყვანოთ აუცილებელი შესწორებები და მუდმივები და ა.შ.

სივრცითი მოდელის შექმნა, დაწყებული ნაგებობების სავსე აზომვით და დამთავრებული მზა 3-D სქემის ფორმირებით შეიძლება იყოს სრულად ავტომატიზირებული პროცესი. ჩვენს გამოყენებული ციფრული გეოდეზიური აპარატურა საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ მონიტორინგის ობიექტების ს-მოდელების ავტომატიზირებული აგების ტექნოლოგიის რეალიზება დისერტაციის ავტორის მონაწილეობით შექმნილი სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით, რომელიც ასრულებს გეოდეზიური ინფორმაციის ავტომატიზებულ გადაყვანას ელექტრონულ ნახაზებად.

გაზომვების ჩატარების პროცესში ხელსაწყოში დაგროვილი ინფორმაცია შემდეგ გადაიწერება კომპიუტერში გეოდეზიური ინფორმაციის დამუშავების სპეციალიზებული პაკეტის PROLINK დახმარებით. ამ პაკეტს აქვს შესაძლებლობა მოახდინოს ინფორმაციის მოდიფიცირება და შეინახოს იგი DXF ფორმატის რამოდენიმე ტიპის ფორმატის ფაილებში, რომელიც შედის AutoCAD-ის სისტემაში მონაცემების წარმოდგენის მრავალრიცხოვანი ფორმის შემადგენლობაში.

ამგვარად, ობიექტების სივრცითი მოდელის აგების მოცემული ტექნოლოგია იძლევა დიაგნოსტიკური გაზომვების მონაცემების დაჩქარებული დამუშავების საშუალებას და წარმოადგენს შენობების და ნაგებობების მზიდი კონსტრუქციების ტექნიკური მდგომარეობის მონიტორინგის ჩატარების სივრცითი მეთოდის ელემენტს.

მეოთხე თავში მოცემულია გამოკვლევის შედეგების პრაქტიკული გამოყენების რამოდენიმე მაგალითი.

განხილულია ქ. თბილისში ყიფშიძის ქ. №20ა-ში მდებარე საცხოვრებელი შვიდსართულიანი შენობა.

მონიტორინგის მოსამზადებელი ეტაპები:

1. საპროექტო, შესასრულებელი და საექსპლუატაციო დოკუმენტაციის ანალიზი;
2. შენობის სამშენებლო კონსტრუქციების ამზომ-გამოსაკვლევ სასამუშაოები
 - კონსტრუქციების ფაქტიური მდგომარეობის გამოვლენა და საკონტროლო აზომვა
3. შენობის სამშენებლო კონსტრუქციების საინჟინრო-კონსტრუქციული სამუშაოები:
 - დეფექტების განლაგების მიება, ფოტოფიქსაცია, უწყისების და სქემების შედგენა;
 - კონსტრუქციული მასალების სიმტკიცის არამრღვევი გამოცდები;

- შენობის სემ-მოდელის ფორმირება. საანგარიშო (საექსპლუატაციო) დატვირთვების და საძირკვლების შესაძლო დეფორმაციის განმეორებითი ანგარიში მათი ზღვრული დასაშვები მნიშვნელობების განსაზღვრისათვის.

მონიტორინგის ძირითადი ეტაპები

1. შუქურების საშუალებით კონსტრუქციების დაზიანების მონიტორინგი
 - დაკვირვებათა ციკლი თვეში ერთხელ
2. შენობის სივრცითი დეფორმაციის გეოდეზიური მონიტორინგი
 - დაკვირვებების ძირითადი ციკლი 3 თვეში ერთხელ
 - დაკვირვებების შუალედური ციკლი თვეში ერთხელ
3. შედეგების კამერალური დამუშავება
4. მზიდი კონსტრუქციების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ცვლილებების ანალიზი სასრულ ელემენტთა მეთოდით.

7 სართულიანი საცხოვრებელი შენობა წარმოადგენს კარკასული ტიპის საცხოვრებელ სახლს, რომლის პროექტი დამუშავებულია 2000 წელს შპს „პირამიდა-98“-ის მიერ (სურ. 9), შენობის გეომეტრიული ფორმა გეგმაში რთული მოხაზულობისაა. გეომეტრიული ზომები გეგმაში 18.00×24.80 მ, სიმაღლე 23.50 მ. სართულების რაოდენობა: 6 სართული მანსარდით, შენობას აქვს სარდაფი. შენობა განლაგებულია მდინარე ვერეს ხრამის თავზე. შენობის ძირითადი არქიტექტურული და კონსტრუქციული განსაკუთრებულობები ვლინდება საპროექტო დოკუმენტაციის შესწავლის მსვლელობისას (არქიტექტურული გეგმები, ფასადები, ჭრილები, კონსტრუქციული ნახაზები, ელემენტების სპეციფიკაცია და ა.შ.), რომელიც წარმოადგინა საექსპლუატაციო ორგანიზაციამ, აგრეთვე დაემატა ტექნიკური მდგომარეობის გამოკვლევის მონაცემები, რომელიც მიღებული იქნა მონიტორინგის მოსამზადებელ ეტაპზე.



სურ. 9. შენობის ფასადი

შენობის ასაკი: შენობა აგებულია 2001 წელს.

სართულიანობა: 6 სართული, მანსარდით.

შენობის სიმაღლე: 23.50 მ.

მზიდი კონსტრუქციები კოლონები და რიგელები მონოლითური რკინაბეტონისაა, კარკასის შევსება განხორციელებულია პემზობეტონის საკედლე ბლოკებით, ხოლო სარდაფის კედლების შემავსებლად გამოყენებულია რკინაბეტონის ცოკოლის ბლოკები.

სართულშუა გადახურვები შესრულებულია 6 მ-იანი მალის ანაკრები რკინაბეტონის ფილებით.

კიბეები ორმარშიანია, რომელიც მოწყობილია ლითონის კოსოურებზე მოზაიკის საფეხურებით.

სახურავი ორქანობიანია ხის ნივნივებზე მოთუთიებული ბურულით.

შენობას ორ მხარეს აქვს ერკერები, რომლებიც დაყრდნობილია დოინჯებზე, რაც სეისმურ ზონაში არ არის დასაშვები.

შენობის ბინებში გადაკეთებულია შიგა ტიხრები.

შენობას ჩაუტარდა მიმდინარე რემონტი რამდენჯერმე.

მონიტორინგის ობიექტის წინასწარმა დათვალიერებამ, მზიდი კონსტრუქციების ნატურულმა გამოკვლევამ, აზომვითმა სამუშაოებმა, ფაქტიური სიმტკიცის ინსტრუმენტალურმა განსაზღვრამ და კონსტრუქციული მასალების ფიზიკური თვისებების არამრღვევი მეთოდებით განსაზღვრამ არ გამოავლინა მნიშვნელოვანი გადახრები საპროექტო გადაწყვეტებისგან.

ვიზუალური და ინსტრუმენტალური დათვალიერებით შეიმჩნევა შემდეგი დაზიანებები და ბზარები:

მიმდინარეობს საძირკვლის ჯდომა, რომლის სიდიდე ნორმას აღემატება. აგრეთვე შეიმჩნევა ფუძე-გრუნტის ჯდომა და გადაადგილება აცურების ზედაპირზე (სურ. 10, 11, 12).



სურ. 10. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილება



სურ. 11. ფუძე-გრუნტის ჯდომის შედეგად გაჩენილი ბზარი



სურ. 12. შენობის კედელზე განვითარებული ბზარი

შენობის კედლები დახრილია ჩრდილოეთის მხარეს 5.7-15 სმ-ის ფარგლებში.

შეიმჩნევა ბზარები კედლებზე, ზღუდარებში და გარე კედლებზე. ბზარების სიდიდე, დახრის კუთხე და ხასიათი მიუთითებს შენობის გრუნტის არა მდგრადობაზე და არათანაბარ ჯდომაზე.

სამირკვლები პროექტის მიხედვით უნდა შესრულებულიყო მონოლითური რკინაბეტონის წიბოვანი ფილა რკინაბეტონის ნაბურღ-ნატენ ხიმინჯებზე. ადგილზე შესწავლით დგინდება, რომ გაკეთებულია წერტილოვანი რკინაბეტონის სამირკვლები ნაბურღ-ნატენ ხიმინჯებზე (24 ცალი), რომლის თავები ე.წ. „ჭიქები“ დაკავშირებულია ერთმანეთთან რანდკოჭებით. ამის შემდეგ 2003 წელს შენობის ფუძის გამაგრების მიზნით (პროექტი შეადგინა შპს „მონექს“-მა) დამატებით გაკეთდა ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯები სულ 16, მათი დიამეტრი 30 სმ-ს შეადგენდა, ჩაღრმავება 25-30 მ (მოზინადრეების განმარტებით). ხიმინჯების მოწყობა შესრულდა შემდეგი ტექნოლოგიით: გაყავდათ ჭაბურღილი, რომელშიც იდგმებოდა ლითონის არმატურა და შემდეგ ჭაბურღილში ხდებოდა წყალცემენტის ჩაჭირხვნა. ხიმინჯები განლაგებულია ე.წ. ხურჯინის წესით, რათა მათ მიეღოთ შენობის დატვირთვა. როგორც პროფესორი გ. ჭოხონელიძე თავის ანგარიშში ამბობს ხიმინჯები არ დადის ძირითად ქანებამდე და მამასადამე ისინი მუშაობენ, როგორც კიდული ხიმინჯები.

როგორც შენობის ახლანდელი მდგომარეობა გვიჩვენებს ამ ღონისძიებებმა არ გაამართლა, რადგან შენობის მდგომარეობა არ გამოსწორებულა, ჯდომა ისევ გრძელდება, დაზიანდა კედლები. აგრეთვე უნდა მოგახსენოთ რომ, სვეტები გარსაცმში ჩასვეს სიმტკიცის გაზრდის მიზნით. ეს ღონისძიება ზედმეტად მოგვეჩვენა, რადგან სვეტებში ბზარები არ შეინიშნებოდა.

აგრეთვე შენობის ჩრდილოეთ მხარეს მოხდა დიდი რაოდენობის მიწის შეტანა და მოზვინვა ტერასების სახით. რამაც გაზარდა მცურავი მასა და უფრო გააქტიურა მეწყერი.

წინასწარი გეოლოგიური კვლევით დგინდება: ობიექტი ტექტონიკური თვალსაზრისით განთავსებულია მამა დავითის ანტიკლინალის ჩრდილოეთ ფრთაზე, გეომორფოლოგიურად-მოვაკებულ, მდ. ვერეს ხეობის სამხრეთის მეწყერულ ფერდობზე. გეოლოგიურ აგებულებაში მონაწილეობას იღებს ზედა ეოცენის ნალექები, რომლებიც წარმოდგენილია ქვიშაქვებისა და არგილიტების მორიგეობით, რომელიც გადაფარულია მეოთხეული ტბიური ნალექებით, იგი წარმოდგენილია მონაცრისფრო-ლურჯი თიხებით, მათი სიმძლავრე აღწევს 20-50 მ. ისინი თავის მხრივ გადაფარულია დელუვიური გენეზისის ყავისფერი თიხნარებით, სიმძლავრით 15-20 მ. ზემოდან გვხვდება ტექნოგენური ნალექები, რომლითაც შევსებულია რელიეფის უარყოფითი ფორმები, რომელიც ფართოდაა წარმოდგენილი განსახილველ უბანზე.

საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით უბანი წარმოადგენს უაღრესად არაკეთილსაიმედო ტერიტორიას მშენებლობის საწარმოებლად და მათი შემდგომი ექსპლუატაციისათვის, 90-იან წლებამდე ამ ტერიტორიებზე აკრძალული იყო მშენებლობა უარყოფითი საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების გამო. ამ პერიოდიდან იწყება ტერიტორიის ინტენსიური ათვისება, რამაც გამოიწვია შენობა-ნაგებობებით, ქვაბულებიდან ამოღებული გრუნტებით და სამშენებლო ნაგვით (რომლის დაყრაც მოხდა მეწყრულ ფერდობზე) სიტუაციის დამძიმება.

აღნიშნული სახლის გამაგრებისათვის შესასრულებელი პროექტისათვის, ჩასატარებელი საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევის დროს გასათვალისწინებელია შემდეგი განსაკუთრებული პირობები: უბანი მდებარეობს მეწყრულ სხეულზე; ფუნდამენტების ფუძის გრუნტები, თავისი ფიზიკურ-მექანიკური და დეფორმაციული თვისებებით მიეკუთვნება სუსტ გრუნტებს; ტერიტორია მდებარეობს სეისმურად აქტიურ 8 ბალიან ზონაში.

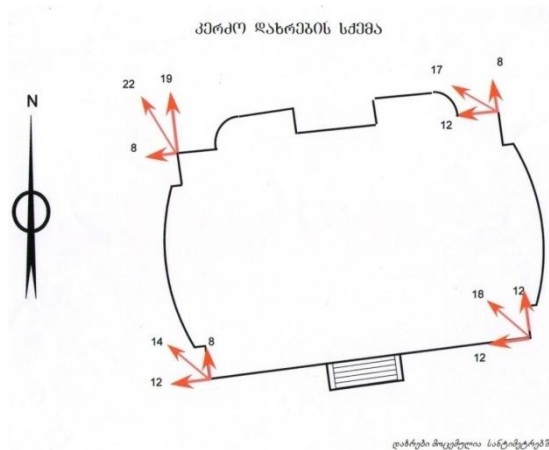
ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, გამაგრების პროექტისათვის ჩასატარებელია საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების სრული კომპლექსი ს.ნ. და წ. 1.02.07-87-ის „შენობა-ნაგებობების ფუძეები“ და ს.ნ. და წ. 11-02-96-ის „საინჟინრო კვლევა-ძიება მშენებლობისათვის“ მიხედვით.

არსებული მდგომარეობის მიხედვით არ შეიძლება წავუყენოთ პრეტენზია მზიდ კონსტრუქციებს, რადგან საბოლოოდ არ არის გამოკვლეული გრუნტის მდგრადობა. აქამდე ჩატარებულმა ღონისძიებებმა შედეგი არ გამოიღო. აღნიშნული გრუნტის დეტალური შესწავლის შემდეგ შესაძლებელი გახდება დამატებითი სამუშაოების ჩატარება, როგორც შენობასთან მიმდებარე გრუნტის მდგრადობის ამაღლებისთვის, აგრეთვე საძირკვლების და მასზე მდგომი კონსტრუქციების გაძლიერებისათვის.

გეოდეზიური მონიტორინგის სამუშაოების შემადგენლობაში შედის შენობის სახასიათო წერტილების მასივის მდგომარეობის გეგმურ-ვერტიკალური აზომვა დროში მათი გადაადგილების გაზომვისათვის.

ობიექტზე ორგანიზებული იქნა საყრდენი გეოდეზიური ქსელი 8 სადგურისაგან, რომლის კოორდინატები განისაზღვრებოდა კოორდინატების ადგილობრივ სისტემაში დეფორმაციული ზონის საზღვრებს გარეთ განთავსებულ წერტილზე დაყრდნობით. დანარჩენი საყრდენების კოორდინატები განისაზღვრებოდა ST1 სადგურიდან პოლიგონომეტრიული სვლის ჩაწყობის გზით. ნახ. 13-ზე წარმოდგენილია პოლიგონომეტრიული სვლა დახურული პოლიგონის სახით და ერთი კიდული წერტილით ST7, რომელიც მოწყობილია შენობის მე-2 სართულის ნაწილზე.

დეფორმაციის კონტროლის სივრცითი მოდელი იქმნებოდა შენობის დანიშნული სახასიათო წერტილების კოორდინატების განსაზღვრის გზით, რომლებიც განთავსებულია 14 ვერტიკალური საკეტის მიხედვით. ყოველ საკეტში ჩანიშნული იყო წერტილები 2-4 სტანდარტულ დონეზე, რომლებიც ემთხვევა მე-2, მე-3 და მე-5 სართულების გადახურვის დონეს.



სურ. 13. საყრდენი გეოდეზიური ქსელის სქემა

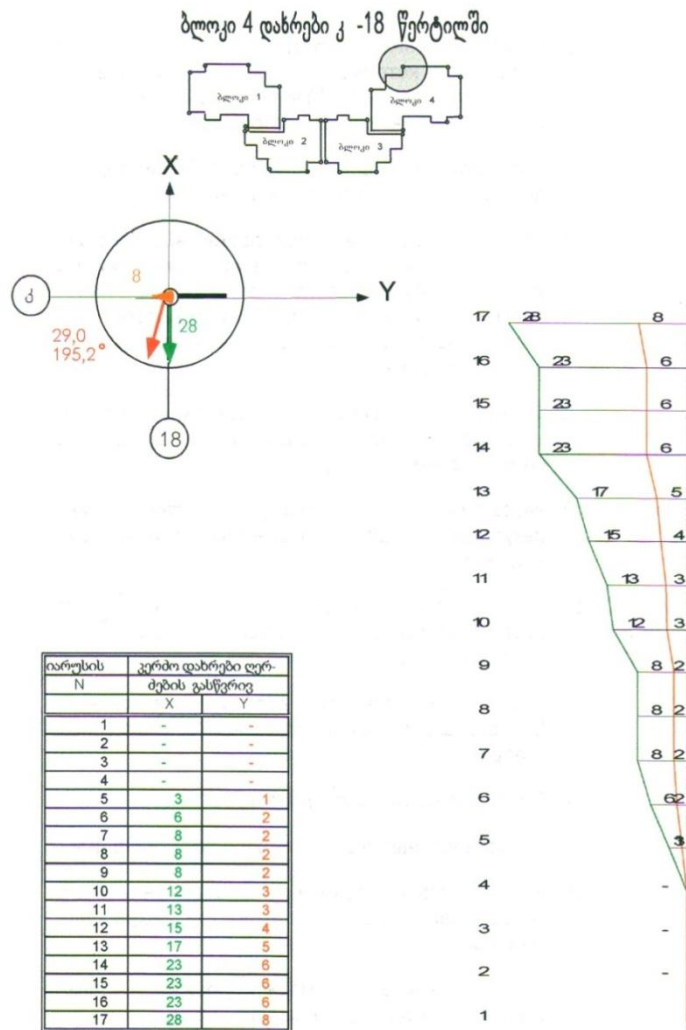
ნახ. 14-ზე წარმოდგენილია მე-12 საკეტიდან კვანძების ჰორიზონტალური გადაადგილებები მონიტორინგის 1-9 ეტაპზე. 100-ზე მაღლა დადებითი ტემპერატურების დროს გაზომვები მიმდინარეობდა 1.5 და 9 ეტაპებზე – საზაფხულო ციკლი; 2 და 6 ეტაპებზე – საშემოდგომო ციკლები; 4-8 ეტაპებზე – საზაფხულო ციკლი. ზამთრის გაზომვები მონიტორინგის მე-3, მე-7 ეტაპზე მიმდინარეობდა უარყოფითი ტემპერატურების პირობებში, ამასთან ფიქსირდებოდა ზაფხულის მნიშვნელობებზე დიდი გადაადგილებები.

სივრცითი მოდელის გარე კონსტროლირებადი კვანძების გადაადგილების მაქსიმალური მნიშვნელობა გეოდეზიური აზომვის კოორდინატების ადგილობრივ სისტემაში დაფიქსირებული იქნა მონიტორინგის 2-9 ეტაპზე გაზომვების I (საწყისი) ციკლის მიხედვით, მონაცემები მოყვანილია დისერტაციაში (იხ. ცხრილი 4.1).

საპროექტო დოკუმენტაციის და ობიექტის კონსტრუქციების გამოკვლევის შედეგების შესწავლის მსვლელობის დროს გამოვლენილი იქნა შენობის ძირითადი კონსტრუქციული განსაკუთრებულობები, რომლებიც აუცილებელია სემ-მოდელის ბაზის აგებისათვის.

ყიფშიძის ქ. №20ა-ში მდებარე საცხოვრებელი შენობის სემ-მოდელის შექმნისათვის გამოიყენებოდა პროგრამული კომპლექსი ЛИРА 9.6.

სემ-მოდელის სამუშაო ვერსია შეიცავს 42076 კვანძის და 46138 ელემენტს.



ნახ. 14. მე-18 წერტილში ჰოპრიზონტალური გადაადგილებების მნიშვნელობები მონიტორინგის შედეგების მიხედვით კონსტრუქციების დდმ-ს შეფასების მსვლელობისას განიხილებოდა შენობის დატვირთვა საანგარიშო დატვირთვებით (მუდმივი და დროებითი), აგრეთვე მიყენებული გადაადგილებებით.

შენობის სემ-მოდელის არსებობა საშუალებას იძლევა მივიღოთ სივრცითი მოდელის კონტროლირებადი კვანძების ვერტიკალური და ჰორიზონტალური გადაადგილებების და საფუძვლის ზღვრულად დასაშვები სიდიდეების მოდელირების გზით, რომლის დროსაც კონსტრუქციის დდმ დარჩება დასაშვები ნორმების საზღვრებში. ამასთან გადაადგილებების მიღებული მნიშვნელობები შეიზღებება გამოყენებული იქნეს ორიენტირად რეალური გადაადგილებების სიდიდეებისათვის, რომლებიც მიღებული იქნა მონიტორინგის მსვლელობისას, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმ ნაგებობებისათვის, რომლების მზიდი კონსტრუქციები დამალულია შიგა და გარე მოპირკეთების მიღმა და მიუწვდომელია ვიზუალური დათვალიერებისათვის. თუმცა ამგვარად მიღებულ მნიშვნელობებს აქვს საკონტროლო ხასიათი და არ შეუძლიათ ობიექტის კონსტრუქციების მზიდუნარიანობის შენარჩუნების უზრუნველყოფის გარანტირება საფუძვლის

დეფორმაციის სურათის ყველა პოტენციური ვარიანტების გათვალისწინების შეუძლებლობით, ამიტომ მზიდი კონსტრუქციების დდმ-ზე საფუძვლის არათანაბარი დეფორმაციის გავლენის ობიექტური შეფასებისათვის აუცილებელია მონიტორინგის მსვლელობისას დარეგისტრირებული გადაადგილებების და საანგარიშო დატვირთვების ქმედებებზე სემ-ანგარიშის ჩატარება.

გეოდეზიური გაზომვების და სივრცითი მოდელის კონსტროლირებადი კვანძების, ვერტიკალური და ჰორიზონტალური გადაადგილებების მიღებული მაქსიმალური მნიშვნელობების ანალიზიდან გამომდინარე მაგალითის სახით სემ-მოდელის ანგარიში მიყენებული გადაადგილებების ქმედებაზე მოყვანილია სემ-მოდელის კონსტროლირებადი ბლოკების კონსტრუქციის სემ ცვლილების ანალიზი, რომლებიც შემოზღუდულია საკეტებით.

გადაადგილებების დაფიქსირებული სიდიდეების შედარება სემ-მოდელირების მსვლელობისას მიღებულ მათ ზედაპირულ მნიშვნელობებთან მოწმობს, იმას, რომ მზიდი კონსტრუქციების ტექნიკურ მდგომარეობაზე დეფორმაციული პროცესების გავლენა უმნიშვნელოა, რაც აგრეთვე მოწმდება ვიზუალური დათვალიერების მონაცემებით და სემ-ანგარიშის შედეგების მიხედვით კონსტრუქციის დდმ ცვლილებების შეფასებით.

სივრცითი მოდელები აგრეთვე შეიძლება იქნან გამოყენებული სხვადასხვა დანიშნულების ობიექტების ტექნიკური მდგომარეობის მონიტორინგისას. მაგალითის სახით გამოკვლეული გვაქვს ხუთსართულიან საცხოვრებელ შენობაზე ლითონის კარკასული მიშენების მდგომარეობა (იხ. დისერტაცია).

ძირითადი დასკვნები

1. ჩატარებული სამუშაოების ანალიზმა გამოავლინა, რომ ფუძე გრუნტების არათანაბარი დეფორმაციების ნაგებობების მზიდი კონსტრუქციების ტექნიკურ მდგომარეობაზე გავლენის გათვალისწინების, შენობა-ნაგებობების დეგრადაციის და ავარიის პროგნოზირების არსებული მეთოდიკა არასაკმარისადაა დამუშავებული და არ არსებობს სამშენებლო ობიექტების მონიტორინგის სფეროში ნორმატიული ბაზა, რომელიც უზრუნველყოფს ავარიული სიტუაციების გაჩენის აღკვეთას;
2. დამუშავებულია დაზიანებათა გათვალისწინებით შენობა-ნაგებობების ზღვრული მდგომარეობის და ნარჩენი რესურსის მონიტორინგის მეთოდოლოგია ნარჩენი რესურსის შეფასების ზოგადი სქემის, მონიტორინგის და აღდგენის რეკომენდაციების ორგანიზებული სქემის დამუშავებით;

3. დაზიანების დაგროვების და ბზარების განვითარების პირობებში რესურსის გახანგრძლივების შესაძლებლობა დასაბუთებული იქნა იმით, რომ შექმნილია წინაპირობები ტექნიკური დიაგნოსტიკის საშუალებით და ბზარების მექანიკის თეორიული საფუძვლებით რეგლამენტირებული დეფექტოსკოპიური კონტროლით, რომლებიც საშუალებას იძლევიან საკმარისად ზუსტად განისაზღვროს ბზარის მაგვარი დეფექტების ზეგავლენით კონსტრუქციაში ავარიის დაწყების წინაპირობები;
4. ნაგებობის ფუძე-საძირკვლების დეფორმაციული პროცესების ძირითად განსაკუთრებულობებს წარმოადგენს მათი უთანაბრობა, რომელიც თავის მხრივ იწვევს მთელი ნაგებობის სივრცით დეფორმაციებს, რაც აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას მზიდი კონსტრუქციების ტექნიკურ მდგომარეობაზე მათი გავლენის ობიექტური სურათის მიღებისათვის;
5. შემუშავებულია ნაგებობების მზიდი კონსტრუქციების ტექნიკურ მდგომარეობაზე საძირკვლის არათანაბარი დეფორმაციის გავლენის შეფასების ეფექტური მეთოდოლოგია, რომელიც შეიცავს კონსტრუქციების ტექნიკური მდგომარეობის საინჟინრო გამოკვლევის პროცედურებს, ნაგებობის სახასიათო წერტილების მასივის სივრცითი გადაადგილების მონიტორინგს, სივრცითი გეოდეზიური აზომვის გამოყენებით, აგრეთვე კონსტრუქციების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ცვლილების სასრულ ელემენტთა მეთოდით ანალიზს (სემ-ანალიზს) მონიტორინგის პროცესში დარეგისტრირებული გადაადგილებების ბაზაზე;
6. მონიტორინგის პროცესში შემუშავებული ნაგებობის მზიდი კონსტრუქციების დამ შეფასების მეთოდოლოგია საშუალებას იძლევა დადგინდეს იქნას მიმდინარე სარემონტო ღონისძიებების აუცილებლობა კონსტრუქციის ნორმატიული ტექნიკური მდგომარეობის შენარჩუნების ან აღდგენისათვის იმ მომენტამდე, როდესაც ავარიული მტყუნების ალბათობა გადააჭარბებს მათი საიმედოობის მაჩვენებელს, რაც გამოიწვევს მოცემული სამუშაოების ღირებულების და შრომისხარჯის საერთო შემცირებას.

დისერტაციის სამუშაოების შედეგები დანერგულია პრაქტიკულ საინჟინრო სამუშაოებში ქ. თბილისში შენობა-ნაგებობების მონიტორინგის მსვლელობისას.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი გამოქვეყნებულია შემდეგ ნაშრომებში:

1. С.Н. Блиадзе, В.Н. Балавадзе, Г.А. Гогუадзе, А.т. Кацадзе, М. В. Цакадзе, Вопросы обработки новых неавтоматических моделей для оценки работоспособности геометрически сложных систем, международный научный журнал "Проблемы механики" №1(18), Тбилиси, 2005, ст. 49-52;
2. М.А. Цикаришвили, А.В. Цакадзе, П.О. Кониашвили, Л.Н. Балавадзе Обеспечение безопасности зданий-сооружений методами строительного и неразрушающего контроля, международный научный журнал "Проблемы Механики" №2(23), 2006, ст. 101-105;
3. მ. წიქარიშვილი, გ. ლალუნდარიძე, ა. წაქაძე, პ. ქონიაშვილი, თ. ქოჩიაშვილი ექსტრემალურ პირობებში ავარიების პროგნოზირების ავტომატური კონტროლის სისტემების დამუშავება, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“ №1(37), 2006, გვ. 53-56;
4. Р.И. Имедадзе, Ал. В. Цакадзе Упрощенный способ статического расчета комбинированных ферм, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №1, თბილისი, 2006, გვ. 22-27;
5. ა. წაქაძე, კ. ბაბილოძე, პ. ქონიაშვილი, ი. ღარიბაშვილი მეთოდური მიდგომები შენობა-ნაგებობების ავარიების ანალიზის და რისკის მართვისათვის, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №2, თბილისი, 2006, გვ. 82-87;
6. მ. წიქარიშვილი, კ. ბაბილოძე, პ. ქონიაშვილი ა. წაქაძე პოტენციურად საშიში ობიექტების მოსალოდნელი ავარიების განვითარების შეფასება და რისკის დონის შერჩევა, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“ №4(40), თბილისი, 2006, გვ. 98-101;
7. მ. წიქარიშვილი, ა. წაქაძე, ა. ჭიპაშვილი, პ. ქონიაშვილი ექსტრემალურ პირობებში შენობა-ნაგებობების მდგომარეობის დიაგნოსტიკა და ავარიის პროგნოზირება, სტუდის შრომები, №2(460), თბილისი, 2006, გვ. 19-23;
8. A. Tsakadze, M. Tsikarishvili, T. Nareklshvili, L. Zambakhidze, T. Magradze, D. Kupatadze Experimental Research of fiber-Optical System of Concrete Constructions Monitoring,” Problems of mechanics” international scientific journal №1(34), 2009, p. 84-89;
9. წაქაძე, თ. მალრაძე, რ. იმედაძე, მ. წიქარიშვილი, ლ. დარბაიძე ნაგებობის კედლებში და მათ მოპირკეთებაში წარმოშობილიზარების მიზეზების თავიდან აცილების გზები, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №2(13), თბილისი, 2009, გვ. 20-24;

10. ა. წაქაძე, მ. მანჯავიძე, მ. ვარდიაშვილი, მ. წიქარიშვილი, თ. მაღრაძე ბაგირის ტესტირება და მონიტორინგი ბოჭკოვან-ოპტიკური სენსორებით, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №3(14), თბილისი, 2009, გვ. 16-20;
11. ა. წაქაძე ბზარებით დაზიანებული კონსტრუქციების დეტერმინირებული ანალიზი, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №4(15), თბილისი, 2009, გვ. 47-52;
12. მ. წიქარიშვილი, ა. წაქაძე, თ. მაღრაძე, გ. ერაგია დაზიანებული (ბზარებიანი) შენობა-ნაგებობების უსაფრთხოება, ბზარმედეგობის და მარაგის დადგენა, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №2(17), საერთაშორისო-სამეცნიერო ტექნიკური კონფერენციის „სამშენებლო მექანიკის პრობლემების“ შრომების კრებული თბილისი, 2010, გვ. 160-166;
13. რ. იმედაძე, თ. ღარიბაშვილი, ა. წაქაძე თბოსაიზოლაციო სამუშაოები, მასალები და მათი გამოყენების მეთოდები, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №1(20), თბილისი, 2011, გვ. 35-40;
14. ა. წაქაძე, კ. ბაბილოძე, მ. წიქარიშვილი შენობა-ნაგებობების დეფორმაციების მონიტორინგის სისტემების დამუშავება, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №2(21), თბილისი, 2011, გვ. 73-79;
15. ა. წაქაძე შენობა-ნაგებობების ზღვრული მდგომარეობის შესწავლა დაზიანებების გათვალისწინებით, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №2(21), თბილისი, 2011, გვ. 80-88.

Summary

Today the actual problem represents in the investigation of marginal state and remaining life of being in operation building with taking into account damages, development of their monitoring, diagnostics and complex restoration systems and implementation in construction practices.

For solving way of put problems we considered the following: for development of monitoring system as typical tool would be aimed a goal. It is necessary to develop a monitoring and diagnostic system for the basic version that includes as a minimum control over all typical dwelling house. In the basic version of monitoring should be provided the basic control parameters that would be evaluate more common causes for potential accidents. The basic

version will to have the opportunity to expand the number of control points as well as by types of controlled structures and according to control parameters list.

The total volume of work makes up to 150 pages, it includes an Introduction, four chapters, conclusion and references, that consists from 50 titles.

In the Introduction is presented the relevance of topic, scientific novelty and practical value of the work.

In the first is considered building technical state monitoring and diagnostics existing methods.

In the second chapter is considered development of buildings marginal state and remaining life monitoring and diagnostic methodology with taking into account damages. In recent times topical is building's monitoring and diagnostics, in order to provide their security and necessity of life prolongation analysis.

In the third chapter is developed the building hazardous deformations monitoring and diagnostic systems.

In the fourth chapter are stated the results of several cases of research practical application.

The results of dissertation works are implemented in practical engineering work at carrying out the building's monitoring in Tbilisi city.