

ISSN 1512-3936

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მშენებლობის პროექტირების და  
ექსპერტიზის ცენტრი

მშენებლობა

№3(38) 2015

სამეცნიერო-ტექნიკური  
ქრონიკა



თბილისი 2015

## შ ე ნ ე პ ლ ო ბ ა

*მთავარი რედაქტორი – მალხაზ წიქარიშვილი*

*მთავარი რედაქტორის*

*მოადგილეები – გელა ყიფიანი  
როინ იმედაძე*

*დამფუძნებელი  
გიორგი ლაღუნდარიძე*

*სამეცნიერო-სარედაქციო კოლეგიის წევრები:*

ბაციკაძე თამაზი, გურგენიძე დავითი, დანელია დემური, დრაშკოვიჩი ფერდინანდი (სლოვაკეთი), კვიციანი ტარიელი, კოდუა ნოდარი, კლიმიაშვილი ლევანი, კუბლაშვილი მურმანი, კუბესკოვა დარია (ჩეხეთი), მახვილაძე რევაზი, მეძმარიაშვილი ელგუჯა, მიაჩენკოვი ვლადიმერი (რუსეთი), მშვენიერაძე ინგუშა, ნადირაძე ანზორი, რაიჩიკი იაროსლავი (პოლონეთი), რეკვავა პაატა, რიპი იანი (პოლანდია), სოხაძე აგული, ფრანგიშვილი არჩილი, ჩერნოგოლოვი იგორი (რუსეთი), ჩიხლაძე ვლადიმერი, ჩიქოვანი არჩილი, ციხელაშვილი ზაური, ცხვედაძე რევაზი, ჭოხონელიძე გუგა, ხაზარაძე ომარი, ხმელიძე თამაზი, ჯავახიშვილი მარინა.

*პასუხისმგებელი მდივანი: თინათინ მაღრაძე*

*საკონტაქტო ტელ. 65-93; 599-478422*

*E-mail: [tinmag@mail.ru](mailto:tinmag@mail.ru)*

*ვებ-გვერდი: [www.sheneba.ge](http://www.sheneba.ge)*

*კომპიუტერული და გრაფიკული უზრუნველყოფა*

*ლიკა ლაღუნდარიძე*

: . .  
 .  
 : . . ; :  
 : . .  
 - : . .  
 . . , . . ; . . ; . . ( . . ); . .  
 ; . . ; . . ; . . ; . . ; . .  
 . . Кубескова Д. (Чешская республика); ; . . ; . .  
 ; . . ( . . ); . . ; . . ; . .  
 ( . . ); ( . . ); . . ; . . ; . .  
 ( . . ); . . ; . . ; . . ; . .  
 ; . . ; . . , . . .  
 : . .  
 : 65-93; 599 478422  
*E-mail:* [tinmag@mail.ru](mailto:tinmag@mail.ru)  
 - : [www.sheneba.ge](http://www.sheneba.ge)  
 :  
 . .

# BUILDING

**EDITOR-IN-CHIEF:** M. Tsikarishvili

**DEPUTY EDITORS**

**IN-CHIEF:** G. Kipiani;

R. Imedadze

**CONSTITUTIVE:**

G. Lagundaridze

**MEMBERS OF SCIENTIFIC-EDITORIAL BOARD:**

T. Batsikadze; Chernogolov (Russia); V. Chikladze; A. Chikovani; G. Chokhanelidze;  
 D. Gurgenidze; D. Danelia; F. Drashkovich; M. Javakhishvili; T. Kvitsiani; O.  
 Khazaradze, T. Khmelidze; N. Kodua; L. Klimiashvili; M. Kublashvili; D. Kubeskova  
 (Czech Republic); R. Makhviladze; E. Medzmariashvili; V. Miachenkov (Russia); I.  
 Mshvenieradze; A. Nadiradze; A. Prangishvili; Y. Raichik (Poland); A. Sokhadze; J.  
 Rip (Nederland); P. Rekvava; Z. Tsikhelashvili; R. Tskhvedadze.

Responsible secretary T. Magradze

Tel: 65-93; 599 478422

*E-mail:* [tinmag@mail.ru](mailto:tinmag@mail.ru)

*Web-site:* [www.sheneba.ge](http://www.sheneba.ge)

*Computer and Program providing:*

L. Lagundaridze

# შინაარსი

.....	6
<b>ტ. კვიციანი, გ. ხუციშვილი, გ. ფაჩულია.</b> ცვლადი ხარჯის მქონე ბრუნვის წყლების მოძრაობის ზოგიერთი ამოცანა .....	13
<b>ნ. ინჟირველი.</b> ალექსანდრე ჭავჭავაძის სახლმუზეუმში წინანდალში და მისი არქიტექტურულ, არქეოლოგიურ, ლაბორატორიულ კვლევათა უახლესი შედეგები .....	18
<b>ზ. ციხელაშვილი, დ. ბურბენიძე, ხ. სოსელია, ხ. ბურბენიძე.</b> წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირება კიეზომეტრული დაწვევების განაწილების საფუძველზე.....	23
<b>რ. სხვიტარიძე, ე. შაშაძიძე, ი. ბიორბაძე, შ. ვერულავა.</b> თიხაშიქალშემცველი ნატანიო-ფვარლის ვალეკის ეკორისკის, ხოლო მაღალეშვებური საშენი მასალების წარმოებით სიღარიბის-შემცირების ხელშესაწყობად, კალაკოტიდან ნატანის ამოწმენდა-ბატანა-შტილიზაციის ინოვაცია.....	26
.....	32
<b>ი. ძვარაკაძე, თ. დვალისხვილიძე, შ. ყანჭაშვილი.</b> დიდი დიამეტრის რკინაბეტონის ბუმბათის, ასაწყობი საქალიბე სისტემის აგება და მონტაჟი .....	37
<b>თ. ამბროლაძე, მ. კუბლაშვილი.</b> მაქსიმალური ხარჯებისა და ღონეების გაანგარიშება დაკვირვებათა არასაკმარისი ჰიდროლოგიური მწკრივის არსებობის შემთხვევაში .....	40
<b>მ. წიქარიშვილი, ნ. ტაბატაძე, მ. ვარდიასხვილი, ი. ღარიბაშვილი.</b> საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული ისტორიულ-კულტურული ძეგლების კონსტრუქციული გადაწყვეტების ანალიზი .....	44
.....	54
<b>გ. არეშიძე, ძ. თბილისის მუხათბვერდის მუყურის მღბრადობის შესახებ.....</b>	60
<b>ლ. ქურდაძე, მ. ფოჩხუა.</b> კონტინენტული დეკორაციების მნიშვნელობა თბილისის ლანდშაფტური სივრცეების ფლორისტულ-მხატვრულ გაფორმებაში .....	63
<b>გ. ტყეშელაშვილი, ხ. კუპატაძე.</b> მრეწველობის მენეჯმენტი განვითარების მიკროეკონომიკური პრობლემები .....	67
<b>თ. გაბადაძე, ი. სულაძე.</b> ანჰიდრიტული ცემენტების გამოყენების პერსპექტივები საქართველოში .....	72
<b>ჭ. ტოგონიძე.</b> არაერთგვაროვან დრეკად ფუძეზე მდებარე ცვლადისხისტიანი საშუალო სისქის ფილების ანგარიში დინამიკურ დატვირთვებზე, ფილის დაზუსტებული თეორიის საფუძველზე .....	78
<b>ტ. ზაკუტაშვილი, ზ. კაპანაძე, თ. მაცაბერიძე, ი. ბოჭორიშვილი.</b> სემისმური ზემოქმედებისას სიმინჯოვანი სამირკვლების ტალღური მეთოდით გაანგარიშების ალგორითმი .....	82
.....	87
<b>ი. ძვარაკაძე.</b> არმატურის ნაშენების არასწორად მოწყობის ფაქტების გამოვლენა და მათი კორექტირება.....	91
<b>თ. ტაბატაძე.</b> შემოქმედებითი და მეცნიერული ხედვის პარალელები	

ანთონიო ბაუდისა და ბენუა მანდელბროტის მოღვაწეობაში .....	93
. . . . . C	
.....	97
<i>ა. საყვარელიძე.</i> მაღალი სიმტკიცის ბეტონის ტანბამბარობის პარამეტრების დადგენა .....	101
<i>ბ. შიშინაშვილი.</i> ურეზირებული მასალის გამოყენებით დამზადებული კომბინირებული ასფალტობეტონის ნარევის გამოყენების პერსპექტივები საქართველოში.....	105
<i>ტ. ზაკუტაშვილი, ზ. კაკანაძე, თ. მაცაბერიძე, ი. გოჭოყიშვილი.</i> ხიმინჯოვანი საძირკვლები სეისმურ რაიონებში .....	108
<i>ბ. ჭანტურია, მ. მამარდაშვილი.</i> სისტემის “შენობა - კიდულხიმინჯოვანი საძირკველი” არა წრფივი დიაგრამების აბეზის მეთოდითა .....	113
<i>მ. წიქარიშვილი, შ. კოძუაშვილი, ნ. ტაბატაძე, მ. გარდიაშვილი.</i> შენობა-ნაგებობების მონიტორინგის სისტემების ანალიზი .....	117
<i>O. Giorgishvili. A. Qatamidze. N. Kvirikadze, G. Tabagari.</i> On Definition of Modulus of Deformation of ground by Laboratory Method .....	129
<i>ა. გოგბერაშვილი, ლ. ჯოგელიძე.</i> მშენებლობის მენეჯმენტის ზოგიერთი ძირითადი შემადგენელი ნაწილი .....	133
<i>ა. მამარდაშვილი, მ. ჭანტურია.</i> ხარისხის ინფრასტრუქტურა და სამშენებლო ბიზნესი .....	137
<i>ზ. ციხელაშვილი, დ. გურბენიძე, ხ. სოსელია, ს. გურბენიძე.</i> წყალმომარაგების მოქმედი სისტემის ელემენტ-ნაგებობების სამსკალურსატაციო მდგომარეობის ექსპერტული შეფასების შესახებ .....	140
<i>შ. ბაქანიძე, დ. ტაბატაძე, კ. იაშვილი, ლ. ქრისტესიაშვილი.</i> ახალი ტიპის ორ და სამ სამაბრიანი საყალიბე ფარის კონსტრუქციული გაანგარიშება .....	143
.B, . . . . .	
.....	152
ახალი ტექნოლოგიები. ა. ჩიქოვანი. წებოცემენტი .....	158
<i>მილოცვა</i> .....	160
<i>გახსებნება</i> .....	162
SUMMARIES.....	163

ООО «ПРОГРЕСИ». г. Тбилиси, Грузия

*Страна, которая не заботится о развитии науки, рано или поздно превратится в колонию. Только ценой развития науки народ может стать сильным и жить счастливо.*

*Жолио Кюри*

*Нет, этот трюк не работает . . . Ну как вы собираетесь объяснить в терминах химии и физики такое важное биологическое явление, как первая любовь?*

*Альберт Эйнштейн*

:

,

.

,

,

,

,

.

,

(

)

.

:

,

( ),

-

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

**1.**

,

,

,

[1],

( )

,

[2-10].

,

,

,

,

,

,

,

,

,

.

( 3-3.5 );

,

;

(

12.0-15.0 );

(

70000-75000

[2-4]

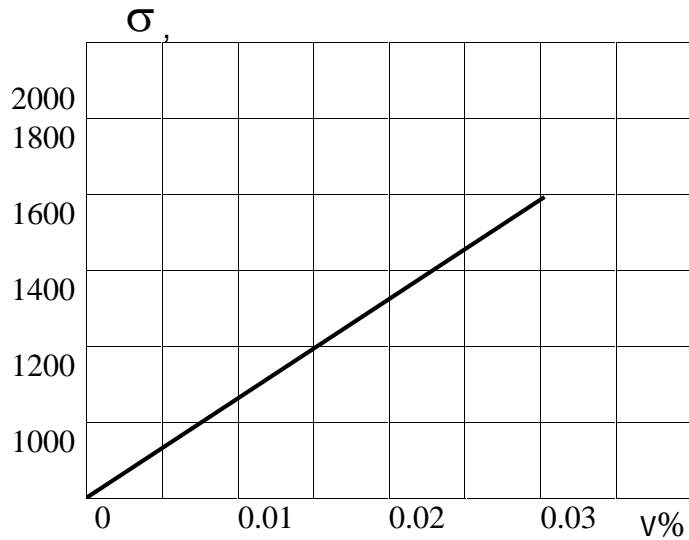
11.2 , 1.0 .  
 -20, 22.5.  
 2.

( . . 1),

с применением непрерывного базальтового волокна,

пр

[3-5].



.1.

( ) ,

:

$$\sigma_0 F_0 = \sigma_0^a F_a . \quad (1)$$

1

$$M_0 = N_0 / (h/2 - a) , \quad (1)$$

1-

- « » -

$$N_0 = \frac{M_0}{(h/2 - a)} = \frac{M_T^{on} - M}{(h/2 - a)} \quad (2)$$

( . . 2).

, 4

( . . 3).

$$\frac{1}{z} = \frac{d}{dz}, \quad (3)$$

$\Delta a$ ,

$$a = \frac{ac \ell}{r}, \quad (4)$$

$$b = \frac{bcp \ell}{r}, \quad (5)$$

: ac -

bcp -

, r -

4-5

[13,14 15],

$$: \quad ac = \frac{2 a (h_0 - X_{cp})}{\ell} \quad (6)$$

$$\frac{1}{\dots} = \frac{2_{..}}{\ell} = \frac{V_{ac}}{h_0 - X_{cp}} = \frac{V_{bc}}{X_{cp}} = \frac{V_{ac} + V_{bc}}{h_0} = \frac{V_{ac} + V_{bc}}{r} \quad (7)$$

[13,14 15],

$$\left(\frac{1}{\dots}\right)_{cp}^{\ell_n} = \frac{\Psi_{a b}^{\ell_n} + \Psi_{b b}^{\ell_n}}{h_0} \quad (8)$$

$\ell$

a,

$$a = \frac{\int_0^{\ell} ax dx}{\ell \ell_{a, \max}} = \frac{\ell_{ac}}{\ell_{a, \max}} \quad (9)$$



-

«

»

$$\sigma_a = \frac{4Y_{\max}}{\ell} \quad (10)$$

:  $Y_{\max}$  -

$$I_{am} = \frac{M \ell^2}{8E_a Y_{\max}}; \quad (11)$$

$$I_{am} = F_{am} Z_{am}^2 \cong F_{am} (0.9h_0)^2, \quad (12)$$

$$F_{am} = \frac{I_{am}}{0.81h_c^2} \quad (13)$$

$$I_{am} = 0.81h_0^2 E_{am},$$

$$Z_{am}^2 \times 0.81 \times h_0^2 \times E_{am},$$

$F_{am}$

$Y_{\max} \rightarrow$

$F_a$ .

$$\sigma_a = \frac{M}{Z_{am} F_{am} E_0}, \quad (14)$$

$$\sigma_{ac} = \sigma_a; \quad z_{am} = 0.9h_0;$$

$$M = F_a \sigma_a 0.9h_0 = E_0 F_a 0.9h_0 = F_a \frac{\sigma_{ac}}{E_a} 0.9h_0 E_a \quad (15)$$

$$\sigma_{ac} = \frac{M}{E_a F_{ac} 0.9h_0}. \quad (16)$$

$$r_{cre} = u \left\{ \sigma_y \frac{\tau_s}{E_s} 20 (3,5 - 100 \sim) \sqrt[3]{d} \right. \quad (17)$$

S

M

Q

$$\tau_s = \tau_{sm} + \tau_{sq} \quad (18)$$

:  $\tau_{sq}$  -

As

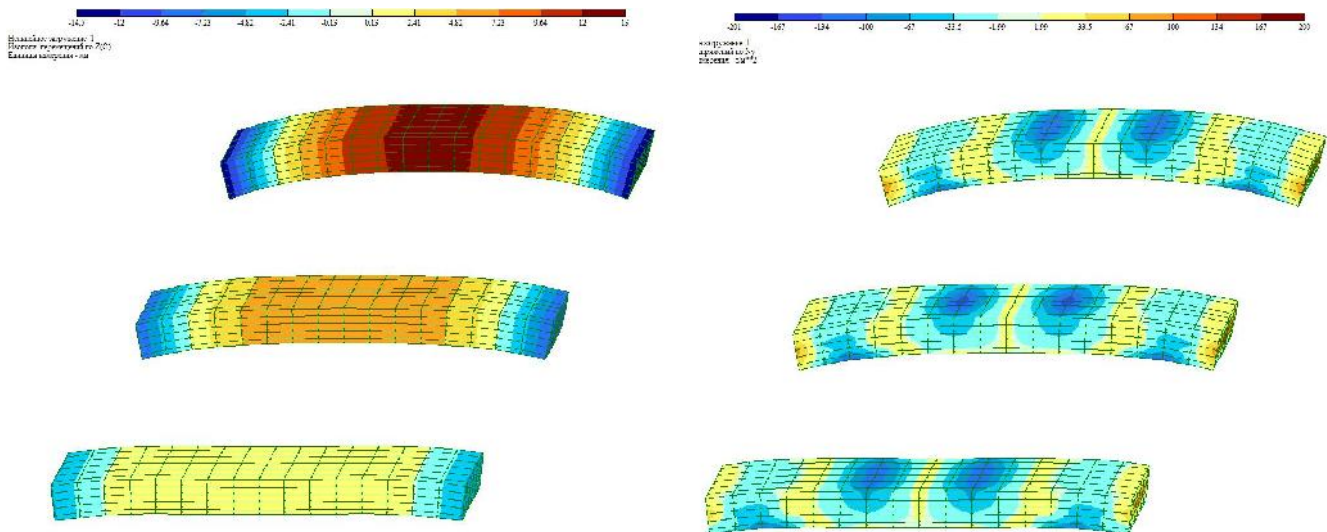
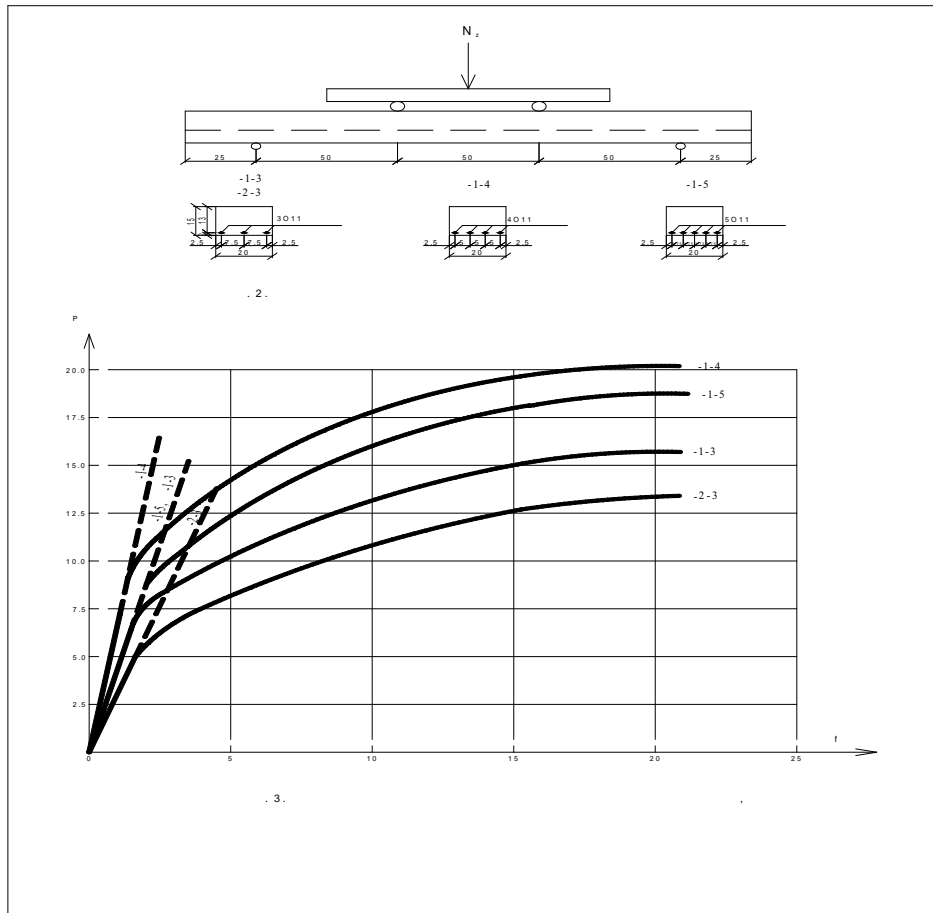
Q,

$$\tau_{sq} = \frac{Q - 1.5 R_{bt} h}{0.7 A_s} l \quad (19)$$

$$\tau_{sq} \geq 0.$$

»,

. 4.



.4.

1. - ; ,  
,  
.
2. ; ,  
;
3. ;  
11-21-85 ,  
15-
4. 20%;  
; . . .
5. ; - ; ,
6. - ;  
, ,

\*\*\*

1. . . , . . . . - . . .  
, 2002. -416 .

-

«

»

2. J. Gigineishvili and others. Not welded connections. Invention USSR, N 1830404. Moscow, 1990;
3. J. Gigineishvili and others. Multi-storey suspended structures for complex relief conditions. SAKPATENTI, N 584, Tbilisi, 1995;
4. J. Gigineishvili. Connection of reinforcement shanks, pipes and other elements. SAKPATENTI, N P1755, Tbilisi, 1997;
5. J. Gigineishvili, I. Mgaloblishvili. Technological line of production of composite nonmetal construction reinforcement bars and pipes. SAKPATENTI, N P 2000, Tbilisi, 1997;
6. J. Gigineishvili, G. Chikvaizde. Pipes and pipe-like structures. (6 various Pipes and pipe-like structures in composite basalt fibers) SAKPATENTI, N P2930. Tbilisi, 2000;
7. J. Gigineishvili, L. Gogichaishvil, G.Huhia, G. Tikurishvili, O. Tsisilashvili. Strengthening of slopes by using basalt fibers. SAKPATENTI, Tbilisi, 2004
8. J. Gigineishvili (I. Veriujski, A. Snitko). Modeling of processes of destruction of compound bodies by a numerical - analytical method of potential. The mechanics Composite Materials. Riga. - 1989. 6, pages 1024-1031;
9. J. Gigineishvili (I. Veriujski).  
. IDEEA ONE. First Internasional Design for Extreme Environment Assembl. Houston. Oktober 1991. USA.
10. J. Gigineishvili. Numerical - analytical method POTENTIAL calculation of designs Composite Materials in view of destructions. Teoretical mechanics also is false. To six national congress on the theoretical and applied mechanics. Varna - 1989. Sofia: BAN, 1990. Book. 2, pages 35-38;
11. J. Gigineishvili, (I. Veriujski, A. Snitko). Numerical modeling, dissain and technology of structures for extreme environments. Methods of potential and final elements in the automated researches of engineering designs. The theses of the reports International of conferences. Academi of Siense Russian Federation the House of the scientists. St. Petersburg. 1996. Pages 26-27;
12. J. Gigineishvili. Results numerical and experimental researches without welding of connections of elements of ferro-concrete designs. Materials of All-Union scientific and technical conferences « Modern problems of development of ground base of civil aircraft », Moscow 1989, pages 28-34;
13. J. Gigineishvili (I. Veriujski, G. Sudakov). Application of a numerically analytical method of potential to the decision of contact tasks of account of coupling of the fixture with concrete. New experimental researches and methods of account of ferro-concrete designs. The collection of the proceedings /under. Red. Ampere-second. Zalesov and Ilin/ . NIJB Gosstroia USSR. 1989, pages 61-72;
14. 2.03.01-84\* ; . 1986;
15. / . . , . . . -  
.: , 2007.-394 ;
16. . . / . - .: , 2014.-301 .

ცვლადი ხარჯის მქონე ბრუნტის წყლების  
მოძრაობის ზოგიერთი ამოცანა

ტ. კვიციანი, გ. ხუციშვილი, ვ. ფაჩულია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 0175 მ. კოსტავას 77,  
საქართველო, თბილისი)

**რეზიუმე:** გამოყვანილია ცვლადი ხარჯის მქონე ფილტრაციული ნაკადის მოძრაობის ზოგადი განტოლება. გრუნტის წყალშეუღწევ ფსკერის ქანობის ( $i \geq 0$ ) მუდმივი მნიშვნელობისათვის შესრულებულია მიღებული განტოლების ინტეგრირება. ამონახსნი ამოწერილია და მიღებულია ამონახსნები კერძო შემთხვევებისათვის, რომლებიც საშუალებას იძლევა დავადგინოთ ბუნებრივ ფერდობში ფილტრაციული ნაკადების მოძრაობის პარამეტრები და კანონზომიერებები.

**საკვანძო სიტყვები:** გრუნტის წყლები, ფილტრაციული ნაკადები, ცვლადი ხარჯი, ლამინარული მოძრაობა.

1. შესავალი

გრუნტებში მუდმივი სითხის ხარჯის მქონე ფილტრაციული ნაკადების მოძრაობის ამოცანების შესწავლაზე მიძღვნილია მრავალი გამოკვლევა. დამუშავებულია ამოცანის ამოხსნის ორი ზოგადი მეთოდი: ჰიდრაულიკური და ჰიდრომექანიკური. ჰიდრომექანიკური მეთოდი ემყარება უფრო მცირე რაოდენობის დაშვებებისა და მკაცრ მათემატიკურ აპარატს. რთული სქემების შემთხვევაში მისი გამოყენება მათემატიკური ხასიათის დიდ სიძნელეებს აწყდება. ამიტომ პრაქტიკული ხასიათის ამოცანის ამოხსნისას სარგებლობენ ჰიდრაულიკური მეთოდებით.

წვრილ მარცვლოვან გრუნტებში (თიხა, თიხნარი, ქვიშა, ქვიშნარი და ა.შ.) ფილტრაციული ნაკადების მოძრაობა, მცირე სიჩქარეების გამო ლამინარულია. ხოლო მსხვილ მარცვლოვან გრუნტებში ნაკადის მოძრაობისას შეიძლება წარმოიშვას ტურბულენტური რეჟიმიც.

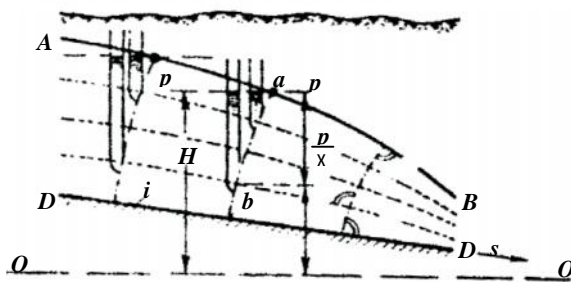
ჰიდრაულიკური მეთოდით ამოცანის ამოხსნისას ნაკადის ყველა ელემენტს მის განიკვეთში ასაშვალებენ. ყოველ კვეთში წნევას თვლიან მუდმივად, ხოლო წნევათა განაწილებას – ჰიდროსტატიკურად (ნახ. 1). ამასთან ფილტრაციის ნაკადის სიჩქარე ყოველ კვეთში ასევე უცვლელია [5].

ყოველ გრუნტს აქვს შემთხვევითი მიკროსტრუქტურა, ამიტომ გრუნტის ფორებში ჭეშმარიტი სიჩქარეების განაწილების დადგენა შეუძლებელია და იძულებული ვართ შემოვიფარგლოთ მათი გასაშვალებით [2].

გრუნტის წყლების მოძრაობის გამოსაკვლევად ძირითადად მიღებულია უწყვეტობის განტოლება და დარსის კანონი. უწყვეტობის განტოლება შეიძლება ჩავწეროთ ჩვეულებრივი ფორმით [2, 5]:

$$Q = S \cdot u, \tag{1}$$

სადაც  $u$  არის ფილტრაციული ნაკადის სიჩქარე;  $Q$  – მოცულობითი ხარჯი, რომელიც გაედინება არცთუ მცირე  $S$  კვეთში.



ნახ 1

$\tilde{S}$  კვეთის ფართობში სითხის ნაწილაკის გასაშვალებული სიჩქარე  $u^* = \frac{Q}{m\tilde{S}}$ , სადაც  $m\tilde{S}$  – გრუნტის ფოროვანი სივრცის ნაკადის ცოცხალი კვეთის ფართობია;  $m = \frac{V_{\text{ფ}}}{V}$  – გრუნტის მოცულობითი ფორიანობა;  $V_{\text{ფ}}$  – ფოროვანი სივრცის მოცულობა;  $V$  – გრუნტის ნიმუშის მოცულობა. რეალურ გრუნტებში  $m = 0,3 \div 0,5$  [1; 4].

დარსის კანონი ამყარებს ფილტრაციული ნაკადის სიჩქარესა და ნაკადის გრადიენტს შორის დამოკიდებულებას (ნახ. 1):

$$u = -k \frac{dH}{dx}, \quad (2)$$

სადაც  $H$  დეპრესიის მრუდის ამადლებაა  $OO$  საფარდ სიბრტყიდან მოცემული კვეთის წერტილში;  $-\frac{dH}{dx}$  – დეპრესიის მრუდის ქანობი იმავე წერტილში;  $k$  – ფილტრაციის კოეფიციენტი, რომელსაც სიჩქარის განზომილება აქვს. ის მოცემული გრუნტისა და ფილტრირებული სითხისათვის მუდმივია [5].

ბუნებრივ და ხელოვნურ ფერდობებში ცვლადი ხარჯის მქონე გრუნტის წყლის ნაკადების მოძრაობის ამოცანები ნაკლებადაა შესწავლილი და არ არის გადაწყვეტილი.

ქვემოთ მოვიყვანთ ერთგვაროვან გრუნტებში ცვლადი ხარჯის მქონე ფილტრაციული ნაკადების მოძრაობის ზოგიერთ ამოცანის ამოხსნას ჰიდრაულიკური მეთოდით.

## 2. ძირითადი ნაწილი

1. ცვლადი ხარჯის მქონე ფილტრაციული ნაკადის არათანაბარი მოძრაობის ზოგადი განტოლება. ჩვენს მიერ მიღებულია არაპრიზმატულ კალაპოტებში სითხის ცვლადი ხარჯით მოძრაობის ზოგადი განტოლება, როცა ერთდროულად მიმდინარეობს გზის გასწვრივ, სითხის ხარჯის არათანაბარი მიერთება და გამოყოფა, რომელსაც აქვს შემდეგი სახე [3]:

$$\frac{r_0(1-r_2)Q}{g\tilde{S}^2} \cdot \frac{dQ_1}{dx} - \frac{r_0(1-r_2)Q}{g\tilde{S}^2} \cdot \frac{dQ_2}{dx} + \frac{r_0Q}{g\tilde{S}} \cdot \frac{d}{dx} \left( \frac{Q}{\tilde{S}} \right) + \frac{d}{dx} \left( \frac{p}{\alpha} + z \right) + \frac{d}{dx} (h_f) = 0, \quad (3)$$

სადაც  $r_1 = \frac{V_1}{V}$ ,  $r_2 = \frac{V_2}{V}$  არის შესაბამისად სითხის მასის მიერთებისა და გამოყოფის კოეფიციენტები;  $V_1, V_2$  – ნაკადის მიერთებისა და გამოყოფის სიჩქარეების გეგმილები ნაკადის მოძრაობის ღერძზე;  $g$  – თავისუფალი ვარდნის აჩქარება;  $V$  – ნაკადის საშუალო სიჩქარე;  $\tilde{S}$  – ცოცხალი კვეთის ფართობი;  $z$  – განსახილველ კვეთში ხვედრითი პოტენციალური ენერგია;  $\alpha$  – სითხის მოცულობითი წონა;  $h_f$  – ნაკადის ხვედრითი ენერგიის დანაკარგები სახუნზე განსახილველ კვეთებს შორის;  $Q_1, Q_2$  –  $x$  ღერძის გასწვრივ მიერთების და გამოყოფის ხარჯი.

ცვლადი სითხის მქონე ნაკადის  $Q$  ხარჯს ნებისმიერ კვეთში აქვს შემდეგი სახე [3]:

$$Q = Q_0 + \int_0^x dQ_1 - \int_0^x dQ_2, \quad (4)$$

სადაც  $Q_0$  – საწყის კვეთში შემოსული მუდმივი ხარჯი.

ვინაიდან გრუნტის წყლებს მოძრაობისას აქვს მცირე სიჩქარეები, ამიტომ (3) განტოლებაში ის წევრები, რომლებიც ასახავენ ცოცხალი ძალისა და

ნაკადების „შერევაზე“ დანაკარგებს შეგვიძლია უგულებელვყოთ. მაშინ (3) განტოლებიდან გარკვეული გარდაქმნებით მიიღება შემდეგი დამოკიდებულება:

$$\frac{p}{x} + z + h_f = z_1 + h_f = const \quad (5)$$

ანუ დიფერენციალური ფორმით გვექნება:

$$dz_1 + dh_f = 0. \quad (6)$$

რადგან ვიხილავთ გრუნტის წყლების ლამინარულ მოძრაობას, ამიტომ დანაკარგები სიჩქარის პირველი ხარისხის პროპორციულია. აქედან გამომდინარე დარსის მიხედვით ჰიდრაულიკური ქანობი ტოლი იქნება:

$$I = \frac{dh_f}{dx} = \frac{u}{k}.$$

ამ ტოლობიდან  $dh_f$ -ის მნიშვნელობა ჩავსვათ (6)-ში და მივიღებთ დარსის (2) კანონს, გვექნება:

$$u = -k \frac{dz_1}{dx}, \quad (7)$$

სადაც პირდაპირი ქანობის ( $i > 0$ ) შემთხვევისათვის  $\frac{dz_1}{dx} = \frac{dh}{dx} - i$  (ნახ. 2).

ამ შემთხვევაში ფილტრაციული ნაკადის სიძის  $Q_x$  ხარჯი შეიძლება ჩავწეროთ შემდეგი სახით:

$$Q_x = k\zeta \left( i - \frac{dh}{dx} \right). \quad (8)$$

(8) განტოლება არის ცვლადი  $Q_x$  ხარჯის მქონე ფილტრაციული ნაკადის კვლევის ამოსავალი განტოლება (კერძო შემთხვევისთვისაც, როცა  $Q_x = Q = const$ ).

2. გზის გასწვრივ ცვლადი ხარჯის მქონე ბრტყელი ფილტრაციული ნაკადის არათანაბარი მოძრაობის განტოლების ინტეგრირება. იმ შემთხვევაში, როცა გზის გასწვრივ ხდება ხარჯის თანაბარი ცვლილება, მაშინ  $\frac{dQ_x}{dx} = q_x$  - სიდიდე მუდმივია, ამიტომ (8) განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$Q_0 + q_x \cdot x = k\zeta \left( i - \frac{dh}{dx} \right), \quad (9)$$

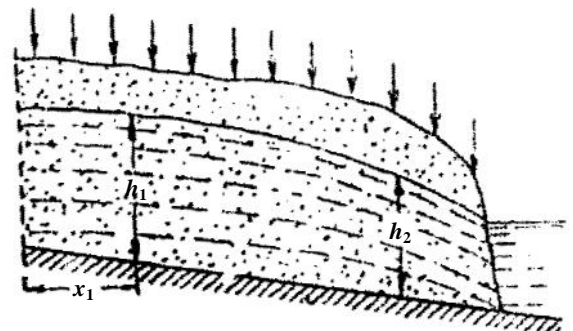
ბრტყელი ნაკადისათვის  $\zeta = bh$ ;  $Q_x = bQ_0$  და  $q_x = bq_0$ , ამიტომ (9) განტოლება მიიღებს ასეთ სახეს:

$$q_b + q_0 \cdot x = kh \left( i - \frac{dh}{dx} \right), \quad (10)$$

სადაც  $q_b$  არის ერთეული სიგანის ნაკადის საწყისი ხარჯი (ხვედრითი ხარჯი);  $q_0$  - ერთეულგანის სიგრძისა და ერთეულგანის სიგანის ნაკადის ხარჯი.

(4) განტოლებიდან გამომდინარე ნებისმიერ კვეთში ხვედრითი ხარჯი ტოლია:

$$q = q_b + q_0 \cdot x, \quad (11)$$



ნახ. 2

-

«

»

რაც დიფერენცირების შედეგად გვაძლევს  $dq = q_0 dx$ , საიდანაც  $dx = \frac{1}{q_0} dq$ .

$(q_b + q_0 x)$ -ისა და  $dx$ -ის მნიშვნელობები ჩავსვით (10)-ში, მივიღებთ:

$$q = kh \left( i - q_0 \frac{dh}{dq} \right)$$

ანუ ზოგიერთი გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ:

$$\frac{dq}{dh} = \frac{khq_0}{ikh - q} \quad (12)$$

(12) განტოლების ამოსახსნელად შევასრულოთ შემდეგი ჩასმა:

$$q = hu,$$

მაშინ

$$\frac{dq}{dh} = u + h \frac{du}{dh}.$$

$\frac{dq}{dh}$ -ის ეს მნიშვნელობა ჩავსვით (12) ფორმულაში, გვექნება:

$$u + h \frac{du}{dh} = \frac{kq_0}{ik - u} \quad (13)$$

ამ განტოლებიდან ცვლადთა განცალკეება გვაძლევს:

$$\frac{(i_0 k - u) du}{u^2 - i_0 k u + k q_0} = \frac{dh}{h} \quad (14)$$

დავუშვათ, რომ  $i = i_0 = const$  და ვაინტეგრირებთ (14) განტოლებას  $u_1$  და  $u_2$  და  $h_1$  და  $h_2$  საზღვრებში, მივიღებთ:

$$\frac{1}{2} \int_{u_2}^{u_1} \frac{2(u - i_0 k) du}{u^2 - i_0 k u + k q_0} - \frac{i_0 k}{2} \int_{u_2}^{u_1} \frac{du}{u^2 - i_0 k u + k q_0} = \ln \frac{h_2}{h_1}.$$

ამ განტოლების მარცხედა მხარის ინტეგრირება როცა  $q_0 > \frac{1}{4} i_0 h$  მოგვცემს:

$$\frac{1}{2} \ln \frac{u_1^2 - i_0 k u_1 + q_0 k}{u_2^2 - i_0 k u_2 + q_0 k} + \frac{i_0 k}{\sqrt{4kq_0 - k^2 i_0^2}} \left[ \operatorname{arctg} \frac{2u_2 - i_0 k}{\sqrt{4kq_0 - k^2 i_0^2}} - \operatorname{arctg} \frac{2u_1 - i_0 k}{\sqrt{4kq_0 - k^2 i_0^2}} \right] = \ln \frac{h_2}{h_1}.$$

თუ ჩავსვამთ მიღებულ გამოსახულებაში  $u = \frac{q}{h}$  და  $q = q_b + q_0 x$  მნიშვნელობებს, მაშინ მიღებული განტოლება ასე გადაიწერება:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \ln \frac{[(q_0 x_1 + q_b)^2 - i_0 k (q_0 x_1 + q_b) h_1 + q_0 k h_1^2] h_2^2}{[(q_0 x_2 + q_b)^2 - i_0 k (q_0 x_2 + q_b) h_2 + q_0 k h_2^2] h_1^2} + \\ & + \frac{0,5 k i_0}{\sqrt{kq_0 - \left(\frac{i_0 k}{2}\right)^2}} \left[ \operatorname{arctg} \frac{2q_0 x_2 - i_0 k h_2}{2h_2 \sqrt{kq_0 - \left(\frac{i_0 k}{2}\right)^2}} - \operatorname{arctg} \frac{2q_0 x_1 - i_0 k h_1}{2h_1 \sqrt{kq_0 - \left(\frac{i_0 k}{2}\right)^2}} \right] = \ln \frac{h_2}{h_1}. \quad (15) \end{aligned}$$

ახლა განვიხილოთ ზოგიერთი კერძო შემთხვევა: 1. როცა  $i_0 = 0$ , მაშინ (15) განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\frac{1}{2} \ln \frac{[(q_0 x_1 + q_b)^2 + q_0 k h_1^2] h_2^2}{[(q_0 x_2 + q_b)^2 + q_0 k h_2^2] h_1^2} = \ln \frac{h_2}{h_1}$$

ანუ გარდაქმნების შედეგად გვექნება:

$$(q_0 x_2 + q_b)^2 - (q_0 x_1 + q_b)^2 = q_0 k (h_1^2 - h_2^2). \quad (16)$$



2. როცა საწყისი ხარჯი ნულის ტოლია ( $q_b = 0$ ), მაშინ (15) განტოლებიდან მივიღებთ:

$$\frac{1}{2} \ln \frac{(q_0^2 x_1^2 - i_0 k x_1 h_1 + q_0 k h_1^2) h_2^2}{(q_0^2 x_2^2 - i_0 k q_0 x_2 h_2 + q_0 k h_2^2) h_1^2} + \frac{0,5 k i_0}{\sqrt{k q_0 - \left(\frac{i_0 k}{2}\right)^2}} \left[ \operatorname{arctg} \frac{2 q_0 x_2 - i_0 k h_2}{2 h_2 \sqrt{k q_0 - \left(\frac{i_0 k}{2}\right)^2}} - \operatorname{arctg} \frac{2 q_0 x_1 - i_0 k h_1}{2 h_1 \sqrt{k q_0 - \left(\frac{i_0 k}{2}\right)^2}} \right] = \ln \frac{h_2}{h_1}. \quad (17)$$

3.  $q_b = 0$  მნიშვნელობისათვის (16) განტოლებიდან მივიღებთ:

$$q_0 (x_2^2 - x_1^2) = k (h_1^2 - h_2^2). \quad (18)$$

მიღებული ამონახსნები მართებულია, პირდაპირი და უკუ (მუდმივი) ქანობებისათვის. ამასთან უკუ ქანობის შემთხვევაში საჭიროა  $i_0$ -ის ადგილას ჩავსვათ  $-i_0$  სიდიდე.

4. მიღებული ამონახსნების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ იმ შემთხვევაში როცა  $i_0$  და  $k$  მცირე სიდიდეებია (15) განტოლების ტოლობის მარცხენა მხარის მეორე შესაკრები შეიძლება უგულვებლყოთ მისი სიმცირის გამო, ამის შემდეგ აღნიშნული განტოლება მიიღებს უფრო მარტივ სახეს:

$$(q_0 x_2 + q_b)^2 - k i_0 (q x_1 + q_b) h_1 + q_0 k h_1^2 = (q_0 x_2 + q_b)^2 - i_0 k (q_0 x_2 + q_b) h_2 + q_0 k h_2^2. \quad (19)$$

5. როცა  $q_b = 0$ , მაშინ (19) განტოლება მიიღებს სახეს:

$$\frac{q_0}{k} (x_2^2 - x_1^2) = h_2 (i_0 x_2 - h_2) - h_1 (i_0 x_1 - h_1). \quad (20)$$

### 3. დასკვნა

ნაშრომში მიღებული განტოლებები საშუალებას იძლევა ამოვხსნათ ამოცანები გრუნტებში (ბუნებრივ ფერდობებში) ცველადი ხარჯის მქონე ფელტრაციული ნაკადების მოძრაობის შესახებ. მათ დიდი გამოყენება აქვს პრაქტიკაში ბუნებრივი ფერდობების მასივების მეწყერ-ჩამონაქცევების პროგნოზირებისა და სტატიკური მდგრადობის შეფასებისათვის.

### ლიტერატურა

1. . . . ., 1965. – 228 .
2. . . . . « . . . » . . . .: 1978. – 648 .
3. . . . . 2(2). . . . ., 2007, . 17-22.
4. . . . . ( . . . . ) « . . . . » . . . ., 1965. – 310 .
5. . . . . « . . . . » . . . ., 1981. – 550 .

**ალექსანდრე ჭავჭავაძის სახლმუზეუმში წინანდალში და მისი არქიტექტურულ, არქეოლოგიურ, ლაბორატორიულ კვლევათა უახლესი შედეგები**

არქიტექტორ-რესტავრატორი ნ. ინჰიკიძე

“ყოველ საქმეში საჭიროა მისი განვითარების ისტორიის ცოდნა”  
მაქსიმ გორკი

"აღღებნა ისტორიისა - ერის გამოცოცხლებაა, გამხმვებაა, აწმოს  
ბაგება და წარმართვაა. მერმისის გამოკვლევას სიბნელისაბან"  
ილია ჭავჭავაძე

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია სოფელ წინანდალში არსებული ალექსანდრე ჭავჭავაძის სახლმუზეუმის არქიტექტურულ, არქეოლოგიურ, ლაბორატორიულ კვლევათა უახლესი შედეგები. წარმოდგენილია მუზეუმის რესტავრაციაზე მუშაობის პროცესში გამოვლენილი სხვადასხვა პერიოდის სარეაბილიტაციო სამუშაოების არქიტექტურული გადაწყვეტები და დეტალები. ასევე ალექსანდრე ჭავჭავაძის სასახლის, ალექსანდრე ოზეროვისეული სარესტავრაციო-სარეაბილიტაციო პროექტის ფარგლებში შენობის არქიტექტურულ და კონსტრუქციულ გადაწყვეტებში განხორციელებული ცვლილებები და ძველი და ახალი მოცულობების გამთლიანების გზები.

**მიზანი:** 2008 წლის სარესტავრაციო სამუშაოები ჩატარებულ იქნა ისე, რომ ხილვადი ყოფილიყო საუკუნეების მანძილზე განხორციელებული არაერთი რეკონსტრუქციის შედეგად სახეშეცვლილი არქიტექტურული და კონსტრუქციული გადაწყვეტების კომბინაცია, ხაზგასმული ყოფილიყო როგორც ალ. ოზეროვისეული არქიტექტურა და გადაწყვეტები ისე, ალ. ჭავჭავაძის პერიოდის კახური არქიტექტურის დეტალები, წყობა და ხასიათი.

**საკვანძო სიტყვები:** არქიტექტურა, ევროპული სტილი, ქართული მოტივები, ისტორიული წყაროები, ზონდაჟი, ადაპტაცია.

**1. შესავალი**

ქართულ არქიტექტურაში მე-19 საუკუნის დასაწყისი განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია საზოგადოებრივი დანიშნულების შენობა-ნაგებობებში, ვინაიდან იგი მოიცავს ქართული ტრადიციული არქიტექტურისა და ევროპიდან შემოსული თანამედროვე სტილების სინთეზს. ასევე არქიტექტურული დეტალების მასიურად გავრცელების პერიოდია რაც ხშირ შემთხვევაში ჰარმონიულად ვითარდებოდა.

ცნობილია, რომ ალ. ჭავჭავაძემ სასახლე 1830 წელს ააშენა, მაგრამ მას შემდეგ შენობამ რამდენჯერმე განიცადა სახეცვლილება: ჭავჭავაძისეული სასახლე მოიცავდა 28 საძინებელსა და რამდენიმე სალონს, სასახლე ფართე აივნებით ყოფილა გარშემორტყმული, ხოლო ინტერიერი ევროპულ სტილზე იყო მოწყობილი.

1854 წელს, შამილის შემოტევის დროს, შენობა გაქურდეს და გადაწვეს, რის გამოც 1886 წელს დაიკვამა სასახლის რეაბილიტაცია და პროექტირება არქიტექტორ ალექსანდრე ოზეროვს მიანდეს და მალევე სარეაბილიტაციო სამუშაოებიც განხორციელდა.

შენობის მთავარი ფასადის ორიენტაცია მიმართულია კავკასიონის მთაგრეხილისაკენ.

მიუხედავად იმისა, რომ ამ პერიოდის არქიტექტურისთვის დამახასიათებელი იყო ეკლექტიკური სტილი (რომელიც დომინირებდა იმ პერიოდის ევროპასა და რუსეთში და ფაქტობრივად შეაფერხა ნაციონალური არქიტექტურული სტილის განვითარება საქართველოში), არქიტექტორი ოზეროვი იაზრებს გარემოს და ევროპული სტილების პარალელურად ქართულ ისტორიულ მოტივებს მიმართავს. რაც მან ამ კონკრეტულ მაგალითზე ჰარმონიულად განახორციელა.

## 2. ძირითადი ნაწილი

პირველადი შთაბეჭდილებით სასახლე მხოლოდ ორი - ოზეროვისა და საბჭოთა პერიოდების დისპარმონიულ მონაცვლეობას წარმოადგენდა, ამდენად კვლევითი სამუშაოები ოზეროვის არქიტექტურის მოცულობის მთლიანობის დასადგენად მიემართეთ, თუმცა კვლევამ სრულიად განსხვავებული სურათი მოგვცა, რადგან მოცულობის დასავლეთ ფასადის ძიების პროცესში აღ. ჭავჭავაძისეული სასახლის პირვანდელ კონტურს მივაგენით (იხ. სურ. №1; №2; №3) და კვლევების დროს კიდევ რამდენიმე სამშენებლო პერიოდი გამოიკვეთა.

ნაშრომში მთავარი აქცენტი გადატანილია ისტორიულ წყაროებში მითითებული სამშენებლო პერიოდების თანმიმდევრობის დაზუსტებასა და მშენებლობის განვითარების პროცესზე.

ჩვენი აზრით, XIX საუკუნის მიწურულს, სარეაბილიტაციო პროექტზე მუშაობის პროცესში გადაწყდა რეკონსტრუქციის აუცილებლობა, რაც ახალი მოცულობის მორგებას გულისხმობდა ძველ, ისტორიულ (სენსიტიურ) გარემოში.

ჩვენ მიერ ჩატარებულმა კვლევებმა სამუშაოებმა გამოკვეთა სამი ძირითადი, მეოთხე – დამხმარე და მეხუთე – საბჭოთა-სარემონტო სამუშაოების პერიოდები (იხ. სურ. №1 და №3). მასალა, რომელმაც მიგვიყვანა ნაგებობის სამშენებლო პერიოდებად დაყოფასთან, თავისთავად შეიცავს ეტაპებს.

წარმოვიდგენთ მშენებლობის I პერიოდის კვლევის ეტაპებს და ამასთან სარეაბილიტაციო-სამშენებლო სამუშაოების II და III პერიოდებს:

### კვლევითი სამუშაოების ეტაპები:

სამშენებლო პირველი პერიოდი ანაზომზე მუშაობის პროცესში გაჩნდა ზონდაჟების გაკეთების აუცილებლობა.

პირველ ეტაპზე, აღმოსავლეთით, პირველი სართულის ორ საფასადე ფანჯარას შორის, აგურისა და ყორე-წყობის მონაცვლეობით ამოყვანილი ბუხრის ირგვლივ, ნაღესობის ქვეშ გამოჩნდა ხანძრის კვალი, რაც პირველი ნიშანი იყო ისტორიული წყაროებიდან ცნობილი ხანძრის შემდეგ შემორჩენილი აღ. ჭავჭავაძის სასახლის ნაწილისა (იხ. სურ. №2). ყორე წყობით ამოყვანილი კედელი პირდაპირ შეჭრილია ოზეროვის არქიტექტურის ინტერიერში, რაც კიდევ ერთხელ ადასტურებს რეაბილიტაცია-რეკონსტრუქციის პროექტის გააზრებულ დაგეგმვას (იხ. სურ. №1 და №3).

ყურადღება მივაქციეთ იატაკის განსხვავებულ დონეებსა და მასალას: II-III - ოზეროვისეული პერიოდების იატაკი ბევრად დაბლაა, ვიდრე I - ჭავჭავაძისეული პერიოდის, ამასთან, I პერიოდის პირველი სართულის იატაკზე აგურის ფენილია, II-III პერიოდში კი ხის ფიცრული იატაკი იყო მოწყობილი.

პირველი სართულის ჩრდილოეთ მხარეს, ნაღესობის ქვეშ აღმოჩნდა I პერიოდის შესასვლელი კარი ხის არქიტრაჟით, ასევე I-III პერიოდების გამმიჯნავ კედელზე ორი საფასადე ფანჯარაა, რომელიც დღეისათვის ინტერიერშია მოქცეული, რაც თავდაპირველად I პერიოდის სამხრეთ ფასადის პირველ სართულზე უნდა ყოფილიყო (იხ. სურ. №1), ამდენად, დაზუსტდა I პერიოდის აღმოსავლეთი, ჩრდილოეთი და სამხრეთი ფასადების I სართულის კონტური.

როგორც ისტორიული წყაროებიდანაა ცნობილი, აღ. ჭავჭავაძის სასახლე ორსართულიანი იყო, გარშემორტყმული აივნებით, ამდენად საჭიროდ მივიჩნიეთ ზონდაჟის გაკეთება I-II სართულებს შორის I-III პერიოდების მიჯნაზე, რამაც ნათელი გახადა საყრდენი და ამავე დროს საფასადე კედლის არსებობა, რაც ნაგებობას ამოუყვება პირველი სართულიდან მთლიან სიმაღლეზე და სამხრეთის შემოსასვლელიდან აჩენს ვიწრო დერეფანს, საიდანაც ხდება განაწილება I პერიოდის ყველა სათავსოში. ნაღესობის მოხსნისთანავე საყრდენი კედლების მეორე სართულზე, როგორც სამხრეთით, ისე, ჩრდილოეთით გამოჩნდა ამოქოლილი სამ-სამი თაღოვანი დიობი (იხ. სურ. №4 და №5), რაც, მიგვანიშნებს, რომ სათავსოდან

-

«

»

იყო გასასვლელები და ექვგარეშე ტოვებს მოსაზრებას - ჩვენ მიერ დიფერენცირებული I პერიოდი არის ალექსანდრე ჭავჭავაძისეული სასახლე.

მეორე სართულის სამხრეთი ფასადის დასავლეთ ნაწილი აგურისა და ყორე-წყობის მონაცვლეობითაა შესრულებული, ადგილებში შემორჩენილია სათოფური ფანჯრებიც, რომელთა რითმი ორგანულად იმეორებს კახური არქიტექტურის ელემენტებს.

სამხრეთის ფასადზე არსებული გვიანდელი კიბე მიდგმულია კარის ღიობზე, რომელიც განიერიცაა და მაღალიც, ზომებით 2.82X1.78 მ. კარის ასეთი ზომები გვაფიქრებინებს, რომ ის მხედრისთვის იყო გათვალისწინებული, რომელიც, ამ კარით პირდაპირ საჯინბოში შედიოდა. ხოლო ინტერიერში ამ კარის ორივე მხარეს თაღოვანი ნიშებია. აღნიშნული ნიშები ამოვსებული იყო აგურის წყობით.

ინტერიერში არსად ჩანს სართულშუა გადახურვის კოჭების კვალი, თუმცა მხედრისათვის გათვალისწინებული ღიობისა და სამხრეთით, ინტერიერში მოწყობილი თაღების სიმაღლე იძლევა ერთგვარ ინფორმაციას სათავსის სიმაღლეზეც.

გაშიშვლდა ნაგებობის ჩრდილოეთი კედელი, ინტერიერში, ნაგებობის თავსა და ბოლოში, აღმოჩნდა შეწყვილებული თაღების ნაწილები, რაც, ვფიქრობთ, ადასტურებს, რომ წაგრძელებული ფორმის მოცულობა ალექსანდრე ჭავჭავაძისეულია. არქიტექტორი ოზეროვი ხელს არ ახლებს ძველი სასახლის ამ ნაწილს, პირიქით, ინტერიერშიც ჩნდება ოზეროვისეული საფასადე წყობა მასიური ქვისა და აგურის მონაცვლეობით. ხელუხლებელს ტოვებს დასავლეთ ფასადს, სადაც, ზონდაუის შედეგად გამოიკვეთა ეზოში გასასვლელი კარი, რომელიც კომპოზიციურად ზუსტად ფასადის ცენტრშია (იხ. სურ. №6). მოცულობის დასავლეთით ბოლო ოთახში II-III პერიოდის აგურის ბუხარი იყო, ლითონის ჭედური ორნამენტიანი ხუფით. აშკარაა, რომ არქიტექტორი ძველი სასახლის კონტურს ინარჩუნებს ადაპტაციის მეთოდებით.

სამშენებლო მეორე პერიოდი კვლევის პროცესში მეორე პერიოდს მივაკუთვნეთ სასახლის რეაბილიტაციის ოზეროვისეული გადაწყვეტა. ეს ის ნაწილია, რომელიც ყველაზე თვალისმომჭრელად გამოიყურება (იხ. სურ. №1; №3). როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ამ დროს მოხდა ძველი, კახური არქიტექტურისა და ახალი, ევროპული სტილის გაერთიანება - სინთეზი, რომელიც საშუალებას იძლევა რესტავრაციის პროცესში I, II და III პერიოდები ადგილებზე როგორც ერთი მთლიანობა და არა როგორც ცალკეული ნაგებობები, სტილი თუ კომპოზიცია, ისევე, როგორც XIX საუკუნის მიწურულს.

სამშენებლო მესამე პერიოდი III პერიოდით დავათარიღეთ მოცულობა, რომელიც ცოტა მოგვიანებით მიაშენეს, ვფიქრობთ, ერთი და იმავე არქიტექტორისაა (აღ. ოზეროვი), რისი საფუძველიც, ჩვენი აზრით, დამხმარე სათავსოების აუცილებლობა გახდა (იხ. სურ. №1 და №3), ამ პერიოდს მიეკუთვნება პირველ სართულზე არსებული რუსული ღუმელიც.

სამშენებლო მეოთხე და მესამე პერიოდები საბჭოთა და შემდგომ პერიოდში სამუხეუმო სივრცედ გადაკეთებისა და სხვადასხვა მცირე სარემონტო სამუშაოებს მოიცავდა.

### 3. დასკვნა

საქართველოში არსებული ისეთი არქიტექტურული ძეგლი, როგორიცაა აღ. ჭავჭავაძის სასახლე წინანდალში, წარმოადგენს საქართველოს ახლო ისტორიული წარსულის არქიტექტურული და კულტურული მემკვიდრეობის უნიკალურ ნიმუშს და გამოირჩევა მხატვრულ-არქიტექტურული ღირებულებებით, აქედან გამომდინარე, იგი განსაკუთრებული ყურადღების საგანია, რომელიც მოითხოვდა დეტალურ შესწავლასა და ანალიზს.

სამშენებლო პერიოდების დიფერენცირების დროს აღმოჩენილი კავშირებისა და პრობლემების გადაჭრის ოზეროვისეული ვარიანტების შესწავლის მაგალითზე ნაშრომში წარმოდგენილია არსებული მდგომარეობის ანალიზი და რეაბილიტაციის პროექტის სწორად გადაჭრის გზები.

როგორც წესი, ამ ტიპის შენობებში, კვალი, რის მიხედვითაც შესაძლებელი ხდება ძველის პირვანდელი სახის სრული რესტავრაცია, წაშლილია. მხოლოდ სამშენებლო ფენების გახსნის შედეგად გამოვლენილი მასალა საშუალებას გვაძლევს, გამოიყოს ძირითადი სამშენებლო პერიოდები და მათი სინთეზი - განსხვავებული სტილის მოცულობების გაერთიანება ახალი სტრუქტურული მთლიანობის სახით განვიხილოთ.

ვნახეთ, თუ როგორი შემოქმედებითი კუთხით მიუღია არქიტექტორი ოზეროვი ისტორიულ გარემოს, როგორ შეინარჩუნა და გამოიყენა არსებული მასალა და რა ოსტატურად მოარგო ახალი მოცულობა ძველ - არსებულ მდგომარეობას, რაც მკაფიოდაა გამოკვეთილი სხვადასხვა პერიოდების მოცულობების გადაბმის ადგილებსა და ნაღესობის ქვეშ მოყოლილ წყობებში (იხ. სურ. №4 და №5).

2008 წელს, რესტავრაციის პროექტის დამუშავების დროს, საპროექტო ჯგუფმა მიიღო გადაწყვეტილება შეგვენარჩუნებინა კვლევის პროცესში გამოვლენილი მნიშვნელოვანი კვანძები, ისე, რომ ხილვადი ყოფილიყო როგორც ალ. ოზეროვისეული არქიტექტურა და გადაწყვეტები, ისე, ალ. ჭავჭავაძის პერიოდის კახური არქიტექტურის დეტალები, წყობა და ხასიათი (იხ. სურ. №7; №8; და №9) რათა ღრმად წარმოგვეჩინა წინაპრების დანატოვარი არქიტექტურული, მატერიალური თუ სულიერი მემკვიდრეობა და მისი განვითარების გზები.

### ლიტერატურა

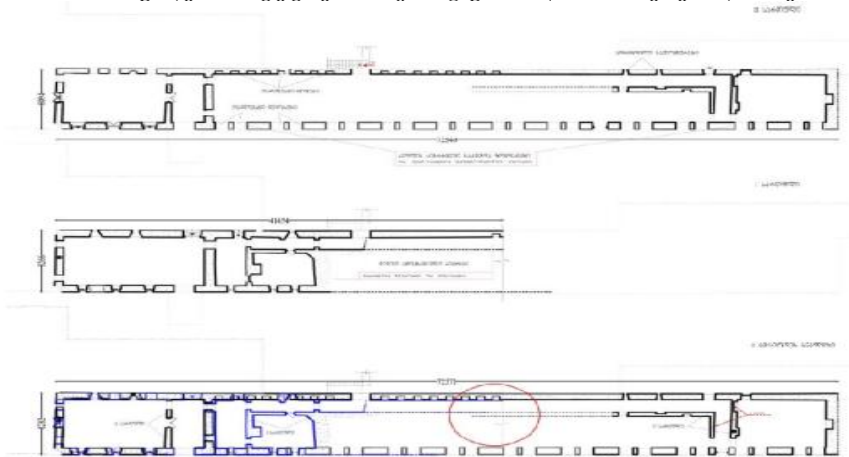
1. ისტორიულ-სახელოვნებათმცოდნეო-არქიტექტურული კვლევა ავტორები: ლალი ანდრონიკაშვილი და ნანა ინწკირველი - 2008წ.

2. ალ. დიუმა და მისი მოგზაურობის წიგნი "კავკასია" - 1858წ.

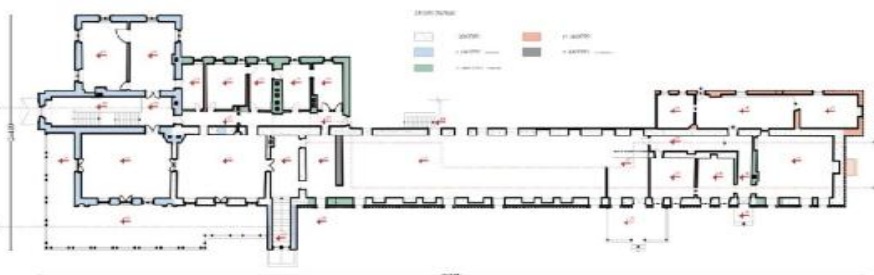
3. ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია, ტომი XI - 1987წ.

4. ძვ. ქართული ხუროთმოძღვრება - ვახტანგ ბერიძე 1974წ.

პირველი სართულის გეგმა (ოზეროვისეული) სურ. №2 - ალ. ჭავჭავაძის პერიოდის I-II სართულების გეგმების კონტური და სამშენებლო პერიოდები



სურ. №1 - ალ. ჭავჭავაძის პერიოდის I-II სართულების გეგმების კონტური და სამშენებლო პერიოდები



სურ. №2 - მეორე სართულის გეგმა (ოზეროვისეული)



სურ. №3 – ინტერიერი



სურ. №4 – ინტერიერი



სურ. №5 – ინტერიერი



სურ. №6 – ინტერიერი



სურ. №7 - დასავლეთი ფასადი



სურ. №8 – მთავარი - აღმოსავლეთი ფასადი

წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირება პიეზომეტრული დაწნევის განაწილების საფუძველზე  
 ზ. ციხელაშვილი, დ. ბურბენიძე, ხ. სოსელია, ხ. ბურბენიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 77)

**რეზიუმე:** განხილულია წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის დესკრიფციული (აღწერითი) მოდელირებისა და სიტუაციურ მდგომარეობათა კორექციის შესაძლებლობა საკონტროლო-მასხასიათებელ წერტილებში რეალური დროის მასშტაბში ფიქსირებული პიეზომეტრული დაწნევის განაწილების საფუძველზე.

**საკვანძო სიტყვები:** წყალმომარაგების სისტემა, წყლით უზრუნველყოფის პროცესის დესკრიფციული მოდელირება, სიტუაციურ მდგომარეობათა კორექცია, პიეზომეტრული დაწნევები.

## 1. შესავალი

წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირება რთულ და ძნელად ფორმალიზებად საინჟინრო ამოცანათა კლასს მიეკუთვნება. ამ გარემოებას ისიც ემატება, რომ ეს პროცესი გარკვეული არასტაციონალურობით ხასიათდება (როგორც მათემატიკური მოლოდინის, დისპერსიის, ასევე კორელაციური ფუნქციების მიხედვით).

ნაშრომში განხილულია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესის დესკრიფციული (აღწერითი) მოდელირებისა და სიტუაციურ მდგომარეობათა კორექციის შესაძლებლობა საკონტროლო-მასხასიათებელ წერტილებში რეალური დროის მასშტაბში ფიქსირებული პიეზომეტრული დაწნევის განაწილების საფუძველზე.

## 2. ძირითადი ნაწილი

მიზნის მისაღწევად წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ მართვაში სადისპეტჩერო პერსონალის მიერ აქტიურად უნდა იქნეს გამოყენებული ლოგიკური „არამკვეთრი“ მსჯელობები, რომლებიც ფორმალურად წარმოადგენენ სპეციალისტ-ექსპერტთა გადაწყვეტილებებს - ასახულს ხარისხობრივ-კრიტიკული შეფასებების ვერბალურ კატეგორიებში. ეს კატეგორიები შეიძლება განსაზღვრულ იქნას სპეციალური სკალების თანახმად (0 - შეესაბამება პროცესის აბსოლიტურად მიუღებელ სიტუაციურ მდგომარეობას, ხოლო 1 - პროცესის ძალიან კარგ სიტუაციურ მდგომარეობას).

ხარისხობრივ-კრიტიკული შეფასების აღნიშნული სკალა ხასიათდება გარკვეული შუალედური მნიშვნელობებითაც, რომელთა მიხედვით შესაძლებელია აგებულ იქნეს საკვლევი პროცესის დიაგნოსტიკური შეფასების დესკრიფციული ტიპის მოდელები. სკალური გრადაციები როგორც ზემოთ ავლინუნეთ ნაწილდება შემდეგ გრადაციულ მნიშვნელობებში, რომელთა გამოყენება მიზანშეწონილია გადაწყვეტილებათა მიღების პროცესში;

$d=1,00$  - პარამეტრის მაქსიმალურ შესაძლო (დასაშვები) დონე, რომელიც ყოველთვის არ შეიძლება მიღწეულ იქნეს;

$d=1,00$  0.80 - პარამეტრის დასაშვები და მაღალი დონე, რომელიც აგრეთვე ყოველთვის არ შეიძლება მიღწეულ იქნეს;

$d=0,80$  0.60 - პარამეტრის დასაშვები და კარგი დონე, რომელიც იმაზე მეტია რის მიღწევასაც ცდილობენ;

$d=0,37$  - პარამეტრის მოცემული დონე (შეესაბამება პარამეტრის იმ მდგომარეობას, რომელიც მიღებულ უნდა იქნეს);

$d=0,37$  0,0 - პარამეტრის არადასაშვები (ცუდი) დონე.

ვინაიდან, ფიზიკურად მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ხარისხობრივ-სიტუაციური მდგომარეობა შეიძლება გაიზომოს (დახასიათდეს) მხოლოდ ირიბად წყლის მიწოდებისა და განაწილების ფუნქციური სქემის (ან სქემათა ერთობლიობის) მდგენი ელემენტების საკონტროლო-მახასიათებელ წერტილებში ფიქსირებული პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების საფუძველზე (დროის მოცემულ მომენტში), ამიტომ დიაგნოსტიკური ტიპის დესკრიფციული მოდელები აგებულ უნდა იქნეს მხოლოდ პიეზომეტრული დაწნევების, როგორც საკონტროლო-საზედამხედველო პარამეტრის ცვლილების მთელი განსაზღვრის არეში. პიეზომეტრული დაწნევების ცვალებადობის დასაშვები არე კი, როგორც წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მახასიათებელი პარამეტრი, შერჩეულ უნდა იქნეს ოპერატორ-დისპეტჩერის მიერ განვითარებული დონისა და სუბიექტურ-ხარისხობრივი ფსიქოფიზიკური სახის უპირატესობათა გაზომვებისა და შეფასებათა საფუძველზე, იმისდა მიხედვით, თუ დროის მოცემულ მომენტში რამდენად შესაძლებელია საკვლევი პროცესის მისაღები სიტუაციური მდგომარეობის შენარჩუნება მოქმედ ელემენტ-ნაგებობის ეფექტური ფუნქციონირების რეჟიმის ველში. ქვემოთ მოგვყავს დესკრიფციული მოდელის აგების პროცედურა სასურველობის უნიმოდალური ფუნქციის გამოყენებით რომელიც ემყარება პიეზომეტრული დაწნევების (საკონტროლო-მახასიათებელი პარამეტრის) შესაძლო ცვლილების ორმხრივი შეზღუდვის არის გამოყენების პირობას -  $H_{min} < H < H_{max}$ . დესკრიფციული ტიპის მოდელის აპროკსიმაციისათვის შერჩეულია სასურველობის შედეგი სახის ფუნქცია :

$$d_i = e^{-e^{-(b_0 + b_1 H_i^{ჟაძბ})}}, i = \overline{1, m}$$

აქ  $b_0$  და  $b_1$  საძიებელი კოეფიციენტებია;  $H_i^{ჟაძბ}$  - საანალაზო პიეზომეტრული დაწნევის პარამეტრის მნიშვნელობა;  $e$  - ექსპონენტის ნიშანი. თუ ამ გამოსახულებაში  $e$ -ს გადავწერთ  $\exp(x)$ -ის სახით, მაშინ საკონტროლო-მახასიათებელ წერტილებში ფიქსირებული დაწნევის ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების დესკრიფციული მოდელი ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$d_i = \exp \left[ - \exp \left( - b_0 - b_1 H_i^{ჟაძბ} \right) \right], i = \overline{1, m}$$

სადაც  $b_0$  და  $b_1$  კოეფიციენტები განისაზღვრება შემდეგნაირად

$$b_0 = \left( H_1^{კარგი} \ln \ln \frac{1}{d_1^{ცუდი}} - H_2^{ცუდი} \ln \ln \frac{1}{d_2^{კარგი}} \right) / (H_1^{კარგი} - H_2^{ცუდი})$$

$$b_1 = \left( \ln \ln \frac{1}{d_2^{კარგი}} - \ln \ln \frac{1}{d_1^{ცუდი}} \right) / (H_1^{კარგი} - H_2^{ცუდი})$$



აქ:  $H_2^{გუბ}$  შესაბამისად, საკონტროლო წერტილში პიეზომეტრული დაწნევის სასაზღვრო არასასურველი ანუ ”ცუდი” სიდიდეა (როდესაც  $d_1^{გუბ} = 0,2$ ) და დაწნევის სასაზღვრო სასურველი ანუ ”ცუდი” მდგომარეობის ამსახველი სიდიდეა (როდესაც  $d_2^{გუბ} = 0,8$ )

$H_i$  - ფაქტიური დაწნევების შესაბამისი დიფერენციული ხარისხობ-რივ-კრიტერიული შეფასებები ხასიათდება შემდეგ სკალარულ გრადაციებში როდესაც -  $d \in [0,0 - 0,37]$  აღინიშნება დაწნევის”ცუდი” სიტუაციური მდგომარეობა;

როდესაც  $d \in [0,37 - 0,63]$  - აღინიშნება დაწნევის”დამაკმაყოფილებელი” სიტუაციური მდგომარეობა;

როდესაც  $d \in [0,63 - 1]$  - აღინიშნება დაწნევის”კარგი” და”ძალიან კარგი” სიტუაციური მდგომარეობა.

რეალურ სიტუაციაში საკონტროლო წერტილების მიხედვით (სასურველობის დიფერენციული ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასებების მიხედვით) განისაზღვრება ხარისხობრივი შეფასების ინტეგრირებული მაჩვენებელი, როგორც დიფერენციული შეფასების საშუალო გეომეტრიული შეწონილი სიდიდე,

$$D_i = \prod_{i=1}^m d_i^{1/m}, \quad i = \overline{1, m}$$

$D_i$  - საკონტროლო წერტილების ერთობლიობაა  $i = \overline{1, m}$  ინტეგრალური შეფასების მიხედვით, რომელიც ხასიათდება ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების იგივე სკალური გრადიაციებით და რომელიც დაწნევების მოცემული განაწილების შემთხვევაში მაქსიმუმისაკენ უნდა მიისწრაფოდეს და ინარჩუნებდეს, დროის მოცემულ მომენტში, შედარებით სტაბილურ დონეს:

$$D(H) \rightarrow \max_{H \in \Omega}$$

სადაც  $\in$  - დაწნევების განაწილების არამკაფიო სახის უნივერსალური სიმრავლეა.

დაწნევების განაწილების პროცესში დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ოპერატიული კორექცია პროცედურულად შეიძლება განხორციელდეს განსახილველი საკონტროლო წერტილების შედგენილი სამოდულო დამოკიდებულებების სასურველობის მოთხოვნილი არეს შესაბამისად, რომელიც აგრეთვე ხასიათდება ზემოთ მოყვანილი იგივე ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების სკალური გრადაციებით:

$$d_i = \exp\left[-\exp\left(-b_0 - b_1 H_i^{გაქმ}\right)\right] = d_{სასურვ.}$$

### 3. ღასკვნა

ამრიგად, წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის დესკრიფციული (აღწერითი) მოდელირება და სიტუაციურ მდგომარეობათა კორექცია შეიძლება დაემყაროს საკონტროლო-მახასიათებელ წერტილებში რეალური დროის მასშტაბში ფიქსირებული პიეზომეტრული დაწნევების განაწილებას. აღსანიშნავია, რომ ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში წყლით უზრუნველყოფის პროცესის კორექცია რეალურად შეიძლება განხორციელდეს სასურველობის მოთხოვნილ არეში, როგორც ცალკეულად აღებული სქემისთვის, ასევე გარკვეულ ფუნქციურ სქემათა ერთობლიობაში.

თიხაშიქალშემცველი ნატანით – ყვარლის წალკევის ეკორისკის, ხოლო მაღალეფექტური საშენი მასალების წარმოებით სიღარიბის – შემცირების ხელშესაწყობად, კალაპოტიდან ნატანის ამოწმენდა-გატანა-შტილიზაციის ინოვაციური ტექნოლოგიები

რ. სხვიტარიძე, ე. შაფაძე, ი. ბიორბაძე, შ. ვერულავა

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, სამეცნიერო კვლევითი ცენტრი „ნანოდუდა“, მ. კოსტავას 77, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** სტატიის თემა ქვეარლის წალკევის ეკორისკის, თარაზული საგზაო ცემენტბეტონის ზედაპირის დაბზარვის, ამტვერების, დესტრუქციის ტენდენციის, შენობის გათბობაზე ხარჯების შემცირების, სიღარიბის აღმოფხვრის ხელშეწყობაა, მდ.დურუჯის ხეობიდან თიხაფიქლური ნატანის ინოვაციური ტექნოლოგიით ამოწმენდა-გატანით და ეფექტურ საშენ მასალებად უტილიზაციით. გამოთქმული აზრები დასკვნები არაა ემოცია – მოსაზრებათა შედეგი და ეფუძნება სტუ-ში, ზაერევის სეისმოცენტრში, თვალტრელიძის კმნი-ში, EN196 და EN 206 ევრონორმებით ჩატარებულ მასალათა ტესტირება - კვლევებს, ბაზრის კვლევით დადგენილი ტენდენცია-კანონზომიერებებით განსაზღვრულ სამოქმედო პრიორიტეტებს, მშენებლობაზე მიღებულ მტკიცებულებებს. თიხაფიქლური ნატანი ინოვაციური ტექნოლოგიით უტილიზირებულ იქნა ცემენტბეტონის მაღალაქტიურ პუცოლანურ მოდიფიკატორად, რომელიც ზრდის სიმტკიცეს/ამცირებს ანიზოტროპიას, აგრეთვე ევროპაში მოთხოვნად შემავსებელ კერამზიტად. იქმნება შესაძლებლობა: ინოვაციურმა ტექნოლოგიებმა ხელი შეუწყოს ქვეარლის ეკორისკის და საქართველოში სიღარიბის შემცირებას, ენერგოეფექტური და მდგრადი მშენებლობების განხორციელებას, სამშენებლო ბიზნესის განვითარებას და ეკონომიკურ აღმავლობას.

**საკვანძო სიტყვები:** ღვარცოფი, თიხაფიქალი, ეკორისკი, პრევენცია, უტილიზაცია, ცემენტბეტონი, დეფექტები, კირი, პუცოლანი, სინთეზი, მოდიფიცირება, კერამზიტი, მდგრადი განვითარება.

## 1. შესავალი

საქართველოს მდგრად განვითარებას სჭირდება სამშენებლო ბიზნესის განვითარება. მშენებლობა ადამიანის განსაკუთრებული უნარ-თვისებაა, მოღვაწეობის სფეროა და მუდმივად ვითარდება, რადგან კავშირშია ადამიანის სიცოცხლესთან, და ჯანმრთელობასთან. ბაზარზე გაჩნდა უსაფრთხო, სეისმომდებელი, ენერგოეფექტური შენობის მოთხოვნა, რადგან საქართველო სეისმო ზონაა, ენერგეტიკულად კი ღარიბია.

## 2. ძირითადი ნაწილი

2005 წ. მთავრობას წარუდგინეთ სამშენებლო სფეროს განვითარების პრიორიტეტების ჩვენი ხედვა [1], რომლებიც დღესაც აქტუალურია. საბაზრო ეკონომიკა, ევროპასთან ინტეგრაცია, სამშენებლო სფეროში სახელმწიფო პოლიტიკად განსაზღვრავს: ადამიანის სიცოცხლე/ჯანმრთელობისთვის უსაფრთხო/ხელშეწყობი გარემოს შექმნა - შენარჩუნებას. გეოლოგიურ-სეისმური მდგომარეობა, ენერგეტიკულ - ეკონომიკური კრიზისი, სამშენებლო სფეროში, სახელმწიფო პოლიტიკის სტრატეგიად ითხოვს: აშენდეს სეისმომდებელი, ენერგოეფექტური, კომფორტული, ხანგამძლე შენობები“, ხოლო მათ განსახორციელებელ I პრიორიტეტად მიიჩნევა: მშენებლობას მონოლითური მზიდი კონსტრუქციებით, მსუბუქი, სითბოგაუმტარი სივრცის შემომზღული

-

«

»

საშენი მასალებით. შემოთავაზებული ითხოვს: - ახალი ტექნოლოგიებით განვითარდეს საშენი მასალების წარმოება.

ქვევარელთან, გარემოს აბინძურებს მდ.დურუჯის მიერ მოთბიდან ნატანი თიხაფიქლური ქანები, რომელიც „ნედლეულის ეკოგენურად განახლებადი წყარო“, ახლა კი, არღვევს გარემოს წონასწორობას, ქმნის ქ. ყვარლის წალეკვის რისკს. აქედან გამომდინარე, სამშენებლო სფეროს სახელმწიფო სტრატეგიის II პრიორიტეტად ვთვლით: წიაღის დაზოგვას, ეკოგენური ნედლეულის უტილიზაციას.

ქვეყანაში კეთილმოწყობის სამშენებლო პროექტებმა, ბიძგი მისცეს ცემენტ – ბეტონის ბიზნესის განვითარებას. ცემენტის მოხმარებამ 2014 წ. მიაღწია 2,0 მლნ.ტ. მოქმედებს ცემენტის 3 დიდი და 30 მინი საწარმო. ჩვენთან, სხვა პოსტსაბჭოთა ქვეყნებთან განსხვავებით, განვითარდა ცემენტის ბიზნესი და მისი „მინი ქარხნებით“ წარმოების ტენდენცია, რასაც ხელი შეუწყო კანონმდებლობამ და საბჭოეთში, ცემენტის ქართველი სპეციალისტების ლიდერებში ყოფნამ. ჩვენს ინსტიტუტებში მუშავდებოდა და წარმოებებში ინერგებოდა სიახლეები. შეიძლება ითქვას: ეს ცოდნა, აგრეთვე ცემენტის წარმოების სურვილი/ტრადიცია, „არ ჩარეცხილა, არსად არ წასულა, დარჩა საქართველოში“! მონოლითურ ცემენტბეტონს, მშენებლობისას აქვს დაგეგმილი საპროექტო სიმტკიცის მიღწევის და არქიტექტურულ ჩანაფიქრზე მორგების უნარი, ეკონომიკურია, არადეფიციტურია, ამიტომ მისმა მოხმარებამ ქართულ ბაზარზე 2014წ მიაღწია 5,0 მლნ.მ<sup>3</sup>-ს. არის დადებითი ტენდენციაა - მოთხოვნილი ბეტონის საშუალო მარკამ მიაღწია – C 35. განჩნდა მოთხოვნა C40-70 მარკის ბეტონზეც. [ბაზარზე შემჩნეულია ნეგატიური კანონზომიერებები და ტენდენციებიც [2]:

– ზედაპირული დეფექტები, ბზარების, ამტვერების, სწრაფი ცვეთის სახით;

– „კანონზომიერება“ - იბზარებოდა საგზაო „ჰორიზონტალური“, არ იბზარებოდა „ვერტიკალური“ კონსტრუქციები;

– ბეტონი იბზარებოდა წელიწადის თბილ და არ იბზარებოდა – ცივ პერიოდში; – დეფექტებს ადგილი ჰქონდა ქართული CEM I 42,5 და არ ჰქონდა, თურქული CEM II/A-P 42,5 ცემენტების გამოყენებისას, როცა იგი შეიცავდა 20% პუცოლანს. ანუ, ბეტონის დეფექტები კავშირშია კონსტრუქციის და ცემენტის ტიპთან, ამინდთან. ბეტონის ქიმიდან [3,4] ცნობილია, რომ 250<sup>0</sup>C მეტი სითბო, ბეტონიდან აძლიერებს წყლის აორთქლებას. საგზაო თარაზული კონსტრუქციის ბეტონის გაუმყარებელ ღია ზედაპირზე, რადგან იგი არაა „დაცული“ ყალიბით და ზედაპირის მოღუღი=4–5, დიდია მზის, თბილი ქარის გავლენა, ამიტომ „ბეტონური წყალი“ ზედაპირიდან ადვილად ორთქლდება, ფორებისა და სიცარიელეთა წარმოქმნით, რაც განაპირობებს დაბზარვა /დეფორმაცია/ დესტრუქციის ტენდენციას. ამას ხელს უწყობს საგზაო მშენებლობაში ძირითადად გამოყენებული CEM I 42,5 ტიპის ცემენტის გამყარების ეგზოთერმიაც. იმისთვის, რომ არ აორთქლდეს ბეტონის წყალი და იგი არ დაიბზაროს ზაფხულშიც კი, როცა მზის რადიაცია=750–800ვტ/სთ, საჭიროა პრევენცია, რაც ართულებს/აძვირებს მშენებლობას, ამიტომ მას არ აკეთებენ, ბეტონი კი იბზარება!

ცემენტბეტონის სიმტკიცის ანიზოტროპია გლობალური პრობლემაა. ბეტონი კონგლომერატული სტრუქტურის ხელოვნური ქვაა. შედგება სხვადასხვა გენეზისის და დისპერსიის, მყარი და თხევადი ფაზების შემცველი ნაერთებისგან, ფორების, სიცარიელეების და კაპილარებისგან [3]; ბეტონის ზედაპირის ამტვერების, ადვილცვეთის და ანიზოტროპიის ტენდენციაში კონგლომერატულობის გარდა, „დამნაშავეა“ ცემენტში მინერალურად შეუკავშირებელი 1–5% CaO თავ, (წარმოიქმნება კლინკერის „მშრალი წესით“ მიღებისას) არსებობა, ხოლო ბეტონში - ცემენტის მინერალურად შეკავშირებული 60–65% CaO–დან წარმოქმნილი, მაგრამ, სხვა ნაერთებთან ერთობლივ კრისტალპიდრატებად ჯერ კიდევ შეუკავშირებელი, ვარაუდით 20–25% Ca(OH)<sub>2</sub> თავ. არსებობა. კირი ცემენტბეტონის ქვის სტრუქტურული კომპონენტიცა, ქმნის „ტუტე არეს“ (pH=11-13), პასივაციას უკეთებს

-

«

»

ლითონის არმატურას და იცავს კოროზიისგან. წყალთან, ცემენტის 80%  $\text{CaO}$  წარმოქმნის მინერალ პორტლანდიტს  $\text{Ca(OH)}_2$ , რომელიც ცემენტშივე მყოფ თიხამიწას და კაჟმიწას უკავშირდება წყალში უხსნადი ნაერთების, ტობერმორიტი  $\text{CSH}$ , სტრატლინგიტი  $\text{C2ASH8}$ , ეტრინგიტი  $\text{C6A2S3H32}$  და სხვათა წარმოქმნით. ბეტონის „თავისუფალი კირი“, მუდმივ განიცდის გარემოს წყლის და ჰაერის  $\text{CO}_2$  გავლენას, რაც ააქტიურებს ანიზოტროპიას, სიმყიფეს, ბზარების, ფორების, სიცარიელის წარმოქმნას, სითხის შეღწევადაობას და ამცირებს ხანმედევობას [4,5]. ცემენტის 20%  $\text{CaO}$  - დან  $\text{Ca(OH)}_2$  „ნაგვიანები“ წარმოქმნა, იწვევს:

- ლოკალური სარეაქციო არის მოცულობის 2,5 ზრდას – ზედაპირის აფუებით. ამ დროს, კირის „ჩაქრობადი“ ნაწილაკები ბეტონის ზედაპირს „შორდება“ სივრცეში გატყორცნა/ამტვერების გზით, ხოლო კირის „დარჩენილი“ ნაწილაკები ჰაერიდან  $\text{CO}_2$  მიერთებით კარბონიზირდებიან  $\text{CaCO}_3$  წარმოქმნით და იკლებენ მოცულობაში, რაც ხელს უწყობს ზედაპირული ფორების, სიცარიელეების და ბზარების წარმოქმნას;

- ბეტონში, ექსპანსიური კრისტალჰიდრატ ეტრინგიტის  $\text{C6AS-3H32}$ , გვიან წარმოქმნასთან თანამდეგ დესტრუქციას და სულფატური აგრესიებისადმი არამდგრადობას.  $\text{C20-C50}$  კლასის ბეტონში, ცემენტი არის 10–25%, შესაბამისად  $\text{Ca(OH)}_2$  თავ. 2–5%. მოოსის შკალით,  $\text{Ca(OH)}_2$  სიმტკიცე=2–3, ბეტონის შემავსებელი ქვიშაქვის=6–7, ხოლო ცემენტის ქვის=4–5.  $\text{Ca(OH)}_2$  თავ. ბეტონში ყველაზე სუსტი, არამდგრადი ნაერთია. სტრუქტურაში იგი იმყოფება ცემენტის ქვისა და შემავსებლის საზღვარზე. ცნობილია, რომ ბეტონის სიმტკიცე დამოკიდებულია ცემენტმატრიცის და შემავსებლის ურთიერთობაზეც სასახლვრო ზონაში. ცემენტბეტონში  $\text{Ca(OH)}_2$  თავ. სიჭარბე, კიდევ უფრო ამცირებს სიმტკიცეს ღუნვაზე, ანუ ზრდის ანიზოტროპიას. „დღევანდელი“ ცემენტბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე=35–70 მპა, ხოლო ღუნვაზე=3–7 მპა, ვერ აკმაყოფილებს ახალ მოთხოვნებს – სიმტკიცე კუმშვაზე=100–120მპა, ღუნვაზე=20–30მპა. ცემენტბეტონში  $\text{CaO}$  თავ. და  $\text{Ca(OH)}_2$  თავ. სიჭარბის, ანიზოტროპიის, ამტვერების, დესტრუქციის, ადვილცვეთადობის და ანიზოტროპიის პრევენციისთვის, ცემენტს დაფქვისას, ხოლო ბეტონს ადუღაბებისას უმატებენ პუცოლანურ მოდიფიკატორებს, რომელთა შემადგენელი  $\text{Si}$  და  $\text{Al}$  ოქსიდები კირთან წარმოქმნიან წყალში მდგრადი ნაერთების ტობერმორიტის  $\text{CSH}$  და სტრატლინგიტის  $\text{C2ASH8}$  დამატებით რაოდენობას.

ცემენტი, დასაშვებია შეიცავდეს ბუნებრივ (ტუფი, პემზა), ტექნოგენურ (ნახშირის, ბრინჯის ჩენჩოს ნაცრები) და სინთეზურ ( $\text{SiO}_2$ -„მიკროკაჟმიწა“,  $\text{AL}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$ -მეტაკაოლინიტი) პუცოლანურ დანამატ-მოდიფიკატორებს. ბუნებრივი პუცოლანები, კონსტიტუციურ წყალთან ერთად, შეიცავენ მექანიკურად ადსორბირებულსაც, რაც ზრდის  $\nabla/\zeta$  და ხელს უშლის მაღალი სიმკვრივე/სიმტკიცის ბეტონის ქვის სინთეზს. 10% მეტი პუცოლანი, ზრდის ცემენტის/ბეტონის მდგრადობას, მაგრამ ამცირებს სიმკვრივე/სიმტკიცეს [4], ამიტომ  $\text{EN197-1}$ , „მიკროკაჟმიწას“ ზღუდავს – 10%, ნაკლებაქტიურებს კი – 35%. პუცოლანური დანამატის შერჩევა გლობალური პრობლემაა. ცემენტ-ბეტონის მაღალეფექტურ, პუცოლანურ დანამატ-მოდიფიკატორად მიჩნეულია: „მიკროკაჟმიწა“ და „მაღალაქტიური მეტაკაოლინიტი“ „მამ“ [4,5]. „მამ“ –  $\text{AL}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$  აქტიურობა=1000 მგ/გ  $\text{CaO}$ , ჭარბობს ეფექტური ბუნებრივი პუცოლანის, დიატომიტის აქტიურობას=300 მგ/გ  $\text{CaO}$  [4]. თიხავიქლიდან ინოვაციური სინთეზით [2,5], მივიღეთ ცემენტბეტონის პუცოლან-მოდიფიკატორები (იხ. ცხრ. 1,2).

კომფორტი. ადამიანი სიცოცხლის 80% ატარებს შემოზღუდულ სივრცეში, სადაც ნორმალური, ყოფისთვის, აუცილებელია გარკვეული კომფორტი. საქართველოში თავს კომფორტულად გრძნობენ, ხის, აგურის პემზა/ტუფის შენობაში. ხის ოთახის კომფორტის კოეფიციენტი  $K_f = 1,0$ ; რ/ბ-ით აშენებულის  $K_f = 20$ ; 500-1200 კგ/მ<sup>3</sup> კერამიზიტბეტონით –  $K_f = 0,8-1,05$ , ანუ იგი კომფორტით ხესთან ყველაზე ახლოა [6].

-

«

»

ეკოლოგია. განვითარებულ ქვეყნებში აითვისეს ე.წ. „მწვანე მშენებლობა“, რომლის ეფექტი გონიერი პროექტირება/მშენებლობით მიიღწევა. ამცირებს ენერჯის/წყლის ხარჯს, "ნამის წერტილის" წარმოქმნის ალბათობას, იცავს ადამიანის ჯანმრთელობას. ჩვენთან კი, სამშენებლოდ გამოიყენება ადამიანის ჯანმრთელობა/სიცოცხლისთვის საშიში საშენი მასალები. "ცივი ბეტონით" აშენებენ არა მარტო შენობათა მზიდ კონსტრუქციებს, არამედ კედლებსაც. მათ არ ათბუნებენ, ან ათბუნებენ - ეკოლოგიურად მავნე მასალებით. ეს გამოწვეულია ქართული სამშენებლო კოდექსის არ არსებობით, „დღევანდელ მშენებელთა“ უვიცობით, აგრეთვე ნეგატიური სამშენებლო ტენდეციებისადმი ხელისუფალთა ლიბერალობით: - „სამშენებლო სფეროს ნეგატიურ პრობლემებს ბაზარი დაარეგულირებს“. ბაზრის მოთხოვნაა, მშენებლობაში გამოიყენებულ იქნეს ევროპაში მოხმარებადი, ენერგოეფექტური, ეკო - და ხანძარუსაფრთხო კერამიტი და კერამიტიბეტონი. ენერგოეფექტურობა. ჩვენთან ენერჯის ხარჯი შენობის გათბობა-გაგრილებაზე 400-800 კვტს/მ<sup>2</sup> -ია [7], ევროპაში 90-250 კვტს/მ<sup>2</sup> და მის შემცირებასაც ცდილობენ, რადგან ძვირდება ენერგომატარებლები-დაიწყეს მსუბუქი ბეტონის გამოყენება. ენერგომატარებელთა ეკონომია გენერალური კურსი უნდა გახდეს ქართული სამშენებლო სფეროს ტექნიკურ პოლიტიკაშიც. ენერგოეფექტურობაში მნიშვნელოვანია შენობის შემომზადული კონსტრუქციის თბოტექნიკური თვისებები. დადგენილია [6], ზამთარში შენობის სითბოს 35% კედლიდან იკარგება. ბაზარზე აგური შეესაბამება „ვერონორმებს“, „მცირე“ ბლოკი ძირითადად მზადდება „მძიმე ბეტონით“, ამიტომ - არ ამცირებს თბოდანაკარგებს. მომხმარებელი იძენს ენერგოეფექტურ იმპორტულ მასალებს, რაც მიუღებელია სოციალ-ეკონომიკურად. მალე, ევროპულთან სინქრონიზირებული ქართული სამშენებლო კოდექსი დააკანონებს ენერგოეფექტური მასალებით მშენებლობას, ეს მათზე მოთხოვნას გაზრდის. იგი უნდა დაკმაყოფილდეს საქართველოში კერამიტის და კერამიტიბეტონის წარმოების ათვისებით.

სეისმომედეგობა. თანახმად II-7-81 “მშენებლობა სეისმურ ზონაში“, საქართველოში ნაგებობათა მზიდი კონსტრუქციის 8-10 ბალიან სეისმომედეგობასთან ერთად, საჭიროა საკედლე მასალის სიმსუბუქე, ხოლო შეჭიდება დულაბთან უნდა იყოს არანაკლებ 1,2 კგ/სმ<sup>2</sup>. ამას აკმაყოფილებს კერამიკული აგური და მსუბუქი ბეტონი, რომლის დასამზადებელი ფორიანი ქანები პემზა, ვულკანური წიდა, გარდა საბადოს ცენტრთან სიშორის და მოპოვების სეზონურობისა, ტექნიკური მონაცემებითაც (1,1-1,2 ტ/მ<sup>3</sup>) ვერ პასუხობენ მოთხოვნას, მიღებული ბეტონი „მძიმეა“ (1600-1800 კგ/მ<sup>3</sup>), რაც აფერხებს ენერგოეფექტურობას. საქართველოში ხელოვნური ფორიანი შემავსებლებიდან პერლიტთან ერთად, შესაძლებელია კერამიტიც წარმოება. კერამიტი ფორიან-უჯრედოვანი აღნაგობის, შემცხვარ ზედაპირიანი გრანულებია. წყლისადმი მდგრადია, არაკოროზიულია, ხანძარმედეგია, ბიომედეგია, არ გამოყოფს აირებს. დაბალი სიმკვრივის მიუხედავად, მისგან მ-500 სიმტკიცის მსუბუქი ბეტონი მზადდება. ამცირებს: არმატურის ხარჯს 15-20%; შენობის მასას და თბოდანაკარგს 30 - 35%; ზრდის სეისმომედეგობას, მშენებლობას აიაფებს 20-30%. მოქმედი 23-02-2003 „ნაგებობის თბოდაცვა“ იძლევა საშუალებას, შენობა დაპროექტდეს/აშენდეს მონოლითური ენერგოეფექტური და სეისმომედეგი კედლებით, რომლებიც დამზადდება სასაქონლე კერამიტიბეტონით. საქართველოში კერამიტის საწარმოები აღარაა. მისი წარმოების და კერამიტიბეტონის გამოყენების აღდგენა/დაწყება, შექმნის ეკოლოგიურ, ეკონომიკურ, ენერგოეფექტურ მშენებლობათა შესაძლებლობას.

თიხაფიქალი. აშშ, რუსეთში, უკრაინაში, კერამიტის თიხის გარდა, ამზადებენ თიხაფიქლიდანაც [8], იგი საქართველოშიცაა. კაკასიის ქედზე, „კლიმატის გლობალურმა დათბობამ, გააქტიურა მთის ბუნებრივი ეროზია/დაშლის და მაღალი ენერგეტიკული კლასის ტექტონიკური პროცესები, რამაც შეასუსტა მთების გრავიტაციული მდგრადობა. დვარცოფების ფორმირების კერებში ჭარბად გროვდება

-

«

»

კლდოვანი ნაშალი ქანები, რომლებიც ნადნობი თოვლისა და წვიმის დახმარებით, ნელ-ნელა, მუდმივად (განახლებადად), ან პერიოდულად წარმოქმნილი დამანგრეველი ძალის 80–100 კმ/სთ სიჩქარით და 20–25მ სიმაღლის ფრონტით მოძრავი ღვარცოფების დახმარებით ეშვება და გროვდება მდ.დურუჯის კალაპოტში, მე-20 საუკუნის 50 წლებში აშენებულ და უკვე ამორტიზირებულ დამბასთან. „ეკოგენურად განახლებადი“ ნაშალი ნატანის წლიური მასა ზოგჯერ 0,5მლნ.მ<sup>3</sup> აღწევს, რაც არღვევს ბუნებრივ წონასწორობას რეგიონში, ქმნის ქვეარლის წალეკვის ეკორისკს. (დაგროვილი ნატანი მასის სიმაღლე 10 მ ჭარბობს ქვეარლის გაშენების დონეს, რაც შეიძლება გახდეს ეკოლოგიური კატასტროფის მიზეზი). 2000წ პრეზიდენტის 81 განკარგულებით და 323 დადგენილებით, ქვეარლის ტერიტორია და მდ.დურუჯის ხეობა საგანგებო ეკოლოგიურ ზონად გამოცხადდა. რისკის პრევენციის გეგმებშია მდ. დურუჯის კალაპოტში - 150კმ<sup>2</sup> ფართზე ნაგროვი ნატანის კონუსის გაწმენდა, რაც გამოიწვევს ნატანის გადატანას მდინარიდან მოშორებულ ახალ ფართებზე და უნიკალური ჯიშის ყურძნის „ქინძმარაული“-ს სავარგულების დიდ დანაკარგებს.

წინათ, მდ.დურუჯის ხეობას წმენდნენ პრინციპით: „ნატანის ჩამოტანა - გატანა“. ბოლო 25 წელია, მდინარის ხეობა არ გაწმენდილა და ნატანის რაოდენობამ მიაღწია 15მლნ.მ<sup>3</sup>, ამით გაძლიერდა ღვარცოფით ქვეარლის წალეკვის ეკორისკი. ჩვენ, [9] კვლევის თანამედროვე ფიზიკო-ქიმიური და ტესტირების ევროპული EN196 და EN206 ნორმებით, შევისწავლეთ ქვეარელთან დაგროვილი „ეკოგენურად განახლებადი“ ნატანი, იგი ასპიდური თიხაფიქალია. მისგან მივიღეთ: ცემენტის (5-35%) და ბეტონის (5–15%) მაღალაქტიური პუცოლანური დანამატ-მოდულიკატორი, პირობითად „მეტათიხაფიქალი“. იგი ზრდის ცემენტ/ბეტონის სიმტკიცეს კუმშვა-ღუნვაზე (იხ.ცხრ.1.2) და 1160<sup>0</sup>C აფუებული ენერგოეფექტური საშენი მასალა კერამიტი (იხ.ნახ.1). მათი გამოყენება შეიძლება საქართველოში და ექსპორტისთვისაც.

ეკონომიკა. ჩვენი ქვეყნის მთლიანი ეროვნული პროდუქტი (მეპ) ამბობენ [10], რომ არ აღემატება 13,0 მილიარდ \$. საქართველო ეკონომიკურად ღარიბია, მაგრამ მდიდარია გამოუყენებელი რესურსებით. სიღარიბის დასაძლევად, სხვა ქმედებებთან ერთად, საჭიროა არსებული რესურსების სწორად, ოპტიმალურად და დროულად გამოყენება, მეცნიერულად დასაბუთებული ტექნოლოგიებით, მიდგომებითა და გადაწყვეტილებებით მოქმედება. ქვეარელთან დაგროვილი 15 მლნ.მ<sup>3</sup> „ეკოგენურად განახლებადი“ თიხაფიქლისგან მდ.დურუჯის კალაპოტი უნდა გაიწმინდოს, მაგრამ იქვე სიახლოვეს კი არ უნდა დაიყაროს - როგორც ადრე ხდებოდა, არამედ ნატანისგან გაწმენდის პრინციპი უნდა გახდეს: ნატანის ჩამოტანა-გატანა-გადაშუშავება პროდუქციად. ამით შესაძლებელია შემცირდეს, ან მოიხსნას ქვეარლის წალეკვის რისკი და ამავე დროს დამზადდეს 1,5 მილიარდი \$ ღირებულების, კავკასიის ბაზარზე ამჟამად არ არსებული, ენერგოეფექტური საშენი მასალა კერამიტი.

### 3. დასკვნა

განხილულის განსახორციელებლად, საჭიროა სამთავრობო მხარდაჭერით შესაბამისი მოცულობის ინვესტიციის მოზიდვა, შეღავათიანი სარკინიგზო გადაზიდვის ტარიფები - შედეგად „ქვეარლის ეკოლოგიური რისკი“ გადაიქცევა ბიზნესის/ეკონომიკის განვითარების, უმუშევრობის შემცირების წყაროდ. არის საშუალება, სამშენებლო სფერო, ენერგო და ეკოეფექტური ტექნოლოგიების დროული და სწორი გამოყენებით, „უფასო“ ნედლეულის - „ეკოგენურად განახლებადი“ თიხაფიქლის გამოყენებით, საქართველოს ეკონომიკის და მდგრადი განვითარების ხელშემწყობ საკვანძო სექტორად იქცეს.



ნახ.1. თიხაფიქალი ბუნებრივი და აფუებული სახით

ცხრილი 1. ცემენტის შემადგენლობა და თვისებები

ცემენტის შემადგენლობა, მას.				ცემენტის თვისებები				
კლასი.	თაბ	თიხაფიქალი		შეკერის ვადები, სთ-წთ		სიმტკ. კუმშვა 28 დღე	ცემენტის აქტიურობა %; T 25094	აქტივ. ინდექსი 28 დღე ASTM C31105
		რაოდ.	გამოწვ. ტემპურ. °C	დასაწ.	დასასრ.			
95	5	–	–	2-00	4-30	50,5	-	-
85	5	10	700	2-05	3-35	55,0	+8.9	108,9
75	5	20	700	2-15	4-35	47,9	-5.1	94,8
65	5	30	700	2-35	4-55	42,0	-16.8	83,2
55	5	40	700	2-50	4-50	38,5	-23.8	76,2

ცხრილი 2. ბეტონის შემადგენლობა და თვისებები

ბეტონის შემადგენლობა, კგ/მ <sup>3</sup>								სიმტკიცე კუმშ., მპა	
CEM I 42,5	ქვიშა 0-5 მმ	ღორღი 5-20 მმ	გამომწვარი თიხაფიქალი – 0.31 მმ	პლასტიფ. Sika Viscocrete	წყალი	მოც. წონა	კონუს. ჯდენა მმ	7 დღე	28 დღე
500	840	840	-	5,0	210	2395	180	59,1	69,6
500	815	815	50	5,0	215	2400	190	59,5	75,5
500	815	815	75	5,0	217	2425	185	60,3	74,7

## ლიტერატურა

- [1]. „ხელოვნური ქვების სინთეზის ტექნოლოგიები, გარემოს წონასწორობის აღდგენის, მდგრადი განვითარების ხელშესაწყობად“. მთავრობის გრანტი. სტუ. 120.2005;
- [2]. “ბეტონის საფარიანი საავტომობილო გზების მშენებლობის პრობლემები საქართველოში, მათი აღმოფხვრის ინოვაციური ტექნოლოგიები, ადგილობრივი რესურსებით“. ს/ტ კონფერენცია: ‘საავტომობილო გზები და მიწისქვეშა კომუნიკაციები“. 11–13 სექტემბერი 2013წ. თბილისი. სტუ. 2013წ. [www.mrdi.gov.ge](http://www.mrdi.gov.ge); [www.gtu.ge](http://www.gtu.ge), 2013.
- [3]. Штарк И. Долговечность бетона (Перевод с немецкого), г.Киев, Изд. Оранта, 2004. ст. 295.
- [4]. Harold F.W. Taylor. Cement Chemistry. Academic Press. London, 1990.
- [5]. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В., Магдеев У.Х. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. Москва. Изд. АСВ. 2004. ст. 256;
- [6]. [www.abakz.ru/idealnaya-komfortnost-zhilischa.htm](http://www.abakz.ru/idealnaya-komfortnost-zhilischa.htm). Лазарашვილი М.Г. „Идеальная комфортность жилища“;
- [7]. „ადგილობრივი წვრილფრაქციული ნახშირის რაციონალური უტილიზაცია“. TACIS პროექტი SISTRO №BIS/GEO/99/28;
- [8]. <http://www.keramzit.narod.ru/keramzit.htm>. <http://www.qedwirelinesinc.com>. Qedwire.com;
- [9]. ცემენტის წარმოების განვითარება, მდ. დურუჯის ხეობაში დაგროვილი თიხაფიქლების გამოყენებით“. ევროგაერთიანების TACIS პროექტი BISTRO/GEO/02/01;
- [10]. <http://www.Geostat.ge>. „მთლიანი ეროვნული პროდუქტი (მეკ)“.

-

«

»

( . , . ,77,0175, )

:

1.

2.

( ) , ) ( ) , )

( 1,2).



1-2:



3).



3:



( )

?»

( 4),



4:

( 5)



5:

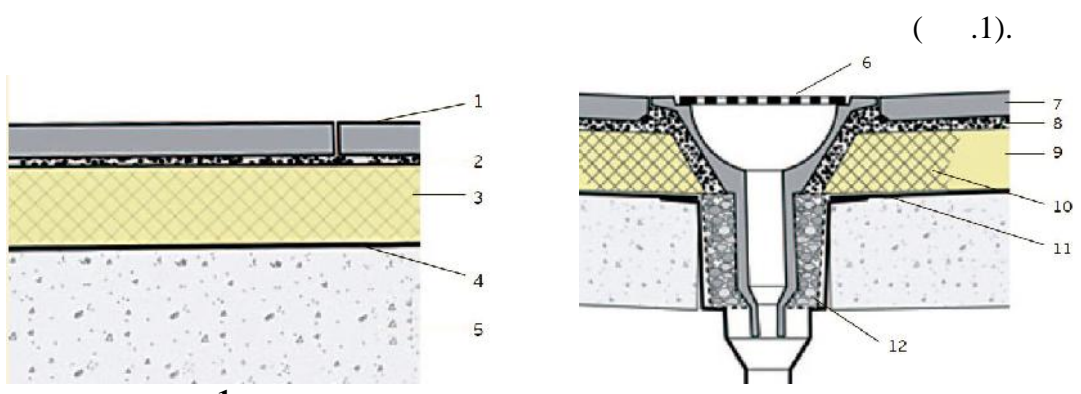
( )

( 6),

21

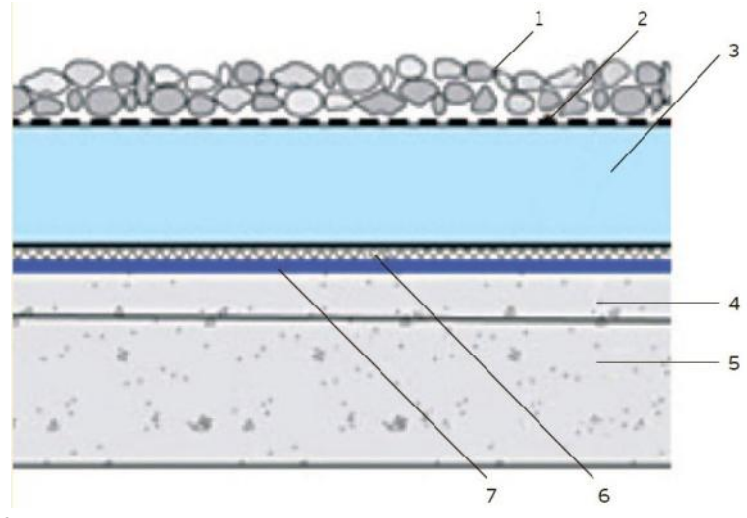


6:



1 – 38-  
 3 – 100-  
 ; 5 –  
 ; 8 –  
 ; 11 –  
 ; 2 – 12-  
 ; 4 –  
 ; 6 –  
 ; 7 –  
 ; 10 –  
 ; 12 –  
 50-60

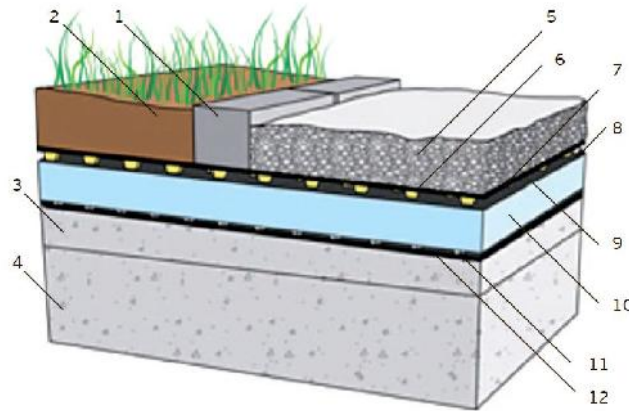
PMR (protected membrane roof) –  
 IRMA (inverted roof membrane assembly) –  
 ( .2).



.2.  
 ; 1 –  
 ( , , )  
 ; 2 –  
 ( )  
 ; 3 –  
 (XPS); 4 –  
 ( )  
 ; 5 –  
 ( )  
 ; 6 –  
 ; 7 –

( .3)

( )



.3.

: 1 – ; 2 –  
 ; 3 – ; 4 –  
 ; 5 – ; 6 – ; 7 – ; 8 –  
 ; 9 – ( ) ; 10 –  
 ; 11 – ( / ) ;  
 12 –

3.

1. T. Jordania z. ezugbaia, r. RvinefaZe. saxuravebi. burulis mowyobis teqnologia. Tbilisi, 2009. 304 gv.
2. P100 Facilities Standards for Public Buildings Service/GSA. Nov, 2010.
3. Toronto Green Roof Construction Standard.
4. Lstiburek W.I. Seeing Red Over Green Roofs//ASHRAE, 2011.

- « »

**დიდი დიამეტრის რკინაბეტონის გუმბათის, ასაწყობი  
საყალიბე სისტემის აგება და მონტაჟი**

**0. ქვარაია<sup>1</sup>, თ. ღვალისვილი<sup>2</sup>, შ. ყანჩაშვილი<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ.კოსტავას ქ. №77, 0175;

<sup>2</sup> შპს „ბკ კაპიტალი“, ყიფშიძის ქ. №13, 0179, თბილისი, საქართველო)

***რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია დიდი დიამეტრის მქონე რკინაბეტონის გუმბათის ასაწყობი საყალიბე სისტემის მოწყობის საკითხი. მთავარ ამოცანას წარმოადგენს სრულფასოვანი მზიდი კარკასის მოდელის შერჩევა, რომლის მიხედვით შემდეგ ხდება, რამდენიმე დონიანი მარტივი, ასაწყობი საყალიბე სისტემის აგება ხის ჩვეულებრივი წვრილფაროვანი ყალიბებისაგან.*

***საკვანძო სიტყვები:** ბეტონი, რკინაბეტონი, ყალიბი, გუმბათი, ტაძარი, მოდელი, კარკასი, არმირება, ფანერა, აწყობა*

## 1. შუსაგალი

მცირე ზომის გუმბათების ყალიბების დამზადება, როგორც წესი ხის მასალისაგან ხდება, მაგრამ დიდი დიამეტრის მქონე რკინაბეტონის გუმბათების მოწყობის დროს სერიოზული სირთულეებია ყალიბების მოწყობის, აწვეისა და გადაადგილების თვალსაზრისით. აქედან გამომდინარე ხშირად მიმართავენ მთლიანი ლითონის ყალიბების გამოყენებას ან ხის მასალისაგან გუმბათის საყალიბე სისტემის უშუალოდ სამუშაო ადგილზე აგებას. ლითონის ყალიბის მოწყობისას გაძნელებულია მისი მონტაჟის და განსაკუთრებით დემონტაჟის სამუშაოების შესრულება. გუმბათის ყალიბის ადგილზე აგება დაკავშირებულია მნიშვნელოვან შრომით დანახარჯებთან და საკმაოდ დიდ დროს მოითხოვს.

ჩვენ შემთხვევაში, ტაძრის 12მ დიამეტრის გუმბათის ყალიბის მოწყობის მიზნით, წინასწარ აიგო ასაწყობი სამიარუსიანი კარკასული საყალიბე სისტემა. ამისთვის წინასწარ შეიქმნა ყალიბის 1/10 ზომის მოდელი. შემკრავად გამოიყენებოდა გადაჯვარედინებული, ადვილად ხსნადი, მსუბუქი თაღოვანი სარტყლები და მათ გარშემო ხდებოდა კარკასის მზიდი ელემენტების მონტაჟი.

## 2. ძირითადი ნაწილი

პირველი იარუსი, თანაბარი სიმაღლის და სიმრუდის მქონე მზიდი, კონსტრუქციული ელემენტების ერთი-ერთმანეთის მიყოლებით განლაგებით იკვრებოდა წინასწარმომზადებულ წრიულ ზედაპირზე 20-25სმ დაცილებით. ამ დონეზე გუმბათის ყალიბის სადურგლო საამქროში აწყობის მიმდინარეობა გამოსახულია ნახ.1-ზე. წინა პლანზე ჩანს გუმბათის ყალიბის 10-ჯერ შემცირებული მოდელი, რომლის მიხედვით განხორციელდა ასაწყობი, ნატურალური ზომის მთლიანი საყალიბე სისტემის აგება.



ნახ.1. გუმბათის ყალიბის აგება შემცირებული მოდელის მიხედვით

გუმბათის მეორე დონეც პირველის ანალოგიურად ეწყობოდა (ნახ.2), იმ განსხვავებით, რომ მზიდ ელემენტებს, შესაბამისი მოხაზულობით აწყობდნენ უკვე ქვედა, პირველი დონის შემკრავ, ჰორიზონტალურ სარტყელზე. ამასთან თანდათანობით ხდებოდა პირველი და მეორე იარუსის აგებული კარკასების დაფანერება. მესამე დონის საყლიბე ზედაპირი თითქმის ჰორიზონტალურია და აღარ იყო საჭირო ცალკეული ელემენტებისაგან ვერტიკალური, წრიული კარკასის აგება. ასაწყობი საყალიბე სისტემის გამოყენებამ გაამარტივა მისი აგების, აწვევისა და მოტაჟის სამუშაოები, რაც შემდეგნაირად განხორციელდა:



ნახ.2. გუმბათის ყალიბის მეორე დონის კარკასის ელემენტების მონტაჟი

- ტაძრის გუმბათის მზიდი რკინაბეტონის კედლებიდან ამოშვერილი არმატურის ღეროებს შორის მოეწყო გუმბათის ყალიბის საყრდენი კონსტრუქციის წრიული ძირი ლამინირებული ფანერისაგან;
- გუმბათის მთლიან ძირზე, განთავსდა გუმბათის თაღოვანი, გადაჯვარედინებული სარტყელების უმარტივესი დამჭერები კუთხოვანების სახით, ჩაიდგა აღნიშნული სარტყელები და დაფიქსირდა ცენტრი;
- პირველი იარუსის ცალკეული მზიდი კონსტრუქციული ელემენტების გაერთიანებით შედგენილი იქნა ყალიბის პირველი დონე, გადაჯვარედინებულ თაღოვან სარტყელებს შორის;

- პირველი იარუსის მზიდი კარკასის მოწყობის შემდეგ მოხდა მათი ზედა დონის შეკვრა გამაერთიანებელი ჰორიზონტალური სარტყელით, რომელიც მეორე დონის კარკასის შემკრავი ელემენტების დასაყრდენი გახდა;
- მეორე იარუსის კარკასული ნაწილი გაერთიანდა ცალკეული მზიდი ელემენტების დამონტაჟებით და მათზე ჰორიზონტალური სარტყელის მოწყობით;
- მესამე იარუსი მომზადდა დაფანერებისათვის ყალიბის დარჩენილი წრიული ნაწილის შეფიცვრით;
- ბოლოს ყალიბის მთლიანი დაფანერება და არმირების დაწყება (ნახ.3).



ნახ.3. გუმბათის დასრულებული ყალიბი და მისი არმირება

### 3. დასკვნა

1. დიდი დიამეტრის რკინაბეტონის გუმბათების მოწყობისათვის ძალზე ოპტიმალურია ასაწყობი საყალიბე სისტემის აგება წვრილფაროვანი ყალიბისაგან, წინასწარ შედგენილი მასშტაბური მოდელის მიხედვით, რაც საგრძნობლად ამარტივებს და ამცირებს სამონტაჟო სამუშაოების შესრულების ვადებს და ღირებულებას.

### ლიტერატურა

1. ი.ქვარაია, თ.დვალიშვილი. რკინაბეტონის რთული საყალიბე სისტემის ასაგებად მცირემასშტაბიანი მოდელის გამოყენება. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. №.1(36), თბილისი 2015. გვ.55-57;

**მაქსიმალური ხარჯებისა და ღონეების ბაზნაბარიშება  
დაკვირვებათა არასაკმარისი ჰიდროლოგიური  
მწკრივის არსებობის შემთხვევაში**

თ. ამბროლაძე, მ. კუბლაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. 68, 0175,  
თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** მდინარეზე არსებული ხანმოკლე დაკვირვება არ არის საიმედო ჩამონადენის პარამეტრების გაანგარიშებისათვის. მაქსიმალური ხარჯების გაანგარიშებისათვის საჭიროა შეირჩეს მდინარე-ანალოგი რომლის მაქსიმალურ ხარჯებზე (დონეებზე) დაკვირვებათა მწკრივი საკმარისია (45 წელიწადი) და მისი საშუალებით მოხდეს ხანმოკლე მწკრივის (n) დაყვანა ხანგრძლივ პერიოდამდე (N). ამისათვის გამოიყენება ორი მეთოდი: ერთია საანგარიშო მდინარის პარამეტრების (საშუალო არითმეტიკულის, ვარიაციის კოეფიციენტისა და ასიმეტრიის კოეფიციენტის მიყვანა მრავალწლიურ პერიოდამდე და მეორე არსებული ხანმოკლე დაკვირვებათა მწკრივის ხელოვნური დაგრძელება. ორივე შემთხვევისათვის ნაშრომში გამოთვლილია საანგარიშო მდინარისა და მდინარე ანალოგის მონაცემთა შორის არსებული კორელაცია (R), საკვლევი მდინარისა და მდინარე ანალოგის ხარჯების საშუალო კვადრატული გადახრა, მაქსიმალური ხარჯების საშუალო მნიშვნელობები და  $\bar{Q}_n$  ვარიაციისა და ასიმეტრიის კოეფიციენტები ხანგრძლივი პერიოდისათვის სპეციალური ფორმულით გამოთვლილია მაქსიმალური ხარჯი.

ყველა ზემოთხაზოთვლილი გაანგარიშებისათვის შედგენილია პროგრამა სიმბოლურ ენაზე Mathematica - 8. ანგარიში ჩატარებულია მდინარე არაგვისა და იორის მონაცემებზე.

**საკვანძო სიტყვები:** საანგარიშო მდინარე, მდინარე ანალოგი, მაქსიმალური ხარჯი (დონე) ვარიაციის კოეფიციენტი, ასიმეტრიის კოეფიციენტი, კორელაციის კოეფიციენტი, მწკრივის დაგრძელება.

## 1. შესავალი

საინჟინრო პრაქტიკაში, სხვადასხვა სამეურნეო მიზნების დაკმაყოფილებისათვის საჭირო ხდება კაშხლებისა და სხვადასხვა ჰიდროტექნიკური ნაგებობის აგება ისეთ მდინარეებზე, რომელთა მაქსიმალურ ხარჯებზე დაკვირვების მწკრივი არასაკმარისია, ანუ ხანმოკლეა. ასეთ დაკვირვებაზე არსებული მონაცემებით ჰიდროლოგიური პარამეტრების გაანგარიშება დაუშვებელია. საჭიროა ამ ხანმოკლე მწკრივების ხანგრძლივ პერიოდამდე მიყვანის მეთოდების დამუშავება. ლიტერატურაში არსებობს მრავალი ემპირიული ფორმულა მწკრივების გაგრძელებისათვის, მაგრამ ისინი როგორც წესი ვერ გვაძლევენ საიმედო შედეგებს.

არასაკმარისი ჰიდროგეოლოგიური დაკვირვებების შემთხვევაში წყალმეტობის მაქსიმალური ხარჯების (დონების) ანგარიშისათვის ნორმების შესაბამისად შემოთავაზებულია ორი მეთოდიკა. ერთია საანგარიშო მდინარისათვის ხანგრძლივი პერიოდისათვის პარამეტრების საშ. ხარჯის, ვარიაციისა და ასიმეტრიის კოეფიციენტების გაანგარიშება და ხანმოკლე მწკრივის ხელოვნური დაგრძელება.



ორივე შემთხვევაში საწყის ინფორმაციად გამოიყენება ე.წ. მდინარე ანალოგის მეთოდი. მდინარე ანალოგად შეირჩევა ის მდინარე რომელზეც არსებული დაკვირვებები ( $N$ ) გაცილებით მეტია ხანმოკლე ( $n$ ) დაკვირვებებზე  $N > n$ ; მდინარე ანალოგი და საანგარიშო მდინარე ერთი და იგივე ფიზიკო-გეოგრაფიულ პირობებში უნდა მდებარეობდნენ.  $N$  უნდა მოიცავდეს  $n$  პერიოდს. გარდა ამისა ამ მდინარეების მონაცემთა შორის უნდა არსებობდეს მჭიდრო კორელაციური კავშირი. ყველა ამ პირობების დაცვით შერჩეულია მდინარე ანალოგად არაგვი და საანგარიშო მდინარედ იორი. ნაშრომის ძირითად ნაწილში განხილულია დეტალურად ორივე მეთოდი.

შერჩეულია მათემატიკური პროგრამა სიმბოლურ ენაზე. გაანგარიშების შედეგები ნაშრომს თან ერთვის.

## 2. ძირითადი ნაწილი

საანგარიშო მდინარესა და მდინარე ანალოგს შორის კორელაციის ხარისხის დასადგენად კორელაციის კოეფიციენტი გამოითვლება შემდეგი ფორმულით

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_n)(Q_{Ni} - \bar{Q}_{Ni})}{n \dagger_n \dagger_N}, \quad (1)$$

სადაც  $Q_n$  და  $N_N$  შესაბამისად საკვლევი მდინარისა და მდინარე ანალოგის ხარჯებია  $n$  პერიოდისათვის;

$\bar{Q}_n$  და  $\bar{Q}_N$  საკვლევი მდინარისა და ანალოგი საშუალო ხარჯებია  $n$  პერიოდისათვის;

$\dagger_n$  და  $\dagger_N$  – საკვლევი მდინარისა და ანალოგის საშუალო კვადრატული გადახრებია  $n$  პერიოდისათვის.

საშ. კვადრატული გადახრები გამოითვლება ფორმულებით

$$\dagger_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_n)^2}{n - 1}}, \quad (2)$$

და

$$\dagger_N = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_N)^2}{n - 1}}. \quad (3)$$

(აქაც და ქვევითაც ყველგან მაქსიმალური დონეების გამოსათვლელად ხარჯების ნაცვლად ფორმულებში უნდა შევიყვანოთ დონეები).

შემდგომ საჭიროა საკვლევი მდინარის უზრუნველყოფის მრუდის პარამეტრები დაყვანილ იქნან  $N$  ხანგრძლივ პერიოდამდე.

დაყვანილი მაქსიმალური ხარჯის საშუალო მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით:

$$\bar{Q}_N = \bar{Q}_n + R \frac{\dagger_n}{\dagger_N} (\bar{Q}_N - \bar{Q}_n).$$

$Q_N$  მდინარე ანალოგის ხარჯებია  $N$  პერიოდისათვის.

ვარიაციის კოეფიციენტი საანგარიშო მდინარისათვის  $N$  პერიოდში გამოითვლება ფორმულით

$$C_{vN} = \frac{\dagger_n}{\bar{Q}_N} \sqrt{1 - R^2 \left(1 - \frac{\dagger_n^2}{\dagger_N^2}\right)},$$

სადაც  $\dagger_N$  მდინარე ანალოგის საშ. კვადრატული გადახრაა  $N$  პერიოდისათვის.

-

«

»

მესამე პარამეტრი ასიმეტრიის კოეფიციენტი გამოითვლება უდიდესი დამაჯერებლობის მეთოდით გამოვთვლით  $C_v$  და  $C_s$ -ის ფარდობით (2).

არასაკმარისი (მოკლე) მწკრივის ხელოვნური დაგრძელების მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში დაგრძელებული წლების სავარაუდო მაქსიმალური ხარჯები გამოითვლება შემდეგი ფორმულით

$$Q_i = \bar{Q}_n - R \frac{\dagger_n}{\dagger_n} (Q_{N(i)} - \bar{Q}_N),$$

სადაც  $Q_i$  – დაგრძელებული რიგის  $i$ -ური წლის მაქსიმალური ხარჯია (დონე);

$Q_{Ni}$  – მდინარე ანალოგის  $i$ -წლის მაქსიმალური ხარჯი (დონე).

ამის შემდეგ ჩვენთვის ცნობილი ფორმულებით ვიანგარიშებთ საანგარიშო მდინარის მაქსიმალურ ხარჯს.

$Q_{Wi}$  ანალოგი არაგვი  $N = 58$

წლები	1914	1915	1928	1929	1930	1931	1932	1935	1936	1937	1938	1939
ხარჯები	220	180	160	310	210	190	420	360	170	140	163	227
წლები	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951
ხარჯები	184	204	138	161	168	148	244	955	474	130	157	306
წლები	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963
ხარჯები	310	141	377	209	159	177	206	317	278	342	262	340
წლები	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1975	1976
ხარჯები	480	167	170	210	510	180	210	310	180	320	170	120
წლები	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986		
ხარჯები	230	190	430	320	160	210	280	310	470			

$$\sum Q_{Ni} = 13074$$

$$\bar{Q}_N = 225,2 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

საანგარიშო მდინარე იორი  $n = 8$

$Q_{ni}$

წლები	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955
ხარჯები	28	59	93	56	427	75	37	125

$$\sum Q_{ni} = 900$$

$$\bar{Q}_n = 112,5 \frac{\text{მ}^3}{\text{წმ}}$$

მდინარე ანალოგის ხარჯები  $n$  პერიოდისათვის

წლები	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955
ხარჯები	474	130	157	306	310	141	377	209

```

m[2]= QN := { 220, 180, 160, 310, 210, 190, 420, 360, 170, 140, 163, 227, 184, 204,
138, 161, 168, 148, 244, 955, 474, 130, 157, 306, 310, 141, 377, 209, 159,
177, 206, 317, 278, 342, 262, 340, 480, 167, 170, 210, 510, 180, 210,
310, 180, 320, 170, 120, 230, 190, 430, 320, 160, 210, 280, 310, 470}

```

```

m[4]= QN = 14764

```

```

o[m]= 14764

```

```

m[6]= Print["QN= ", QN]

```

```

Qn = 14764

```

```

m[8]= n = 8

```

```

c[m]= 8

```

```

m[7]= Q1 = {28, 59, 93, 56, 427, 75, 37, 125}

```

```

o[m]= {28, 59, 93, 56, 427, 75, 37, 125}

```

```

m[9]= QN = 250.186

```

```

Qn = 112.5

```

```

\sum_{i=1}^n Q_{ni}

```

```

Out[8]= 250.086
Out[9]= 112.5
Out[10]= 8 Qn1

In[11]:= σ1 =  $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q1[[i]] - \bar{Q}_n)^2}{n-1}}$ ; Print["σ1= ", σ1]
σ1= 130.793

In[12]:= σ2 =  $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q2[[i]] - \bar{Q}_n)^2}{n-1}}$ ; Print["σ2= ", σ2]
σ2= 196.907

In[13]:= R =  $\frac{\sum_{i=1}^n (Q1[[i]] - \bar{Q}_n) (Q2[[i]] - \bar{Q}_n)}{n * σ1 * σ2}$ ; Print["R= ", R]
R[1]= R = -0.08
Out[14]= -0.08

In[15]:=  $\bar{Q}_n = \bar{Q}_n + R * \frac{σ1}{σ2} (\bar{Q}_n - \bar{Q}_n)$ ; Print[" $\bar{Q}_n =$ ",  $\bar{Q}_n$ ]
 $\bar{Q}_n = 105.184$ 

In[16]:=  $C_{QN} = \frac{σ1}{\bar{Q}_n} \sqrt{1 - R^2 \left(1 - \frac{σ1^2}{σ2^2}\right)}$ ; Print["CQN= ", CQN]
CQN= 1.24125

In[17]:= Q[i_] :=  $\bar{Q}_n - R * \frac{σ1}{σ2} (Q2[[i]] - \bar{Q}_n)$ 

In[18]:=  $\sum_{i=1}^n Q[i]$ ; Print[" $\sum_{i=1}^n Q[i] =$ ",  $\sum_{i=1}^n Q[i]$ ]

In[19]:=  $\bar{Q}_n = \frac{900}{n}$ ; Print[" $\bar{Q}_n =$ ",  $\bar{Q}_n$ ]
 $\bar{Q}_n = 105.184$ 
    
```

### 3. დასკვნა

საანგარიშო მდინარეზე არსებული ხანმოკლე მწკრივის ხანგრძლივ პერიოდამდე დაყვანის მიმართ არსებული ორივე მეთოდისათვის შედგენილია საანგარიშო პროგრამა სიმბოლურ ენაზე Mathematica – 8, რომელიც ამარტივებს და აჩქარებს შედეგების მიღებას.

### ლიტერატურა

1. . . . .
2. თ. ამბროლაძე, მ. კუბლაშვილი. მაქსიმალური ხარჯების გაანგარიშება დაკვირვებათა საკმარისი მწკრივის არსებობის შემთხვევაში. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”, თბილისი 2015წ. გვ. 131;
3. . . . . 1974 .

საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული ისტორიულ-კულტურული ძეგლების კონსტრუქციული გადაწყვეტილების ანალიზი

მ. წიქარიშვილი, ნ. ტაბატაძე, მ. ვარდიაშვილი, ი. ღარიბაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას 77, ქ. თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** ბოლო წლებში ისტორიულ-კულტურული ძეგლების რესტავრაციის პრაქტიკაში შეინიშნება მათი ტექნიკური მდგომარეობის კომპლექსური შეფასების ტენდენცია გარემო-პირობების ცვალებადობასთან ურთიერთდამოკიდებულებაში. სავსებით მართლზომიერი გახდა რესტავრაციის ობიექტი განვიხილოთ, როგორც ელემენტი რთული ბუნებრივ-ტექნიკური სისტემისა „ძეგლი-გარემო“, რომელშიც არქიტექტურული ძეგლი შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც ქვესისტემა, შეიცავს რა ურთიერთდამაკავშირებელ კონსტრუქციულ და არქიტექტურულ ელემენტებს.

ნაშრომში გაკეთებულია ძეგლების კონსტრუქციული გადაწყვეტების ანალიზი, რათა მოხდეს ისტორიულ-კულტურული ძეგლის ტექნიკური მდგომარეობის კომპლექსური კვლევა და სწორი მიმართულებით რეკომენდაციების ჩამოყალიბება რესტავრაციის წარმართვისათვის.

**საკვანძო სიტყვები:** ისტორიულ-კულტურული ძეგლები, კონსტრუქცია, ანალიზი, ძეგლი-გარემო.

## 1. შესავალი

ადამიანის მიერ წყალშეცვლით გარემომცველი პირობები განსახილველ სისტემაში „ძეგლი-გარემო“ ძალიან დამღუპველად მოქმედებს არქიტექტურული ძეგლების დაცულობაზე. მსგავსი ცვალებადობის მიმართ განსაკუთრებით მგრძობიარეები არიან არქიტექტურული ძეგლების საძირკვლის გრუნტები და მათი ძირითადი მზიდი კონსტრუქციები.

ქვესისტემა „ძეგლის“ ელემენტები შეიძლება იყოს ხელოვნური სამშენებლო მასალების ტანი სხვადასხვა ტექსტურული დონისა. ამ ქვესისტემის ელემენტების განსახილველად მიზანშეწონილია მისი დეკომპოზირება. დეკომპოზირების საშუალებად არქიტექტურული ძეგლების დეფორმირების მიზეზების შესწავლისას, შეიძლება გამოგვადგეს სტრუქტურული მეთოდი, რაც საშუალებას იძლევა გამოვეყნოთ ძეგლების არქიტექტონიკაში ამა თუ იმ რივის სტრუქტურული ბლოკები. შეიძლება გამოვეყნოთ სამი დონე: I დონე - ელემენტარული ბლოკი; II დონე - ფუნქციური ბლოკი; III დონე - ფუნქციური ბლოკების აგლომერატი.

ამ დონეზევე ვლინდება ძეგლების ურთიერთდამოკიდებულება გარემოპირობების ფაქტორებზე.

არქიტექტურული ძეგლების ურთიერთმოქმედებას ხასიათის დამოკიდებულების გარემოპირობების ფაქტორებთან, ბიოლოგიური ობიექტების ანალოგიებთან შეიძლება გამოვეყნოთ ხისტი და დისკრეტული ტიპები სტრუქტურული ორგანიზაციებისა ქვესისტემისა - „ძეგლი“. ეს ნიშნავს, რომ ძეგლის დაშლის ეტაპები დამოკიდებულია მისი სტრუქტურების ტრანსფორმაციასთან.

ძეგლის ხისტი სტრუქტურა ნარჩუნდება მდგრადი პირობების გამოვლენისას გარემო პირობების ფაქტორებისა ან მათი სტატიკური ცვალებადობის ფარგლებში. ეს სტრუქტურა ფუნქციონირებს მანამდე, სანამ ფაქტორების მოქმედება ძეგლებზე არ გადალახავს გარკვეულ კრიტიკულ ზღურბლს. თითოეული ძეგლის არსებობის გარკვეულ ეტაპზე ხორციელდება მისი სტრუქტურების ხელახლა აღმოცენება, როდესაც თვითრეგულირებისათვის და ადაპტაციისათვის გარემოპირობების ცვალებადი ფაქტორებისას ხისტი სტრუქტურა გადადის დისკრეტულში. კონსტრუქციებში დაძაბულობის რეალიზაციის ხარჯზე სუსტი რგოლის წესით. ასე ბზარის გაჩენის ხარჯზე ძეგლის ხისტი სტრუქტურა ადაპტირდება შეცვლილ გარემოპირობებთან სისტემაშექმნილ კავშირების დაუშლელად.

## 2. ძირითადი ნაწილი

ისტორიულ-კულტურული ძეგლების კონსტრუქციული გადაწყვეტის ანალიზს შემოგთავაზებთ შემდეგი ტაძრების მაგალითზე:

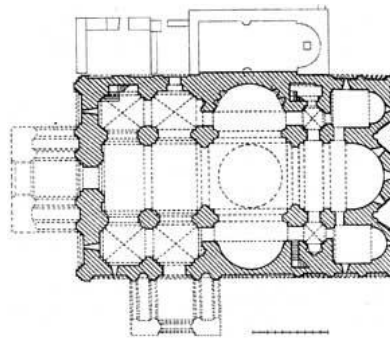
### ალავერდის მონასტერი

ალავერდის კომპლექსი მდებარეობს კახეთში, ახმეტის მუნიციპალიტეტში, მდინარე ალაზნის მარჯვენა ნაპირზე, სოფელ ალავერდში სამხრეთ-აღმოსავლეთით - 200 მეტრზე.

XVII-XVIII საუკუნეების მიჯნაზე ალავერდი ლეკებმა დაარბიეს. 1721 წელს მთავარეპისკოპოს ნიკოლოზ ჩოლოყაშვილის თაოსნობით შეკეთდა ტაძარი და გალავანი. 1735 წელს ტაძარი თამაზ-ხანმა მოთხარა. მნიშვნელოვნად დაზიანდა ტაძარი 1742 წლის მიწისძვრის დროს. 1750 წელს ტაძრის განახლება დაიწყო დედოფალმა თამარმა (თეიმურაზ II-ის მეუღლემ) და დაამთავრა მისმა ძემ ერეკლე II-მ. შეაკეთეს მთავარი ნავის კამარა, ჩრდილოეთ პატრონიკე, ააგეს დასავლეთ კარიბჭე. XIX საუკუნის 40-იან წლებში რუსულმა საეკლესიო ხელისუფლებამ მოსპო სამხრეთ და ჩრდილოეთ კარიბჭეები. შემდეგ ტაძარი შიგნიდან და გარედან მთლიანად შეათეთრეს.

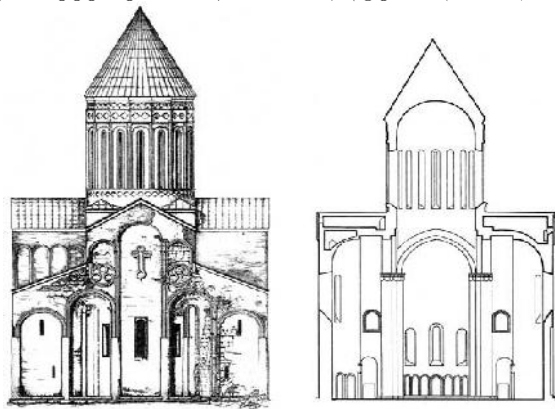
1965-1968, 1970-1975 წლებში ჩატარდა სარესტავრაციო სამუშაოები.

1988 წელს გაიწმინდა ტაძრის აღმოსავლეთ და სამხრეთ ფასადის აღმოსავლეთ ნაწილი. გამოვლინდა ფასადთა მორთულობის დეკორატიული ელემენტები. სამხრეთ ფასადის გასწვრივ მიწის ფენის მოხსნის შემდეგ გამოჩნდა შირიმის ცოკოლის სამი საფეხური. ხოლო სამხრეთ შესასვლელის წინ გეგმით კვადრატული კარიბჭის საძირკველი. გაიწმინდა და კონსერვაცია გაუკეთდა ტაძრის ჩრდილოეთ კედელთან მდგარ ერთნაგიან ეკლესიას, რომლის სამხრეთ კედელი ტაძრის ჩრდილოეთ კედელშია ჩართული. ტაძრის ჩრდილოეთ მკლავის აბსიდში გამოვლინდა ფართო და მაღალი თაღოვანი შეღრმავება: მისი უმეტესი ნაწილი აბსიდის აღმოსავლეთ ნახევარშია მოქცეული. შეღრმავება მოგვიანებით აგურის წყობით შეუვსიათ, რომელშიც როგორც ჩანს ტაძრიდან ერთნაგიან ეკლესიაში გასასვლელი იყო მოწყობილი. გვიანდელი იატაკის მოხსნის შემდეგ გამოჩნდა თავდაპირველი, აგურის ექვსკუთხა ფილებით მოგებული იატაკის ფრაგმენტები და გუმბათქვეშა ბურჯების პროფილირებული ბაზების ქვედა ნაწილები. 1991 წელს გვიანდელი ნაღესობისაგან გაიწმინდა: გუმბათის ყელი, სადიაკვნე, დასავლეთ მკლავის კედლები და კამარა. ტაძარში დაიგო ცემენტის ექვსკუთხა ფილები.



ასევე, 1991 წელს ტაძრის ინტერიერში ჩატარდა არქეოლოგიური სამუშაოები. ტაძრის იატაკის ქვეშ, გვიანდელი ფენის აღების შემდგომ გამოჩნდა ნაგებობა, რომელზედაც ტაძარია დაშენებული. შენობა დამხრობილია აღმოსავლეთ-დასავლეთის ღერძზე და მოიცავს ტაძრის ცენტრალურ და ჩრდილოეთ და ნაწილობრივ სამხრეთ ნაწილსაც. იგი დაშენებულია უფრო ძველ ნაგებობაზე და ნაწილობრივ იმეორებს მის გეგმას. ზედა ფენის კედლები ნაგებია ნატეხი ქვით, რიყის ქვითა და კირის დუღაბით. ქვედა ფენის კედლები კი რიყის ქვითა და ტალახით.

ალავერდის ტაძარი ერთ-ერთი უდიდესი საეკლესიო ნაგებობაა საქართველოში (41,7 X 26,4 მ. სიმაღლე გუმბათიანად - 50 მეტრს აღემატება). ნაგებია რიყის ქვით. კედლები შიგნიდან და გარედან მოპირკეთებულია შირიმის კვადრებით. გვიანდელი შეკეთების დროს აღდგენილი ნაწილები აგურისაა.



ტაძრის გეგმას საფუძვლად უდევს ჯვარი, რომლის სამი, ერთმანეთის ტოლი მკლავი ნახევარწრიული აბსიდით მთავრდება და ქმნის ე. წ. ტრიკონქს. უახსილო დასავლეთ მკლავი წაგრძელებულია და აქვს გვერდითი ნაგები, რომლებსაც ელიფსური ფორმის თაღების წყვილი მალით უკავშირდება. თაღები ვარსკვლავისებურ ბოძზეა დაყრდნობილი. შესასვლელი დასავლეთიდან, სამხრეთიდან და ჩრდილოეთიდანაა. საკურთხეველი რომელიც ნახევარწრიულ აბსიდსა და მის წინ მდებარე ბემას მოიცავს, თავდაპირველად სამი საფეხურით იყო შემადგენელი. საკურთხევლის გვერდებზე - სამკვეთლო და სადიაკვნეა, რომელთა ზემოთ აბსიდიანი თითო სათავსია. საკურთხევლის, ისევე როგორც განივი მკლავების აბსიდების წინ, კედლის შეღრმავებულ ნაწილში, თითო ფართო და მაღალი თაღოვანი გასასვლელია, მათ ზემოთ კი სამკვეთლოსა და სადიაკვნეს თავზე განლაგებული სათავსების თითო თაღოვანი სარკმელი გამოდის. საკურთხეველში და გვერდის აბსიდებში, სამ-სამი მაღალი თაღოვანი სარკმელია. გვერდის აბსიდების სარკმლები იმდენად მაღლაა, რომ მათი თაღების წვერი კონქის ქუსლის დონეს აღწევს. საკურთხევლის აბსიდში გეგმით ნახევარწრიული და მაღალი თერთმეტი თაღოვანი ნიშია, რომლებიც მღვდელმსახურთა ჩამოსაჯდომად იყო განკუთვნილი. ნიშებს შორის თითო

-

«

»

ნახევარსვეტია, რომლებზედაც ნიშების დამაგვირგვინებელი თაღედია დაყრდნობილი. აბსიდს მთელ სიგრძეზე გასდევს საფეხური. ჩრდილოეთ აბსიდში, სადაც იოსებ ალავერდელის საფლავია, ბოლოებთან, მიჯრით განლაგებული ორ-ორი აბსიდისმაგვარი ნიშია, რომლებსაც ირგვლივ თითო სადა ლილვი ეკვება. ჩრდილოეთ და სამხრეთ მკლავების აბსიდების ორივე კუთხეს, გარკვეულ სიმაღლეზე, ნახევარსვეტი აუყვება, რათა კაპიტელებზე დაყრდნობილია აბსიდის წინ მდებარე გასასვლელების თაღები.

ჩრდილოეთ ფასადი თითქმის მთლიანად მოგვიანებითაა განახლებული. ფასადის აღმოსავლეთ ნაწილში შემორჩენილია სამხრეთ ფასადის ანალოგიური ორი დეკორატიული თაღი. ფასადის შუა ნაწილის ქვედა ნახევარი კედლის საერთო სიბრტყიდან ოდნავ წინაა წამოწეული და სრულიად გლუვია.

დასავლეთ ფასადის უმეტესი ნაწილი, ჩრდილოეთ ფასადის მსგავსად, მოგვიანებითაა განახლებული. ფასადის ქვედა ნაწილის ნახევარზე მეტს გვიანდელი კარიბჭის კორპუსი ფარავს, რომლის დასავლეთ კედელში სამი ფართო შეისრულთაღოვანი ღიობია.

### წუღრუღაშენის ტაძარი

წუღრუღაშენის ტაძარი მდებარეობს ისტორიულ ქვემო ქართლში, ბოლნისის რაიონში, ბოლნისიდან სამხრეთით თითქმის 10 კილომეტრის დაშორებით, რომელიც არქიტექტურულ-მხატვრული ანალიზით XIII საუკუნით თარიღდება.

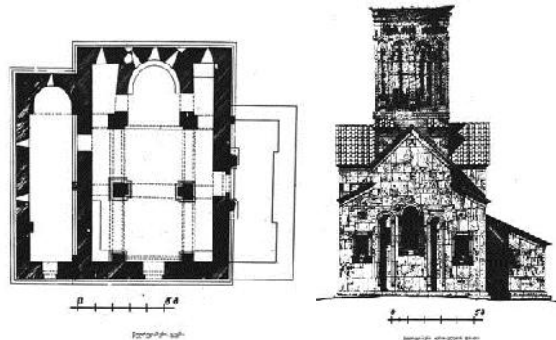
ამჟამად განმარტობითაა ეს ტანწვრილი, მაღალი გუმბათოვანი ეკლესია, რომლის სილუეტი შორიდან მოჩანს.

წუღრუღაშენის ეკლესიის გეგმა მოქცეულია გარეთა სწორკუთხედში.

მისი შიდა სივრცე კი შექმნილია ჯვრის ოთხი მკლავისაგან, რომელთაგან აღმოსავლეთისა და დასავლეთისა გრძელია (პირველი ცოტა მოკლეა მეორეზე), ხოლო დანარჩენი მკლავები მათზე გაცილებით მოკლე და თანატოლია. მათგან მხოლოდ აღმოსავლეთის მკლავი მთავრდება აფსიდით, დანარჩენები სწორკუთხაა. სამხრეთისა და ჩრდილოეთის მკლავები, ორ დანარჩენთაგან განსხვავებით, ორსართულიანია. ამ იარუსების იატაკის დონე ეკლესიის იატაკიდან თითქმის ექვსი მეტრითაა დაშორებული. ზემოთ ასვლა, ალბათ, მხოლოდ მისადგმელი ხის კიბით ხდებოდა, რადგან ზემოთ სართულთან ორგანულად დაკავშირებული კიბის კვალი არ არის და რაც მთავარია, ადგილიც არსად ჩანს. უნდა აღვნიშნოთ ერთი დეტალი: სამხრეთ იარუსის დასავლეთის კედელში არსებობს მცირე ზომის ხვრელები, რომლებიც შეიძლება გამოყენებული იყო შესასვლელად. აქ თუ კარი იყო, ცხადია, მას დამხმარე მნიშვნელობა ექნებოდა, რადგან იგი სამხრეთის კუთხის სადგომის სახურავზე გადის და აქედან ე.ი. გარედან, მხოლოდ მისადგმელი კიბით თუ შეიძლებოდა იქ მოხვედრა.

ვიწრო და მაღალი ცილინდრული გუმბათის ყელი გადახურულია ნახევარსფერული გუმბათით, კედლები კი - ამოყვანილია იშვიათი ოსტატობით შესრულებული, მოყვითალო ქვის კვადრებით, სადაც გაჭრილია ათი ვიწრო და მაღალი სარკმელი. საერთოდ, ამ ხანის ძეგლებისათვის დამახასიათებელია 12 სარკმელი. წუღრუღაშენში ათი სარკმლის არსებობის მთავარი მიზეზი უნდა იყოს გუმბათის ყელის წრეხაზის აბსოლუტური ზომა: კედლების კონსტრუქცია არ მისცემდა ოსტატს სარკმლების რაოდენობის გაზრდის საშუალებას.

გუმბათის ყელის სარკმლები შიგნიდან დამუშავებულია ერთლილვიანი უწყვეტი თაღედით. თვით ცილინდრი ქვედა ნაწილისაგან გამოყოფილია შეწყვილებული ლილვებით, ხოლო გუმბათის ნახევარსფეროსაგან – ლილვით.



როგორც აღვნიშნეთ, ტაძრის გარეთა მასებს არ მოუღწევია ჩვენამდე ყველა შემადგენელი ნაწილით (აკლია ორი კარიბჭე; ძეგლის მთავარი კორპუსის მასები კი შედარებით უკეთაა შერჩენილი, გარდა გუმბათის კონუსისა).

ორსაფეხურიან ცოკოლზე შემდგარ ფასადებს ამთავრებს გუმბათის მაღალი ყელი. ძეგლის მოპირდაპირე ფასადებს ერთნაირი აბრისი აქვს. ფასადთაგან კი ყველაზე მდიდრულად აღმოსავლეთის ფასადია მორთული. ტაძრის აღმოსავლეთის ფასადი მთას ებჯინება და მისი აღქმა მოსახერხებელია ერთ ან ორი მეტრის მანძილზე. ამიტომ ოსტატი ამკობს ფასადის მხოლოდ ქვედა ნაწილს, ე.ი. იმას, რის დანახვაც მოსახერხებელია; ფასადის შუა ნაწილის ზედა სიბრტყეს კი სრულიად ცარიელს ტოვებს.

კედლის სიბრტყეში ჩაკვეთილი სამკუთხა გეგმის მქონე ორი ნიში ყოფს ფასადის ქვედა ნაწილს სამ, თითქმის თანატოლ, მონაკვეთად. ამ ფასადის შედარებით პატარა ზედაპირზე შვიდი სარკმელია მოთავსებული, მაგრამ მათი ზომები და ფორმები ისეა შერჩეული და განლაგებული, რომ არ იგრძნობა.

ადამიანის მიერ წყალშეცვლით გარემომცველი პირობები განსახილველ სისტემაში „ძეგლი-გარემო“ ძალიან დამღუპველად მოქმედებს არქიტექტურული ძეგლების დაცულობაზე. მსგავსი ცვალებადობის მიმართ განსაკუთრებით მგრძობიარეები არიან არქიტექტურული ძეგლების საძირკვლის გრუნტები და მათი ძირითადი მზარდი კონსტრუქციები.

ქვესისტემა „ძეგლის“ ელემენტები შეიძლება იყოს ხელოვნური სამშენებლო მასალების ტანი სხვადასხვა ტექსტურული დონისა. ამ ქვესისტემის ელემენტების განსახილველად მიზანშეწონილია მისი დეკომპოზირება. დეკომპოზიციის საშუალებად არქიტექტურული ძეგლების დეფორმირების მიზეზების შესწავლისას, შეიძლება გამოგვადგეს სტრუქტურული მეთოდი, რაც საშუალებას იძლევა გამოვყოთ ძეგლების არქიტექტონიკაში ამა თუ იმ რიგის სტრუქტურული ბლოკები. შეიძლება გამოვყოთ სამი დონე: I დონე - ელემენტარული ბლოკი; II დონე - ფუნქციური ბლოკი; III დონე - ფუნქციური ბლოკების აგლომერატი.

ამ დონეზევე ვლინდება ძეგლების ურთიერთდამოკიდებულება გარემოპირობების ფაქტორებზე.

არქიტექტურული ძეგლების ურთიერთმოქმედებას ხასიათის დამოკიდებულების გარემოპირობების ფაქტორებთან, ბიოლოგიური ობიექტების ანალოგიებთან შეიძლება გამოვყოს ხისტი და დისკრეტული ტიპები სტრუქტურული ორგანიზაციებისა, ქვესისტემისა - „ძეგლი“. ეს ნიშნავს, რომ ძეგლის დაშლის ეტაპები დამოკიდებულია მისი სტრუქტურების ტრანსფორმაციასთან.

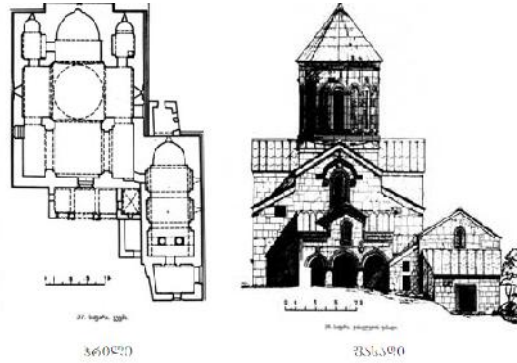
ძეგლის ხისტი სტრუქტურა ნარჩუნდება მდგრადი პირობების გამოვლენისას გარემო პირობების ფაქტორებისა ან მათი სტატიკური ცვალებადობის ფარგლებში. ეს სტრუქტურა ფუნქციონირებს მანამდე, სანამ ფაქტორების მოქმედება ძეგლებზე არ გადალახავს გარკვეულ კრიტიკულ ზღვრებს. თითოეული ძეგლის არსებობის გარკვეულ ეტაპზე ხორციელდება მისი სტრუქტურების ხელახლა აღმოცენება, როდესაც თვითრეგულირებისათვის და ადაპტაციისათვის გარემოპირობების ცვალებადი ფაქტორებისას ხისტი სტრუქტურა გადადის დისკრეტულში. კონსტრუქციებში დაძაბულობის რეალიზაციის ხარჯზე სუსტი რგოლის წესით. ასე



ბზარის გაჩენის ხარჯზე ძეგლის ხისტი სტრუქტურა ადაპტირდება შეცვლილ გარემოპირობებთან სისტემაში შემხვედრებულ კავშირების დაუშლელად.

**საფარის წმ. საბას ტაძარი**

წმ. საბას ტაძარი XIII-XIV საუკუნეთა მიჯნის ქართული ხუროთმოძღვრების მნიშვნელოვანი ძეგლია. დასავლეთ საქართველოშიც თითო-ორიოლა თუ მოიძებნება XIII საუკუნის დასასრულის, ან XIV საუკუნის დიდი ნაგებობა.



წმ. საბას ტაძარი, ზარზმის ტაძართან ერთად, ყველაზე დიდია ბექასდროინდელ ეკლესიათა შორის. იგი ერთი პირველთაგანია საქართველოს იმდროინდელ (XIII-XIV საუკუნეთა მიჯნის) ძეგლთა შორისაც, როგორც სიდიდით, ისე მხატვრულ-ხუროთმოძღვრული ხარისხით.

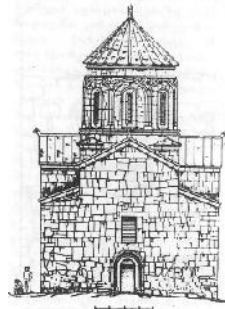
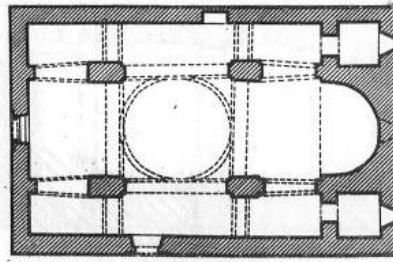
თავის საერთო სახით, გეგმითა და ხუროთმოძღვრული ფორმით, წმ. საბას ტაძარი უახლოვდება თამარისა და გიორგი ლაშასდროინდელ გუმბათოვან ტაძრებს: ბეთანიას, ქვათახევს, ფიტარეთსა და სხვ., მაგრამ განსხვავებაც თვალსაჩინოა. სხვაგვარია შენობის ცალკეულ ნაწილთა ურთიერთშეფარდება. მაგალითად, გუმბათის ყელი აქ ისეთი მაღალი არაა, როგორც ბეთანიასა და ქვათახევში. რამდენადმე შეცვლილია მორთულობისა და ცალკეულ ნაწილთა დამუშავების წესი. აღმოსავლეთის კედელზე (გარედან) აქ აღარაა სამკუთხა ჩაღრმავებული ნიშები შუა სარკმლის მარცხნივ და მარჯვნივ, რომლებიც XI-XIII საუკუნის თითქმის ყველა გუმბათოვან ტაძარში გვხვდება. ნაკლებია სარკმელთა რაოდენობა, რის გამოც ეკლესიის შიგნით იმდენი სინათლე აღარაა, როგორც უფრო ადრინდელ ეკლესიებში. გუმბათის ყელზე ყველა სარკმელი ნამდვილი არაა. არამედ თითქოს გამოშვებით "ყრუ" ანუ ცრუ სარკმლებია გაკეთებული (ასეთი ხერხი საფარის წმ. საბაში პირველად გვხვდება, ამის შემდეგ კი რამდენიმე ხნით ვრცელდება მთელ საქართველოში). გარედან კედლებზე შედარებით მეტია თავისუფალი, მოურთავი სიბრტყე. ეს განსაკუთრებით იგრძნობა აღმოსავლეთის მხარეს. რომელიც ზედ ციცაბო კედლის პირსაა. ამ მხარეს ადამიანი რიგიანად ვერც კი მიუდგება და მორთულობასაც აქ მნიშვნელობა არ ჰქონდა.

წმ. საბას ტაძრის შიგნით, მიუხედავად იმისა, რომ არსებითად არაფერი გადაუკეთებიათ, მაინც იგრძნობა XIX საუკუნის "შელამაზების" კვალი. რუსი ბერების მიერაა დადგმული იკონოსტასი, XIX საუკუნისაა ავეჯიც. იმდროინდელია გარედან ხის ჩარჩოები, კარიბჭის თაღებში ხის კარნიშები და თუნუქის სახურავი, რომლის ქვეშ ძველი "დაფიქლებული" სახურავია.

**ნიქოზის ღვთაების მონასტერი**

სოფელი ზემო ნიქოზი მდებარეობს შიდა ქართლის ვაკეზე, მდინარე დიდი ლიახვის მარჯვენა მხარეს, გორის რაიონში, გორიდან 30 კილომეტრის მანძილზე.

ღვთაების ეკლესიის კომპლექსი მდებარეობს სოფლის ცენტრში, მდინარე ლიახვის მარჯვენა ნაპირზე. კომპლექსში შედის სამი სამი სხვადასხვა დროის ნაგებობა: ღვთაების ეკლესია, სამრეკლო, ეპისკოპოსის სასახლე და გალავანი.

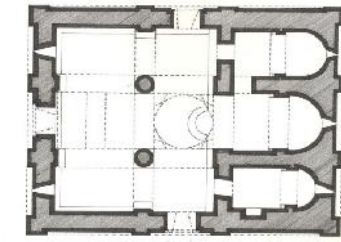


ღვთაების ეკლესია კომპლექსის ცენტრში დგას. პირველი სამშენებლო ფენა თარიღდება V-VI საუკუნეებით. ეკლესია რამდენჯერმე ისეა გადაკეთებული, რომ სამშენებლო ფენების დადგენა გაძნელებულია. მემატიაზე ჯუანშერის ცნობით იგი ვახტანგ გორგასლის დაკვეთით აუგიათ. ნაგებობა თავდაპირველად სამნავიანი ბაზილიკა ყოფილა. მისგან შემორჩენილია აფსიდი, სამკვეთლო და სადიაკონე, ნაღისებრი კბილანა ლავგარდნის ფრაგმენტები (აღმოსავლეთით და სამხრეთით). ეკლესია ამჟამად ჯვარ-გუმბათოვანია (16,7 X 11,15 მ), შიგნით და გარეთ შემოსილია თლილი ქვით. შესასვლელი დასავლეთით, სამხრეთით და ჩრდილოეთით (ამოქოლილია) აქვს. აღმოსავლეთის და დასავლეთის მკლავი დანარჩენთან შედარებით დაგრძელებულია. ოთხივე მკლავში თითო სარკმელია. საკურთხევლის აფსიდის გვერდებზე სამკვეთლო და სადიაკონეა. ორივე სათავსი სწორკუთხაა, გადახურულია კამარით, დასავლეთით შესასვლელი აქვთ - აღმოსავლეთით - თითო სარკმელი. აფსიდის წინ ღრმა ბემაა, რომელიც გვერდებზე დიდი თაღებითაა გახსნილი. დასავლეთის მკლავი კამარით გადახურულ გვერდის ნაგებებს უკავშირდება შეისრული თაღით. გუმბათი აღმოსავლეთ კედლის კუთხეებსა და დასავლეთის კედლის დიდ შვერილ პილონებს ეყრდნობა. გუმბათქვეშა თაღები შეისრული ფორმისაა. გუმბათქვეშა კვადრატულიდან გუმბათის წრეზე გადასვლა აფრების საშუალებით ხდება. გუმბათის ყელში რვა სარკმელია. იატაკი ნატეხი ქვისა და აგურისაა.

ეკლესია შიგნიდან მოგვიანებით შეუღესიათ. შენობა გადახურულია ლორწინით. მარტივპროფილიანი ლავგარდანი გვიანდელია. აღმოსავლეთ ფასადის სარკმელი XIX საუკუნის ბოლოს გაუქმებიათ და მის ნაცვლად მაღალი და განიერი სარკმელი გაუჭრიათ. გაუქმებული სარკმლისგან შემორჩენილია თაღები და თაღებზე აღმართული ჯვარი. სარკმლის თაღი სხივისებრად ნაწყოები ქვებითაა მიღებული. მასაც დეკორატიული თაღებით დამუშავებული თავსართი აქვს. გაგანიერებულია სამკვეთლოსა და სადიაკონის სარკმლებიც. ფასადის მაღალ სარკმელს შემოუყვება ლილვებში მოქცეული არშია, რომელიც გარედან შეწყვილებული ლილვითაა მოჩარჩოებული. ლილვის კაპიტელები და ბაზისები ორნამენტირებულია. სარკმელთან სამი გირჩი და წრეში ჩასმული ჯვარია. დაბალი ცილინდრული გუმბათის ყელი გაწყობილია დეკორატიული თაღებით. შენობისათვის ოთხივე კეხზე მოგვიანებით ქვის ცხვრის თავები დაუდგამთ. ფასადებზე ძნელად გასარჩევი ასომთავრული, ნუსხური და მხედრული წარწერებია. მოგვიანებით არის აგებული ეკლესიის სამხრეთისა და დასავლეთის კარიბჭეებიც. მათ შესასვლელებს წვრილ ლილვებში ჩასმული ჩუქურთმიანი არშია გასდევს. გარედან შეწყვილებულ ლილვებზე წყვილი თაღი გადადის. კაპიტელები და ბაზისები ორნამენტირებულია. სამხრეთ კარიბჭის მარცხნივ ეკლესიის რელიეფური გამოსახულებაა, თაღის ზემოთ ამოკვეთილია ჯვარი წარწერით - „1889 წელი“.

**კოვალეჟი "აღღობა" (შიხიანი)**

აღაზნის აუზში, მის მარცხენა მხარეს, მდ. ინწობის შესართავთან ახლოს, მდებარეობს შიხიანის ("აღღობის") ანსამბლი.



თავდაპირველად აქ მდგარა მცირე ზომის ეკლესია, რომლისთვისაც დასავლეთით საძვლე მიუშენებიათ, ჩრდილოეთიდან გაღვნიტ მცირე ეზო მოუკავებიათ, ეკლესიის სამხრეთით კი ორსართულიანი სამრეკლო აღუმართავთ. უფრო მოგვიანებით დიდი ტაძარი აუგიათ. დარბაზული ეკლესია ნაგებია სხვადასხვა ზომის ფლეთილი ქვით. გეგმით სწორკუთხედს წარმოადგენს, აღმოსავლეთით ნახევარწრიული აბსიდით, რომლის ცენტრში გაჭრილია შიგნით სწორკუთხა, გარედან თაღოვანი სარკმელი. სარკმლის ძირში ტრაპეზის ქვა დგას. აბსიდის კონქი სფერულია. სატრიუმფო თაღი აბსიდის მხრებს ეყრდნობა. კამარის ფორმა დაზიანების გამო არ იკითხება. დასავლეთ კედელში გაჭრილია ვიწრო სარკმელი. სამხრეთი შესასვლელი შიგნით არქიტრაული, გარეთ - თაღოვანია. კარს ნაოთხალები აქვს. ეკლესიის დასავლეთით მიშენებული საძვლე სწორკუთხა სათავეს წარმოადგენს. კამარა აქ მკვეთრად შეისრულია. კამარის საბჯენი თაღი მარტივპროფილიან თაროებს ეყრდნობა. სამხრეთ, დასავლეთ და ჩრდილოეთ კედლებში თითო ვიწრო სარკმელია. შესასვლელი მოთავსებულია სამხრეთ კედელში.

ორსართულიანი სამრეკლოს პირველ სართულს გვირგვინისებრი გადახურვა აქვს. ოთხივე მხარეს გახსნილია თაღებით, რომელთაც შეისრული ფორმა აქვს. მეორე სართული ფანჩატურს წარმოადგენს. აქ თაღები მასიურ სვეტებს ეყრდნობა.

მთავარი ტაძრის გეგმა მოგრძო სწორკუთხედშია ჩაწერილი, ცენტრში აღმართულია გუმბათი, რომელიც ეყრდნობა საკურთხეველის კუთხეებსა და დასავლეთის ორ სვეტს. საკურთხეველი სამი ნაწილისაგან შედგება; ცენტრალური ნაწილი ნახევარწრიულია. ის ბემისაგან განიერი პილასტრითაა გამოყოფილი. ცენტრალურ ნაწილთან კარით შეერთებულია მხოლოდ სამკვეთლო. სამკვეთლოს აბსიდი უფრო ღრმაა წინა ნაწილთან შედარებით. სადიაკვნეში კი პირიქითაა - აბსიდი ნახევარი წრეც კი არ არის. სადიაკვნეს

აღმოსავლეთ კედელში მოყწობილია სწორკუთხა ნიშა. სამივე აბსიდში გაჭრილია თაღოვანი სარკმლები. ეკლესიის დარბაზის ცენტრალურ ნაწილს აგვირგვინებს გუმბათი. ის ტაძრის დიდ სივრცესთან შედარებით ვიწრო და მაღალია. გუმბათქვეშა კვადრატადან

გუმბათის წრეზე გადასვლა აფრების საშუალებით ხდება. გუმბათში გაჭრილია რვა სარკმელი, რომელთაგან ოთხი მოგვიანებით ამოუესიათ. შიდა სივრცის შემქმნელი ჯვრის მკლავები გადახურულია შეისრული კამარებით. თითოეული კამარა ორ-ორ თაღს ეყრდნობა. თითო მათგანი კუთხეებზე გადადის, ხოლო თითოც შუა საყრდენადაა გამოყენებული. ეკლესიას სამი მხრიდან განიერი შესასვლელები აქვს. ისინი გადახურულია

შეისრული თაღებით. ტაძრის ფასადები დანაწევრებულია თაღებით, რომელთა არეებში გამოსახულია ჯვრები.

1971 წელს ძველი გადაიხურა ახალი სახურავით.

### ახტალის მონასტერი

ქვემო ქართლში, მდინარე დეხედის შუა წელზე მდებარეობს ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ქართული მონასტერი ახტალა. მისი ძველი სახელწოდება ყოფილა სპილენძის საბადო, სპილენძის მადანი (სომხურად-პლნძაპანქ), რაც ძველთაგანვე აქ სპილენძის მოპოვება-დამუშავებაზე მიგვანიშნებს.



ახტალის სამონასტრო კომპლექსში ახლა სამი ეკლესია ჩანს: ორი მცირე, დარბაზული ტიპისაა - წმ. გიორგისა და წმ. სამების სახელობისა, მესამე კი ჯვარგუმბათოვანი დიდი ტაძარია ღვთისმშობლის შობის სახელზე აგებული (აღრე ყოფილა კიდევ ეკლესიები წმ. დიმიტრის, წმ. ბასილისა და ივანესი). ტაძარი აგებულია XIII საუკუნეში.

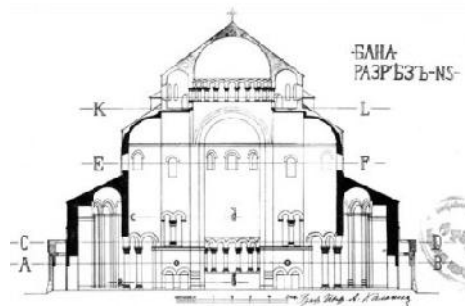
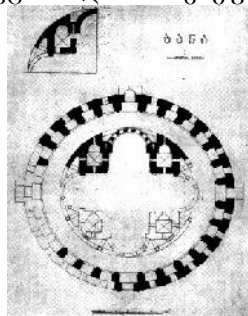
ახტალის მთავარი ტაძრის ხუროთმოძღვრული ანალიზი ადასტურებს, რომ გეგმით იგი წააგავს XII საუკუნის ბოლოსა და XIII ს-ის დასაწყისის ქართულ გუმბათოვან ტაძრებს; ამასვე ემთხვევა დეკორის სისტემა და ფასადების ორნამენტიკა. აღსანიშნავია, რომ მათი ცალკეული ელემენტები და მოტივები უკავშირდება მუსლიმანურ აღმოსავლეთს და სომხეთს. ტაძარს ეს ანიჭებს სპეციფიკურ ხასიათს, რაც ნიშანდობლივია სომხეთთან მოსაზღვრე ამ რაიონისათვის.

ღვთისმშობლის მიძინების სახელობის მონასტერი ამჟამად უმოქმედოა. შიგნით კედლის მხატვრობის მნიშვნელოვანი ნაწილებია დარჩენილი. ძველის კორპუსი მთლიანად გადარჩენილია, მაგრამ გუმბათის ყელი აღარ არსებობს. ტაძარს კარიბჭეები და კაპელები აქვს მიშენებული, გარშემოც რამდენიმე სამლოცველო და დიდი სამსართულიანი კოშკია.

### ბანას ტაძარი

ბანას ტაძარი დღევანდელ თურქეთში, ოლთისის ვილაიეთში, საქართველოს ისტორიულ მხარე იმიერ ტაოში მდებარეობს.

ბანა-პირველი ვერსიით ეს ტაძარი მე-7 საუკუნეშია აშენებული. მეორე ვერსიით 881-923 წლებში აუგია ადარნასე კუროპალატს.



ისტორიული ტაო-კლარჯეთის ტაძრებიდან ქართული კულტურის დიდ შუქურად წარმოგვიდგება ოლთისის წყლის მარჯვენა მხარეს აღმართული დიდებული ტაძარი – ბანა. ვახუშტი ბატონიშვილის თქმით „ეკლესია დიდი, გუმბათოვანი, კეთილმშვენიერ ადგილას მშვენიერად ნაგები“.

ტაძარი მრგვალ ბორცვზეა აგებული. ბანაც მრგვალად აღიქმება, თუმცა რეალურად მრავალწახნაგა იყო.

სამსართულიანი და რთული კომპოზიციის ტაძარი ეკლესიისგან და მრგვალი გალერეისგან შედგებოდა. პირველი სართული 28 წახნაგა გახლდათ, რომელიც მოგვიანებით, სავარაუდოდ XVI საუკუნეში, თურქების შემოსევის დროს გადაუკეთებიათ. ის სამ სართულიანი შენობა იყო, შიგნიდან ერთიანი (სურათი 3, ასევე 1, 2) მისი სიმაღლე 32 მეტრი უნდა ყოფილიყო. ცილინდრული ფორმის გუმბათის ყელით... 9 მეტრი დიამეტრის მქონე დაბალი ყელის გუმბათოვანი გადახურვით. გარშემოწირულობა 40 მეტრზე მეტი (სურათი 4)...

სინათლის მთავარი წყაროც გუმბათი იყო და იგი ეყრდნობოდა არა მარტო ჯვრის ფორმის შიგა სივრცის ჯვრის კუთხეების მთავარ ბურჯებს, არამედ მთელი შენობის კედლებსაც და ერთ მთლიანობაში მონასტრის შენობა მონოლითურად აღიქმებოდა. ქართული ხუროთმოძღვრება მასში იმეორებდა გრანდიოზული სიდიდით ეპოქის ახალ მოთხოვნილებებთან შეფარდებულ ძველ ფორმებს. მოგვიანებით, შემდეგ საუკუნეებში ძველ არქიტექტურას თანდათან ჩაენაცვლა ახალი არქიტექტურული კომპოზიციები. კონსტრუქციული თვალსაზრისით შემცირდა გუმბათის დიამეტრიც და გაიზარდა მისი ყელის სიმაღლე, რის გამოც გუმბათმა სიმსუბუქე შეიძინა, მაგრამ შენობის კომპოზიციაში დომინანტის ფუნქცია დაკარგა. ბანამ კი სწორედ ამ მონოლითურობით გაუძლო შუა საუკუნეთა გამანადგურებელ, დამანგრეველ ომებს და მხოლოდ ბოლო საუკუნენახევრის განმავლობაში იშლებოდა მძარცველთა ხელით.

### 3. დასკვნა

ჩვენს მიერ ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ ძველის კონსტრუქციის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის შეფასების თანამედროვე მეთოდთა არ შეიცავს მუდმივი დაკვირვების, შეფასების, პროგნოზისა და მდგრადობის მართვის სისტემებს, რომლებიც ჩატარდება წინასწარ შემუშავებული პროგრამით. ამისათვის მიმართავენ განცალკევებით ისტორიულ-კულტურული ძეგლის კვლევას, რაც ართულებს დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის შეფასების პროცესს, შესამჩნევად ზრდის ჩატარებული კვლევის შედეგების რეგისტრაციის, შეკრებისა და მიღებული ინფორმაციის შენახვის დროსა და აუარესებს ძეგლის მდგრადობის მართვას. აქედან გამომდინარე პრობლემა მეტად აქტუალურია.

### ლიტერატურა

1. ინტერნეტ გვერდი: [www.dzeglebi.com](http://www.dzeglebi.com);
2. მ. წიქარიშვილი, მ. ვარდიაშვილი მონოგრაფია „ისტორიულ-კულტურული ძეგლების სისტემური მონიტორინგი და დიაგნოსტიკა“, თბილისი 2012 წ. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, გვ. 148

1.

700 1400 / <sup>3</sup>.

25 ÷ 35

[1],

[2,3]

2.

( 150÷300  
 $x=1800 / ^3$   
 [2,3]  
 I-335,  
 $3 \div 5$   
 ( ) 26÷27  
 ( )  
 30%),  
 [4].  
 [5].  
 ( I-467) 9%.  
 $x=250 / ^3$   
 коэффициент теплопроводности  $\lambda \approx 0,04 /$   
 $x \leq 400 / ^3$ ,  $x = 250 \div 300 / ^3$ ,  
 $x \leq 50 / ^3$ , [6],  
 [7]  
 I-467  
 ( )





$$d = 20 \div 40$$

$$1700 \div 1800 / ^3$$

$$d_0 = 1600 \div 1800 / ^3,$$

$$d_0 = 250 \div 450 / ^3,$$

3 . -

$$d=20\div40$$

0,7

1,1

- « »

( ), 0,7  
 ( )  
 300 ÷ 800  
 /<sup>3</sup>.

“ ”,  
 1 2  
 $\rho_0 = 1537 / \text{ }^3$   
 “ ” “ ”

[15].



.1. -h, é- “ ”



.2. “ ”

3.

1. . . . .
2. . . . . VIII . . . . ., 1962 .
3. . . . . I. “ . . . . . , 1962 .
4. . . . . , 1966 .
5. . . . . , 1967 .
6. . . . . , 1964 .
7. . . . . , 1958 .
8. . . . . I-464. . . . . “ . . . . . , 1965 .
9. 464. . . . . “ . . . . . I- . . . . . , 1966 .
10. ( ) . . . . . “ . . . . . ”, . . . . . , 1964 .
11. . . . . ( ) . . . . . , 1969 .
12. . . . . “ . . . . .
13. . . . . 14(326), . . . . . , 1987 .
14. . . . . 1488190. . . . . . . . . . 23, 1989 .
14. . . . . 1447802. . . . . “ . . . . . ” . . . . . 48, 1988 .
15. AP 2015013781. მრავალშრიანი სამშენებლო ელემენტის დამზადების ხერხი. კ. ლოლაძე, მ. ჯავახიშვილი, გ/ სულთანიშვილი, ვ. ლოლაძე

## ქ. თბილისის მუხათგვერდის მეწყრის მდგრადობის შესახებ ბ. არეშიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. 68, 0175,  
თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია ქ. თბილისში, დიდ დიღომში, მუხათგვერდის ფერდობის მეწყრის წარმოშობისა და განვითარების მიზეზები. განსაკუთრებით ხაზი აქვს გასმული მეწყრის მდგრადობის ანგარიშს. თანამედროვე მეთოდით მეწყრის საანგარიშოდ ყველა ბლოკისთვის აიღება გრუნტის შივა ხაზუნისა და კუთრი შეჭიდულობის გასაშუალებელი მნიშვნელობა. სტატიაში ხაზგასმულია, რომ  $\phi$  და  $C$ -ს მნიშვნელობა ცვალებადია და უნდა ვიანგარიშოთ ბლოკები თავისი და  $C$ -ს მნიშვნელობით ცალ-ცალკე.

**საკვანძო სიტყვები:** გრუნტის წყალი, მეწყერი, დიღმის დეპრესია, თიხაფიქლები, ქვიშაქვები, მდგრადობა.

### 1. შესავალი

ქ. თბილისი მიეკუთვნება მთაგორიან მხარეს, ამიტომ როგორც ყველა მთაგორიან ქვეყანაში მეწყერი საკმაოდ ხშირ მოვლენას წარმოადგენს. გამონაკლისი არც ქ. თბილისია. ჩვენ მიერ გამოყენებული იქნა ქ. თბილისში განვითარებული მეწყრები. მეწყერი ეწოდება ქანების დაცურებას ფერდობზე. იგი გამოწვეულია სხვადასხვა მიზეზით. წარმოდგენილ სტატიაში ჩვენ მიერ გამოკვლეულია ქ. თბილისის ერთ-ერთი მეწყერი, რომელიც მუხათგვერდის მეწყრის სახელითაა ცნობილი. სტატიაში დახასიათებულია მეწყერი, მისი წარმოშობის მიზეზები და ასევე მოცემულია მეწყრული ფერდის ანგარიში მდგრადობაზე.

### 2. ძირითადი ნაწილი

დიდ დიღომში ზემოაღნიშნული მეწყერი განვითარდა მუხათგვერდის სასაფლაოსკენ მიმავალ გზაზე, სექტორ №72, მე-14 კვარტალში, ნაკვეთ №005/27-ს მიმდებარე ტერიტორიაზე. იგი დიღმის დეპრესიას ესაზღვრება სამხრეთ-აღმოსავლეთის მხრიდან. ვინაიდან საკვლევი ტერიტორია განეკუთვნება დიდი დიღმის დეპრესიას, ამიტომ მოკლედ შევეხებით დიღმის დეპრესიის გეოლოგიას.

საკვლევი ტერიტორია განეკუთვნება დიდი დიღმის დეპრესიას, რომელშიც აღმოსავლეთის მხრიდან ფრაგმენტულადაა გავრცელებული მდინარე მტკვრის მარჯვენა ნაწილზე ჭალიზედა პირველი ტერასა. დასავლეთის მიმართულებით ქვაბულის შემომსახვრელი ფერდობი თანდათან მალდება და გადადის ბორცვიან მთლიან ზოლში.

თუ როგორ წარმოიშვა დიღმის დეპრესია, ანუ დიღმის ქვაბული, ამ საკითხზე მკვლევარებს შორის ერთიანი აზრი არ არსებობს. უმეტესი თვლის, რომ ქვაბული ტექტონიკურია, რომელიც შემდეგ ამოივსო ძირითადი ქანების დაშლის შედეგად წარმოშობილი დელუვიურ-პროლივიური ნალექებით. ეს ნალექები ქმნის სწორედ დიღმის ვაკეს, რომელიც გადაჭიმულია მდ. მტკვრის ხეობამდე. აღსანიშნავია, რომ ფერდობი, რომელიც ეკვრის დიღმის ვაკეს ჩრდილო-დასავლეთის მხრიდან, საკმაოდ ციცაბოა. თვითონ დიღმის ვაკე ტერიტორიის რელიეფი მეტად მცირე დახრით

ხასიათდება აღმოსავლეთის მიმართულებით. ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ იმეწყრება ძირითადი ქანებისგან შემდგარი მუხათგვერდისკენ მიმავალი ფერდობი. მათი დამეწყრის მიზეზი, უმთავრესად, ანთროპოგენურია. მუხათგვერდის სასაფლაოს განაშენიანებას მოჰყვა საავტომობილო გზის გაყვანა დიდი დიღმიდან სასაფლაოსკენ. ამან ძლიერ შეუწყო ხელი მეწყრების წარმოქმნასა და განვითარებას.

ძირითადი ქანები, რომლისგანაც წარმოდგენილია საკვლევი ტერიტორიის ფერდობები, შედგება მესამეული ასაკის თიხაფიქლებისა და ქვიშაქვების მორიგეობისგან. ვინაიდან ადრეულ ხანაში დიაგენეზისის პერიოდში ტექტონიკური პროცესები მეტად შესუსტებული იყო, აღნიშნულმა ქანებმა ვერ მიიღეს სათანადო

-

«

»

სიმტკიცე. ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ მორიგეობაში აშკარად ჭარბობს თიხაფიქლები. შეფარდება ასეთია 5:1-თან. ორივე ქანი ხასიათდება თხელშრეობრიობით. ტექტონიკურად საკვლევი ტერიტორია მოქცეულია დიდმის სინკლინის ჩრდილო ფერდის ფარგლებში. ქანების ვარდნის აზიმუტია 1700, ხოლო ვარდნის კუთხე 20-300-ს შეადგენს.

ფერდობები, რომლითაც შემოსაზღვრულია დიდმის დეპრესია, ძირითადად წარმოდგენილია მესამეული ასაკის ზედა ეოცენის მაიკოპის სერიით – ოლიგოცენ-ქვედამიოცენური ასაკის ქანებით. მაიკოპის ქანები თავისი შემადგენლობით სამი ნაწილისგან შედგება – ქვედა, შუა და ზედა ნაწილისგან.

მეწყრული სხეული ძირითადად სუბარგილითებით არის წარმოდგენილი.

სუბარგილითები ბუნებრივ პირობებში მოყვითალო-მონაცრისფრო ფერით ხასიათდება. ლითოლოგიურად ისინი თიხებს წარმოადგენს. მათი პლასტიკურობის რიცხვი 17-ზე მეტია, რაც სახსტანდარტის ნორმებით თიხებს მიეკუთვნება. თიხური ფრაქცია ჰიდროქარსებითა და მონტმორილონიტით არის წარმოდგენილი.

ქვიშაქვები მასივში გვხვდება თხელი ფენების სახით (1-2 სმ). ხასიათდება მონაცრისფრო ფერით. მათი ცალკეული მარცვლები შეცემენტებულია თიხური მასალით. თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ ქვიშაქვები თიხაფიქლებთან შედარებით მცირე გავრცელებით სარგებლობს, შეიძლება ითქვას, რომ მასივის ბუნებას ძირითადად თიხაფიქლები გამოხატავს.

მეწყრის გამოკვლევისათვის გაყვანილი იქნა 3 ჭაბურღილი. მათი სიგრძე შეადგენს 32.0 მეტრს. ასევე ხელბურღვით გაყვანილი იქნა 6 ჭაბურღილი 65 მ საერთო სიგრძით. ხელბურღილების გამოყენება გამოწვეული იყო მეწყრის რელიეფის გამო. პრაქტიკულად იმ ადგილებში ავტომანქანის შეყვანა შეუძლებელია.

ჩატარებულმა ბურღვითმა სამუშაოებმა საშუალება მოგვცა დაგვედგინა მეწყრულ უბანზე გავრცელებული ქანების ლითოლოგია და აგველო ნიმუშები გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების დასადგენად. სულ აღებული იქნა გრუნტის 12 ნიმუში. მათი თვისებების განსაზღვრა მოხდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტის ლაბორატორიაში.

ჩვენთვის ყველაზე საინტერესოა მოედნის ფენა წარმოდგენილი ძირითადი ქანებით მესამეული ასაკის სუბარგილითებით, რომლებიც შეიცავს ქვიშაქვების თხელ (2-3 მმ) ფენებს. ამრიგად, მორიგეობაში სიმტკიცე დამოკიდებულია ძირითადად სუბარგილითების სიმტკიცეზე. ამიტომ სუბარგილითების თვისებები დეტალურად იქნა გამოკვლეული. გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ მეწყრს იწვევს ზედაპირული წყლები, რომლებიც ჩაიჟონება გრუნტში და ასუსტებს მას.

სუბარგილითები ლითოლოგიურად წარმოადგენს თიხებს, რომელმაც სახე იცვალა მაღალი ტემპერატურისა და დიდი წნევის ზეგავლენით.

სუბარგილითების მინერალური შედგენილობა კომპლექსურად იქნა გამოკვლეული. შედარებით მსხვილი ფრაქციები გამოკვლეული იქნა პოლარიზაციული მიკროსკოპით, ხოლო თიხური ფრაქციები (ფრაქციები, რომელთა მარცვლის დიამეტრი <0.05 მმ-ზე) შედგების მეთოდით. როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა, ქვიშისა და მტვროვან ფრაქციებში უპირატესობა ენიჭება კვარცსა და მინდურის შპატებს.

ქვემოთ მოგვყავს სუბარგილითების თვისებების გასაშუალებული მნიშვნელობანი:

1. ბუნებრივი ტენიანობა – 16-18% (გაწყლიანებულ ზონაში 30-31%)
2. ბუნებრივი სიმკვრივე – 1.05-2.02 გ/სმ<sup>3</sup>
3. ჩონჩხის სიმკვრივე – 2.72 გ/სმ<sup>3</sup>
4. პლასტიკურობის ზედა ზღვარი – 46%
5. პლასტიკურობის ქვედა ზღვარი – 22%
6. პლასტიკურობის რიცხვი – 21
7. დენადობის მაჩვენებელი – მშრალის -0.21, სველის 0.42

-

«

»

8. შიგა ხახუნის კუთხე დაცურების სიბრტყეში – 50-60

9. კუთრი შეჭიდულობა დაცურების სიბრტყეში – 0.1 - 0.2 კვ/სმ<sup>2</sup>

ცდებმა გვიჩვენა, რომ სუბარგილითები დასველების შემთხვევაში მკვეთრად კარგავს სიმტკიცეს, რაც იწვევს ფერდობზე მეწყრული პროცესების განვითარებას.

არსებული მეწყრის საანგარიშო სქემად ყველაზე უფრო მისაღებია მასლოვ-ბერერის ჰორიზონტალური ძალის მეთოდი. ვინაიდან საქმე გვაქვს ძირითად ქანებთან, მათი დაცურების კონფიგურაციას ყველაზე კარგად გამოხატავს სწორედ მასლოვ-ბერერის მეთოდი. მეწყრის მდგრადობა ნაანგარიშევი ფორმულით:

$$K = \frac{\sum P_i [tg \alpha_i - tg \alpha - \Psi P_i]}{\sum P_i tg \alpha_i} \quad (1)$$

თუ ჩავსვამთ მიღებული მნიშვნელობანი ცხრ. №2.3-ში, ჩვენ მივიღებთ, რომ მეწყრის მდგრადობის კოეფიციენტი  $K=0.7$  რაც ნიშნავს, რომ მეწყერი არამდგრადია და იგი მოითხოვს მეწყრული მასის ადგილზე გამაგრებას. მისი თვისებების გაუმჯობესებით (გამოწვა, ელექტროქიმიური გამაგრება, სილიკატიზაცია და სხვა) ანდა უნდა მივმართოთ ისეთ ღონისძიებებს, როგორცაა ბეტონის საყრდენი კედლის მოწყობა, ნაბურღ-ნატენი ხიმიწვებით მეწყრების გამაგრება და სხვა.

მეწყრული ფერდობის ანგარიში კლასიკური მეთოდით (გასაშუალებული  $\varphi$  და C-თი)

$$\rho = 2.0 \text{ გ/დმ}^3 \quad \varphi = 6^\circ \quad C = 0.1 \text{ კვ/სმ}^2$$

ცხრილი №2.3

ბლოკის №	ბლოკის ზომები, მ	ბლოკის მოცულობა მ <sup>3</sup>	ბლოკის წონა	ბლოკის დახრ ა, α°	tg α	H = γ · tg α	C/P	F <sub>p</sub> =tg α + C/P	Ψ <sub>p</sub> = arctg F <sub>p</sub>	α - Ψ <sub>p</sub>	g(α - Ψ <sub>p</sub> )	E = g · tg(α - Ψ <sub>p</sub> )
1	$\frac{8 \times 10}{2}$	40.0	80.0	38	0.78	62.4	0.10	0.20	12	26	0.5	40.0
2	$\frac{8 + 14}{2} \times 12.5$	138.0	276.0	30	0.58	160.1	0.08	0.18	10	20	0.38	102.0
3	$\frac{12 + 16}{2} \times 13$	182.0	364.0	19	0.34	123.8	0.05	0.15	9	10	0.18	66.0
4	$\frac{16 + 12}{2} \times 13$	182.0	364.0	9	0.16	58.2	0.05	0.15	9	2	0	0
5	$\frac{12 + 8}{2} \times 13$	13.0	260.0	3	0.05	13.0	0.05	0.15	9	6	0.1	-26
6	$\frac{8 + 7}{2} \times 12.5$	94.0	188.0	2.0	0.03	5.64	0.07	0.18	11	9	0.16	-32
7	$\frac{7 \times 12.5}{2}$	44.0	88.0	2.0	0.03	2.64	0.07	0.22	12	10	0.2	-17
						426.0						126

$$K = \frac{T}{H} \quad T = H - E = 426 - 126 - \frac{300}{426} = 0.7 \quad \text{მდგრადობის კოეფიციენტი } K=0.$$

### 3. დასკვნა

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე ნათლად ჩანს, რომ მეწყრის წარმოშობის მიზეზი ზედაპირული წყლებია. ანგარიშში მოცემულია მეწყრის მდგრადობაზე ანგარიში, საიდანაც ჩანს, რომ მეწყრული ფერდობის მდგრადობა ნაკლებია 1-ზე. ეს კი მიგვანიშნებს, რომ აუცილებელია არსებული მეწყრის ხელოვნური გამაგრება.

### ლიტერატურა

1. კერესელიძე დ. - გრუნტების მექანიკისა და ფუძე-სადირკვლები. 1976 წ.
2. ჭოსონელიძე გ. - „გრუნტების მექანიკა“. 2006 წ.

**კონტინენტური დეკორაციების მნიშვნელობა თბილისის  
ლანდშაფტური სივრცეების ფლორისტულ-მხატვრულ  
ბაზორმეზებში**

**ლ. ქურდაძე, მ. ფოჩხუა**

**(სტუ-ს არქიტექტურის, დიზაინისა და ურბანისტიკის ფაკულტეტის  
არქიტექტურისა და ქალაქთმშენებლობის დეპარტამენტი)**

***რეზიუმე:** ლანდშაფტური სივრცის სწორი გააზრება, კონცეფტუალური ფორმირება და მისი დეკორატიულ-მერქნიანი და ყვავილოვან-ბალახოვანი მცენარეებით გაფორმება, უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს წარმოადგენს თანამედროვე ქალაქგეგმარებაში, პარალელურად მწვანე არქიტექტურა განუყოფელი ნაწილია ქალაქის განვითარების, როგორც სტაბილური ეკოლოგიური გარემოს გარანტი.*

***საკვანძო სიტყვები:** ლანდშაფტური არქიტექტურა, რეკრეაციული ზონები, მცენარეთა კულტივირება და ინტროდუქცია, ფიტოდიზაინი, მწვანე მშენებლობა.*

### 1. შესავალი

მწვანე არქიტექტურა თვისობრივ ურთულეს დარგს წარმოადგენს და პროფესიონალურ მიდგომებს საჭიროებს, არქიტექტურული, ბიოლოგიური, აგრარული, ინჟინრული და ეკოლოგიური მეცნიერებების ძირითადი პრინციპების გამოყენებით შესაძლებელია ბაღ-პარკების დაპროექტება და გაშენება, შედეგად კი მაქსიმალური დეკორატიული ეფექტის მიიღება.

თბილისის მასშტაბით სხვადასხვა რეკრეაციული ზონების განვითარებისათვის, ახალი მწვანე კერების შესაქმნელად, ძველი ბაღ-პარკების რეკონსტრუქცია-აღდგენისთვის მნიშვნელოვანია მიმოვიხილოთ და შეძლებისდაგვარად გავიზიაროთ განვითარებული ქვეყნების მაგალითები.

ფლორისტული გაფორმებების ისტორიული მნიშვნელობის შესწავლისა და გაანალიზების, ასევე ამ კუთხით თანამედროვე მიღწევების მხატვრული გაფორმებების განხილვის პარალელურად სამამულო პრაქტიკაში აუცილებელია გამწვანების საკითხებთან დაკავშირებით საკანონმდებლო რეგულიაციების გაძლიერება, სადაც სტანდარტები გაეროს 2012 წლის ვენეციის კონვენციის მიხედვით იქნება განსაზღვრული. მათი შესრულება ჩვენი ქვეყნის ევრო-ატლანტიკური სივრცეებისკენ მიმავალ გზაზე აუცილებელ პირობას წარმოადგენს.

### 2. ძირითადი ნაწილი

თბილისში არსებული გამწვანების და ეკოლოგიური ვითარების ანალიზი.

ბოლო წლებში თბილისის მოსახლეობა მკვეთრად გაიზარდა, რაც გამოწვეულია ქვეყნის რეგიონებიდან მოსახლეობის დედაქალაქისკენ მიგრაციის მაღალი დონით. შედეგად ქალაქი არქიტექტურულ-ურბანული განვითარების ახალი გამოწვევის წინაშე დადგა. კანონმდებლობითი რეგულიაციების არ არსებობის შედეგად სხვა სტანდარტებზე გათვალისწინებულ დასახლებულ უბნებში მოხდა ფართო მასშტაბიანი სამშენებლო ინტერვენცია. განსაკუთრებით მძიმე შედეგები გვაქვს ისტორიული ღირებულების მქონე თბილისის ძველ უბნებში, სადაც პირვანდელი იერსახე პრაქტიკულად ორიგინალურ-სტილისტური კონტექსტიდან არის ამოვარდნილი. ქალაქის რეკრეაციული სივრცე შემცირდა. კომერციული დანიშნულების მქონე ობიექტებისთვის დამატებითი ფართობის მიშენებამ მნიშვნელოვნად შეამცირა ფეხით მოსიარულეთათვის განკუთვნილი ბორდიურები. ბორდიურების უხვმა მოასფალტებამ, მოედნების ეგრეთწოდებულ

-

«

»

კუნძულებად ფორმირებამ, მისმა დაბეტონებამ და ფილაქნით მოპირკეთებამ შექმნა ქალაქის პორტრეტი, სადაც პრაქტიკულად აღარ არსებობს გრუნტოვანი ადგილები ფლორისტულ-მხატვრული გაფორმებებისთვის, რაც საციცოცხლოდ მნიშვნელოვანია ქალაქისთვის.

ამ მხრივ პარალელს თუ გავავლებთ ძველს და ახალს შორის, უდავოა რომ თბილისი განვითარების არცერთ ეტაპზე ქალაქგეგმარების სპეციალისტები დიდ ყურადღებას არ აქცევდნენ ქუჩების გამწვანების საკითხს, რისი დასტურიც თბილისისთვის დამახასიათებელი ვიწრო ქუჩები და ტროტუარებია, აღნიშნულის მიზეზი იყო ის, რომ თბილისში და მის შემოგარენში არსებული უნიკალური ტყეპარკები ქმნიდა იდეალურ ეკოლოგიურ გარემოს ქალაქის მკვიდრთათვის.

მე-20 საუკუნის დასაწყისიდან რეკრეაციულ ზონებშივე ხდებოდა მცენარეული გაფორმებები, სხვადასხვა სახის ყვავილოვან-დეკორატიული ნარგაობების ჩამატებები. დღევანდელი ვითარება კი მკვეთრად განსხვავებულია, საცხოვრებელი მასივების ზრდამ სტიქიურად შთანთქა ქალაქის საგარეუბნო ზონაში არსებული მწვანე ზოლი. ურბანიზაციის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე გარემოს ვიზუალური კვლევა გვიჩვენებს, რომ ამ მიმართულებით ვითარება საკმაოდ მძიმეა. ვაკე-საბურთალოს დამაკავშირებელი ავტომაგისტრალის გაყვანისთვის მხოლოდ მდინარე ვერეს ხეობაში 700 -ზე მეტი ასწლოვანი ხე გაიჩეხა საკომპენსაციო გამწვანების გარეშე. აგრეთვე აუცილებლად უნდა აღინიშნოს დიდმის საცდელი მეურნეობის გასხვისებისა და უმოწყალოდ გაჩეხვის ფაქტი. ამ და სხვა მრავალმა მეცნერულ კვლევას მოკლებულმა ქმედებებმა დედაქალაქში უმძიმესი ეკოლოგიური ვითარება შექმნა.

ალტერნატიული გამწვანების კონცეფცია.

თბილისის გამწვანების მნიშვნელობის გააზრებით და ამ სფეროში არსებულ პრობლემების ანალიზის საფუძველზე, ჩვენს მიერ შემუშავდა ალტერნატიული გამწვანების კონცეფცია, რაც ძირითადი პრობლემის, კერძოდ ქუჩებზე მცენარეთა გაფორმებისთვის გრუნტოვანი ადგილების არ არსებობის აღმოსაფხვრელად არის მიზანმიმართული. ალტერნატიული გამწვანების კონცეფცია გულისხმობს - საფეხმავლო ტროტუარების, მოედნების, მცირე არქიტექტურული ფორმების, ლამპიონების, შენობათა ფასადების და სხვა ადგილების გაფორმებას დახვეწილი, ორიგინალური ფორმის მქონე კონტეინერში მოთავსებული ერთწლოვანი და მრავალწლოვანი მცენარეებით. აღნიშნული კარგად აპრობირებული პრაქტიკა განვითარებულ ქვეყნებში. თუმცა რომელიმე მაგალითის ზუსტი კოპირება დაუშვებელი და მიუღებელია გამომდინარე თბილისის ბუნებრივი ლანდშაფტის, კლიმატის და საზოგადოების ცხოვრების სტილის გამომდინარე. შეიქმნება ინდივიდუალური, ორიგინალური, თავისებური ქალაქის სახე. იდეის განხორციელება თბილისის მაგალითზე ჰორიზონტალური და ვერტიკალური გამწვანების მაღალ დეკორატიულ ეფექტს მოახდენს გარდამავალი პერიოდის მქონე დედაქალაქის იერსახის ფორმირებაში. ამ მხრივ გარკვეული ტენდენციები და მცდელობები შეინიშნება, რაც ერთის მხრივ მისასაღებელია, მაგრამ ხშირ შემთხვევაში დილექტანტურ დონეზეა შესრულებული და მაქსიმალური დეკორატიული ეფექტის მისაღებად პროფესიონალურ მიდგომებს საჭიროებს. მნიშვნელოვანია კონტეინერის დიზაინი იყოს დახვეწილი, ორიგინალური და რაც მთავარია, ჰარმონიულად ერწყმოდეს კონკრეტულ სივრცეს. კონტეინერის ფორმა და ნაკეთობის მასალა (ქვა, ხე, თიხა, პლასტმასი, მეტალი, აგური და ა.შ.) ადგილობრივ არქიტექტურასთან და მცირე არქიტექტურულ ფორმებთან შეხამებული უნდა იყოს. მნიშვნელოვანია, გაფორმებაში გამოყენებული მცენარეების სორტიმენტის გამდიდრება, როგორც დეკორატიულ-მერქნიანი, ასევე ერთწლოვანი და მრავალწლოვანი ყვავილოვან-ბალახოვანი მცენარეებით მითუმეტეს იმის გათვალისწინებით, რომ თბილისის



და მისი შემოგარენის ფლორა საკმაოდ მრავალფეროვანია. აგრეთვე ადგილობრივი კლიმატური პირობები იძლევა საშუალებას მოხდეს სხვადასხვა საზღვარგარეთ კულტივირებული მცენარეების ადგილზე წარმატებული ინტროდუქცია. კონტინენტური დეკორაციებით ქალაქის გაფორმება საშუალებას გვაძლევს სპეციალური კონტინენტის გადატანით მარტივად შევცვალოთ ადგილის დიზაინი მრავალფეროვნებისთვის, აგრეთვე მცენარის დაავადების შემთხვევაში მოსახერხებელი იქნება მისი გადატანა შესაბამის პირობებში შემდგომი რეაბილიტაციისთვის. მნიშვნელოვანია, რომ კონტინენტში ნიადაგი იყოს კომბინირებული, ორგანული და მინერალური სასუქებით დოზირება მოხდეს სწორად, აგრეთვე სარწყავი სისტემა იყოს გამართული და სათანადოდ პასუხობდეს მცენარის ინდივიდუალური ბიოლოგიის მოთხოვნებს.

მცენარეთა სორტიმენტის შედგენისას მისი ადგილობრივი პირობებისადმი მდგრადობის გარდა მნიშვნელოვანია გათვალისწინებული იყოს ის კრიტერიუმები რის მიხედვითაც განისაზღვრება მცენარის მაღალ-დეკორატიულობა. მაგალითად: ყვავილედის ფორმა, დიამეტრი, ფერი, არმატი, ყვავილობის ხანგრძლივობა და სხვა. კონტინენტური დეკორაციებით თბილისის ქუჩების შელამაზებისთვის შეგვიძლია გამოვიყენოთ შემდეგი ერთწლოვანი ყვავილოვანი მცენარეები - *Amarantus coudatus*, *Ageratum*, *Zinnia*, *Pentas*, *Cataranthus*, *Verbena*, *Portulaca grandiflora*, *Callistepus*, *Gomphrena*, *Begonia*, *Celosia*, *Bellis*, *Myositis Viola*, *Dahlia*, *Antirrhinum*, *Canna*, *Mirabilis*, *Tagetes* და სხვა.

მრავალწლოვანი ყვავილოვანი მცენარეები - *Astilbe*, *Hemerocallis*, *Hosta*, *Heuchera*, *Cheiranthus*, *Chrysanthemum*, *Coreopsis*, *Verbena*, *Acanthus*, *Cineraria maritima*, *Aquilegia*, *Delphinium*, *Linaria*, *Echinacea*, *Penstemon*, *Santolina*, *Digitalis*, *Alstroemeria*, *Aethionema eduntulum* და სხვა.

დეკორატიული ბუჩქები - *Lagerstroemia*, *Abelia*, *Lantana*, *Laurus*, *Ligustrum*, *Nerium*, *Laurocerasus*, *Rosa*, *Taxus*, *Lavanda*, *Juniperus*, *Thuja*, *Viburnum*, *Pyracantha* და სხვა.

ისეთი მნიშვნელობის მქონე შენობა-ნაგებობების მიმდებარე ტერიტორიებზე, როგორებიც არის მუზეუმები, ან შენობები სადაც იმართება მაღალი რანგის შეხვედრები, კონტინენტური გაფორმება შეიძლება გამოვიყენოთ ისეთი მაღალდეკორატიულობის მქონე მცენარეებით, როგორიც არის საორანჟერიო და მათი გამოყენება გარე გაფორმებაში შეიძლება მხოლოდ სეზონურად, მაგალითად - *Abutilon*, *Aspidistra*, *Bougenvillea*, *Asparagus*, *Aloe*, *Agava*, *Ficus*, *Arma*, *Cissus*, *Kalanchoe*, *Sansevieria*, *Monstera*, *Dracaena*, *Palmae*, *Phacelia*, *Strelitzia* და სხვა.

ვერტიკალური ანუ ფასადური გამწვანებისთვის კონტინენტის გამოყენებით შესაძლებელია გაფორმდეს გარე უბნებში არსებული, დაბალი არქიტექტურული ღირებულების მქონე, მრავალ სართულიანი კორპუსები სადაც ეფექტური იქნება ხვიარა მცენარეები, მაგალითად - *Clematis*, *Poligonum*, *Lonicera*, *Tecoma*, *Hedera*, *Visteria*, *Trachelospermum*, *Vitis*, *Ampelopsis*, *Parthenocissus*, *Pasiflora* და სხვა.

### 3. დასკვნა

სტატიაში განხილული სამეცნიერო კვლევების და ანალიზის შედეგად მიღებული დასკვნების გათვალისწინების შემთხვევაში მოსალოდნელი შედეგები:

ქალაქის არქიტექტურულ-გეგმარებითი პოლიტიკის განსაზღვრის დროს, გამწვანების საკითხის აქტუალობაზე და მნიშვნელობაზე სხვა დადებით თვისებებთან ერთად მცენარეში არსებული ფიტონციდური შემცველობა

მეტყველებს, რომელიც წმენდს ჰაერს მავნე ელემენტებისგან და ფუნქციურად ეკოლოგიური გარემოს ოპტიმიზაციას უწყობს ხელს.

დეკორატიული ნარგაობები აუმჯობესებენ მიკროკლიმატურ და სანიტარულ პირობებს, არეგულირებენ ადგილობრივ კლიმატს, ჰაერის ტენიანობა მატულობს, ქარის სიძლიერე მცირდება, ხდება ხმაურის მნიშვნელოვანი ჩახშობა, დასახლებული უბნები დაცულია სხვადასხვა მავნე ეკოლოგიური ფაქტორებისგან. ბალახოვანი საფარი მტვრისგან დაცვის საუკეთესო საშუალებაა და მის გაფანტვას უშლის ხელს, ცნობილია რომ 35% მწვანე მოლის საფარი მტვრის გაფანტვას 50% -ით აფერხებს, ხოლო გამწვანების 65%-იანი ბალახის საფარი 95% -ით, ასევე მას გააჩნია უნარი აირეკლოს ულტრაიისფერი სხივების 2%, ლურჯის - 6%, მწვანის - 15%, წითლის - 17%, მუქი წითელის - 25%, მხოლოდ ინფრაწითელი სხივების 40%.

თანამედროვეობა რომელშიც ჩვენ ვცხოვრობთ განიხილება როგორც ტექნოლოგიების სწრაფი განვითარების ეპოქა, რომელიც ამა თუ იმ პროფესიის მოქალაქეებისგან სამსახურეობრივი მოვალეობის შესრულების დროს მოითხოვს დაძაბულ სამუშაო გრაფიკს, რაც ხშირ შემთხვევაში იწვევს გადაღლილობას და სტრესს. მრავალფეროვან მცენარეულობას, შერჩეულს და ერთმანეთთან შეხამებულს, ვარჯის ორიგინალური ფორმით, ყვავილებით, ფოთლებით, აგრეთვე ნაირ-ფერად ვარდ-ყვავილნარებს და ზურმუხტოვან მწვანე მოლს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებაში. მწვანე ნარგაობებთან ახლო კონტაქტი და ამ გარემოში ყოფნა იდეალურია განტვირთვა-რელაქსაციისთვის, ამადლებს გუნება განწყობილებას და მატებს ადამიანს ქმედითუნარიანობას. ფასდაუდებელია მცენარეთა როლი ჩვენს სამუშაო, თუ საცხოვრებელ გარემოში.

### ლიტერატურა

1. შ. ისაკაძე, დეკორატიული დაბალბალახოვანი ადგილობრივი მცენარეები, თბილისი 2005.
2. ი. ხმალაძე, გამწვანების საფუძვლები, საქართველოს კბცკ-ის გამომცემლობა თბილისი 1961.

## მრეწველობის მენეჯმენტი განვითარების მიკროეკონომიკური პრობლემა

გ. ტყეშელაშვილი ზ. კუპატაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, 0175 თბილისი საქართველო.)

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია მრეწველობის განვითარების მიკროეკონომიკური პრობლემები. აღნიშნულია, რომ საწარმოთა ამჟამინდელი მმართველობითი აპარატი, მოძველებული მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა და დაბალკვალიფიციური პერსონალი თანამედროვე მოთხოვნებს ვერ აკმაყოფილებს. მითითებულია, რომ მენეჯმენტის გასაჯანსაღებლად უპირველეს ეტაპად საჭიროა რესტრუქტურისაციის ჩატარება, რომელიც უზრუნველყოფს მართვის დირექტიული მეთოდების ჩანაცვლებას ეკონომიკური მეთოდებით. აუცილებელია ამ სფეროში საზღვარგარეთის გამოცდილების ადაპტირება ჩვენს პირობებში, რომელიც ცხადყოფს მრავალი კომპანიის რეორგანიზაციას დეცენტრალიზაციის მიმართულებით.

**სკვანძო სიტყვები:** ეკონომიკა; მრეწველობა; მიკროეკონომიკა; რესტრუქტურისაცია.

### 1. შესავალი

ჩვენი ქვეყნის მრეწველობა ეკონომიკის სხვა დარგების მსგავსად მძიმე კრიზისულ მდგომარეობაშია. სახეზეა წარმოების, როგორც რაოდენობრივი, ისე ხარისხობრივი მჩვენებლების მკვეთრი დაცემა, საწარმოო სიმძლავრეების და პერსონალის ქრონიკული დაუტვირთაობა.

მრეწველობის განვითარების ერთ-ერთი მიკროეკონომიკური პრობლემა, უშუალოდ საწარმოთა მართვის დონეზეა, მათი ამჟამინდელი მმართველობითი აპარატი, დაბალკვალიფიციური პერსონალი, მოძველებული მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა და თვითდინებაზე მიშვებული ოპერაციები, ჩვენი დროის მოთხოვნებს ვერ აკმაყოფილებს.

სამრეწველო საწარმოებში ამჟამად შექმნილი სიტუაცია სპეციფიკურ მიდგომებს მოითხოვს, რომლებიც გამიზნული იქნება უშუალოდ მიკროეკონომიკური სუბიექტების გააქტიურებისაკენ. სამამულო მრეწველობის აღორძინება, მხოლოდ კონკრეტული სამრეწველო ერთეულების (სამრეწველო საწარმოების) გამოცოცხლებას შეუძლია, რაც თავის მხრივ, ამ უკანასკნელთა მენეჯმენტის საფუძვლიანმა გაუმჯობესებამ უნდა უზრუნველყოს.

### 2. ძირითადი ნაწილი

საწარმოთა მენეჯმენტის უპირველეს ეტაპად უნდა დაისახოს მათი რესტრუქტურისაცია. მან უნდა უზრუნველყოს მართვის დირექტიული მეთოდების ეკონომიკური მეთოდებით ჩანაცვლება, მუშაკთა შრომის მოტივაციის ამაღლება, საწარმოს მოქნილობის და ადაპტირების მაღალი დონე, ნოყიერი ნიადაგის შექმნა მმართველობითი, ტექნოლოგიური და სხვა ინოვაციებისათვის.

აღსანიშნავია, რომ რესტრუქტურისაცია რეგიონის ზოგიერთ საწარმოში უკვე დაიწყო, მაგრამ ე.წ. “ჭარბი ქონების” რეალიზაციის ან კონსერვაციის, ზოგჯერ კი მსხვილ საწარმოთა მექანიკური დანაწევრების ნიშნით მიმდინარეობს. მას თან ახლავს შინაგანი სტრუქტურული ცვლილებები მენეჯმენტის ორგანიზაციულ სისტემებში, რის გარეშეც სტრუქტურულ დანაწევრებას პოზიტიური შედეგები არ მოაქვს. უცილებელია საზღვარგარეთ ამ სფეროში დაგროვილი შესაბამისი გამოცდილების ადაპტირება ჩვენს პირობებში, ცხადია, საქართველოს სპეციფიკის გათვალისწინება. უცხოური გამოცდილების შეწავლა

-

«

»

კი ცხადყოფს, რომ ბოლო ათწლეულების მანძილზე, დასავლეთის მრავალი კომპანიისათვის დამახასიათებელი იყო ფართომასშტაბიანი რეორგანიზაციები დეცენტრალიზაციის მიმართულებით, რაც გამოიხატება შემდეგში:

1. სტრუქტურული ქვედანაყოფები გადადიან თვითანაზღაურებადი საწარმოო ერთეულების – ე.წ. “მოგების ცენტრის”, ანუ “სტრატეგიული სამეურნეო ცენტრების” - რანგში. ისინი ფუნქციონირებენ, როგორც საკმაოდ დამოუკიდებელი და მოქნილი მცირე ფორმები;
2. უშუალოდ საწარმოო და სხვა ოპერაციების დონეზე იქმნება ჯგუფური და ბრიგადული სტრუქტურები. თითოეული ასეთ მცირერიცხოვან ჯგუფში (არაუმეტეს 15-20 კაცის შემადგენლობით). რეალურადაა შემცირებული მუშაკის გაუცხოების ხარისხი საკუთარი შრომის შედეგებთან და პროცესებთან.
3. ფართოდ გავრცელდა მოწყობილობათა განლაგების შესაბამისი ე.წ. “უჯრედული” ფორმა, რაც გულისხმობს ტექნოლოგიურად დასრულებული ნაკეთობის (მზა ნაწარმი, კვანძი) წარმოებისათვის საჭირო ყველა მანქანა-მოწყობილობის და ნედლეულის, აგრეთვე ყველა მუშაკის ერთად დაჯგუფებას, რითაც მუშაკთა თითოეული რგოლი მთლიანად პასუხისმგებელი ხდება კონკრეტული კვანძის ან ნაკეთობის დამზადებაზე.
4. ინოვაციური საქმიანობის გააქტიურების მიზნით გამოიყენება შიდასაფირმო მეწარმეობის ანუ ინტრაპრენერობის სხვადასხვა ფორმები. ცალკეულ თანამშრომელთა პოტენციურად ფასეული სამეცნიერო-ტექნიკური იდეების მომგებიან საქმიან პროექტებად რეალიზებისათვის იქმნება ვენჩურული ფონდების ქსელი. ასეთი ტიპის რეორგანიზაციების შედეგია მსხვილი სამრეწველო კომპანიის აგება ავტონომიური ქვედანაყოფების დეცენტრალიზებული კონგლომერატის სახით, სადაც უზრუნველყოფილია საშუალო რგოლის მენეჯერთა მოტივირების მაღალი ხარისხი და შენარჩუნებულია მჭიდრო კონტაქტები მენეჯერთა და უშუალო შემსრულებლებს შორის. საბოლოო ანგარიშით მიიღწევა თითოეული ქვედანაყოფის დაინტერესების ზრდა და აქედან გამომდინარე მთელი კომპანიის მართვის დინამიურობის და ოპერატიულობის მაღალი დონე.

ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს ის ფაქტი, რომ რექსტრუქტურისაცია (პრივატიზაციასთან ერთად) სამრეწველო საწარმოთა მართვის რეფორმის აუცილებელი, თუმცა მხოლოდ საწყისი ეტაპია. მას უნდა მოჰყვეს ძირეული ცვლილებები მართვის მოქმედ პრაქტიკაში, განსაკუთრებით ისეთი მიმართულებით, როგორცაა ტექნოლოგიური განვითარება, მარკეტინგი, მუშათა სტიმულირების სისტემა და დაგეგმვის მექანიზმი.

მრეწველობის განვითარების ერთ-ერთ ძირითად პრობლემად წარმოების დაბალი ტექნიკური დონე გვევლინება. მისი ჩამორჩენილობის ძირითადი მიზეზი უკანასკნელი 10-15 წლიან პერიოდში მუშა-მანქანების და მოწყობილობების პარკის განუახლებლობა უნდა მივიჩნიოთ. საწარმოთა სტაგნაციის გავლენით არსებული მაღალმწარმოებლური მოწყობილობების უმეტესობა ჩამოიწვრა და ჯართის სახით ექსპორტირებულ იქნა, ხოლო დარჩენილ მოწყობილობებს თითქმის არ ჩატარებიათ კაპიტალური რემონტი და მოდერნიზაცია. ყოველივე ამის გამო, საწარმოთა უმეტესობაში, ძირითად მოწყობილობათა საშუალო ასაკი 20-25 წლიანი პერიოდით განისაზღვრება. ყოველივე ამის გამო, ვერ ხერხდება მსხვილსერიული და მასიური წარმოების ორგანიზება, რამდენადაც დამზადებული პროდუქცია მაღალი თვითღირებულებისაა, ხოლო პროდუქციის ხარისხობრივი პარამეტრები, მნიშვნელოვნად ჩამორჩება შესაბამის უცხოურ ანალოგებს. ხარისხობრივი პარამეტრებით, ქართული მრეწველობის პროდუქცია ვერ შეედრება არა მარტო ბელგიურ, იტალიურ, ფრანგულ და სხვა განვითარებულ

-

«

»

ინდუსტრიულ სახელმწიფოებში წარმოებულ პროდუქციას, არამედ იგი შეუსაბამობაშია პოსტსაბჭოთა სივრცეში წარმოებულ პროდუქციის ხარისხობრივ პარამეტრებთანაც. ამიტომაც ის არ გაიტანება ექსპორტზე. ამასთან ადგილობრივ მოსახლეობაშიც იმპორტირებული პროდუქციის ხვედრითი წილი, მოხმარების საერთო რაოდენობაში ძალიან მაღალია, ექსპერტების შეფასებით, დაახლოებით 60-70%-ით წარმოების ტექნიკური დონის ჩამორჩენილობა სამრეწველო საწარმოებში ბუნებრივია იწვევს გამოყენებული ტექნოლოგიის ჩამორჩენასაც. ამასთან ნაკლებად ხორციელდება გამოშვებული პროდუქციის დიზაინური დამუშავება და საკუთარი სტილის შეთავაზება მომხმარებლებისათვის.

ტექნიკური დონის ამაღლება დღეისათვის შეუძლებელია თანამედროვე გამოთვლითი ტექნიკის - პერსონალური და ჯგუფური მოხმარების კომპიუტერებს გარეშე. მისი გამოყენებით შესაძლებელია არა მარტო ეკონომიკური გაანგარიშებების სწრაფი განხორციელება, არამედ ნაწარმის კონსტრუქციის ოპტიმალური ვარიანტების, ინდივიდუალური კომპლექსის შემადგენლების, საამწიფო ერთეულების სხვადასხვა კომბინაცია არსებული პირობების გათვალისწინებით, ტარისა და შეფუთვის ეკონომიკური ვარიანტის ამორჩევა და სხვა მრავალი.

გამოთვლითი ტექნიკის გამოყენებითაა შესაძლებელი თანამედროვე პროგრესული ავტომატური მართვის ჩარხების გამოყენებაც, რომელიც საშუალებას იძლევა მიუხედავად ჩარხების მაღალი ღირებულებებისა, მასზე დამზადდეს სხვადასხვა ნომეკლატურის პროდუქცია მცირე პარტიებად, დაბალი ხვედრითი დანახარჯებით.

წარმოების ტექნიკური დონის ამაღლების საფუძვლად, კონკრეტულ შემთხვევაში დამუშავების კონკრეტული მეთოდის შერჩევა და მისი პრაქტიკულად მიღწევის ტექნიკური შესაძლებლობები გვევლინება.

მცირე და საშუალო ბიზნესის სტანდარტები სხვადასხვა ქვეყნებში სხვადასხვაა და ისინი ეკონომიკის ძირითად შემადგენლებს წარმოადგენენ.

საქართველოს კანონმდებლობით, მიუხედავად პრაქტიკაში “მცირე და საშუალო ბიზნესის” მცნებათა ხშირი გამოყენებისა, ნორმატიულად არ იმიჯნება ბიზნესი შესაბამის კატეგორიებად და მისი ხმარება ძალზედ პირობითია.

მხოლოდ საქართველოს საგადასახადო კოდექსი აფიქსირებს “მცირე ბიზნესის გადასახადს”, საიდანაც ირკვევა, რომ საქართველოს ოფიციალური სტრუქტურები “მცირე ბიზნესს” მიაკუთვნებენ იმ საწარმოებს, რომელთა წლიური შემოსავალი არ აღემატება 100 000 ლარს და ამასთან არ გამოიყენება დაქირავებული შრომა, ანუ მცირე ბიზნესის წარმომადგენლებად ითვლებიან ის ეკონომიკური სუბიექტები, რომლებშიც არ ხდება მუშა-მოსამსახურეთა დაქირავება და ამ ობიექტთა წევრები შეიძლება იყოს მხოლოდ ინდივიდი და მისი ოჯახის წარმომადგენლები, თუ ისინი ერთობლივად ახორციელებენ სამეწარმეო საქმიანობას.

მსხვილ ბიზნესთან შედარებით, მცირე და საშუალო ბიზნესის ეფექტურად მუშაობას განაპირობებს რიგი უპირატესობანი; ამათგან უმთავრესია ადგილობრივ ბაზართან სიახლოვე და მომხმარებელთა მოთხოვნილებაზე სწრაფი ადაპტირების უნარი. პროდუქციის მცირე პარტიებად წარმოება, რაც არამომგებიანია მსხვილი საწარმოებისათვის. ადგილობრივი ნედლეულის სრული გამოყენების უნარი; მენეჯმენტში ზედმეტი რგოლების გამორიცხვა და მართვის გამარტივება.

მცირე ბიზნესის ფუნქციონირებას ამავე დროს აქვს ეკონომიკის საერთო გაჯანსაღებისკენ მიდრეკილება, რამდენადაც აქ ყველაზე სრულყოფილად გამოიყენება თავისუფალი კონკურენცია, იქნება დამატებითი სამუშაო ადგილები. მცირე და საშუალო ბიზნესით ამოივსება ბაზრის დეფიციტური ადგილები,

სრულად ხორციელდება ადგილობრივი შრომითი და მატერიალური რესურსების გამოყენება.

მცირე და საშუალო ბიზნესის განვითარება ყველა ინდუსტრიულ ქვეყანაში გამოირჩევა მხარდაჭერით, რაც მიუთითებს ამ ბიზნესის როლზე ქვეყნის წინაშე მდგარი სოციალურ-ეკონომიკური ამოცანების გადაჭრის გზაზე. ეს სისტემა თანაბრად მომგებიანია ქვეყნის ეკონომიკისათვის მთლიანად და თითოეული მცხოვრებლებისათვის. ეს უკანასკნელი სახელმწიფოს მხრიდან გამოიხატება რიგი ღონისძიებების გატარებით ამ მიმართულებით, რომელთაგან უპირველესად გამოიყოფა შეღავათები გადასახადებში; საქმის წარმოებისა და ბუღალტრული აღრიცხვის გამარტივებულ სქემებში; ინვესტიციურ მხარდაჭერაში, ინფორმაციული უზრუნველყოფის გამარტივებაში და ა.შ.

საქართველოში მცირე და საშუალო ბიზნესისადმი საგადასახო მხარდაჭერა არ არსებობდა და ასეთი პოლიტიკა დღესაც გრძელდება.

ახალ საგადასახადო კოდექსში, საერთოდ არ არის ნახსენები მცირე ბიზნესის გადასახადი. აქ ჩამოთვლილია, მხოლოდ ის ფიზიკური პირები, რომლებიც არ იყენებენ დაქირავებულ პირთა შრომას და დამოუკიდებლად ახორციელებენ მხოლოდ “ეკონომიკური საქმიანობის სახეების ეროვნული კლასიფიკატორის” შესაბამისად განსაზღვრული ეკონომიკური საქმიანობიდან ერთ-ერთს” (მუხლი 168, 1 ნაწილი, “ლ” ქვეპუნქტი). ასეთი სახის საქმიანობას კი მიეკუთვნება მხოლოდ სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მოყვანა, ინდკერვა და ა.შ.

მცირე ბიზნესი, ჩვენი ქვეყნის მრეწველობის განვითარებაში, დღესდღეობით ვერ პასუხობს მოთხოვნებს, ეს აისახება წარმოების საერთო დაცემით და საწარმოო კავშირის გაწყვეტით. ამასთან მცირე ბიზნესისადმი სახელმწიფო მხარდაჭერა აშკარად არასაკმარისია, თუმცა დეკლარირების დონეზე მისადმი დახმარება გათვალისწინებულია. მსოფლიო გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ მცირე ბიზნესისადმი სახელმწიფო დახმარების გარეშე, ამ სფეროს განვითარება შეუძლებელია.

გასული საუკუნის 80-იანი წლებიდან უცხოეთში ფართო მხარდაჭერით სარგებლობს მცირე და საშუალო ბიზნესი.

მცირე ბიზნესის ორგანიზება განსაკუთრებით ეფექტური აღმოჩნდა ინოვაციური პროცესების საქმეში, მშენებლობასა და რემონტში, სამომსახურეო და სავაჭრო სფეროში, აგრეთვე ავეჯის წარმოებასა და მუსიკალური ინსტრუმენტის დამზადებაში, მსუბუქ - განსაკუთრებით სამკერვალო წარმოებაში და ა.შ. გამოცდილებით გამოვლინდა, რომ მცირე საწარმოები მოითხოვენ შემდეგი სახის მხარდაჭერას.

- ფინანსური დამხარება, გამოხატული რისკის მაღალი დონის მქონე კაპიტალის წყაროების ხელმისაწვდომობაში;
- მატერიალურ-ტექნიკური დახმარება, გამოიხატება შეღავათიან ფასებში შენობა-ნაგებობების, ტექნიკის და სამეცნიერო-ლაბორატორიული მოწყობილობების შეძენაში;
- ინფორმაციული დახმარება, გამოიხატება ინფორმაციული ქსელის შეღავათიან ფასად გამოყენებაში, ტექნიკური ბიბლიოთეკების და მონაცემთა ბანკებთან ხელმისაწვდომობაში.

კონსულტაციური დახმარება, გამოიხატება უფასო სკოლების ორგანიზებაში, მცირე ბიზნესის მწეჯმენტის, ბუღალტრული საქმის წარმოების, საგადასახადო სისტემის შესწავლის, მარკეტინგის, დაგეგმვის და ა.შ. უახლეს მეთოდთა სწავლებაში.

### 3. ღასკვნა

ჩვენს ქვეყანაში მცირე სამრეწველო საწარმოები განიცდიან უმეტესად შემდეგ წინააღმდეგობებს:

- ძირითადი პრობლემაა არასაკმარისი რესურსული ბაზა, როგორც მატერიალურ-ტექნიკური, ასევე ფინანსური;
- შემდეგ პრობლემად უნდა ჩაითვალოს საკანონმდებლო ბაზა, რომელიც რბილად, რომ ვთქვათ, არასაკმარისია.

თანამედროვე მაღალი ტექნოლოგიების მცირე და საშუალო ბიზნესის სფეროში დანერგვა მოითხოვს მნიშვნელოვან ინვესტიციებს, რომელთა მოზიდვა ერთის მხრივ - გაძნელებულია და მეორეს მხრივ, არ არსებობს ამ ინვესტიციათა დაცვის რეალური გარანტიები, შესაბამისი საკანონმდებლო ბაზის არასრულყოფილების გამო.

შემდეგ პრობლემას წარმოადგენს კადრები. სამრეწველო საწარმოებში დასაქმებულნი არიან ის კადრები, რომლებიც წარმატებით ართმევდნენ თავს საწარმოთა გაძღოლას დირექტიული ეკონომიკის პირობებში, მაგრამ ახალ საბაზრო ურთიერთობათა ათვისება უჭირთ, ნაკლებად რეაგირებენ ბაზრის კონიუქტურაზე და ახალ მოთხოვნებზე.

### ლიტერატურა

1. ტყეშელაშვილი გ. და სხვ. ფირმის მენეჯმენტი. თბ. სტუ. 2014. 323 გვ;
2. საქართველოს სტატისტიკური წელიწადეული 2014. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური. თბ. 2015. 274 გვ;
3. რ. მეტრეველი, კავკასიური ცივილიზაცია მსოფლიო გლობალიზაციური პროცესების კონტექსტში. თბ., 2009. გვ. 3-28
4. ისმაილოვი ე., პაპავა ვ. ცენტრალური კავკასია: გეოპოლიტიკური ეკონომიის ნარკვევები. თბილისი, 2007. გვ. 167
5. . . . 1987 . . . , 1988 . . . 14, 44.



**ანჰიდრიტული ცემენტების  
ბამოყენების პარამეტრები საქართველოში**

**თ. გაბადაძე, ი. სულაძე**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ.კოსტავას ქ.77, 0175,  
თბილისი, საქართველო)

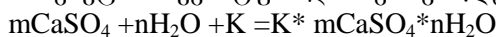
**რეზიუმე:** ნაშრომში განხილულია მშენებლობის გარკვეულ არეალებში პორტლანდცემენტის და მისი სახეობების შემცველი დაბალენერგოტეკვადი მასალის – ანჰიდრიტული ცემენტის მიღების, თვისებათა კვლევის და გამოყენების საკითხები. საკუთარი კვლევებით მიღებული დიდი მოცულობის შედეგების საფუძველზე ნაჩვენებია, რომ შესაძლებელია მაღალი ფიზიკო-მექანიკური მაჩვენებლების (მარკა 300, 400, 500 და მეტი) მქონე ანჰიდრიტული ცემენტების მიღება საქართველოს როგორც ბუნებრივი (თაბაშირის ქანები, გაჯი და სხვ.) ნედლეულის, ასევე კალციუმის სულფატ შემცველი წარმოების ნარჩენების ბაზაზე. ფიზიკო-ქიმიური კვლევების საფუძველზე გამოთქმულია მოსაზრება ანჰიდრიტული ცემენტების გამაგრების მექანიზმზე, ამ პროცესში კატალიზატორების როლზე და მათი აქტივობის რიგზე. ჩატარებული საწარმოო გამოცდების საფუძველზე ნაჩვენებია, რომ ანჰიდრიტული ცემენტი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას სამშენებლო დეტალების და წყობის ხსნარების დამზადებისათვის. იგი ექვემდებარება კედლების შეღესვის ოპერაციის მექანიზაციას (განსხვავებით გაჯისაგან). შესაძლებელია მისი გამოყენება სამთო გამონამუშევრებში სიცარიელეთა შევსების და ნახშირის აალების საწინააღმდეგო ფენების შექმნისათვის.

**საკვანძო სიტყვები:** ანჰიდრიტი, კატალიზატორი, ალუნიტი, კალციუმის სულფატის დიჰიდრატი.

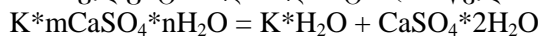
**1. შესავალი**

ანჰიდრიტული ცემენტის ძირითადი კომპონენტია მინერალი ანჰიდრიტი (კალციუმის უწყლო სულფატი CaSO<sub>4</sub>). მის მისაღებად შეიძლება გამოვიყენოთ ბუნებრივი თაბაშირი, სხვადასხვა წარმოების თაბაშირ შემცველი ნარჩენები (ბორთაბაშირი, ფოსფოთაბაშირი, ციტროთაბაშირი, გოგირდოვანი აირების დაჭერით მიღებული პროდუქტები და სხვ.), ბუნებრივი ანჰიდრიტი, თიხიანი თაბაშირი (გაჯი). მიღების ძირითადი ტექნოლოგიური პროცესებია გამოწვა 973-1173K, დაფქვა გამაგრების კატალიზატორთან ერთად ან მის გარეშე. განსხვავებით სამშენებლო თაბაშირისაგან, მას აქვს შეკვრის უფრო ხანგრძლივი ვადები და დროში სიმტკიცის ზრდის ტენდენცია (მსგავსად პორტლანდცემენტისა), რაც აფართოებს მშენებლობაში მისი გამოყენების არეალს.

როგორც ბუნებრივი, ასევე გამოწვით მიღებული ანჰიდრიტი წყალთან პრაქტიკულად არ ურთიერთქმედებს (არ მაგრდება). ჯერ კიდევ ვანტ-ჰოფი (1905 წელს) აღნიშნავდა, რომ “ანჰიდრიტის გარდაქმნა დიჰიდრატში მიდის ისე ნელა, რომ იგი პრაქტიკულად არ მიიღება მხედველობაში და ვლინდება მხოლოდ გეოლოგიურ პროცესებისას”. მჭიდრო თვისებების (შეკვრა, გამაგრება) სწრაფი გამოვლენა შესაძლებელია მხოლოდ გამაგრების სხვადასხვა “ამგზნებებთან” კატალიზატორებთან ერთობლიობაში. ეს რეაქცია სქემატურად ასე შეიძლება გამოვსახოთ:



წარმოიქმნება რთული ორმაგი ჰიდრატი, რომელიც შემდგომ იშლება და წარმოიქმნება კალციუმის სულფატის დიჰიდრატი (ორწყლიანი თაბაშირი)



სწორედ იგია სიმტკიცის მატარებელი ნაერთი. ძალზე საინტერესოა, რომ კატალიზატორი K (სხვადასხვა მარილი, რომელიც ემატება ანჰიდრიტს მცირე, 0,5-3% ოდენობით მისი მასიდან), შეკვრის პროცესის დამთავრების შემდეგ გამოდის



-

«

»

რეაქციიდან და გამაგრების პროცესებში აღარ მონაწილეობს. ფიზიკურად ეს სწრაფად ვლინდება კატალიზატორის გამოყოფაში ნაკეთობის ზედაპირზე მის ფორმებში განვითარებული ოსმოსური წნევის შედეგად.

## 2. ძირითადი ნაწილი

ანჰიდრიტულ ცემენტს ხანგრძლივი ისტორია აქვს. პირველი სამეცნიერო წყაროები მითითებულია პ.პ. ბუდნიკოვის მიერ 1933 წელს გამოცემულ კაპიტალურ ნაშრომში (1). გამოკვლევულ იქნა რიგი კატალიზატორების ზეგავლენა ანჰიდრიტული ცემენტის შეკვრის და გამაგრების პროცესებზე. ამასთან კატალიზურ ქმედებას ახდენენ ქიმიური ბუნებით და ხსნადობით სრულიად განსხვავებული მასალები, როგორცაა: კირი, წიღები, პორტლანდცემენტი, სხვადასხვა სულფატები, მათ შორის კალციუმის სულფატის დიჰიდრატი და ნახევარჰიდრატი. გამოვლინდა საინტერესო ფაქტიც: ბუნებრივი თაბაშირის ან ანჰიდრიტის მხოლოდ ზეწმინდად (თანამედროვე ტერმინოლოგიით ნანოზომამდე) დაფქვით მიიღებოდა შეკვრის და გამაგრების უნარის მქონე მჭიდა. ამ დროს გამოირიცხებოდა ენერგეტიკული დანახარჯები გამოწვაზე და გვექნებოდა მხოლოდ ერთი ოპერაცია—დაფქვა. ამ იდეამ ტექნიკური მიზეზების გამო ვერ პოვა განვითარება.

ანჰიდრიტული ცემენტების თვისებების და გამოყენების არეების დადგენის დეტალური შესწავლა განახორციელა ცნობილმა მეცნიერმა პ.პ. ბუდნიკოვმა. შესწავლის შედეგები გადმოცემულია მონოგრაფიაში (1). მან შეისწავლა მრავალი ნაერთის და მათი კომბინაციების კატალიზური ქმედება ანჰიდრიტის ჰიდრატაციის პროცესზე. განსაკუთრებით მაღალი შედეგები იქნა მიღწეული სხვადასხვა ლითონთა სულფატების და მათი კომბინაციების თანაობისას. მნიშვნელოვანი წვლილი ანჰიდრიტული ცემენტის თვისებების და გამოყენების არეების შესწავლაში პ.ბუდნიკოვთან ერთად მიუძღვის ს.პ.ხორინს (2). მათ შეისწავლეს არა მარტო ანჰიდრიტული ცემენტის, არამედ მის ბაზაზე სამშენებლო ხსნარების და ბეტონების თვისებები. მათივე ინიციატივით განხორციელდა რიგი შენობების მთლიანი ან ნაწილობრივი აგება ანჰიდრიტული ცემენტის ბაზაზე. ანჰიდრიტული ცემენტის შესწავლას მიუძღვნა მრავალი შრომა როგორც ჩვენთან, ასევე საზღვარგარეთ (3,4,5 და სხვა).

გასული საუკუნის მეორე ნახევარში ამ მიმართულებით სამუშაოთა ინტენსივობა შემცირდა. მართალია, პრაქტიკულად ერთკომპონენტური ანჰიდრიტული ცემენტის მიღება მრავალკომპონენტური პორტლანდცემენტთან შედარებით მოითხოვს გაცილებით ნაკლებ მასალა და ენერგეტიკულ დანახარჯებს, მაგრამ თაბაშირის ბაზაზე დამზადებული ყველა სახეობის მჭიდის საერთო, მრავალსაუკუნოვანმა გადაწყვეტიელმა პრობლემამ – არამდგრადობამ წყლიან გარემოში ნაკლებ მიმზიდველი გახდა მისი მშენებლობაში გამოყენების საკითხებზე კვლევა და მუშაობა.

სოფლის მეურნეობის ინტენსიფიკაციისათვის მეტად საჭიროა ფოსფოროვანი სასუქები. მათ წარმოებაზე ქვეყნის მასშტაბით მუშაობს დიდი წარმადობის მქონე მრავალი საწარმო. ამ ძალზე საჭირო პროდუქტის წარმოებას თან სდევს დიდი რაოდენობით თაბაშირის შემცველი ნარჩენი – ე.წ. ფოსფოთაბაშირი. მასში არის გოგირდმჟავას, ფოსფორმჟავას და სხვა მავნე პროდუქტების დიდი რაოდენობა. წელიწადში იყრებოდა 10 მილიონ ტონაზე მეტი აღნიშნული ნარჩენი, ხოლო ქვეყნის მასშტაბით დაგროვილი იყო 150-200 მილიონ ტონამდე პრაქტიკულად გამოუყენებელი მასალა (6), რომელიც დიდ და აუნაზღაურებელ ეკოლოგიურ ზიანს აყენებს გარემოს.

ამასთან მწვავედ დადგა სამთო-მომპოვებელი მრეწველობის მუშაობის (ნახშირის, მარგანეცის და სხვა სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება) შედეგად დარჩენილი სამთო გამონამუშევარი სიცარიელების შევსების საკითხი. შექმნილი სიცარიელები იწვევს სამთო დარტყმებს, რაც დიდ ზიანს აყენებს როგორც მიწისქვეშა საწარმოებს, ასევე ნიადაგის ზედა ფენებს და მთლიანად გარემოს. შევსებისთვის მხოლოდ ინერტული მასალის გამოყენებამ არ მოგვცა ეფექტი. საჭირო

გახდა სიცარიელებში მონოლითის შექმნა. მონოლითის შესაქმნელად პორტლანდცემენტის გამოყენება მიჩნეულ იქნა ძალზე არაეკონომიურად.

1985 წელს სახელმწიფო გადაწყვეტილებით დაისვა პრობლემა: ეკოლოგიურად მავნე და ამასთან პრაქტიკულად უფასო ძალზე დიდტონაჟიანი ნარჩენის – ფოსფოთაბაშირის ბაზაზე: ა) მიღებულიყო სხვადასხვა სახის მჭიდა მასალები და ბ) გადაწყვეტილიყო როგორც მშენებლობაში, ასევე სამთო სამუშაოებში მათი გამოყენების საკითხები.

ფოსფოთაბაშირის ბაზაზე მჭიდა მასალების მისაღებად მუშაობა ორი მიმართულებით წარიმართა: 1.კალციუმის სულფატის ნახევარჰიდრატის (სამშენებლო თაბაშირის) მიღება და 2. ანჰიდრიტული ცემენტის მიღება.

პირველი მიმართულებით (7,8) დიდი მოცულობის სამუშაოები ჩატარდა. ამ სახეობის მიღება მოითხოვს ნაკლებ ენერგეტიკულ დანახარჯებს, მაგრამ ტექნოლოგიის სირთულემ და არც თუ მაღალმა ხარისხმა შეანელა ინტერესი მის მიმართ. ძირითადი აქცენტი გაკეთდა ანჰიდრიტული ცემენტის მიღებაზე. გამოიკვთა ორი მიდგომა: მოსკოვის დ.ი. მენდელეევის სახელობის ქიმიურ-ტექნოლოგიური ინსტიტუტის (მქტი) და საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის (ამჟამად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი). ამ მიმართულებებით სამუშაოების მიმდინარეობა მუდმივად განიხილებოდა სახელმწიფო (სამთავრობო) კომისიების დონეზე. კაპიტალურ ნაშრომში (6, გვ.106) განხილულია ანჰიდრიტული ცემენტის მიღების მხოლოდ ორი ზემოთ აღნიშნული ტექნოლოგია. ორივეს აქვს საერთო ელემენტი – გამოწვა. მქტი-ს ტექნოლოგიით გამოწვის პროცესი მოითხოვდა წარმოების „სველ“ მეთოდს ფოსფოთაბაშირის კირით და ნატრიუმის სილიკოფტორიდით ნეიტრალიზაციის აუცილებლობის გამო (9). ეს ართულებდა ტექნოლოგიურ პროცესს, ზრდიდა თბურ დანახარჯებს. სტუ-ს ტექნოლოგიით ანჰიდრიტული ცემენტი მიიღებოდა გამოწვის „მშრალი“ მეთოდით და შემდგომი დაფქვით გამაგრების კატალიზატორთან-წინასწარ გამომწვარ ალუნიტის ქანთან ერთად (შესაძლებელია მათი ერთობლივი გამოწვაც).

ალუნიტის გამოყენებაზე სხვადასხვა სახის სპეციალური ცემენტების მისაღებად ფუძემდებლური შრომები აქვს ჩატარებული თ.გაბადაძეს (10,11). საკუთრივ ალუნიტის ქანი ძირითადად წარმოადგენს ალუმინისა და ტუტე ლითონთა სულფატების, აგრეთვე სილიციუმის დიოქსიდის რთულ კომპლექსს. მან დეტალურად შეისწავლა სხვადასხვა რეჟიმებით გამომწვარი ალუნიტის ქანის ფაზური შედგენილობა და მათი გავლენა სხვადასხვა დანიშნულების (ზესწრაფგამაგრებადი, გაფართოებადი, დამძაბავი და სხვ.) სპეციალური ცემენტების გამაგრების პროცესებზე. კვლევების შედეგები რეალურად აისახა პიდროენერგეტიკულ- და ბინათმშენებლობაში, წყალმომარაგების სისტემებში და მშენებლობის სხვა სფეროებში.

რაც შეეხება ანჰიდრიტული ცემენტის გამაგრების კატალიზატორად გამომწვარი ალუნიტის გამოყენებას, ცნობილია (12). მისგან დამოუკიდებლად თ.გაბადაძემ თანამშრომლებთან ერთად ღრმად შეისწავლა და გააფართოვა აღნიშნული საკითხი (13,14,15). ანჰიდრიტული ცემენტის მიღების და თვისებების კვლევის სამუშაოები მიმდინარეობდა ორი მიმართულებით ძირითადი კომპონენტის სახეობის მიხედვით: 1.საქართველოს საბადოების ბუნებრივი თაბაშირი, თაბაშირ-ანჰიდრიტი, თიხათაბაშირი (გაჯი). 2.წარმოების ნარჩენი კალციუმის სულფატ-შემცველი მასალები (ფოსფოთაბაშირი, ბორთაბაშირი, ციტროთაბაშირი და სხვ.).

შესწავლილ იქნა როგორც საქართველოს თაბაშირ-შემცველი საბადოების: ახალციხის, რაჭის რეგიონის, ჯვარის, ხუდონის, მადნეულის ნედლეული, აგრეთვე მომიჯნავე რეგიონების: ჩრდილოეთ ოსეთის (შედოკის საბადო) და აზერბაიჯანის (აჯიკენტის საბადო) ნედლეული (16). აღნიშნული ნედლეულები გამოიწვებოდა 973-1173K 1-3 საათის განმავლობაში და იფქვებოდა კატალიზატორთან - გამომწვარ ალუნიტის ქანთან ერთად. კატალიზატორის შემცველობა კაზმებში იყო 1-10% ცემენტის მასიდან. ყველა ნედლეულზე მიღებული ოპტიმალური შედგენილობის ცემენტების მარკა იყო 300, 400, 500 და მეტი. მათი შეკვრის ვადები იყო: დასაწყისი

-

«

»

არა უადრეს 1 საათისა, დასასრული არა უგვიანეს 6 საათისა, ხოლო ცომის ნორმალური სისქე 25-32% (ფიზიკო-მექანიკური გამოცდები ტარდებოდა 310.1...4.81 მიხედვით). ამასთან უნდა აღინიშნოს ამ ცემენტების მაღალი სიმტკიცე გამაგრების 1 დღის შემდეგ - 12-18 მპა და მეტი. მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ M300 მქონე ანჰიდრიტული ცემენტი მიღებული იქნა საქართველოში ფართოდ გავრცელებული თაბაშირშემცველი ნედლეულის – გაჯის (16) ბაზაზე (თაბაშირის შემცველობა არანაკლები 50-60%). ეს მნიშვნელოვნად გააფართოებს წარმოებისათვის საჭირო სანედლეულო რესურსს.

ანჰიდრიტული ცემენტის მისაღებად გამოყენებული იქნა ფოსფოროვანი სასუქების მწარმოებელი ქარხნების (გოსკრესენსკის, უვაროვოს, გომელის, კრასნოდარის, სუმის, ნევენომისკის) ნარჩენი პროდუქტი – ფოსფოთაბაშირი და აქტიუბინსკის ბორის მისაღები ნედლეულის – დატოლიტების გადამუშავების ნარჩენი – ბორთაბაშირი. მათი თვისებების შესწავლის და გამოყენების სფეროების დადგენის მიზნით დიდი მოცულობის მრავალგზისი სამუშაოები (17,18,19 და სხვ.) ჩატარდა როგორც ლაბორატორიულ პირობებში, ასევე ნახევრად სამრეწველო დანადგარებზე ქ. ხარკოვში ინსტიტუტ „იუჟიპროცემენტის“ ცემენტის საცდელ ქარხანაში (მბრუნავი ღუმელი 1,3x16მ, ამავე ღუმელში ხდებოდა გამაგრების კატალიზატორის- ალუნიტის გამოწვაც და მიღებული ბირთვებიანი წისქვილი 1x7მ) და ქ. მინსკში საშენ მასალათა ინსტიტუტის ჩქაროსნული გამოწვის კომპლექსურ დანადგარზე გამორქვევი საშრობი-შახტური დეკარბონიზატორი. სხვადასხვა დროს სხვადასხვა მასალაზე მიღებული ანჰიდრიტული ცემენტების მარკა იყო 400, 500 და მეტიც. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მიღებული მჭიდა მასალების გამოცდა ხდებოდა როგორც ზემოთმითითებული სტანდარტის შესაბამისად (ხსნარი 1:3 ცემენტი:ქვიშა), ასევე ცომში 1:0. კატალიზატორად გამოიწვიარი ალუნიტის გამოყენების შემთხვევაში მიღწეულ იქნა ანჰიდრიტული ცემენტის სიმტკიცე კუმშვაზე 28 დღის გამაგრების შემდეგ – 79,2 მპა. მსგავსი სიდიდე ჩვენ ვერ მოვიპოვეთ ვერც ერთ ლიტერატურულ წყაროში.

აღნიშნული სამუშაოების ჩატარება და მიღებული ცემენტების გამოცდა მშენებლობის სხვადასხვა სფეროებში (იატაკის ფენილები, წყობის და სალესი ხსნარები, სატიხრე ბლოკები, აალების საწინააღმდეგო ფენის შექმნა ნახშირის მომპოვებელ შახტებში, შახტებშივე გამონამუშევარი სიცარიედეების შევსება და სხვ.) მიმდინარეობდა სამთავრობო უწყებათაშორისი კომისიების მონაწილეობით. მიღებულ იქნა დადებითი შედეგები. სტატიის მოცულობა საშუალებას არ იძლევა მოვიყვანოთ ჩვენს მიერ მიღებული ანჰიდრიტული ცემენტების მიღების, თვისებათა კვლევის და გამოყენების დიდძალი ფაქტიური მასალა, რომელიც გადმოცემულია ლიტერატურის ჩამონათვალში მითითებულ შრომებში. ამიტომ დაინტერესებულ მკითხველს ვთხოვთ მოიძიონ აღნიშნული შრომები ან მიმართონ ავტორებს. ჩვენ კი გადმოგცემთ ჩატარებულ სამუშაოთა ძირითად მომენტებს.

1. კატალიზატორის ზემოქმედების ბუნების შესახებ. ანჰიდრიტული ცემენტის გამაგრების არსია ანჰიდრიტის გადასვლა დიჰიდრატში, რომელსაც ხელს უწყობს კატალიზატორის დამატება. ამ მოვლენაზე შეხედულებათა ჩამოყალიბებული სისტემა არ არსებობს. ჩვენი აზრით კატალიზატორი, განსაკუთრებით ალუნიტი, ხელს უწყობს ანჰიდრიტის ხსნადობის გაზრდას და მის სწრაფ გადასვლას დიჰიდრატში, მკვრივი, მტკიცე (ე.წ. „ბლოკური“) სტრუქტურის ჩამოყალიბებას და მაღალი, როგორც საწყისი, ასევე საბოლოო სიმტკიცის მიღწევას. ეს ნათლად დატურდება დერივატოგრაფიული კვლევებით, რომელთა შედეგები მოყვანილია ცხრილში.

გამაგრებული ანჰიდრიტული ცემენტი	მასის დანაკარგი, 673K, %	წარმოქმნილი დიჰიდრატის რაოდენობა, %	სიმტკიცე კუმშვაზე 28 დღის გამაგრების შემდეგ, მპა
კატალიზატორის გარეშე	1,25	5,97	2,5
კატალიზატორის თანაობისას	15,85	75,73	54,0

-

«

»

დერივატოგრაფიული კვლევა ჩატარდა 28 დღე მაგრებად და წინასწარ, 338K გამომშრალ ნიმუშებზე, რათა მოცილებული ყოფილიყო არაჰიდრატირებული (მექანიკურად ბმული) წყალი. საკვლევ მასალებში 673K განისაზღვრა ბმული წყლის რაოდენობა, რის საფუძველზეც დაგადგინეთ წარმოქმნილი კალციუმის სულფატის დიჰიდრატის (თაბაშირის) რაოდენობა. ნათლად ჩანს, რომ კატალიზატორის თანაობისას დიჰიდრატის რაოდენობა მკვეთრად მეტია და შესაბამისად, მკვეთრად მეტია სიმტკიცის მნიშვნელობაც. რენტგენოსტრუქტურული კვლევებითაც ჩანს, რომ კატალიზატორის შემცველ ცემენტში კალციუმის სულფატის დიჰიდრატის დიფრაქციული მაქსიმუმების ( $d=0,429; 0,306; 0,287; 0,268$  ნმ და სხვ.) ინტენსივობა მკვეთრად გაზრდილია, ხოლო ანჰიდრიტის დიფრაქციული მაქსიმუმები ( $d=0,349; 0,285; 0,232; 0,220$  ნმ და სხვ.) პრაქტიკულად გამქრალია, ან აქვთ ძალზე დაბალი ინტენსივობა. ცემენტში კატალიზატორის გარეშე გვაქვს შებრუნებული სურათი: ანჰიდრიტის დიფრაქციული მაქსიმუმების ინტენსივობა ძალზე მაღალია, ხოლო თაბაშირისა – უმნიშვნელო.

2. კატალიზატორების აქტივობის შესახებ. ჩვენს მიერ სისტემური მიდგომით შესწავლილ და გადამოწმებულ იქნა მრავალი, როგორც ცნობილი, ასევე ახალი კატალიზატორის: ერთ-, ორ- და სამვალენტიანი კათიონის შემცველი სულფატები, სულფიტები, სულფიდები, ქლორიდები, ნიტრატები, ნიტრიტები, ფოსფატები, აგრეთვე კირი, წიდეები და სხვ. დამატების ზეგავლენა ანჰიდრიტული ცემენტების თვისებებზე. მათში დადგინდა იქნა სულფატების უპირატესობა, ხოლო კათიონების აქტივობის რიგი (სიმტკიცის ზრდაზე ზეგავლენის მიხედვით) შემდეგია:  $Na^+, K^+, Cu^{++}, Zn^{++}, Ca^{++}, Al^{+++}$ . აქვე კიდევ ერთხელ უნდა აღვნიშნოთ, რომ საუკეთესო თვისებებით (ტექნოლოგიური, მაღალი სიმტკიცის მიღწევა და სხვ.) გამოირჩევა გამომწვარი ალუნიტის ქანი, რაც დადასტურებულია ჩვენი კვლევებით. მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ მაკატალიზირებელი ფუნქციის შესრულების შემდეგ ალუნიტის გამოყენებისას ყველა გამოკვლეულ კატალიზატორთან შედარებით არსებითად ნაკლებია ნაკეთობის ზედაპირზე „გამომარილების“ („высолообразование“) სიდიდე.

3. ტექნოლოგია. წარმოების მეთოდი „მშრალი“. ანჰიდრიტული ცემენტის მიღების ჩვენური ტექნოლოგიის ძირითადი კვანძებია: სასაწყობო მეურნეობა, ყებებიანი მსხვრევანა, მოკლე ( $L=20-40$ მ) მბრუნავი დუმელი, მილისებური ბირთვებიანი წისქვილი. ანჰიდრიტულ ცემენტზე დიდი მოთხოვნილების შემთხვევაში შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას არსებული ცემენტის ქარხნების მოწყობილობა. სითბოს ხარჯი გამოწვაზე 500-600 კკალ/კგ პროდუქციაზე.

4. გამოყენების სფეროები. ანჰიდრიტულმა ცემენტებმა შეიძლება პრაქტიკულად მთლიანად შეცვალონ (გამოათავისუფლონ) პორტლანდცემენტი და მისი სახეობები ნაგებობათა შიდა ნაწილების (ტიხრები, იატაკის ფენილები, წყობის და ღვსვის ხსნარები და სხვ.) მშენებლობის პროცესში. შესაძლებელია სხვადასხვა ფორმის ბლოკების, ფანჯრის რაფების და სხვა სამშენებლო დეტალების ადგილზე დამზადება შეორთქვლის ან რაიმე თბური დამუშავების გარეშე. მნიშვნელოვანია მისი გამოყენება სამთო გამონამუშევართა სიცარიელების შევსებისათვის და ნახშირის აალების საწინააღმდეგო ფენების შექმნისათვის. ძალზე მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ განსხვავებით საქართველოში ფართოდ გავრცელებული კედლის საღესი მასალის – გაჯისაგან ანჰიდრიტული ცემენტი თავისი უფრო ხანგრძლივი შეკვრის ვადების გამო ექვემდებარება კედელზე მექანიზირებულ დატანას. ორ ადამიანს შესაბამისი დანადგარით ერთ სამუშაო დღეში შეუძლია 200 მ<sup>2</sup> ფართობის დამუშავება, რაც გამორიცხულია გაჯზე მუშაობის დროს. ანჰიდრიტული მჭიდის გამოყენებისას გაცილებით უკეთესია კედლის სიგლუვის ხარისხი და პრაქტიკულად არ გვაქვს ნარჩენი.

5. რაჭის რეგიონის ბუნებრივი ანჰიდრიტის დიდი რაოდენობით შემცველი (წესის, მუხლის და სხვ. საბადოები) თაბაშირის ქანების საფუძველზე მიღებულია ანჰიდრიტული ცემენტი წინასწარი ბუნებრივი ან ხელოვნური შრომით გამოწვის გარეშე (20). მხოლოდ დაფქვის ხვედრითი ზედაპირის გაზრდით 3000-დან 8000

სმ<sup>2</sup>/გ-მდე მჭიდა მასალის სიმტკიცე გამაგრების კატალიზატორის გარეშე გაიზარდა 10,7-დან 20,2 მპა-მდე, ხოლო კატალიზატორის ოპტიმალური რაოდენობის დამატებისას დაფქვის ხვედრითი ზედაპირის იგივე დიაპაზონში სიმტკიცის ზღვარმა კუმშვაზე შეადგინა 25,4-55,2 მპა. განსხვავებით ბუნებრივი თაბაშირისაგან, თაბაშირანჰიდრატის ქანი ადვილად ექვემდებარება დაფქვას.

### 3. ღასკვნა

ნაშრომში მოყვანილია საქართველოს ბუნებრივი ნედლეულის საფუძველზე დაბალენერგოტევადი ანჰიდრიტული ცემენტის მიღების და თვისებათა კვლევის შედეგები, ნახევრები შესაძლო არეები, რომლებშიც მიზანშეწონილია პორტლანდცემენტის და მისი სახეობების ნაცვლად ანჰიდრიტული ცემენტის გამოყენება.

### ლიტერატურა

- 1.Будников П.П. Гипс, его исследование и применение. Госстройиздат, 1943. 266с.
- 2.Будников П.П., Зорин С.П. Ангидритовый цемент. Промстройиздат, 1954, 92с.
- 3.Березовский В.Ф. Ангидритовый цемент из фосфогипса. – Минск, Беларусь. – 1964, 31с.
- 4.Eipeltaufer E. Topochemische Hydratativvorgange beim Abbinden von Gips, „Zement-Kalk-Gips“, №16, 1963.
- 5.Skalmovski W. Gipsy i anhydryty w Polsce Mozliwosei ishZastosovanih w budovnnctvie. P.W.N, 1959.
- 6.Технология фосфорных и комплексных удобрений /Под ред. С.Д. Эвенчика и А.А. Бродского/. М. Химия, 1987, 464с.
7. Гордашевский П.Ф., Долгорев А.В. Производство гипсовых вяжущих материалов из гипсосодержащих отходов. – М., Стройиздат, 1987, - 105с.
- 8.Мещеряков Ю.Г. Гипсовые попутные промышленные продукты и их применение в производстве строительных материалов. – Л., Стройиздат, 1982, 105с.
- 9.Кузнецова Т.В., Сычева Л.И., Ануфриев Б.В. Получение высокопрочного водостойкого ангидритового цемента. Сб.ВНИИЭСМ. – М. ВНИИЭСМ. – 1985. – Вып.1. – С.13-14.
- 10.Габаდაдзе Т.Г. Алунитовые цементы – технология производства, исследование свойств и процессов, происходящих при твердении. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – М., 1982, - 392с.
- 11.Т.Г. Габаდაдзе. Сверхбыстротвердеющий водонепроницаемый портландцемент. Тбилиси, „Технический университет“, 2003, 125с.
- 12.Литвиненко М.Д. О некоторых свойствах алунино-ангидритового цемента. Доклады ЛПИ. – 1960, - Т.4. Вып. 1 и 2. С. 47-49.
- 13.Кутателадзе К.С., Габаდაдзе Т.Г., Лекишвили Р.А. Быстротвердеющий высокопрочный ангидритовый цемент (на азерб. языке) – Баку: Оргтехстрой. 1963. №3. С.9-10.
- 14.А.С.98500 (СССР). Вяжущее /Т.Г.Габададзе, И.Ш.Суладзе и др. / Б.И. № 48. – 1982.
- 15.Габаდაдзе Т.Г., Суладзе И.Ш. Высокопрочные ангидритовые вяжущие на основе различных сульфатсодержащих материалов. Труды 1V Национальной конференции по механике и технологии композиционных материалов. БАН: София. – 1985. – С.713-716.
- 16.Т.Г.Габаდაдзе, И.Ш.Суладзе, Д.А.Гаситашвили. Высокопрочные ангидритовые вяжущие из различного сырья и отходов промышленности. - Строительные материалы, 1985, №10. С.21.
- 17.Габаდაдзе Т.Г., Суладзе И.Ш., Божко В.И. Свойства быстротвердеющих высокопрочных вяжущих на основе фосфогипса и алуниита. Строительные материалы. – 1984. – №3. –С.14.
- 18.Габаდაдзе Т.Г., Суладзе И.Ш. Свойства ангидритовых вяжущих с добавкой активатора. Строительные материалы. – 1988.-№4. – С.25-26.
- 19.Суладзе И.Ш. Интенсификация твердения ангидрита и бетонов на основе портландцемента с добавкой алуниита. Диссертация на соискание ученой степени канд.техн.наук. Тбилиси. -1990. 128с.
- 20.И.Ш.Суладзе, Д.А.Гаситашвили, Р.А.Ахвледiani, Т.В.Батиашвили. Безобжиговое гипсовое вяжущее. Технология силикатных материалов. Научные труды ГПИ, -1987. №14 (326), С.22-26.

**არაერთგვაროვან დრეკად ფუძეზე მდებარე ცვლადსიხისტიანი საშუალო სისქის ფილების ანგარიში დინამიკურ დატვირთვებზე, ფილის დაზუსტებული თეორიის საფუძველზე**

**ჟ. ტოგონიძე**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 0175 მ. კოსტავას 77, საქართველო, თბილისი)

**რეზიუმე:** საავტომობილო გზების და ავტობანების მშენებლობაში გზის ზედაპირად სულ უფრო ხშირად გამოიყენება არმირებული ბეტონი, რომელიც ავტოტარსპორტისაგან განიცდის დინამიკურ დატვირთვებს. აქედან გამომდინარე, ნაშრომში შემუშავებულია არაერთგვაროვან დრეკად ფუძეზე მდებარე საშუალო სისქის ცვლადსიხისტიანი ფილების ანგარიში მოძრავ დინამიკურ დატვირთვაზე, ფილის დაზუსტებული თეორიის საფუძველზე. განიხილება ორი მოპირდაპირე გვერდით სახსრულად და დანარჩენი ორით ნებისმიერად ჩამავრებული ფილის თავისუფალი რხევის მთავარი ფორმის გამოსახულების მიღება.

**საკვანძო სიტყვები:** არაერთგვაროვანი ფუძეები, ცვლადსიხისტიანი ფილები, პასტელის კოეფიციენტები.

**1. უმსავალი**

პროფესორ ბ. ფ. ვლასოვს [1] საშუალო სისქის ფილების განხილვისას ჩათვლილი აქვს, რომ სწორხაზოვანი და ნორმალური ელემენტი ფილის სისქეში, ძვრის დეფორმაციის დროს იცვლება პარაბოლური კანონით, ხოლო ფილის დაძაბული მდგომარეობა აპროქსირდება მღუნავი და მგრეხავი მომენტების და გადამჭრელი ძალების სისტემებით. გამომდინარე აქედან, ფილის დეფორმაციის კომპონენტები გამოსახება შემდეგნაირად:

$$\begin{aligned}
 v_x &= -z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - A \left( z - \frac{4}{3h^2} z^3 \right) \frac{\partial}{\partial x^2} \nabla w \\
 v_y &= -z \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - A \left( z - \frac{4}{3h^2} z^3 \right) \frac{\partial^2}{\partial y^2} \nabla^2 w \\
 x_{xy} &= -2z \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} - 2A \left( z - \frac{4}{3h^2} z^3 \right) \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \nabla^2 w \\
 x_{xz} &= A \left( \frac{4}{h^2} z^2 - 1 \right) \frac{\partial}{\partial x} \nabla^2 w \\
 x_{yz} &= A \left( \frac{4}{h^2} z^2 - 1 \right) \frac{\partial}{\partial y} \nabla^2 w
 \end{aligned}$$

სადაც  $A = \frac{3D}{2Gh}$ ,  $D = \frac{Eh_i^3(xy)}{12(I - \epsilon^2)}$  არის ფილის ცილინდრული სიხისტე,  $G$  –

ძვრის მოდული,  $h_i$  – ფილის სისქე თოთოეულ  $i$  უბანში.

მაშინ ფილის ღუნვის გადამწყვეტი დიფერენციალური განტოლება მიიღებს სახეს:  $\nabla^2 \nabla^2 \nabla^2 w + \nabla^2 \nabla^2 w = \frac{P(x, y, t)}{D}$  (1)

სადაც  $w(x, y, t)$  არის დროზე დამოკიდებული ფილის ვერტიკალური გადაადგილება

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$$

ლაპლასის ოპერატორი

$p(x,y,t)$  – სრული დატვირთვაა, რომელიც შედგება სიდიდეებისაგან

$$p(x, y, t) = q(x, y, t) + k_1(x, y)w + k_2(x, y)\nabla^2 w + k_3(x, y)\frac{\partial w}{\partial t} + m_0 \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \quad (1')$$

სადაც  $q(x,y,t)$  არის დროში ცვლადი აქტიური დატვირთვა.

$\frac{q(x, y)}{g} = m_0(x, y)$  ფილის და მასზე მოსული ფუძის მასა ზედაპირის ერთეულ ფართზე.

$q(x,y)=\gamma h$  - ფილის წონა მოსული მისი ზედაპირის ერთეულ ფართზე.

$k_1$  და  $k_2$  - პასტელის კოეფიციენტები;

$k_1 w$  და  $k_2 \nabla^2 w$  - დრეკადი ფუძის წინაღობის ძალები;

$k_3 \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}$  - სხვა წინააღობების ძალები

$m_0 \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}$  - ინერციული ძალები.

## 2. ძირითადი ნაწილი

წარმოდგენილი (1) და (1') გამოსახულების საფუძველზე პასტელის ორ ცვლადკოეფიციენტიან დრეკად ფუძეზე მდებარე გეგმაში სწორკუთხა, ცვლადსიხისტიანი ფილების დიფერენციალურ განტოლებას, დროის განმავლობაში ცვლადი ნებისმიერი დატვირთვისას ექნება სახე:

$$D(x, y)(\nabla^2 \nabla^2 \nabla^2 w + \nabla^2 \nabla^2 w) + k_1(x, y)w + k_2(x, y)\nabla^2 w + k_3(x, y)\frac{\partial w}{\partial t} + m_0(x, y)\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = q(x, y, t) \quad (2)$$

მიღებული განტოლების ამონახსენი წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$w(x, y, t) = \sum_{n=1}^{\infty} w_n(x, y) t_n(t)$$

შევიტანოთ იგი (2)-ში როცა  $q(x,y,t)=0$ .

მიღებული განტოლება შეიძლება გავეყოთ ორ განტოლებად თუ თითოეულს გავეტოლებთ რაღაც მუდმივ სიდიდეს  $\varphi_n^2$  (რომელიც საბოლოოდ წარმოადგენს ფილის რხევის სიხშირეს) მივიღებთ:

$$D(x, y)(\nabla^2 \nabla^2 \nabla^2 w_n + \nabla^2 \nabla^2 w_n) + k_1 w_n + k_2 \nabla^2 w_n - m_0 w_n \varphi_n^2 = 0 \quad (3)$$

$$t''(t) + 2r t'(t) + t(t) \varphi_n^2 = 0 \quad \left( 2r = \frac{k_{3m}}{m} \right) \quad (4)$$

სადაც პირველი განტოლება დამოკიდებულია მხოლოდ  $x,y$ , ხოლო მეორე განტოლება მხოლოდ  $t$ -ზე.

მესამე განტოლების საშუალებით განისაზღვრება ფილის თავისუფალი რხევის მთავარი ფორმის სახე შ საბამისად სასაზღვრო პირობების მიხედვით, ხოლო (4) განტოლებით განისაზღვრება ფილის თავისუფალი რხევის სიხშირე.

(3) განტოლების ამონახსენი წარმოვადგინოთ შემდეგნაირად:

$$W = \sum_{m=1}^{\infty} W_m \quad \text{სადაც } W_m = Y_m(y) \sin \frac{mfx}{a} \quad (5)$$

ხოლო ცვლადი სიხისტეები, მასა და პასტელის კოეფიციენტები კი ტრიგონომეტრიული მწკრივის სახით:

-

«

»

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{3}{4} \sum_{m=1}^{\infty} D_m \sin^2 \frac{mfx}{a} \\
 k_i &= \frac{3}{4} \sum_{m=1}^{\infty} k_{im} \sin^2 \frac{mfx}{a} \quad (i = 1,2) \\
 m_0 &= \frac{3}{4} \sum_{m=1}^{\infty} m_m \sin^2 \frac{mfx}{a} \\
 G' = Gh &= \frac{3}{4} \sum_{m=1}^{\infty} G'_m \sin^2 \frac{mfx}{a}
 \end{aligned} \tag{6}$$

რომლის კოეფიციენტებიც განისაზღვრება ცნობილი ხერხით [2].  
 თუ (5) და (6) ჩავსვათ (3)-ში მივიღებთ:

$$Y_m^{VI} + S_1 Y_m^{IV} + S_2 Y_m^{II} + S_3 Y_m = 0 \tag{7}$$

სადაც

$$\begin{aligned}
 S_1 &= 1 - 3 \frac{m^2 f^2}{a} \\
 S_2 &= \frac{3D_m \frac{m^4 f^4}{a^4} - 2D_m \frac{m^2 f^2}{a^2} - k_{2m}}{D_m} \\
 S_3 &= \frac{-D_m \frac{m^6 f^6}{a^6} + D_m \frac{m^4 f^4}{a^4} + k_{1m} + k_{2m} \frac{m^2 f^2}{a^2} - m_m \xi_n^2}{D_m}
 \end{aligned}$$

მე-(7) განტოლების ინტეგრალი იქნება:

$$\begin{aligned}
 Y_m(y) &= C_1 \sin a_1 y + C_2 \cos a_1 y + C_3 shb_1 \sin b_2 y + C_4 shb_1 y \cos b_2 y + \\
 &+ C_5 shb_1 y \sin b_2 y + C_6 shb_1 y \cos b_2 y
 \end{aligned}$$

სადაც

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \sqrt{R_1 + R_2 - \frac{S_1}{3}} \\
 R_1 &= \sqrt[3]{-\left(\frac{S_1^3}{27} - \frac{S_1 S_2}{6} - \frac{S_3}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{S_1^3}{27} - \frac{S_1 S_2}{6} - \frac{S_3}{2}\right)^2 + \left(\frac{S_2}{3} - \frac{S_1^2}{9}\right)^3}} \\
 R_2 &= \sqrt[3]{-\left(\frac{S_1^3}{27} - \frac{S_1 S_2}{6} - \frac{S_3}{2}\right) - \sqrt{\left(\frac{S_1^3}{27} - \frac{S_1 S_2}{6} - \frac{S_3}{2}\right)^2 + \left(\frac{S_2}{3} - \frac{S_1^2}{9}\right)^3}} \\
 b_1 &= \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{R_1 + R_2}{2} + \frac{S_1}{3}\right)^2 + \frac{\sqrt{3}}{2}(R_1 - R_2)} - \frac{R_1 + R_2}{2} - \frac{S_1}{3} \\
 b_2 &= \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{R_1 + R_2}{2} + \frac{S_1}{3}\right)^2 + \frac{\sqrt{3}}{2}(R_1 - R_2)} + \frac{R_1 + R_2}{2} + \frac{S_1}{3}
 \end{aligned}$$

შემდეგ საჭიროა მივიღოთ  $Y_k$  ახალი ამონახსნები, რომელიც აკმაყოფილებს ერთეულ მატრიცას.

$$Y_k(0) = Y'_k(0) = \dots = Y_k^{(n-1)}(0) = 0; \quad Y_k^{(n)}(0) = 1 \tag{8}$$

$K = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$   $n=6$

$Y_k$  წარმოდგება სახით  $Y_k = \sum_{i=1}^n C_{kj} Y_i$

სადაც  $C_{k1}, C_{k2}, \dots, C_{kj}$  კოეფიციენტები განისაზღვრება შემდეგი განტოლებებიდან

$$\begin{aligned}
 C_{k1} Y_1(0) + C_{k2} Y_2(0) + \dots + C_{kj} Y_j(0) &= 0 \\
 C_{k1} Y'_1(0) + C_{k2} Y'_2(0) + \dots + C_{kj} Y'_j(0) &= 0 \\
 C_{k1} Y''_1(0) + C_{k2} Y''_2(0) + \dots + C_{kj} Y''_j(0) &= 0 \\
 \dots & \\
 \dots & \\
 C_{k1} Y^{(k)}_1(0) + C_{k2} Y^{(k)}_2(0) + \dots + C_{kj} Y^{(k)}_j(0) &= 0
 \end{aligned} \tag{9}$$

რომელშიც  $Y_1(0), Y_2(0), \dots, Y_n(0)$  მიიღებენ მნიშვნელობებს.





## სეისმური ზემოქმედებისას ხიმინჯოვანი საძირკვლების ტალღური მეთოდით გაანგარიშების ალგორითმი

ტ. ზაკუტაშვილი, ზ. კაპანაძე, თ. მაცაბერიძე, ი. ბოჭორიშვილი  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას 77,  
ქ. თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია სეისმური ზემოქმედებისას ხიმინჯოვანი საძირკვლების გაანგარიშების ტალღური მეთოდი. შედგენილია გამოთვლითი ალგორითმი, რომელიც საშუალებას იძლევა სეისმური ზემოქმედებისას ხიმინჯის გარკვეულ დისკრეტულ წერტილებში გამოთვლილი იქნას როგორც განივი სიხისტის მნიშვნელობები (ზამბარები), ასევე განივი ძალებისა და მღუნავი მომენტის მნიშვნელობები.

**საკვანო სიტყვები:** ხიმინჯოვანი საძირკველი, მაღლივი შენობა, განივი სიხისტე, განივი ძალა, მღუნავი მომენტი, სეისმური ზემოქმედება.

### 1. შესავალი

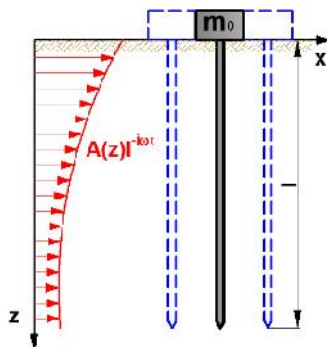
დღეისათვის ხიმინჯოვანი საძირკვლების გამოყენება მშენებლობაში მოიცავს ფართო სფეროს. მაღლივი შენობების დიდი ნაწილი დაფუძნებულია ხიმინჯოვან საძირკვლებზე და ყოველთვის ითვლებოდა შენობა-ნაგებობისათვის საიმედო ფუძედ.

მაღლივი შენობებისათვის ძირითადად გამოიყენება შემდეგი ტიპის საძირკვლები: ხიმინჯოვანი, კომბინირებული ხიმინჯოვანი-ფილა როსტვერკით და მთლიანი ფილა. საქართველოში მაღლივი შენობების დაპროექტება უმეტეს შემთხვევაში ხდება ხიმინჯოვანი (დაყრდნობილი, კიდული) ან კომბინირებული ხიმინჯოვანი-ფილა-როსტვერკის ტიპის საძირკვლებით.

ხიმინჯოვანი საძირკვლების აქტუალურობიდან გამომდინარე მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს ხიმინჯების გაანგარიშების მეთოდების დამუშავება როგორც ვერტიკალურ ასევე ჰორიზონტალურ დატვირთვებზე. წინამდებარე სტატიაში განხილულია ხიმინჯოვანი საძირკვლების ტალღური მეთოდით გაანგარიშის ალგორითმი სეისმური ზემოქმედებისას.

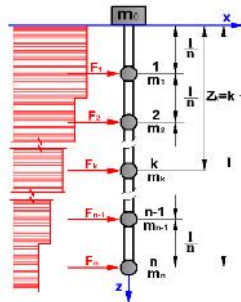
### 2. ძირითადი ნაწილი

ტალღური მეთოდით ხიმინჯების გაანგარიშებისას განიხილება ცალკე მდგომი წრიული განიკვეთის ხიმინჯი, როგორც დრეკადი ღერო, ხოლო გრუნტი მოდელირებულია, როგორც დრეკადი ნახევარსივრცე, რომელშიც ჰორიზონტალური მიმართულებით ვრცელდება ჰარმონიული ტალღები (სურ.1).



სურ. 1

ტალღის საანგარიშო პარამეტრები განისაზღვრება რხევის წრიული სიხშირისა და ჰორიზონტალური რხევის  $A(z)$  ამპლიტუდებით, რომლის ცვლილების კანონი სიღრმის მიხედვით შესაძლებელია განისაზღვროს გრუნტის პირობებისა და საინჟინრო სეისმოლოგიური მონაცემების მიხედვით. ჰორიზონტალური გრძივი ტალღების გავრცელებისას გრუნტის რხევის ვერტიკალური მდგელი არ გაითვალისწინება. სეისმური ტალღების მოქმედებისას ხიმინჯების გაანგარიშებისათვის მიიღება დისკრეტული საანგარიშო დინამიკური მოდელი (სურ. 2), სადაც ხიმინჯის მთლიანი სიგრძე თანაბრად არის დაყოფილი  $n$  რაოდენობის უბნებად. ხიმინჯის  $k=1,2,\dots,n$  კვანძებში მოდებულია შეყურსული  $m_k = m/n$  მასები, სადაც  $m$ -მთლიანი ხიმინჯის მასაა. ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე ხიმინჯი წარმოადგენს დრეკად უწონო ღეროს თავზე შეყურსული  $m_0$  მასით, რომელიც ნაგებობის ვერტიკალური სტატიკური დატვირთვის ტოლია და  $m_k$  მასით, რომელიც წარმოადგენს ხიმინჯის ცალკეული  $l/n$  უბნების მასებს.



სურათი 2

ასეთი დისკრეტიზაციის დროს ანგარიშის სიზუსტე დამოკიდებულია დაყოფილი უბნების რაოდენობაზე (მაგალითად, პრაქტიკული ანგარიშებისათვის 15მ. სიგრძის ხიმინჯებისათვის საკმარისია  $n=10$ , ხოლო 8მ. სიგრძის ხიმინჯებისათვის  $n=6$ ). ხიმინჯის დაყოფილი უბნების საზღვრებს ეწოდება კვანძები, რომელთა ნუმერაცია ხორციელდება ზევიდან ქვევით  $j = 0, 1, 2, \dots, n$  ციფრებით.

ნებისმიერ  $j$  კვანძში ძალოვანი ფაქტორების განსაზღვრისათვის, რომელიც გამოწვეულია სხვა კვანძებში მოქმედი ძალებით, გააჩნია  $\ll k \gg$  ან  $\ll q \gg$  ინდექსი და მათი გამოთვლა მიმდინარეობს ქვემოთ მოცემული თანმიმდევრობით:

განისაზღვრება შემდეგი პარამეტრების მნიშვნელობები:

$$ა) \frac{m}{m_0}; ბ) x_0 = \frac{m_0 S^2 l^3}{6 E_0 J_0}; გ) x_1 = \dots \cdot \frac{m}{m_0}; დ) r_R = \frac{S R}{c_1} = \frac{2 f R}{j}; ე) y = \frac{2(1 - \epsilon)}{1 - 2\epsilon};$$

სადაც:  $m$  - ხიმინჯის მასა;  $m_0$  - ნაგებობის ნაწილის მასა, რომელიც მოდის ერთ ხიმინჯზე;  $S$  - სეისმური რხევის წრიული სიხშირე;  $l$  - ხიმინჯის სიგრძე;  $R$  - ხიმინჯის განივი კვეთის რადიუსი;  $E_0$  - ხიმინჯის მასალის დრეკადობის მოდული;  $J_0 = \frac{1}{4} f R^4$  - ხიმინჯის განივი კვეთის ინერციის მომენტი;  $\dots$  - გრუნტის

საშუალო სიმკვრივე, რომელიც გარს ეკვრის ხიმინჯს;  $\dots_0$  - ხიმინჯის მასალის სიმკვრივე;  $c_1$  - გრუნტში გრძივი დრეკადი ტალღების გავრცელების სიჩქარე;  $j$  - ტალღის სიგრძე;  $\epsilon$  - გრუნტის პუასონის კოეფიციენტი.

1. გავლენის მატრიცის სიდიდეები გამოითვლება შემდეგი ფორმულებით.



$$u_{jk} = \frac{1}{n^3} j^2 (3k - j) \text{ როცა } j \leq k; u_{jk} = \frac{1}{n^3} k^2 (3j - k) \text{ როცა } j \geq k; (j, k = 1, 2, 3, \dots, n).$$

2. გამოითვლება მატრიცის კოეფიციენტები.

$$= \begin{vmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & \dots & d_{nn} \end{vmatrix}$$

$$\text{ფორმულებით } d_{jk} = \frac{m}{nm_0} (x_0 u_{jk} - 1) \text{ როცა } j \neq k; d_{jk} = \left[ \frac{m}{nm_0} (x_0 u_{jk} - 1) - 1 \right] \text{ როცა } j = k;$$

3. მატრიცა  $\{d_{jk}\}$ -თვის გამოითვლება მისი შებრუნებული მატრიცის კოეფიციენტები  $A\{a_{jk}\}$

$$A = {}^{-1} = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

4. გამოითვლება  $B\{b_{jq}\}$  მატრიცის კოეფიციენტები

$$B = \begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & \dots & b_{nn} \end{vmatrix}$$

$$\text{ფორმულით } b_{jq} = \sum_{k=1}^n a_{jk} (x_0 u_{kq} - 1).$$

5. ყოველი  $j$ -იური წერტილისათვის ( $j=1, 2, \dots, n$ ) შევადგინოთ  $2n$  წრფივი ალგებრული განტოლებათა სისტემა:

$$6. (1+y)P_j - \frac{4}{f} [\ln(rR) - 0.115931] S_j - \frac{x_1}{n} \sum_{q=1}^n b_{jq} \left[ (1+y)P_q + \frac{8}{f(rR)^2} S_q \right] = 0; \quad (1)$$

$$\frac{4}{f} [\ln(rR) - 0.115931] P_j + (1+y)S_j + \frac{x_1}{n} \sum_{q=1}^n b_{jq} \left[ \frac{8}{f(rR)^2} P_q - (1+y)S_q \right] = 2 \left[ -\xi_{0j} + \frac{x_1}{n} \sum_{q=1}^n b_{jq} \xi_{0q} \right];$$

სადაც  $P_j$  და  $S_j$  საძიებელი უცნობი სიდიდეებია, რომლებიც განისაზღვრება ყოველი  $j=1, 2, \dots, n$  კვანძისათვის (1) განტოლებათა სისტემიდან.  $\xi_{0j} = \frac{A_j}{r}$  სიღრმეში სეისმური ტალღის ამპლიტუდის პოტენციალის მაჩვენებელია, რომელიც შეესაბამება  $j$ -ური კვანძის კოორდინატებს.

$A_j$  - სეისმური ტალღის ამპლიტუდაა  $j$ -ური კვანძის კოორდინატების მიხედვით.  $r = \frac{\%_0}{c_1} = \frac{2f}{}$  ტალღური რიცხვი.

7. წარმოვადგინოთ უცნობი სიდიდეები  $P_j$  და  $S_j$  შემდეგი სახით

$P_j = \sum_{q=1}^n \bar{P}_{jq} \xi_{0q}; S_j = \sum_{q=1}^n \bar{S}_{jq} \xi_{0q};$  და გამოვთვალოთ  $P\{\bar{P}_{jq}\}$  და  $S\{\bar{S}_{jq}\}$  მატრიცის კოეფიციენტები პუნქტ 6-ში მოცემული განტოლებათა სისტემის წრფივი გარდაქმნით,  $\xi_{0j}$  სიდიდის ნებისმიერი მნიშვნელობებისათვის.

$$P = \begin{vmatrix} \bar{P}_{11} & \bar{P}_{12} & \dots & \dots & \bar{P}_{1n} \\ \bar{P}_{21} & \bar{P}_{22} & \dots & \dots & \bar{P}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{P}_{n1} & \bar{P}_{n2} & \dots & \dots & \bar{P}_{nn} \end{vmatrix}; S = \begin{vmatrix} \bar{S}_{11} & \bar{S}_{12} & \dots & \dots & \bar{S}_{1n} \\ \bar{S}_{21} & \bar{S}_{22} & \dots & \dots & \bar{S}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{S}_{n1} & \bar{S}_{n2} & \dots & \dots & \bar{S}_{nn} \end{vmatrix}$$

-

«

»

8. როდესაც გრუნტის სეისმური რხევის ამპლიტუდა  $A_0$  ხიბინჯის მთელ სიგრძეზე სიღრმის მიუხედავად მიიღება მუდმივ სიდიდედ, ამ შემთხვევაში  $\bar{P}_j$  და  $\bar{S}_j$  კოეფიციენტები ხიბინჯის ყველა კვანძისათვის გამოითვლება შემდეგი ფორმულით
- $$\bar{P}_j = \frac{P_j}{\xi_0} = \sum_{q=1}^n \bar{P}_{jq}; \bar{S}_j = \frac{S_j}{\xi_0} = \sum_{q=1}^n \bar{S}_{jq};$$

სადაც  $\bar{P}_{jq}$  და  $\bar{S}_{jq}$  -  $P$  და  $S$  მატრიცების  $j$ -ური სტრიქონის კოეფიციენტებია (იხ. პუნქტი 7;  $\xi_0 = \frac{A_0}{r}$  - ტალღის პოტენციალის ამპლიტუდაა, რომელიც მუდმივია ყველა  $i = 1, 2, \dots, n$ -ისათვის).

9. იმ შემთხვევაში, როდესაც ტალღის გავრცელების დროს გრუნტის სიღრმის მიხედვით სეისმური რხევის ამპლიტუდების მიღების გათვალისწინება ხდება, აუცილებელია წარმოვადგინოთ სიღრმეში ამპლიტუდის ცვლილება ექსპონენციალური ფორმით და გამოვთვალოთ ხიბინჯის ყველა კვანძისათვის პოტენციალის ამპლიტუდის ფარდობითი მნიშვნელობები შემდეგი ფორმულით:
- $$\frac{\xi_{oj}}{\xi_o} = \frac{A_j}{A_o} = \exp \left[ -\frac{\text{tr } l}{2fn} (x - 1) \right];$$

სადაც  $A_0$  - ზედაპირზე ( $j=0$ ) გრუნტის რხევის ამპლიტუდის ჰორიზონტალური მდგენელია;  $\xi_0$  - გრუნტის ზედაპირზე ტალღის პოტენციალის ამპლიტუდა;  $t$  - სიღრმეში ტალღის მიღების ინტენსიურობის მაჩვენებელი, რომელიც ყოველი კონკრეტული შემთხვევისათვის განისაზღვრება საინჟინრო სეისმოლოგიური მონაცემებით. თუ ასეთი მონაცემები არ არსებობს, მაშინ  $t = 0$  და ანგარიში მიმდინარეობს პუნქტი 8-ს მიხედვით.

$\bar{P}_j$  და  $\bar{S}_j$  კოეფიციენტების მნიშვნელობები სიღრმეში სეისმური ტალღის ჩაქრობის გათვალისწინებით განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით.

$$\bar{P}_j = \frac{P_j}{\xi_0} = \sum_{q=1}^n \bar{P}_{jq} \frac{\xi_{oq}}{\xi_0}; \bar{S}_j = \frac{S_j}{\xi_0} = \sum_{q=1}^n \bar{S}_{jq} \frac{\xi_{oq}}{\xi_0};$$

10. ამპლიტუდები  $W_j$  და რხევის ფაზა  $\angle_{jn}$  ხიბინჯის  $j = 0, 1, 2, \dots, n$  წერტილებში გამოითვლება შემდეგი ფორმულით.

$$\frac{W_j}{A_0} = \sqrt{\left( \frac{\text{Re } W_j}{A_0} \right)^2 + \left( \frac{\text{Im } W_j}{A_0} \right)^2}; \text{tg } \angle_{jn} = \frac{\text{Im } W_j}{\text{Re } W_j};$$

სადაც, როცა  $j = 0$

$$\frac{\text{Re } W_0}{A_0} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[ \frac{1+y}{2} \left( x_1 - \frac{m}{m_0} \right) \bar{P}_j + \frac{4x_1}{f (rR)^2} \bar{S}_j \right]; \frac{\text{Im } W_0}{A_0} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[ \left( x_1 - \frac{m}{m_0} \right) \left( \frac{\xi_{0j}}{\xi_0} + \frac{1+y}{2} \bar{S}_j \right) - \frac{4x_1}{f (rR)^2} \bar{P}_j \right];$$

ხოლო, როცა  $1 \leq j \leq n$

$$\frac{\text{Re } W_j}{A_0} = \frac{1+y}{2} \bar{P}_j - \frac{2}{f} [\ln(rR) - 0,115931] \bar{S}_j; \frac{\text{Im } W_j}{A_0} = \frac{\xi_{oj}}{\xi_0} + \frac{1+y}{2} \bar{S}_j - \frac{2}{f} [\ln(rR) - 0,115931] \bar{P}_j;$$

11. სეისმური ტალღების გავრცელებისას, გრუნტის დინამიკური წნევით გამოწვეული ჰორიზონტალური ძალების ამპლიტუდები ხიბინჯის  $j = 0, 1, 2, \dots, n$  წერტილებში გამოითვლება შემდეგი ფორმულით.

$$\frac{F_j}{A_0 m_0 \xi^2} = \sqrt{\left( \frac{\text{Re } F_j}{A_0 m_0 \xi^2} \right)^2 + \left( \frac{\text{Im } F_j}{A_0 m_0 \xi^2} \right)^2},$$

სადაც  $\frac{\text{Re } F_j}{A_0 m_0 \xi^2} = \frac{x_1}{n} \left[ \frac{1}{2} (1+y) \bar{P}_j + \frac{4}{f (rR)^2} \bar{S}_j \right]; \frac{\text{Im } F_j}{A_0 m_0 \xi^2} = \frac{x_1}{n} \left[ \frac{\xi_{oj}}{\xi_0} + \frac{1}{2} (1+y) \bar{S}_j - \frac{4}{f (rR)^2} \bar{P}_j \right].$

12. ხიმინჯის  $j = 0, 1, 2, \dots, n$  კვეთებში განივი ძალის მომენტები ეპიურის ორდინატები განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით.

$$13. \frac{Q_j}{A_0 m_0 \xi^2} = \sqrt{\left(\frac{\text{Re } Q_j}{A_0 m_0 \xi^2}\right)^2 + \left(\frac{\text{Im } Q_j}{A_0 m_0 \xi^2}\right)^2},$$

$$\text{სადაც } \frac{\text{Re } Q_j}{A_0 m_0 \xi^2} = -\sum_{k=j}^n \left( \frac{\text{Im } F_k}{A_0 m_0 \xi^2} + \frac{1}{n} \frac{m}{m_0} \frac{\text{Im } W_k}{A_0} \right); \quad \frac{\text{Im } Q_j}{A_0 m_0 \xi^2} = -\sum_{k=j}^n \left( \frac{\text{Re } F_k}{A_0 m_0 \xi^2} + \frac{1}{n} \frac{m}{m_0} \frac{\text{Re } W_k}{A_0} \right);$$

$$\frac{\text{Re } F_k}{A_0 m_0 \xi^2} \text{ და } \frac{\text{Im } F_k}{A_0 m_0 \xi^2} \quad (\text{იხ. პუნქტი 11. როცა } k = j, j+1, \dots, n),$$

$$\frac{\text{Re } W_k}{A_0} \text{ და } \frac{\text{Im } W_k}{A_0} \quad (\text{იხ. პუნქტი 10. როცა } k = j, j+1, \dots, n),$$

შენიშვნა: ხიმინჯის  $j = 1$  კვეთისათვის უნდა შესრულდეს შემოწმება.

$$\frac{Q_1}{A_0 m_0 \xi^2} = \frac{W_0}{A_0} \text{ სადაც } \frac{W_0}{A_0} \text{ (იხ. პუნქტი 10. როცა } j = 0).$$

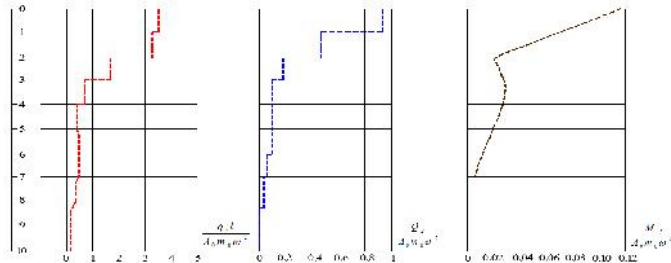
14. ხიმინჯის  $j = 0, 1, 2, \dots, n-1$  კვეთებში მღუნავი მომენტის მომენტები ეპიურის ორდინატები განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით.

$$\frac{M_j}{m_0 \xi^2 A_0 l} = \sqrt{\left(\frac{\text{Re } M_j}{m_0 \xi^2 A_0 l}\right)^2 + \left(\frac{\text{Im } M_j}{m_0 \xi^2 A_0 l}\right)^2} \text{ სადაც}$$

$$\frac{\text{Re } M_j}{m_0 \xi^2 A_0 l} = -\frac{1}{n} \sum_{k=j+1}^n (k-j) \left( \frac{\text{Re } F_k}{A_0 m_0 \xi^2} + \frac{1}{n} \frac{m}{m_0} \frac{\text{Re } W_k}{A_0} \right); \quad \frac{\text{Im } M_j}{m_0 \xi^2 A_0 l} = -\frac{1}{n} \sum_{k=j+1}^n (k-j) \left( \frac{\text{Im } F_k}{A_0 m_0 \xi^2} + \frac{1}{n} \frac{m}{m_0} \frac{\text{Im } W_k}{A_0} \right);$$

აქ  $\frac{\text{Re } F_k}{A_0 m_0 \xi^2}; \frac{\text{Im } F_k}{A_0 m_0 \xi^2}; \frac{\text{Re } W_k}{A_0}; \frac{\text{Im } W_k}{A_0}$  მნიშვნელობებისათვის იხ. პუნქტი-10 და პუნქტი-11.

ქვემოთ მოყვანილია ხიმინჯის განივი სიხისტის, განივი ძალისა და მღუნავი მომენტის სიღრმის მიხედვით ცვლილების გრაფიკები (სურ.-3) შემდეგი სწყისი მონაცემებისათვის:  $\frac{m}{m_0} = 0.06 \chi_0 = 100; \chi_1 = 0.001; y = 4; rR = 0.01$ . ხიმინჯის სიგრძე 15 მ-ია, რომელიც დაყოფილია 10 თანაბარ ნაწილად



ნახაზი-3

### 3. დასკვნა

სტატიაში შემოთავაზებული ხიმინჯების ტალღური მეთოდით გაანგარიშებისათვის შედგენილი ალგორითმი შესაძლებელია გამოყენებული იქნას პრაქტიკული ხასიათის საპროექტო ამოცანებისათვის დამპროექტებლების მიერ, რომელიც გარკვეულ სწყის მონაცემებზე დაყრდნობით იძლევა საშუალებას ხიმინჯის გარკვეულ დისკრეტულ წერტილებში დავითვალოთ ისეთი მნიშვნელოვანი მახასიათებლები, როგორცაა განივი სიხისტის (ზამბარის), მღუნავი მომენტის და განივი ძალების მნიშვნელობები.

### ლიტერატურა

1. Ставницер Л. Р. Сейсмостойкость оснований и фундаментов. Изд. АСВ, 2010, -447с.
2. Нуждин Л. В., Гензе П. А. жесткость и демпфирование вертикальных колебаний свайного основания с учетом волнового взаимодействия свай в кусте. Тр. Международного семинара по механике грунтов, М., 2000, с. 42-43.



[4].

2.

$$\begin{aligned} \bar{Q}_i^{ijs} &= [K_{11}^{ijs}] \bar{W}_i^{ijs} + [K_{12}^{ijs}] \bar{W}_j^{ijs} + \bar{Q}_{\alpha i}^{ijs}, \\ \bar{Q}_j^{ijs} &= [K_{21}^{ijs}] \bar{W}_i^{ijs} + [K_{22}^{ijs}] \bar{W}_j^{ijs} + \bar{Q}_{\alpha j}^{ijs}, \end{aligned} \tag{1}$$

$$\bar{Q}_i^{ijs} = \begin{Bmatrix} y_{1i}^{ijs} \\ \dots \\ y_{4i}^{ijs} \end{Bmatrix}, \quad \bar{Q}_j^{ijs} = \begin{Bmatrix} y_{1j}^{ijs} \\ \dots \\ y_{4j}^{ijs} \end{Bmatrix} \tag{2}$$

*ijs* -

*i* - *j* -

$$\bar{W}_i^{ijs} = \begin{Bmatrix} y_{5i}^{ijs} \\ \dots \\ y_{8i}^{ijs} \end{Bmatrix}, \quad \bar{W}_j^{ijs} = \begin{Bmatrix} y_{5j}^{ijs} \\ \dots \\ y_{8j}^{ijs} \end{Bmatrix}. \tag{3}$$

$$[K^{ijs}] = \begin{bmatrix} K_{11}^{ijs} & K_{12}^{ijs} \\ K_{21}^{ijs} & K_{22}^{ijs} \end{bmatrix} \tag{4}$$

*ijs*-

8x8,

$\omega_0$  ,  $\bar{\omega}_0$ .

[K]

$\alpha_{10}$   $\alpha_{12}$ ,

$$\bar{Q}_i^{ijs} = \begin{Bmatrix} \bar{Q}_{\alpha i}^{ijs} \\ \bar{Q}_{\alpha j}^{ijs} \end{Bmatrix} \tag{5}$$

*ijs*-

[K]

$\bar{Q}_0$ .

[5].

*ijs*-

*i*-

*j*-

$$\bar{W}_i^{ijs} = [\varphi_i^{ijs}]^T \bar{\Delta}_i, \quad \bar{W}_j^{ijs} = [\varphi_j^{ijs}]^T \bar{\Delta}_j. \tag{6}$$

(1)

(2),  $I$   $N_2$

$$[P] \bar{\Delta} = \bar{T}, \tag{7}$$

$$[P] = \begin{bmatrix} P_{11} & \dots & P_{1N_2} \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{N_2 1} & \dots & P_{N_2 N_2} \end{bmatrix}, \tag{8}$$

$$\bar{\Delta} = [\bar{\Delta}_1^T \dots \bar{\Delta}_{1N_2}^T]^T, \quad \bar{T} = [\bar{T}_1^T \dots \bar{T}_{1N_2}^T]^T.$$

$[P_{i\#}]$

$[P]$



« »

$$[P_{ij}] = [R_{12}^{ij}] \quad (i < j)$$

$$[P_{ij}] = [\bar{G}_i] - \delta_0^2 [\bar{\dots}_i] + \sum_{r=1}^{i-1} [R_{22}^r] + \sum_{t=i+1}^{N_i} [R_{11}^t] \quad (9)$$

$$[P_{ij}] = [R_{21}^{ij}] \quad (i < j)$$

$$[R_{\ell m}^{ij}] = \sum_{s=1}^{N_{ij}} [\zeta_i^{ijs}] [K_{\ell m}^{ijs}] [\zeta_j^{ijs}]^T \quad (\ell, m = 1, 2) \quad (10)$$

$$\vec{T}_i = \vec{f}_i + \sum_{j=1}^{N_1} [\bar{F}_{ij}] \quad (11)$$

$$\vec{F}_{ij} = \sum_{s=1}^{N_{ij}} \zeta_i^{ijs} [\zeta_j^{ijs}] \vec{Q}_i^{ijs} \quad (12)$$

(9)-(12)

(7)

$\Delta$

(7)

$$[ \ ] \quad k- \quad \Delta_{ik} \quad i- \quad [ \ ]$$

$$[4(i-1) + k]- \quad [ \ ] \quad [4(i-1) + k]-$$

, . . . [6]

$$\vec{R}_i = [\tilde{K}_i]^T \vec{\Delta}_i, \quad (13)$$

$$\tilde{K}_i = [\tilde{K}_{iu} \tilde{K}_{is} \tilde{K}_{it} \tilde{K}_{iv}]^T. \quad (14)$$

[ ii ]

$\tilde{K}_i$ .

i-

j-  
(14).

$$[ ij] \quad [ ji] \quad [ ii] \quad [ jj] \quad \tilde{K}_i.$$

(7) c

$$\vec{W}_i^{ijs} = [\zeta_i^{ijs}]^T \vec{\Delta}_i \quad \vec{W}_j^{ijs} = [\zeta_j^{ijs}]^T \vec{\Delta}_j \quad (15)$$

$$\begin{Bmatrix} y_5(r_{1i}) \\ y_6(r_{1i}) \\ y_7(r_{1i}) \\ y_8(r_{1i}) \end{Bmatrix} = \vec{W}_i^{ijs} \quad \begin{Bmatrix} y_5(r_{1j}) \\ y_6(r_{1j}) \\ y_7(r_{1j}) \\ y_8(r_{1j}) \end{Bmatrix} = \vec{W}_j^{ijs} \quad (16)$$

- « » -

$\bar{y}^j$ ,

$$[P(\bar{\omega})]\Delta = 0. \tag{17}$$

$\bar{\omega}'$ ,

(17)

$$|P(n, \bar{\omega}^*)| = 0 \tag{18}$$

$\bar{\omega}^*$

( ,  $\Delta_{ij} = 1$ ),

[P],

$$\begin{aligned} & |P(n, \bar{\omega}^*)|\Delta = T \\ & [4(i-1) + j] - \end{aligned} \tag{19}$$

$\Delta_{ij} = 1$ .  
 $\bar{\Delta}$

*ijs-*

(15).

(6)

(16)

*ijs-*

### 3.

1. ... // ... , 1989, - .101.
2. ... .3- ... // ... , 1992. - .57.
3. ... . III ... // ... . III ... , 1994. - .125.
4. ... ( ... ) : - “ ”, . 2, 1978. -563 .
5. ... // ... , 1961, . XVI, . 3(99), . 171-174.
6. ... , 1990. -249 .

არმატურის ნაშვერების არასწორად მოწყობის ფაქტების  
ბამოვლენა და მათი კორექტირება

ი.ჭვარაცია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ.№77, 0175,  
თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია მშენებლობის პროცესში, პროექტით გათვალისწინებული არმატურის ნაშვერების არასწორად მოწყობის ფაქტები, რაც არ იძლევა სამუშაოების სრულფასოვანი გაგრძელების შესაძლებლობას და მოითხოვს მათ სასწრაფო კორექტირებას, რაც ძირითადად თანამედროვე ქიმიური წებოების გამოყენებით ხორციელდება.

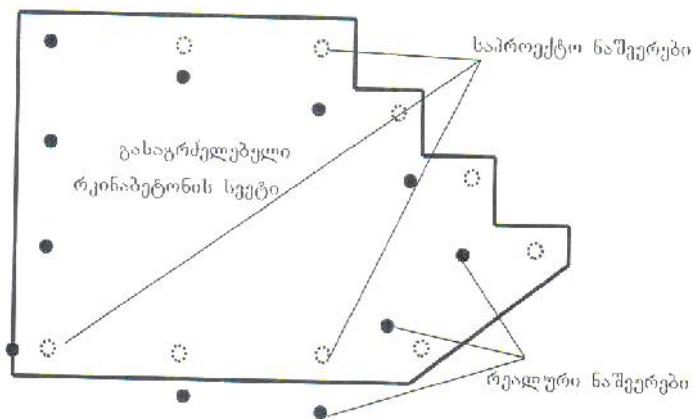
**საკვანძო სიტყვები:** ბეტონი, რკინაბეტონი, არმატურა, ნაშვერი, ნაბურღი, ანკერი, წებო, ჩამავრება, კორექტირება.

1.შესავალი

მშენებლობის პროცესში, რკინაბეტონის კონსტრუქციების მოწყობის დროს, ხშირად არ ექცევა სათანადო ყურადღება სხვადასხვა მზიდი ელემენტების არმირების გაგრძელების მიზნით არმატურის ნაშვერების ზუსტად პროექტის მოთხოვნების შესაბამისად მოწყობას. ასეთი ფაქტები დიდ სირთულეებს ქმნიან სამუშაოების შემდგომი გაგრძელების თვალსაზრისით და ამიტომ მათი მდებარეობის სისწორის შემოწმება სისტემატიურად უნდა მოხდეს და რაც შეიძლება ოპერატიულად უნდა გადაწყდეს მათი მდებარეობის კორექტირების საკითხი. ასეთი შემოწმების შედეგად, თბილისში, ერთ-ერთი მეტად საპასუხისმგებლო ობიექტის მშენებლობის პროცესში, სარდაფის მზიდი რკინაბეტონის კონსტრუქციების მოწყობის შემდეგ სარდაფის სვეტების თავზე მოწყობილ რკინაბეტონის ფილაში, გამოვლინდა სვეტების გაგრძელებისათვის საჭირო არმატურის ნაშვერების არასწორი განლაგება. აღნიშნული ხარვეზების გამოსასწორებლად აუცილებელი გახდა არმატურის ნაშვერების მდებარეობის ზუსტად დადგენა და მათი საპროექტო მოთხოვნების შესაბამისად კორექტირება.

2.ძირითადი ნაწილი

არმატურის ნაშვერების საპროექტო მოთხოვნებთან შესაბამისობის დასადგენად, გადახურვის ფილაზე სარდაფის ყველა საეჭვო სვეტის ზემოთ გეოდეზისტების მიერ განსაზღვრული იქნა ზუსტი საპროექტო კოორდინატები და აიგო გასაგრძელებელი სვეტების კონტურები, არმატურის ნაშვერების რეალური განლაგების ჩვენებით. ერთ-ერთი მაგალითი მოყვანილია ნახ.1-ზე.



ნახ. 1. არმატურის ნაშვერების საპროექტოსთან შედარებით აცილების შემთხვევა

თვალსაჩინოებისათვის აუცილებელია დეტალურად განვიხილოთ ეს განზოგადებული შემთხვევა. აღნიშნული მოხაზულობის სვეტის, უკვე რკინაბეტონის გადახურვის ფილის ზემოთ გასაგრძელებლად აუცილებელი იყო რკინაბეტონის ფილაში პროექტით გათვალისწინებული ნაშვერების დატოვება, რომლებიც ნახაზზე წრეების სახით არის გამოსახული. რეალურად რკინაბეტონის გადახურვის ფილის მოწყობის დროს, ქვედა სვეტიდან წამოსულმა არმატურის ღეროებმა დაიკავეს სრულიად სხვა ადგილი, რომელზეც შეუძლებელია რკინაბეტონის სვეტის აგების გაგრძელება. ასეთი აცილებები ზოგიერთ შემთხვევაში საერთოდ მომავალი სვეტის კონტურის გარეთ ხვდებოდა და მათი გადახრა საპროექტო მდგომარეობიდან 15-20სმ აღწევდა. კარკასის ღეროების აცილება ხშირ შემთხვევებში გამოწვეული იყო მათი დაბეტონების დროს მთლიანად კარკასის მობრუნებით ან რკინაბეტონის ფილის მოწყობის შემთხვევაში მათი არასწორად განთავსებით. სამშენებლო პროცესის წარმოების დროს გამოჩენილი უყურადღებობის გამო არასწორად მოწყობილი ნაშვერებით მშენებლობის გაგრძელება ნიშნავდა საპროექტო კოორდინატების დარღვევას და რკინაბეტონის სვეტის არასწორად დაარმირებას და მის შემდგომ მოწყობას.

აღნიშნული პრობლემის გადასაჭრელად, არასწორად გაკეთებული ყველა ნაშვერი გადაიჭრა ლითონის საჭრელი ხელსაწყოებით, რკინაბეტონის ფილის ზედაპირის დონეზე და მათ ნაცვლად პროექტით გათვალისწინებულ ნაშვერების ადგილებში, რომლებიც უკვე ზუსტად საპროექტო კოორდინატების მიხედვით იქნა განსაზღვრული, გაკეთდა ჯერ ნაბურღები, ხოლო მათი გამოსუფთავების შემდეგ ქიმიური ანკერები (ნახ.2). ჩაანკერების სიღრმე იანგარიშებოდა არმატურის დიამეტრისა და მათზე მოსული დატვირთვებიდან გამომდინარე და მათი სიგრძე 25-30სმ ფარგლებში მერყეობდა. ქიმიური ანკერების შემოწმებისას არც ერთი მათგანის შეჭიდულება არ დარღვეულა. შედეგად მიღწეული იქნა ნაშვერების განლაგების კორექტირება და არსებული მდგომარეობის გამოსწორება, რაც რა თქმა უნდა საკმაოდ დანახარჯებთან იყო დაკავშირებული.



ნახ.2 არმატურის ნაშვერების მდებარეობის კორექტირება

### 3.დასკვნა

1. შენობა-ნაგებობების მშენებლობის დროს, რკინაბეტონის კარკასების აგებისას პროექტით გათვალისწინებული არმატურის ნაშვერების არასწორად გაკეთების ან მათი საერთოდ არ არსებობის შემთხვევების გამოვლენისთანავე აუცილებელია მიღებული იქნეს ზომები მათი კორექტირებისათვის, რაც ყველაზე სრულფასოვნად ქიმიური ანკერების მოწყობით ხორციელდება და მხოლოდ ამის შემდეგ შეიძლება გაგრძელდეს არმირების სამუშაოები;
2. ქიმიური ანკერების გამოყენების დროს განსაკუთრებულ ყურადღებას მოითხოვს ნაბურღების ამოსუფთავება და აუცილებელია ნაშვერების ჩაანკერების ვერტიკალურობის დაცვა, რადგანაც ძალზე სწრაფად მიმდინარეობს არმატურის ღეროების ჩაწებების ქიმიური პროცესი.

### ლიტერატურა

1. ი.ქვარაია. რკინაბეტონის სვეტებისა და კედლების გამოკვლევა სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. №1(32), თბილისი 2014, გვ.63-66;

**შემოქმედებითი და მეცნიერული ხელვის პარალელური  
ანტონიო გაუდისა და ბენუა მანდელბროტის მოღვაწეობაში  
თ. ტაბატაძე**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 0175 მ. კოსტავას 77,  
საქართველო, თბილისი)

**რეზიუმე:** ხელოვნების ნიმუშების, მათ შორის არქიტექტურის, ურბანული განვითარების ობიექტების შეფასების პროცესი აუცილებლად მოიცავს შემეცნებით, კრეატიულ და კომუნიკაციურ ასპექტებს. სპეციალურ ლიტერატურაში ეს ასპექტები კარგად არის განხილული. არ წარმოადგენს სადაოს ის გარემოება, რომ შეფასების საგანი, ობიექტურად, ფიზიკურად და ინფორმაციულად, ზოგ შემთხვევაში იმნამენტურად (მარტო მისთვის დამახასიათებელი თვისებებით) ხასიათდება პარამეტრებით, რომელთა ერთობლიობა, კომბინაცია, „ქიმი“ თუ „ალგებრა“ (საბოლოო ჯამში თანამედროვე შეფასების პარადიგმა) აძლევს საშუალებას „მომზადებულ“ ექსპერტს „სუბიექტური“ შეფასება გადაიტანოს „ობიექტურის“ კატეგორიაში. უხეშად გამოყენებული „ბრჭყალებით“ ჩვენ ვცდილობთ ხაზი გაუსვათ ამ ტერმინების პირობითობას და ინტერპრეტაციის არაკატეგორიულობას (რამდენადმე „ლინგვისტური ცვლადების“, ე.წ. „არამკვეთრი სიმრავლეების“ პრინციპებიდან გამომდინარე.)

ფრაქტალური არქიტექტურის შემეცნებითი, კრეატიული და კომუნიკაციური ასპექტების გააზრებისთვის, მისი შეფასების ობიექტური პლათფორმის ჩამოყალიბებისა და განზოგადებისთვის მნიშვნელოვნად მიგვაჩნია, მიუხედავად მათი ასინქრონულობისა, განვიხილოთ არქიტექტორ ანტონიო გაუდისა და მათემატიკოს ბენუა მანდელბროტის ცხოვრების და მოღვაწეობის ნიშანსვეტები.

**საკვანძო სიტყვები:** ფრაქტალი, ფრაქტალური არქიტექტურა, გაუდი, მანდელბროტი.

## 1. შესავალი

ხელოვნების ნიმუშების, მათ შორის არქიტექტურის, ურბანული განვითარების ობიექტების შეფასების პროცესი აუცილებლად მოიცავს შემეცნებით, კრეატიულ და კომუნიკაციურ ასპექტებს. სპეციალურ ლიტერატურაში ეს ასპექტები კარგად არის განხილული. არ წარმოადგენს სადაოს ის გარემოება, რომ შეფასების საგანი, ობიექტურად, ფიზიკურად და ინფორმაციულად, ზოგ შემთხვევაში იმნამენტურად (მარტო მისთვის დამახასიათებელი თვისებებით) ხასიათდება პარამეტრებით, რომელთა ერთობლიობა, კომბინაცია, „ქიმი“ თუ „ალგებრა“ (საბოლოო ჯამში თანამედროვე შეფასების პარადიგმა) აძლევს საშუალებას „მომზადებულ“ ექსპერტს „სუბიექტური“ შეფასება გადაიტანოს „ობიექტურის“ კატეგორიაში. უხეშად გამოყენებული „ბრჭყალებით“ ჩვენ ვცდილობთ ხაზი გაუსვათ ამ ტერმინების პირობითობას და ინტერპრეტაციის არაკატეგორიულობას (რამდენადმე „ლინგვისტური ცვლადების“, ე.წ. „არამკვეთრი სიმრავლეების“ პრინციპებიდან გამომდინარე.)

ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ შეფასებები უნდა იყოს საკმაოდ ხშირი (სტატისტიკური ფაქტორი) და საჯარო, რათა ჩამოყალიბდეს სათანადო განწყობა შესაბამის სოციალურ-კულტურულ გარემოში.

ფრაქტალური არქიტექტურის შემეცნებითი, კრეატიული და კომუნიკაციური ასპექტების გააზრებისთვის, მისი შეფასების ობიექტური პლათფორმის ჩამოყალიბებისა და განზოგადებისთვის მნიშვნელოვნად მიგვაჩნია, მიუხედავად მათი ასინქრონულობისა, განვიხილოთ არქიტექტორ ანტონიო გაუდისა და მათემატიკოს ბენუა მანდელბროტის ცხოვრებისა და მოღვაწეობის ნიშანსვეტები.

## 2. ძირითადი ნაწილი

1891 წელს წმინდა იოსების თაყვანისმცემელთა საზოგადოებამ 30 წლის გაუდის შესთავაზა, გაეგრძელებინა 1882 წელს დაწყებული, მხოლოდ საძირკველჩაყრილი, წმინდა ოჯახის ტაძრის მშენებლობა. გაუდი ადრეც ოცნებობდა XX საუკუნის ტაძრის მშენებლობაზე, რომელშიც ის ხორცს შეასხამდა მთელ თავის არქიტექტურულ ცოდნას, სარწმუნოების სიმბოლიკის რთულ სისტემასა და მისი საიდუმლოებების ვიზუალურ ასხნას.

ანტონიო გაუდი 1852 წლის 25 ივნისს კატალონიის პატარა ქალაქ რუესში დაიბადა. ის მეორე დღესვე მონათლეს, რადგან არ იყვნენ დარწმუნებულები, რომ ჩვილი გადარჩობდა. ანტონიოს ხუთი დედამამიშივილიდან ოთხი ადრეულ ასაკში გარდაიცვალა. ანტონიოც მთლად ჯანმრთელი არ იყო, მას 30 წლის ასაკში ბევრად დიდი შეხედულება ჰქონდა. მიუხედავად ამისა, ბარსელონაში სიმპათიურ მამაკაცად ითვლებოდა, გემოვნებით, დენდივით იცვამდა და ქალების ყურადღებას ყოველთვის იქცევდა, თუმცა ოჯახი არ შეუქმნია. სკოლაში საუკეთესო იყო გეომეტრიასა და ხატვაში, საუკეთესო ინტერიერად ცა და ზღვა მიაჩნდა, ხოლო იდეალურ სკულპტურულ ფორმებად – ხე და ღრუბლები.

გაუდი 75 პროექტისა 18 არქიტექტურული ქმნილების ავტორია. მათი უმეტესობა ქალაქ ბარსელონაშია განხორციელებული. პირველი შეკვეთის პროექტი ქალაქის მუნიციპალიტეტმა მხოლოდ იმიტომ დაიწუნა, რემო მისი ხარჯთაღრიცხვა გადამეტებულად მოეჩვენა, თუმცა არქიტექტორის ტალანტი კერძო დამკვეთებმა უფრო დააფასეს, ფაბრიკების მფლობელ მანუელ ვისენს მონტანერისთვის აშენებულმა საზაფხულო სახლმა მთელი ბარსელონა გააოცა.

მაღე გაუდი ერთ-ერთმა უმდიდრესმა მეცენატმა, დახვეწილი გემოვნების პატრონმა, დონ ეუსებო გუელმა გაიცნო და მისი ოჯახის მეგობარი და პირადი არქიტექტორი გახდა. გაუდიმ ვირტუოზული ოსტატობით დააპროექტა და ააშენა მისი ახალი სახლი – არაჩვეულებრივი ინტერიერით, მარმარილოს ფასადით გამორჩეული, ერთდროულად ვენეციურ პალაცოს და მუსლიმურ მეჩეთს მოგვაგონებს. საცხოვრებელი კომპლექსი და პარკი „გუელი“ დღესაც ადგილობრივი მცხოვრებლებისა და ტურისტების უსაყვარლესი ადგილია.

1883 წლიდან ასკეტურმა და ეკლესიურმა გაუდიმ თავისი ძალები ცხოვრების ბოლომდე მისი ყველაზე მნიშვნელოვანი პროექტის, წმინდა ოჯახის ტაძრის მშენებლობას შეაღწია. უარი თქვა ძალიან პატივმოყვარულ და სარფიან შემოთავაზებებზე პარიზსა და ნიუ იორკში. წინასწარი მონახაზების გარეშე, მხოლოდ საკუთარი წარმოსახვის საფუძველზე მუშაობდა. სწორედ მუშაობის ამგვარი სტილის გამო ესპანელებმა გაუდის „ღმერთის არქიტექტორი“ შეარქვეს. ამჟამად საგრადა ფამილიას რესტავრაცია უტარდება, თუმცა შეიმჩნევა განსხვავება გაუდის ნამუშევარსა და გვიანდელ დამატებებს შორის.

1926 წლის 7 ივნისს, 17 საათსა და 30 წუთზე დასუსტებულმა გაუდიმ ტაძრის ტერიტორია დატოვა და მეზობელი ეკლესიისკენ გაეშურა. გზაზე მას იმ დღეს ამოქმედებული ტრამვაი დაეჯახა. მისი დაკრძალვისთვის ყველაზე შესაფერის ადგილად მისი დაუსრულებელი შედეგრი, წმინდა ოჯახის ტაძარი, ლა საგრადა ფამილია შეირჩა.

რამდენიმე ათწლეულია მისი ცხოვრების დაწვრილებით შესწავლა მიმდინარეობს. გაუდის მაღე წმინდანად შერაცხავენ. ცნობილი ტაძარიც, რომელიც 135 წელია შენდება, ყველა გათვლით, გაუდის სიკვდილიდან 100 წლის იუბილეზე, 2026 წელს, საბოლოო სახეს მიიღებს. გაუდის სტილი უკიდურესად ორიგინალურია – არასწორხაზოვანი ფანტასტიურად ჩახლართული ფორმები. მის ნამუშევრებს, განსაკუთრებით საგრადა ფამილიას, თითქმის ჰალუცინაციური გავლენა აქვს მნახველზე.

მან ერთმანეთში შერწყა პარაბოლური თაღები და ჰიპერბოლური კონსტრუქციები, ბუნების ორგანული ფორმები და წყლის მდინარეობა. შენობების პროექტირებისას ის ყურადღებას ამახვილებდა გრავიტაციის ძალაზე და კათენოიდის

-

«

»

პრინციპებზე (ბევრი კონსტრუქცია შექმნილია თავდაღმა ჯაჭვებზე ან ერთმანეთზე შეერთებულ თოკებზე სიმძიმეების დაკიდებით გრავიტაციის გამოყენებით კათენოიდების გამოთვლით ბუნებრივი სიმრუდის თაღის მისაღებად).

არქიტექტორის შემოქმედებას (მოდერნი) არტ-ნუვო არქიტექტურას მიაწერენ. თუმცა მის მიერ ორთოგონალური ხაზების ნაცვლად ბიომორფული ფორმების ათვისებამ საკუთარი, თვითმყოფადი კატეგორია მიანიჭა.

ჩვენი აზრით, გაულის არქიტექტურის ფორმათწარმოქმნის ფენომენი სამყაროს მოწყობის ფრაქტალურობის პრინციპის (მთელისა და ნაწილის მსგავსობის) აღიარებაშია.



ანტონიო გაუდი. საგრადა

გენიალური მეცნიერი, ფრანგი მათემატიკოსი ბენუა მანდელბროტი (1924 –2010) თანამედროვე ფრაქტალური გეომეტრიის ფუძემდებელია.

სიტყვა „ფრაქტალი“ ლათინური „ფრაგტუს“-ისგან არის ნაწარმოები, რაც თავის მხრივ „გატეხილს“, „დამსხვრეულს“ ნიშნავს. ფრაქტალი ეს ის ობიექტია, რომლის თითოეული დეტალიც იმეორებს მის მთლიანობას, ანუ საქმე გვაქვს თვითმსგავსების მოვლენასთან, რომელიც გულდასმით შეისწავლა მანდელბროტმა და აჩვენა, რომ

ჩვენს სამყაროში ფრაქტალური ხასიათის საგნები და მოვლენები უპირატესად განსაზღვრავენ გარემოს მრავალფეროვნებას.

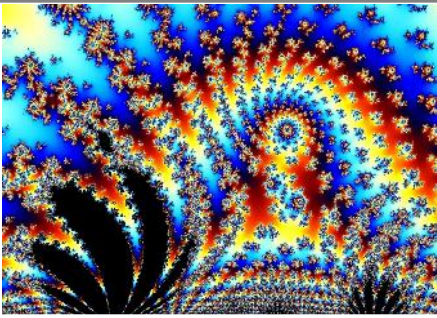
ბენუა მანდელბროტი (1924–2010 წ.წ.) დაიბადა ვარშავაში. ბენუას ბავშვობიდანვე აღმოაჩნდა მათემატიკის განსაკუთრებული ნიჭი. შემდგომში პარიზის პოლიტექნიკური სკოლის სტუდენტი, წარმოსახვის გაძლიერებული უნარის წყალობით, ალგებრულ ამოცანებსაც გეომეტრიული ხერხებით ხსნიდა. უნივერსიტეტის დამთავრების შემდეგ მანდელბროტი გადავიდა ამერიკის შეერთებულ შტატებში, სადაც დაამთავრა კალიფორნიის ტექნოლოგიური უნივერსიტეტი და 1952 წ. მიენიჭა დოქტორის წოდება. მან მუშაობა დაიწყო I სამეცნიერო-კვლევით ცენტრში.

მანდელბროტს აინტერესებდა ბუნებისთვის დამახასიათებელი ფორმების, სიმეტრიულობის და ასიმეტრიულობის არსი. მანდელბროტი ამ იდეით იყო განმსჭვალული და ისწრაფოდა მათემატიკურად აღეწერა სამყაროს კანონზომიერი გეომეტრიული ფორმები. იგი იკვლევდა თვითწარმოქმნელ არარეგულარულ სტრუქტურებს. თავად მან დაახასიათა თავისი თეორია, როგორც უფორმო სხეულთა მორფოლოგია. თავის წიგნში „ბუნების ფრაქტალური გეომეტრია“ მანდელბროტი წერს: „რატომ ეძახიან გეომეტრიას „ცივსა“ და „მშრალს“? ერთ-ერთი მიზეზი ამისა, არის ის, რომ მას არ შეუძლია აღწეროს ღრუბლების ფორმა, მთები, სანაპირო ზოლი, ხეები. ღრუბლები – სფეროები არ არიან, მთები – კონუსები, სანაპირო ზოლი არ ვრცელდება სწორხაზოვნად. საერთო ჯამში ბუნებაში ფორმათა უმრავლესობას არარეგულირებადობა, ფრაგმენტულობა ახასიათებთ, რაც ეკვლიდურთან შედარების შედეგად ნათლად ჩანს, რომ ბუნებას გააჩნია ბევრად უფრო რთული ფორმები და სხვა განზომილებები“.

მანდელბროტი არის „შემქმნელი“, რამეთუ შესძლო ფრაქტალების საშუალებით შეეთავსებინა მათემატიკა და კომპიუტერული მეცნიერება.

სიმპტომატურია, რომ 1987 წელს ჟურნალისტმა ჯეიმს გლიკმა დაწერა წიგნი ბენუა მანდელბროტის შესახებ: „ქაოსი: ახალი მეცნიერების დაარსება – მანდელბროტი“.

არქიტექტურულ, გეომეტრიულ და ბუნების ობიექტებს შორის მსგავსება მიუთითებს იმაზე, რომ რეალური სამყაროს განვითარების საწყისები ბუნების კანონებიდან მომდინარეობს. მანდელბროტის მიერ ფრაქტალური გეომეტრიის შემოღების შემდეგ არქიტექტურული დაგეგმარების განვითარებაში ახალი მიმართულება გამოიკვეთა, რომელიც ხასიათდება როგორც გაცნობიერებული ფრაქტალური არქიტექტურული ფორმები.



მანდელბროტის ფრაქტალი

სტრუქტურის თვითმსგავსება, ფორმათა გენერაციის დინამიკა, დისკრეტულობა, ფორმათწარმოქმნის რეკურენტული ალგორითმის იტერაციულობა (პროცესის ციკლურობა) ფრაქტალური თეორია მხოლოდ ვირტუალური რეალობის ნაწილი არ არის, რომელმაც თითქმის მთლიანად დაგვაშორა ბუნებრივს, არამედ ჩვენ შეგვიძლია კვლავ დავაბატოთ ისინი ბუნებას, დავაბრუნოთ თავის სათავეებთან და მათთან ერთად დავუბრუნდეთ ინტეგრაციას, ბუნებრივისა და ხელოვნურის მრავალფეროვანი გადაკვეთებით.

### 3. დასკვნა

ამრიგად, არქიტექტურაც ფრაქტალთა ხელქვეითია, გეომეტრია უძღურია მკაფიოდ „აღწეროს“ ადრეული ხანის თუ თანამედროვე არქიტექტურის ინტუიციურად შექმნილი თუ ლოგიკურად გაცნობიერებული რთული ფორმები. ფრაქტალებს კი თვითონ მოაქვთ ინფორმაცია. ყველა ფრაქტალი მსგავსია თავის თავისა, ე. ი. ისინი გვანან ყველა დონეზე, ეს ფრაქტალთა თვითმსგავსების პრინციპია.

ამრიგად, XX საუკუნის უდიდესი მეცნიერის ბენუა მანდელბროტის ფრაქტალურმა თეორიამ საშუალება მოგვცა სიღრმისეულად ჩავწვდეთ XIX საუკუნის დასასრულისა და XX საუკუნის დასაწყისში მოღვაწე უნიკალური სტილითა და ინდივიდუალიზმით გამორჩეული ესპანელი არქიტექტორის ანტონიო გაუდის არქიტექტურულ შედეგებს, მათ მეტად ოროგინალურ, ფანტასტიურად ჩახლართულ, არასწორხაზოვან ფორმებს, რომლებიც დღემდე დაუვიწყარ, თითქმის ჰალუცინაციურ გავლენას ახდენენ ადამიანებზე.

ხელოვანის შთაგონებასა და მეცნიერის მიგნებებს აქვთ მსგავსი ობიექტური თუ სუბიექტური წინაპირობები: სოციალური დაკვეთის, შემოქმედებითი შრომის სტიმულირების, ფენომენალური შრომისმოყვარეობისა და პროდუქტიულობის სახით. ძირითადი განსხვავება მხოლოდ ამ პროცესში ქვეცნობიერისა და ლოგიკურის თანაფარდობაშია, თუმცა რიგ შემთხვევებში ამ ორ ფენომენს შორის ზუსტი საზღვრის გავლება პრობლემატურია.

სპეციალურ საზგასმას არ საჭიროებს. ის, რომ შემეცნებითი და მეთოდოლოგიური ასპექტი ასოცირდება მანდელბროტთან, შემოქმედებითი კი - გაუდისთან, ხოლო კომუნიკაციური - არა მარტო არქიტექტურის სტრუქტურული და მხედველობითი აღქმის, არამედ ხუროთმოძღვრების პრეპოდავტიკასა და პროფესიული ინსტრუმენტარის დაუფლების პრობლემატიკასთან.

### ლიტერატურა

1. ზ. კიკნაძე, თ. ტაბატაძე. „ ფრაქტალური არქიტექტურა - ქვეცნობიერი თუ ლოგიკური.“ “ბიზნეს-ინჟინერინგი არქიტექტურაში. 1915. გვ. 127 –130.
2. B. Mandelbrot Fractal Geometry of Nature. - Moscow: Institute of Computer Science, 2002, 656 pages
3. „ . . . „ . . . . . , 1984.
4. . . . . , 1990. – 269 .



-

«

»

C

*TOP-DOWN UP-DOWN*

(  
: *UP-DOWN*,  
77,0175,  
*TOP-DOWN*)

*TOP-DOWN UP-DOWN*,

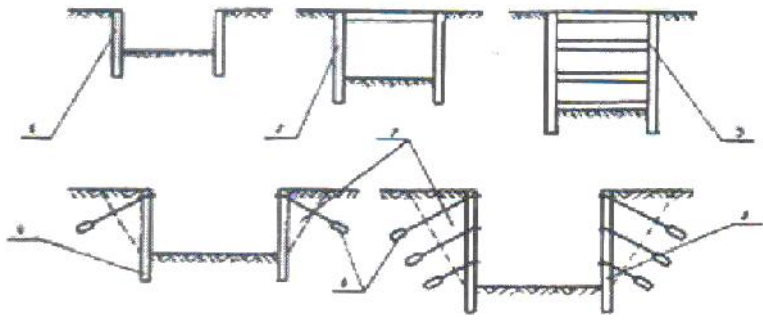
, « »,

1.

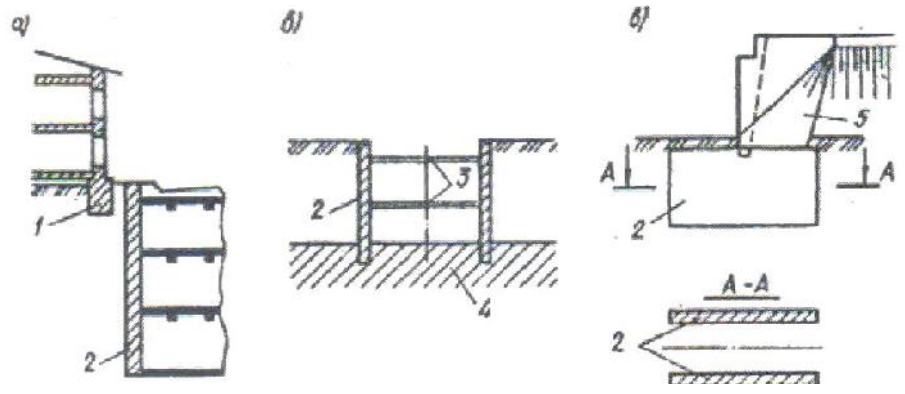
2.

1. «

2. «



1. ; 2-3 - ; 4-5 - ; 6 - ; 7 -



2. « »: )- ; )- ; 1 - ; 2 -  
 « »; 3 - ; 4 - ; 5 -

DOWN.

TOP-DOWN,

- UP-

UP-DOWN

-

«

»

,  
« - ».

,  
« - »  
5

« - »

( , PLAXIS)

« - »,

UP-DOWN

UP-DOWN

TOP-DOWN

TOP-DOWN

TOP-DOWN

TOP-DOWN

TOP-DOWN

« »,

« », « - »  
, , «  
»,  
,  
TOP-DOWN,  
DOWN. TOP-

3.

1. . . . . , 2011 .
2. . . . . *up-down* - . 2013 .
3. . . . . , 1993 .
4. . . . . , 2005 .
5. . . . . , 2009 .
6. . . . . . 2002 . 1.
7. Chang-Yu Ou. **Deep Excavations. Theory and Practice.** London, Taylor & Francis, 2006
8. პატენტი №1491. გ. ლოლაძე, ვ. ლოლაძე. „ყალიბი კედლის დასაბეტონებლად“. საქართველოს სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური ბიულეტენი № 23(267), 2008, თბილისი
9. პატენტი № 5418. ვ. ლოლაძე, გ. ლოლაძე, ნ. ლოლაძე, ვ. ლოლაძე. „ამოსადები დროებითი გრუნტის ანკერი“. საქართველოს სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური ბიულეტენი № 15(331), 2011, თბილისი

## მაღალი სიმტკიცის ბეტონის ტენგამტარობის პარამეტრების დადგენა

ა. საყვარელიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** შესრულებულია მაღალი სიმტკიცის ბეტონის ტენგამტარობის მახასიათებლების (ტენის დიფუზიის, ტენგადაცემისა და ტენგადაცემის კუთრი კოეფიციენტების) განსაზღვრის ექსპერიმენტულ-თეორიული გამოკვლევა. დადგენილია ცილინდრული ფორმის ნიმუშების ტენშემცველობის და წონის ცვლილება დროში – გამოშრობისას. რეალიზებულია უსასრულო ცილინდრის ამოცანა მესამე რიგის სასაზღვრო პირობებში. განსაზღვრულია მასალის დროში ტენშემცველობის ცვლილების ექსპერიმენტული მრუდი. თეორიულად გამოთვლილია ცილინდრის ტენშემცველობა დროის ნებისმიერ მომენტში. მიღებულია დროში ტენის ცვლილების თეორიული მრუდები.

თეორიული და ექსპერიმენტული მონაცემების შედარებით და ანალიზით დადგენილია მაღალი სიმტკიცის ბეტონის ტენგამტარობის მახასიათებლები: ტენის დიფუზიის, ტენგადაცემისა და ტენგადაცემის კუთრი კოეფიციენტების სიდიდეები.

**საკვანძო სიტყვები:** მაღალი სიმტკიცის, ბეტონი, ტენშემცველობა, დიფუზიის კოეფიციენტი, ტენგადაცემის კოეფიციენტი, ტენგადაცემის კუთრი კოეფიციენტი, გამოშრობა, უსასრულო ცილინდრი.

## 1.შესავალი

ჩატარდა თეორიულ-ექსპერიმენტული გამოკვლევა მაღალი სიმტკიცის ბეტონის ტენგამტარობის მახასიათებლების დასადგენად.

წონით ექსპერიმენტებში გამოცდილია ცილინდრული ფორმის ნიმუშები, რომლებიც განიცდის გამოშრობას (ტენის დაკარგვას) დროში. ცილინდრების ბოლოები იზოლირებული იყო პრაფინით და ნიმუშები ტენს კარგავდა გვერდითი ზედაპირიდან. ხდებოდა თავისუფალი ტენგაცვლა ნიმუშების ზედაპირსა და გარემოს შორის. რეალიზებოდა უსასრულო ცილინდრის ამოცანა მესამე რიგის სასაზღვრო პირობებში.

მაღალი სიმტკიცის ბეტონის გამოშრობისას, მიღებულია დროში ტენის კარგვის ექსპერიმენტული მრუდი ავტორის მიერ შემუშავებული ცემენტის ფუძიანი სამშენებლო კომპოზიტების ტენგამტარობას თეორიის გამოყენებით [1] გასაზღვრულია ცილინდრის ტენის კარგვა დროის ნებისმიერი მომენტისათვის.

კვლევის თეორიული და ექსპერიმენტული შედეგების ანალიზით გამოთვლილი და დადგენილია მაღალი სიმტკიცის ბეტონის ტენგამტარობის პარამეტრები: ტენის დიფუზიის, ტენგადაცემისა და ტენგადაცემის კუთრი კოეფიციენტები.

## 2. ძირითადი ნაწილი

მაღალი სიმტკიცის ბეტონი წარმოადგენს კაპილარულ-ფოროვან ტანს, რომელშიც წყალი სტრუქტურასთან დაკავშირებულია სხვადასხვა ფიზიკური ბუნების ძალებით. ასეთ ტანში ტენგადაცემის მექანიზმი ძალიან რთულია. ჩვენ მიერ შემუშავდა ცემენტის ფუძიანი სამშენებლო კომპოზიტების ტენგამტარობის ახალი სრულყოფილი თეორია. მისი მათემატიკური აპარატი საშუალებას გვაძლევს ავღწეროთ კომპოზიტების, ტენგამტარობის რეალური სურათი,

რომელიც ითვალისწინებს მასალებში ტენზოდაცემის პროცესებზე ტენიანობის, ტემპერატურისა და ჰიდროსტატიკური წნევის გრადიენტების ზემოქმედების ყველა შესაძლო ასპექტს [1].

კაპილარული-ფოროვან ტანში ტენზოდაცემის პროცესებს განვიხილავთ მუდმივი ტემპერატურისა და წნევის დროს.

ამ შემთხვევაში, ტენზამატარობის დიფერენციალურ განტოლებას ექნება სახე:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \chi'_w \cdot \Delta W = \chi'_w \cdot \text{div}(\text{grad}W) \quad (1)$$

სადაც  $W$  ტენშემცველობაა;

$\chi'_w$  - ტენის დიფუზიის კოეფიციენტი.

განტოლების ამოხსნისათვის (ტანის ტენშემცველობის განსაზღვრა დროის  $t$ ) ნებისმიერ მომენტში) საჭიროა ვიცოდეთ:

1. ტენის გავრცელება ტანის შიგნით დროის საწყის მომენტში,  $t=0$  (საწყისი პირობა);
2. ტანის გეომეტრიული ფორმა;
3. ტანის ზედაპირისა და გარემოს შორის ურთოერთქმედების კანონი (სასაზღვრო პირობა).

საწყისი პირობა განისაზღვრება დროის საწყის მომენტში ( $t=0$ ) ტანის შიგნით ტენის გავრცელების კანონით.

ჩვეულებრივ ამოცანებში მიღებულია, რომ დროის საწყის მომენტში ტანში გვაქვს ტენის თანაბარი განაწილება:

$$W(x, y, z; t = 0) = W_0$$

სადაც  $W_0$  არის ტანის ტენშემცველობა დროის საწყის მომენტში  $t=0$ .

განვიხილოთ მესამე რიგის სასაზღვრო პირობა: მოცემულია გარემოს ტენიანობა, ტანის ტენშემცველობა, ტანის ზედაპირისა და გარემოს შორის ტენის გაცვლის კანონი.

ტენგაცვლის პროცესი საკმარისი სიზუსტით აისახება ნიუტონის კანონით: ტენის რაოდენობა (ტანის გამომშრობისას  $\varphi$  ფარდობითი ტენიანობის გარემოში), რომელიც გადაიცემა ტანის ზედაპირიდან  $\varphi$  ფარდობითი ტენიანობის გარემოში დროის ერთეულში, პირდაპირ პროპორციულია სხვაობის:

$$W_0 - W_c$$

სადაც  $W_0$  არის ტანის ტენშემცველობა დროის საწყის მომენტში  $t=0$ .

$W_c$  არის ტანის ტენშემცველობა, რომელიც აქვს მოცემულ ტანს ტენიანობის თანასწორობის პირობებში ტენგაცვლის პროცესის ბოლოს  $\varphi$  ფარდობითი ტენიანობის გარემოში;

ნიუტონის კანონს ექნება სახე:

$$q_w(t) = K_w [W(t) - W_c] \quad (2)$$

სადაც  $q_w$  არის ტანის ზედაპირიდან გაცემული ტენის რაოდენობა;

$K_w$  ტენზოდაცემის პროპორციულობის კოეფიციენტი;

$W(t)$  ტანის ტენშემცველობა  $t$  დროის ნებისმიერ მომენტში  $W_0 \leq W(t) \leq W_c$

პროცესის ბოლოს, როცა  $W(t) = W_c = 0$  გარემოს და ტანის ზედაპირს შორის ტენგაცვლა შეწყვეტილია ტენიანობის თანაბრობის გამო.

ჩვენ მიერ გამოკვლეული გარემოს ფარდობითი ტენიანობის დიაპაზონში  $0 \div 100\%$  ვიღებთ,  $K_w = \text{const}$ .

სხვა გეომეტრიულ ფორმებთან შედარებით, ტანის ცილინდრული ფორმა საშუალებას იძლევა უფრო მაღალი სიზუსტით დავადგინოთ ტენგამტარობის პარამეტრები – ტანის მთლიან გვერდით ზედაპირსა და გარემოს შორის თავისუფალი ტენგაცვლის პირობებში (მესამე რიგის სასაზღვრო პირობა). ცილინდრულის ფორმის ნიმუშებზე დავამუშავეთ ტენგამტარობის პარამეტრების განსაზღვრის მეთოდოლოგია და დავადგინეთ მაღალი სიმტკიცის ბეტონის ტენგამტარობის მახასიათებლები. მაღალი სიმტკიცის ბეტონის ტექნოლოგიური და სიმტკიცის პარამეტრები მოცემულია [2]-ში ნარევი № 2.

ექსპერიმენტებში გამოიყენებოდა ცილინდრული ფორმის (d=70 და l=70 მმ) ზემოთაღნიშნული შედგენილობის მაღალი სიმტკიცის მოდიფიცირებული ბეტონის ნიმუშები. დამზადების შემდეგ ყველა ნიმუში თავსდებოდა 100%-იანი ფარდობითი ტენიანობის გარემოში. ექსპერიმენტებში გამოიყენებოდა 28 დღის ნიმუშები, ცდების დაწყების წინ ნიმუშების ტენშემცველობა იყო  $W_0=4,3\%$  (მასის მიხედვით); ცდების დაწყების წინ ყველა ნიმუში ბოლოების იზოლირება ხდებოდა პარაფინით. შემდეგ, ნიმუშები თავსდებოდა 20%-იანი ფარდობითი ტენიანობის გარემოში (ოთხი ტყუპისცალი ნიმუში). ასეთ პირობებში, ტენის გრადიენტის გამო, ნიმუშები განიცდიდნენ გამოშრობას. ტენგადაცემა გარემოში ხდებოდა ცილინდრის გვერდითი ზედაპირიდან. რეალიზდებოდა უსასრულო ცილინდრის ამოცანა მესამე რიგის სასაზღვრო პირობებში.

ნიმუშების ტენის კარგვა დროში ფიქსირდებოდა სპეციალურ სასწორზე ნიმუშების პერიოდული აწონვით. ტენგაცვლის პროცესის ხანგრძლივობა ჩვენს პირობებში შეადგენდა 180 დღეს. ნიმუშების წონისა და ტენშემცველობის ცვლილება დროში მოცემულია ცხრილში.

ნიმუშების წონის და ტენშემცველობის ცვლილება დროში

წონის დრო, დღე	28 დღის ნიმუშები	
	ნიმუშის წონა, გ	ნიმუშის ტენშემცველობა, გრ/გრ
0	631,02	0,043,
2	626,90	0,036
4	625,00	0,033
9	621,81	0,028
20	619,50	0,024
35	616,28	0,0186
50	613,94	0,0148
70	612,39	0,0122
90	611,27	0,0114
120	610,95	0,011
180	610,95	0,01
250	610,95	0,01

ტენგამტარობის პარამეტრების განსაზღვრის მეთოდოლოგია შედგება თეორიული და ექსპერიმენტული ნაწილებისაგან, ექსპერიმენტით მიღებული მონაცემების და თეორიული გამოთვლების შედეგის შედარებითა და ანალიზით დადგინდება ტენგამტარობის პარამეტრები.

$$\text{წონითი ექსპერიმენტებიდან გვაქვს: } \frac{P-P_0}{P_0} = \frac{1}{V} \int_0^V W \cdot dv = 2 \int_0^R W \cdot r \cdot dr \quad (3)$$

სადაც  $P=P(t)$  არის ნიმუშის წონა დროის ნებისმიერ  $t$  მომენტში;

$P_0$ - მუდმივ წონამდე გამომშრალი ნიმუშის წონა; ჩვენს შემთხვევაში

$P_0=605$  გრ

$V$  – ცილინდრის მოცულობა:  $p=r/R, 0 \leq r \leq R, 0 \leq \dots \leq 1$ .

(3) დავიყვანოთ შემდეგ სახემდე:

$$\frac{P - P_0}{P_0(W_0 - W_c)} = \frac{W}{W_0 - W_c} + 2 \int_0^1 \dots \cdot d... \quad (4)$$

სადაც  $\hat{c} = \frac{W - W_c}{W_0 - W_c}$

ავლნიშნოთ  $2 \int_0^1 \dots \cdot d... = \hat{c}_c(t) \quad (5)$

(5)-ის შეტანით (4)-ში მივიღებთ:

$$\hat{c}_c(t) = \frac{P - P_0(1 + W_c)}{P_0(W_0 - W_c)} \equiv \tilde{P}(t, W_c, W_0) \quad (6)$$

ცხრილის მონაცემების მიხედვით (6)-დან მივიღებთ მასალისათვის ექსპერიმენტულ მრუდს  $\hat{c}_c$ -t კოორდინატებში. ცხადია:  $0 \leq \hat{c}_c \leq 1$ ;  $0 \leq t \leq 180$   $t = 0, \hat{c}_c = 1$ ;  $t = 180, \hat{c}_c = 0$ .

თეორიიდან გვაქვს [1,3]  $\hat{c}_c = 2 \sum_{i=n}^{\infty} \frac{A_n}{\mu_n} I_1(\mu_n) \cdot e^{-\mu_n^2 t} \quad (7)$

სადაც  $I_1$  ბესელის ფუნქციაა;  $\mu_n$  – დამახასიათებელი განტოლების ფესვები;

$A_n$  – მუდმივი კოეფიციენტები, ე.წ. საწყისი ამპლიტუდები.

$\mu_n$  და  $A_n$  დამოკიდებულია  $\chi$  კოეფიციენტზე.  $\chi$  კოეფიციენტის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის  $A_n$ ,  $\mu_n$  და  $I_1(\mu_n)$  განისაზღვრება სპეციალური ცხრილებით და შესაბამისი ფორმულებით [1,3,4]. თეორიიდან მივიღებთ  $\hat{c}_c$ -t დამკიდებულების გრაფიკების მთელ ოჯახს  $\chi$ -ის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის  $0 \leq t \leq 1$  მიღებული გრაფიკებიდან აირჩევა მრუდი, რომელიც მაქსიმალური სიზუსტით აღწერს ექსპერიმენტულს.

როგორც ვიცით  $\chi$  კოეფიციენტის მნიშვნელობა და  $\hat{c}_c$ -ს დროზე დამოკიდებულების მრუდი, შესაბამისი ფორმულებიდან გამოითვლება ტენგამტარობის პარამეტრები:  $\chi_w$  ტენის დიფუზიის;  $K_w$  ტენგადაცემის და  $K$  ტენგადაცემის კუთრი კოეფიციენტების სიდიდეები.

გამოკვლევაში გვიჩვენა, რომ 28 დღის ასაკის აღნიშნული მასალისათვის  $\chi=40$ .

დადგენილია, რომ:  $\chi_w = 0,068$  სმ<sup>2</sup>/დღე;  $K_w = 0,78$  სმ/დღე;  $K = 1143$  1/სმ

### 3. დასკვნა

ჩვენ მიერ შემუშავებული ცემენტის ფუძიანი სამშენებლო კომპოზიციების ტენგამტარობის თეორიაზე დაყრდნობით და სათანადო მეთოდის მიხედვით შესრულებულმა თეორიულ-ექსპერიმენტულმა გამოკვლევამ საშუალება მოგვცა მაღალი სიზუსტით დაგვედგინა მაღალი სიმტკიცის 28 დღის ასაკის ბეტონის და ტენგამტარობის პარამეტრები: ტენის დიფუზიის, ტენგადაცემისა და ტენგადაცემის კუთრი კოეფიციენტების სიდიდეები.

### ლიტერატურა

1. Сакварелидзе А. В. Некоторые задачи механики строительных композиционных материалов. Тбилиси, Мецნიერება, 1998, 131 с.,
2. А. В. Sakvarelidze,... Mechanical properties of high strength concrete with modifiers Fourteenth european conference on earthquake Engineering, 30.08-03.09.-2010, Ohrid Republic of Macedonia, abstract book, pp 815-819,
3. Боли Б. А. Уеннер Д. Х. Теория температурных напряжений, М. \*Мир\*, 1964, 517 с.,
4. Чистова Э. А. Таблицы функций Бесселя от действительного аргумента и интегралов от них М., 1958, 523 с.



**ფრეზირებული მასალის გამოყენებით დამზადებული  
კომბინირებული ასფალტობეტონის ნარევის გამოყენების  
კერძოპროექტები საქართველოში**

**მ. შიშინაშვილი**

**(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, 0175 თბილისი  
საქართველო.)**

**რეზიუმე:** ნაშრომში განხილულია საქართველოში არსებული მდგომარეობა ძველი ასფალტობეტონის მეორადი გამოყენების თვალსაზრისით. ჩატარებულია ლაბორატორიული ცდები და მიღებული შედეგების საფუძველზე განხილულია და დასაბუთებულია ფრეზირებული მასალის გამოყენებით მიღებული ახალი კომბინირებული ასფალტობეტონის ნარევის დადებითი მხარეები. ნაშრომში ასევე დეტალურადაა განხილული კომბინირებული ნარევის დამზადების ტექნოლოგია და წარმოების ციკლი. ცხრილების სახით მოცემულია ცდების შედეგად მიღებული შედეგების შედარება სტანდარტების მოთხოვნებთან.

**საკვანძო სიტყვები:** კომბინირებული ნარევი, ასფალტობეტონი, რეგენერაცია, ბიტუმიწარმოებული მასალები.

### 1. შესავალი

ძველი ასფალტობეტონის მეორადი გამოყენების ერთ-ერთი პრიორიტეტული მიმართულებაა მისი განსაზღვრული რაოდენობით გამოყენება ახალი ნარევის დამზადებისას. მნიშვნელოვანია დადგინდეს ოპტიმალური პროცენტული თანაფარდობა ახალი ნარევის დასამზადებლად საჭირო მასალებსა და დამატებულ ძველ ასფალტობეტონს შორის. ამისათვის საჭიროა ლაბორატორიული ცდების ჩატარება, რათა განვსაზღვროთ ძველი ასფალტობეტონის შემადგენლობა და მივიღოთ საბოლოო ოპტიმალური გადაწყვეტილება თანაფარდობის დასადგენად.

ჩვენს მიერ აღნიშნული ოპტიმალური თანაფარდობის დასადგენად ჩატარებულ იქნა ლაბორატორიული გამოკვლევები. ძველი ასფალტობეტონის სახით ამ შემთხვევაში ჩვენ გამოვიყენეთ ცივი მეთოდით ასფალტობეტონის ფრეზირების შედეგად მიღებული მასალა. ამ მასალის მიღება ხდება სპეციალური მექანიზმის საშუალებით, რომელიც ცივი მეთოდით ახდენს ადგილზე ფენილის გაფხვიერებას განსაზღვრულ სიღრმემდე და კონვერის საშუალებით მიაწვდის თვითმცლელს, ხოლო თვითმცლელზე მოხვედრილი უკვე დაქუცმაცებული მასალა ტრანსპორტირდება ქარხანაში.

მას შემდეგ რაც ფრეზირებული მასალა მოხვდება ასფალტობეტონის დამამზადებელი ქარხნის ბაზაზე, ხდება მასალის შემადგენლობაში ტენიანობის განსაზღვრა და საჭიროების შემთხვევაში სპეციალური საშრობი დოლურას მეშვეობით მისი გამოშრობა, ხოლო შემდეგ მისი გამოყენება ახალი ნარევის დასამზადებლად.

### 2. ძირითადი ნაწილი

ევროპისა და აზიის სხვადასხვა ქვეყნებში ფართოდ გამოიყენება ქარხნული ტექნოლოგია სადაც ახალი ასფალტობეტონის ნარევის დამზადება ხდება ძველ რეგენირებული მასალის ახალ მასალასთან შერევით.

ძველი ასფალტობეტონის გადაამუშავები და კომბინირებული ნარევის დამზადების ტექნოლოგიური პროცესი კი შემდეგნაირია : მინერალური მასალა მკვება აგრეგატიდან დოზირების შემდეგ მიეწოდება გამაცხელებელ ბარაბანში.

ბარაბნშივე მიეწოდება მინერალური ფხვნილი, სპეციალურ დანადგარში დაგროვილი მტვერი, ბიტუმი და უკვე დაქუცმაცებული ძველი ასფალტობეტონი, რომელიც ცხელდება და ერევა უკვე დამატებულ ბიტუმს ან პლასტიფიკატორს.

მიღებული ნარევი იტვირთება ამწვე კონვეირზე საიდანაც იგი გადაეცემა გამზადებული ნარევის ბუნკერს. დანადგარის მართვა ხდება ოპერატორის კაბინიდან. ყველა დანადგარი გარდა გამაცხელებელი ბარაბნისა შეიძლება გამოყენებულ იქნას ჩვერლულებრივი ასფალტობეტონის ქარხნისა.

ძველი ასფალტობეტონი გამოყენებული უნდა იყოს იმ პრინციპით, რომ დამზადებული ასფალტობეტონის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები აკმაყოფილებდეს გოსტი-ს მოთხოვნებს. ლაბორატორიული ცდების ჩატარების შემდეგ ჩვენს მიერ განსაზღვრული იქნა, რომ მსხვილმარცვლოვანი ასფალტობეტონის დასამზადებლად, მთლიან ნარევი შესაძლებელია გამოყენებული იყოს რეგენირებული მასალის 27%. საიდანაც 25.4% მინერალური ნარევია, ხოლო 1,6% ბიტუმი. შესაბამისად ახალი ნარევის დამზადებისას ჩვენ ვახდენთ 27% ძველი მასალის გამოყენებას.

პირველ ცხრილში მოცემულია ასფალტობეტონის ნარევის მსხვილმარცვლოვანი, ფოროვანი მინერალური ნაწილის მარცვლოვანი შემადგენლობა და ბიტუმის რაოდენობა გოსტ 9128-84-ის მიხედვით, ხოლო გვერდით სვეტში მითითებულია ჩვენს მიერ დამზადებული ნარევის გრანულომეტრიული შემადგენლობა და ბიტუმის რაოდენობა მთლიანი მასიდან, რომელიც სრულიად აკმაყოფილებს გოსტი-ს მოთხოვნას.

**რეგენირებული ნარევის გამოყენებით დამზადებული ასფალტობეტონის გრანულომეტრიული შემადგენლობა**

ცხრილი 1.

ნარევი ფრაქციული ნაწილაკების ზომა, მთლიანი მასიდან %	ფოროვანი ნარევისთვის	კომბინირებული ნარევისთვის
40 მმ	95-100	100
20 მმ	70-100	94
15 მმ	57-100	80
10 მმ	45-76	61
5 მმ	27-65	45
2.5 მმ	18-50	29.2
1.25 მმ	10-38	20.2
0.63 მმ	7-28	14
0.31 მმ	4-22	10.1
0.14 მმ	3-15	7.1
0.071 მმ	2-8	3.8
ბიტუმის რაოდენობა, % მინერალური ნაწილის მასიდან	4.0-4.06	4.7
დამტვრეული მარცვლების რაოდენობა ღორღში %მასიდან	80	82

მე-2 ცხრილში მოყვანილია ასფალტობეტონის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მაჩვენებელი და შედარებულია გოსტის მოთხოვნებს, რაც ცხადყოფს, რომ ძველი მასალის ხელმეორედ გამოყენებით დამზადებული ასფალტობეტონი აკმაყოფილებს სტანდარტს და ვარგისია შემდგომი ექსპლუატაციისთვის. ასევე აკმაყოფილებს ნარევი ფრაქციულ ნაწილაკების სტანდარტულ მოთხოვნებს და გრანულომეტრიას. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ ძველი მასალის ხელმეორედ

გამოყენება ამცირებს გარემოს დაბინძურებას, რადგანაც ძველი ამორტიზირებული ასფალტობეტონის ნატეხების გადაყრა დიდ ზიან აყენებს ეკოლოგიას, შესაბამისად მისი უტილიზაცია დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული. ასევე მცირდება ინერტული მასალის მოპოვება მდინარეებიდან, რის გამოც ინახება და აღარ ზიანდება მდინარეების კალაპოტები და კლდოვანი ქანები.

**რეგენერირებული ნარევის გამოყენებით დამზადებული ასფალტობეტონის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები**

ცხრილი 2.

მაჩვენებელი	ფორიანი ა/ბ მარკა II გოსტ 9128-84-ით	კომბინირებული ნარევი
წყალგაჯერება, % მოცულობიდან	< 12	7.2
გაჯირჯევა, %მოცულობიდან, არა უმეტეს	2	0.8
მინერალური ჩონჩხის ფორიანობა, % მოცულობიდან	< 23	19.1
სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას, მპა + 20 C ტემპერატურაზე	1.5	3.6
+ 50 C ტემპერატურაზე	0.5	0.7
წყალმდეგობის კოეფიციენტი, არა უმეტეს	0.6	0.72
წყლისადმი მდგრადობის კოეფიციენტი, წყალში ხანგრძლივი ყოფნის დროს	0.5	0.6

ფინანსური მაჩვენებელი და ეფექტიანობა კი პირდაპირაა მიბმული მსოფლიო ბაზარზე ნავთობის ფასთან და ინერტული მასალის მოპოვებასთან. ჩვენს მიერ, ძველი ასფალტობეტონის გამოყენებით, ახალი ნარევის დამზადებისას მცირდება როგორც ენერგო დანახარჯების ასევე ბიტუმისა და ინერტული მასალის მოხმარებაც, რაც პირდაპირ აისახება ნარევის თვითღირებულებაზე.

### 3. დასკვნა

ლაბორატორიული ცდების ჩატარების შემდეგ მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ რეგენერირებული მასალით დამზადებული ახალი ნარევი აკმაყოფილებს სტანდარტულ მოთხოვნებს.

რეგენერირებული ასფალტობეტონის გამოყენებით დამზადებული, შემოთავაზებული კომბინირებული საგზაო ფენილის სატრანსპორტო – საექსპლუატაციო თვისებებით აკმაყოფილებს ნორმატიულ მოთხოვნებს. მათი ღირებულება 1,5-ჯერ ნაკლებია ჩვეულებრივი ასფალტობეტონის ფენილზე

### ლიტერატურა

1. . . . . // Georgian Engineering News, 2008, 4, . . . . . 128-131.
2. . . . . // « . . . . . », 2009, 10, . 253-256.

ხიმინჯოვანი საპირკვლევი სეისმურ რაიონებში

ტ.ზაკუტაშვილი, ზ. კაპანაძე, თ. მაცაბერიძე, ი. პოჭორიშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 68, 0175 თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია ხიმინჯების ანგარიში სეისმური ზემოქმედებისას ფუძე-გრუნტის დამყოლობის გათვალისწინებით. აღნიშნული მეთოდით შესაძლებელია გამოთვლილი იქნას სისტემა <<ხიმინჯი-გრუნტი>> სიხისტისა და დემფირების პარამეტრები, რაც მნიშვნელოვანია შენობა-ნაგებობების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ანალიზისათვის.

**საკვანძო სიტყვები:** ხიმინჯი, სიხისტე, დემფირება, მოქნილობა, ფუძე-გრუნტი, სეისმური ზემოქმედება, დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა.

1. შესავალი

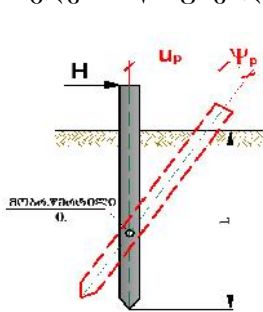
დღეისათვის ცნობილია ხიმინჯების ჰორიზონტალურ დატვირთვებზე გაანგარიშის რამდენიმე მეთოდი, რომელიც სისტემატიზირდება <<ხიმინჯი-გრუნტი>> სისტემის მოდელის მუშაობითა და ხიმინჯის სიხისტის პარამეტრებით.

ხიმინჯების გაანგარიშების მეთოდები სიხისტის პარამეტრების მიხედვით, შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად ჯგუფად:

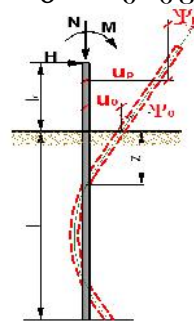
პირველი მეთოდი, როდესაც ხიმინჯს განიხილავენ, როგორც აბსოლუტურად ხისტ ღეროს (ნახ.1), რომელიც შემობრუნდება <<ნულოვანი>> წერტილის ირგვლივ. [1] ამ მეთოდში გრუნტის მოდელირდება ხორციელდება ზღვრული წონასწორობის კლასიკური თეორიით. ამ მეთოდის უარყოფით მხარეს შეიძლება ჩაითვალოს ის, რომ გაანგარიშებისას არ ხდება ხიმინჯის მოქნილობის გათვალისწინება.

მეორე მეთოდი, რომლის საფუძველად უდევს 2.02.03-85 <<

>> [2]-ში მოცემული ანგარიშის მეთოდებს. ხიმინჯის მოდელირება ხდება, როგორც ღერო ჩამაგრებული დრეკად გარემოში (სურ. 2). ფუძე-გრუნტს განიხილავენ, როგორც წრფივად-დეფორმირებად სხეულს, რომელიც ხასიათდება სიდრმის მიხედვით წრფივად ზრდადი საგების  $C$  კნ/მ<sup>4</sup> კოეფიციენტით.



ნახაზი-1.



ნახაზი-2.

სტატიაში მოყვანილია [3]-ის მიხედვით ხიმინჯის სეისმურ ზემოქმედებაზე გაანგარიშების მეთოდის, რომელიც იძლევა საშუალებას ანალიტიკური ხერხით გამოთვლილი იქნას სიხისტისა და დემფირების შესაბამისი პარამეტრების მნიშვნელობები.

2. ძირითადი ნაწილი

როგორც ცნობილია ფუძე-გრუნტის დამყოლობის გათვალისწინების ძირითად იდეა მდგომარეობს, შესაბამისი სიხისტის კოეფიციენტების დანიშვნით, რომელთა

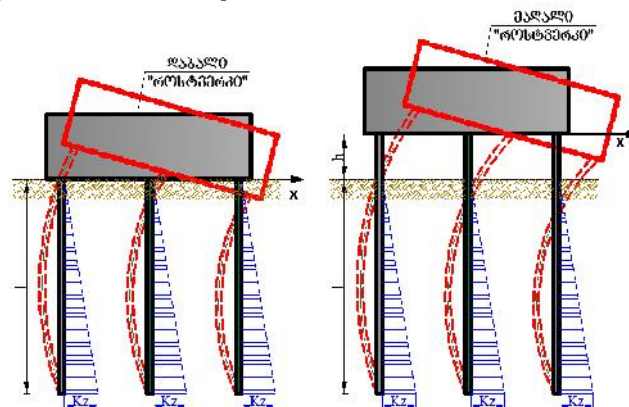
მნიშვნელობები განისაზღვრება საძირკვლისა და ფუძის ურთიერთზეგავლენის პირობებიდან:

$$R_r = K_r u_r ; R_{\zeta r} = K_{\zeta r} \zeta_r . (r = x, y, z)$$

სადაც:  $R_r, R_{\zeta r}$  -რეაქტიული ძალებია;  $K_z$  -სიხისტის კოეფიციენტი, დრეკადი თანაბარი კუმშვისას; (კნ/მ)  $K_x, K_y$  -სიხისტის კოეფიციენტები, დრეკადი თანაბარი ძვრისას; (კნ/მ)  $K_{\zeta x}, K_{\zeta y}$  -სიხისტის კოეფიციენტები, არათანაბარი კუმშვისას; (კნ/მ)  $K_{\zeta z}$  -სიხისტის კოეფიციენტი, არათანაბარი ძვრისას; (კნ/მ)  $u_r$  -წრფივი გადაადგილება; (მ)  $\zeta_r$  -კუთხური გადაადგილება; (მ)

უნდა აღინიშნოს, რომ სწორედ ასეთივე მეთოდიკით ხდება სეისმური ზემოქმედებისას გრუნტის დამყოლობის გათვალისწინება, სადაც ფუძე განიხილება როგორც დრეკად ნახევარსივრცე. ფუძის თვისებების კონკრეტიზაცია (ინერციულობა, დემფირება) ხორციელდება ამა, თუ იმ დინამიკური მოდელების ფორმულირების ფარგლებში.

წარმოდგენილ მეთოდში როსტვერკი განიხილება, როგორც ხისტი არადეფორმირებადი სხეული, რომელიც დაყრდნობილია ხიმინჯებზე, ხოლო ეს უკანასკნელი ჰორიზონტალური მიმართულებით მუშაობს, როგორც ღერო დრეკად (ვინკლერის) ფუძეზე სიდრმეში წრფივად ზრდადი საგების კოეფიციენტით (ნახაზი-3). ამ სურათზე მოცემულია ხიმინჯოვანი საძირკვლის საანგარიშო სქემა დაბალი და მაღალი როსტვერკის შემთხვევისათვის, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან მხოლოდ ხიმინჯის მუშაობის პირობებით.



ნახაზი-3

ხიმინჯოვანი საძირკვლების სიხისტის კოეფიციენტები დრეკადი თანაბარი ძვრისას  $K_x$  და დრეკადი მობრუნებისას  $K_{\zeta}$  გამოითვლება შემდეგი ფორმულებით.

$$K_x = nC_2 - \frac{n^2 C_3^2}{C_1 \sum_{i=1}^n y_i^2 + nC_4}; \quad K_{\zeta} = C_1 \sum_{i=1}^n y_i^2 + nC_4 - n \frac{C_3^2}{C_2};$$

სადაც:  $n$  -სიმეტრიულ როსტვერკში ხიმინჯების რაოდენობა;

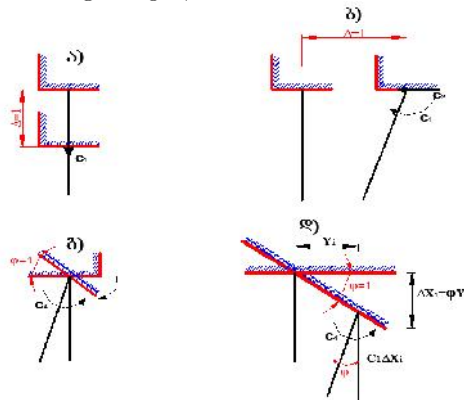
$y_i$  -მანძილი, როსტვერკის მობრუნების ღერძიდან  $i$ -ური ხიმინჯის ღერძამდე.

$C_1$  -ძალა, რომელიც მიმართულია  $i$ -ური ხიმინჯის გასწვრივ და რომელიც წარმოიშვება როსტვერკის ძირის დრეკადი ერთეულოვანი გადაადგილებით იმავე ღერძის გასწვრივ (სურ.1,ა).

$C_2$ -ძალა, რომელიც მიმართულია ხიმინჯის ღერძის პერპენდიკულარულად და რომელიც წარმოიშვება როსტვერკის დრეკადი ერთეულოვანი გადაადგილებით ამავე მიმართულებით. (სურ.1,ბ).

$C_3$ -მომენტი, რომელიც მოქმედებს ხიმინჯის ღერძზე გამავალ სიბრტყეში და რომელიც წარმოიშვება როსტვერკის ძირის დრეკადი ერთეულოვანი გადაადგილებით ამავე მიმართულებით. (სურ.1,ბ)

$C_4$ -მომენტი, რომელიც მოქმედებს ხიმინჯის ღერძზე გამავალ სიბრტყეში და რომელიც წარმოიშვება ამავე სიბრტყეში როსტვერკის ძირის დრეკადი ერთეულოვანი მობრუნებით. (სურ.1,გ,დ).



სურათი-1

$C_1$  კოეფიციენტის მნიშვნელობა რკინაბეტონის ხიმინჯისათვის, განისაზღვრება მათი გამოცდით ვერტიკალური სტატიკურ დატვირთვებზე .

$C_2$  კოეფიციენტის მნიშვნელობები დაბალი და მაღალი როსტვერკის შემთხვევაში გამოითვლება შემდეგი ფორმულებით.

დაბალი როსტვერკისათვის.

$$C_2 = \frac{r^3 EI}{a_y (\zeta_o)}$$

მაღალი როსტვერკისათვის.  $C_2 = \frac{EI}{C_h^y}$ ;

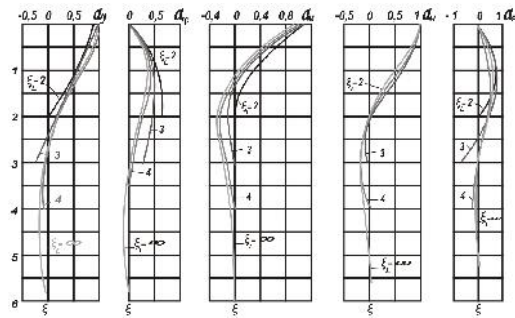
სადაც

$$r = \sqrt[5]{\frac{Kb}{EI}}; \quad \zeta_1 = r \cdot l; \quad C_h^y = a_h^H - a_h^M c_h^M;$$

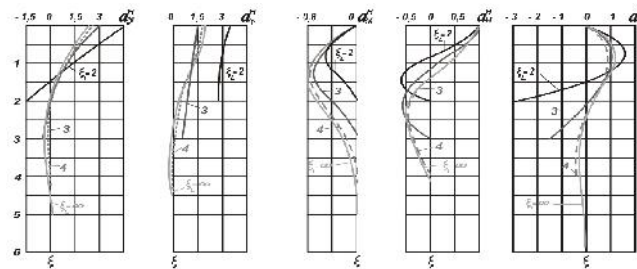
$$a_h^H = \frac{a_y^H(\zeta_o)}{r^3} + \frac{2a_y^M(0)h}{r^2} + \frac{a_{\zeta}^M(0)h^2}{r} + \frac{h^3}{3};$$

$$a_h^M = \frac{a_y^M(0)}{r^2} + \frac{a_{\zeta}^M(0)h}{r} + \frac{h^2}{3};$$

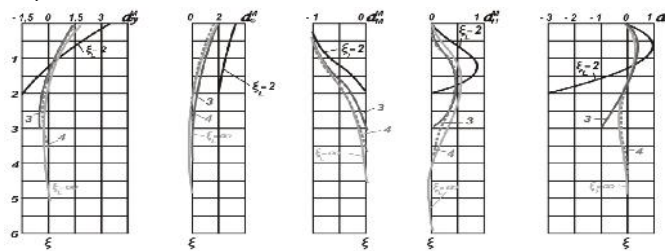
$b$ -ხიმინჯის განივი კვეთის სიგანე;  $EI$ -ხიმინჯის განივი კვეთის ღუნვითი სიხისტე; კოეფიციენტების  $a_y(\zeta), a_{\zeta}(\zeta), a_M(\zeta), a_H(\zeta)$  მნიშვნელობები, ხიმინჯისათვის თავისუფალი ბოლოთი, როდესაც  $\zeta_1 \geq 2$  მოყვანილია სურ. 2-4, ხოლო ხიმინჯისათვის, რომლის ბოლო ჩამაგრებულია კლდოვან ქანებში და როდესაც  $\zeta_1 \geq 1$  სურ. 5-7.



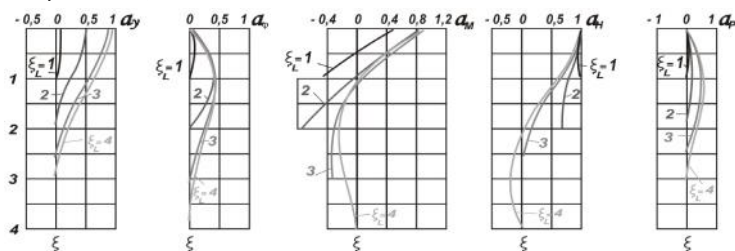
სურ.2 კოეფიციენტები  $a_y(\xi), a_l(\xi), a_M(\xi), a_H(\xi), a_p(\xi)$  ხიმინჯისათვის თავისუფალი ბოლოთი.



სურ.3 კოეფიციენტები  $a_y^H(\xi), a_l^H(\xi), a_M^H(\xi), a_H^H(\xi), a_p^H(\xi)$  ხიმინჯისათვის თავისუფალი ბოლოთი.

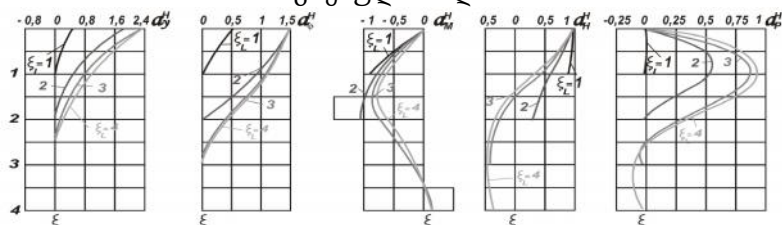


სურ.4 კოეფიციენტები  $a_y^M(\xi), a_l^M(\xi), a_M^M(\xi), a_H^M(\xi), a_p^M(\xi)$  ხიმინჯისათვის თავისუფალი ბოლოთი.



სურ.5 კოეფიციენტები  $a_y(\xi), a_l(\xi), a_M(\xi), a_H(\xi), a_p(\xi)$  ხიმინჯისათვის კლდოვან გრუნტში

ჩამაგრებული ბოლოთი.



სურ.6 კოეფიციენტები  $a_y^H(\xi), a_l^H(\xi), a_M^H(\xi), a_H^H(\xi), a_p^H(\xi)$  ხიმინჯისათვის კლდოვან გრუნტში

ჩამაგრებული ბოლოთი.





სისტემის “შენობა - კიდულხიმინჯოვანი საძირკველი” არა  
წრფივი დიაგრამების აბეზის მეთოდით

მ. ჭანტურია, მ. მამარდაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 68, 0175 თბილისი,  
საქართველო)

**რეზიუმე:** კიდულ-ხიმინჯოვან საძირკველზე აგებული შენობა-ნაგებობის სეისმურ დატვირთვებზე გაანგარიშების დროს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს ისეთი დინამიკური საანგარიშო სქემის შერჩევა, რომელშიც გათვალისწინებული იქნება როგორც კონსტრუქციის მასალის, ასევე ფუძე-საძირკველის ძირითადი დეფორმაციული მახასიათებლები. ამავ დროს ის უნდა იყოს მარტივი და უნივერსალურად გამოყენებადი ყველა ტიპის შენობა-ნაგებობათა გაანგარიშების თვალსაზრისით.

**საკვანძო სიტყვები:** ხიმინჯი, მუშაობისუნარი, სეისმური დატვირთვები, ჰორიზონტალური გადაადგილებები, საძირკველი, გრუნტი, აქსელეროგრაფია, როსტვერკი.

## 1. შესავალი

სისტემის “შენობა-კიდულ ხიმინჯოვანი საძირკველი” არა წრფივი დიაგრამების ასაგებად საჭიროა გვექონდეს განივი და გრძივი ძალების სართულების ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ ფარდობით გადაადგილებებთან დამოკიდებულების დიაგრამები. ასევე ამ სიდიდეების ხიმინჯოვანი საძირკველის გადაადგილებებთან დამოკიდებულების დიაგრამა. აუცილებელია, მდუნავი მომენტისა და ხიმინჯოვანი საძირკველის ვერტიკალურ კუთხეში მობრუნების კუთხის დამოკიდებულება. ეს დამოკიდებულებები მიღებულ იქნა პრანდტლის დეალიზირებული დიაგრამების სახით.

## 2. ძირითადი ნაწილი

საანგარიშო სქემა სეისმური დატვირთვების ზემოქმედებისას სისტემაზე “შენობა-კიდულ ხიმინჯოვანი საძირკველი”, წარმოადგენს უწონო კონსოლს  $n+1$  თავისუფლების ხარისხით, სადაც  $n$  – შეყურსულმა სათა რაოდენობაა, ხოლო ერთი თავისუფლების ხარისხი უჩვენებს ხიმინჯოვანი საძირკველის მობრუნებას ვერტიკალურ სიბრტყეში. ხიმინჯის წონა კონცენტრირებულია (შეყურსულია) როსტვერკის დონეზე. ითვლება, რომ ხიმინჯები როსტვერკში ჩამაგრებულია ხისტად., ხოლო თვითონ როსტვერკი მიღებულია როგორც არადეფორმირებადი სხეული.

მიღებულია დაშვება, რომ გამოყოფილი ელემენტის დრეკადპლასტიკური სტადია უზრუნველყოფილია პლასტიკური სახსრის გაჩენით მოცემული ელემენტის ერთ ან ორივე ბოლოზე. ამის გარდა, პლასტიკური სახსარი ვითარდება შემდეგი პირობის დარღვევის დროს:

$$(M / M^{ულ})^2 + (P / P^{ულ})^2 + (N / N^{ულ})^2 \leq 1 \quad (1)$$

სადაც  $M$  – ხიმინჯოვანი საძირკველის როსტვერკის დონეზე მოქმედი მდუნავი მომენტის მნიშვნელობაა;  $P$  და  $N$  – განსახილველი ელემენტის ერთ-ერთ ბოლოზე მოქმედი ჰორიზონტალური ან ვერტიკალური ძალებია;  $M^{ულ}$ ,  $P^{ულ}$ ,  $N^{ულ}$  – მდუნავი მომენტის, ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ძალების ზღვრული მნიშვნელობებია, რომლებიც მიიღება განსახილველი ელემენტის სიმტკიცის პირობიდან.

მიღებულია დაშვება, რომ პლასტიკური სახსრის გაჩენის შემდეგ კუთხური ჯამური ძალები მუდმივნი რჩებიან მის დახურვამდე, რის შემდეგაც მაშინათვე აღდგება საწყისი სიხისტე. პლასტიკური სახსრის დახურვა მოცემულ კვანძში

-

«

»

განპირობებულია როგორც კუთხური გადაადგილებების, ასევე ჰორიზონტალური და ვერტიკალური გადაადგილებების სიჩქარის ნიშნითა ცვლილებით.

კიდულ ხიმინჯოვან კონსტრუქციაზე გარე ჰორიზონტალური ან ვერტიკალური ძალების მოქმედების შედეგად ვითარდებიან როგორც საძირკვლის, ასევე შენობის ცალკეული სართულების ჰორიზონტალური და ვერტიკალური გადაადგილებები, ასევე როსტვერკის ან საძირკვლის ფილის მობრუნება, რაც თავის მხრივ იწვევს შენობის გადახრას იმავე სიბრტყეში.

თუ კიდულხიმინჯოვან საძირკველს განვიხილავთ, როგორც შენობის თავისებურ სართულს, სამშენებლო მექანიკის ცნობილი ფორმულების დახმარებით შეიძლება ჩავწეროთ:

$$P_j = k_{ij} \cdot j^* \quad (2)$$

სადაც:  $P_j$  - განივი (გადამჭრელი) ძალაა, რომელიც  $j$ -ურისართულის დონეზე მოქმედებს;  $k_{ij}$  -  $j$ -ური სართულის სიხისტეა;  $j^*$  -  $j$ -ური სართულის ჰორიზონტალურ ფარდობითი გადაადგილებაა.

ზღვრული მდგომარეობის დროს (2) დამოკიდებულების ნაცვლად გვაქვს:  $P_j^{*} = k_{ij} \cdot j^{*}$  (3). სადაც  $P_j^{*}$  და  $j^{*}$  - ზღვრული ძალა და  $j$ -ური სართულის ჰორიზონტალური ფარდობითი გადაადგილების ზღვარია.

ანალოგიური ფორმულები ჩაიწერება  $j$ -ური სართულის ვერტიკალური ფარდობითი გადაადგილებებისთვისაც:  $N_j = k_{ij} V_j^*$ ,  $N_j^{*} = k_{ij} V_j^{*}$ , სადაც  $N_j$  -  $j$ -ური სართულის დონეზე მოქმედი ვერტიკალური ძალაა;  $V_j^*$  -  $j$ -ური სართულის ფარდობითი ვერტიკალური გადაადგილებაა. თანამედროვე გამოთვლითი ტექნიკა, კერძოდ LIRA საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ შენობის სართულების როგორც ჰორიზონტალური, ისე ვერტიკალური ნარჩენი გადაადგილებები, სეისმური ზემოქმედების გათვალისწინებით.

მიუხედავად ამისა, შენობის სართულების როგორც ჰორიზონტალური, ისე ვერტიკალური გადაადგილებები, რომლებიც აღიძვრებიან როგორც განივი კვეთის, ასევე როსტვერკის მობრუნების გარეშე, შენობის მდგრადობისათვის საშიშროებას არ წარმოადგენენ, რომ არაფერი ვთქვათ იმაზე, რომ ეს გადაადგილებები ვერად წვევენ მნიშვნელოვან სიდიდემდე 7 და 8 ბალიანი ინტენსივობის მიწისძვრების დროსაც კი.

მნიშვნელოვნად საშიშია როსტვერკის მობრუნება ვერტიკალურ სიბრტყეში, რომელსაც იწვევს ნაწილი ხიმინჯების ზედმეტად დატვირთვა მეორე ნაწილის განტვირთვის ხარჯზე; ასე, რომ სეისმური ზემოქმედების გარეშეც კი, მაგალითად სუსტი გრუნტების შემთხვევაში, შენობა გადაიხრება ძალის არაცენტრალურად მოქმედების დროს ან გრუნტის არაერთგვაროვანი დეფორმაციული თვისების გამოც.

მნიშვნელოვანია გადახრები, თუ ისინი აღიძვრებიან მიწისძვრის შედეგად, და იწყებენ მომატებას მის შემდეგ განვითარებული სტატიკური ძალის მოქმედებით, რომელიც შეიძლება მოდებული აღმოჩნდეს არაცენტრალურად. ამიტომაც მოყვანილია ორი ტიპის შენობის, ხისტის და საშუალოდ დრეკადის, ნარჩენი გადახრების გამოკვლევის შედეგები. განვიხილოთ გარე ჰორიზონტალური ძალის ზემოქმედება შენობაზე კიდულ ხიმინჯოვანი საძირკვლით, რომელიც იწვევს მის საერთო გადახრას და, შესაბამისად, საძირკვლი სროსტვერკის მობრუნებას. მოცემული გადახრა წონასწორდება ხიმინჯის წინააღობის როგორც დატვირთვაზე, ისე განტვირთვაზე (ნახ.1). წონასწორობის პირობა ჩაიწერება ასე:

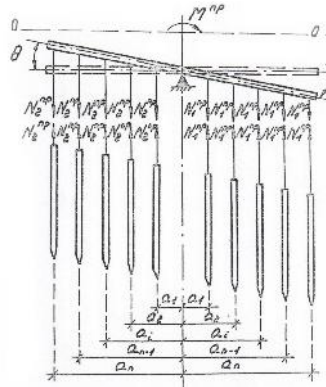
$$M^{*} = [N_1^{*} \sum a_1 + N_2^{*} \sum a_1], \quad (4).$$

-

«

»

სადაც  $M^{uc}$  – ხიმინჯოვან საძირკველზე მოქმედი ზღვრული მომენტია, რომელსაც იწვევს გარე ჰორიზონტალური ძალები;  $N_1^{uc}$  და  $N_2^{uc}$  – შესაბამისად ზღვრული დატვირთვის და განტვირთვის ძალებია, რომლებიც მოქმედებენ ხიმინჯზე გარე ჰორიზონტალური ძალის



ნახ.1

მოქმედების შედეგად;  $a_i$  – როსტვერკის ბრუნვის ღერძიდან იმ ხიმინჯის ცენტრამდე მანძილია, რომელიც მუშაობს ან დატვირთვაზე, ან განტვირთვაზე. ნახ.1 – ის მიხედვით შეიძლება ჩაიწეროს:  $N_1^{uc} = K_{1,i} a_i$  - (5),  $N_2^{uc} = K_{2,i} a_i$  - (6), სადაც  $K_{1,i}$  და  $K_{2,i}$  – ხიმინჯის სიხისტის კოეფიციენტებია შესაბამისად დატვირთვაზე და განტვირთვაზე.

ვაკეთებთ დაშვებას, რომ ხიმინჯოვანი საძირკველის სტატიკური დეფორმაცია აღემატება სეისმური ზემოქმედების შედეგად განვითარებული რხევის ამპლიტუდას ვერტიკალურ სიბრტყეში მისი მობრუნების დროს. ამ შემთხვევაში შეიძლება მივიღოთ, რომ:  $N_1^{uc} = N_2^{uc}$ , და (4) წონასწორობის პირობა მიიღებს შემდეგ სახეს:  $M^{uc} = 2N_1^{uc} \sum a_i$  - (7); ამ პირობისას ხიმინჯის სიხისტის კოეფიციენტები დატვირთვაზე და განტვირთვაზე მიიღება ტოლი:  $K_{1,j} = K_{2,j}$ , მაშინ (7),(5)-ის გათვალისწინებით გადაიწერება ასე:  $M^{uc} = 2K_{1,j} \sum a_i^2$  - (8); თუმცა,  $K_{i,j} = const = k_1$ ; ამის გამო,

$$M^{uc} = 2K_{1,j} \sum a_i^2 \quad (9).$$

ამ ფორმულიდან ჩანს, რომ, როცა  $n = 1$ , (9) გამოსახულება პასუხობს სისტემის სიხისტი კოეფიციენტს როსტვერკის ვერტიკალურ სიბრტყეში მობრუნებისას:  $K_{1,j} = 2K_1 \sum a_i^2$  - (10). ასევე გვაქვს, რომ:

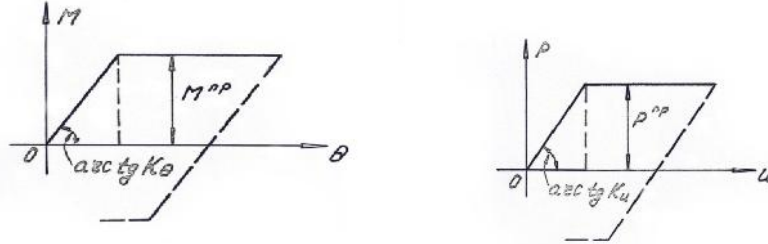
$$K_1 = [X_1(1 + s/A)thsl_b] / (thsl_b + s/A) \quad (11).$$

(11) ფორმულაში შემავალ სიდიდეებს გამოვითვლით

შემდეგნაირად:  $X_1 = \sqrt{E_u F_b} x$ ;  $s/A = \epsilon s / r$ ;  $s = \sqrt{b_x x / E_u}$ ;  $r = C_z / E_u$ , სადაც  $E_u$  – ბეტონის საწყისი დრეკადობის მოდულია;  $F_b$ ,  $b$  და  $l_b$  – ხიმინჯის განიგვეთის ფართობი, პერიმეტრი და სიგრძეა;  $C_z$  – ხიმინჯის ბოლოს არსებული გრუნტის დრეკადი კუმშვის კოეფიციენტი;  $x$  – ხიმინჯის გვერდით ზედაპირთან არსებული გრუნტის კუთრი დრეკადი წინაღობა.

ხიმინჯოვანი საძირკველის ჰორიზონტალური გადაადგილება ხდება ხიმინჯის კუმშვის შედეგად. რადგანაც ხიმინჯები ერთმანეთთან დაკავშირებულია პრაქტიკულად არადეფორმირებადი ხისტი როსტვერკით, ჰორიზონტალური გადაადგილება ყველ

ხიმინჯისა იქნება ერთნაირი, ხოლო განივი ძალა, რომელიც მოქმედებს როსტვერკზე, თანაბრად გადანაწილდება ხიმინჯებზე. ასეთივე სურათი გვექნება მთელს შენობაზე სართულების მიხედვით. ვთვლით, რომ სართულშუა გადახურვები წარმოადგენენ აბსოლუტურად ხისტ დისკებს და სართულებს შორისი სვეტები ექვემდებარებიან ღუნვის დეფორმაციებს.



ნახ. 2.

აქედან გამომდინარე, შენობის ყველა ვერტიკალური ელემენტისთვის (სვეტები და ხიმინჯები) მათზე ჰორიზონტალური ძალის მოქმედებისას, შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი დამოკიდებულება:  $P = Pl^3 / 12 EI$  (12), სადაც  $l$  – შენობის კონსტრუქციის ელემენტის ჰორიზონტალური ფარდობითი გადაადგილებაა;  $E$  – ელემენტის მასალის იუნგის მოდულია;  $I$  – ელემენტის განივკვეთის ინერციის მომენტი;  $P$  – ჰორიზონტალურად მოდებული ძალაა, რომელსაც დებულობს კონსტრუქციის ელემენტი, და დამოკიდებულია ელემენტის მასალაზე, მისი არმირების ხარისხზე და განივკვეთის ფართობზე;  $l$  – ელემენტის მუშა სიმაღლეა, რომელიც სვეტებისვის ტოლია ორ მეზობელ სართულ შორისი გადახურვებს შორის მანძილისა, ხოლო ხიმინჯებისთვის აიღება ნორმებიდან. (12) ფორმულის მიხედვით, როცა  $P=1$ , ვღებულობთ სვეტის და ხიმინჯის სიხისტის კოეფიციენტს კუმშვისას:  $K = 12 EI / l^3$  (13); როგორც ზემოთ იყო ნაჩვენები, შუალედურ ბალიშიანი კიდულხიმინჯოვანი საძირკვლის შემთხვევაში, ჰორიზონტალური ძალები რხევადი ნაგებობიდან ხიმინჯებს პრაქტიკულად არ გადაეცემათ, და ძვრაზე მუშაობს მხოლოდ შუალედური ბალიში, რომლის სიხისტის კოეფიციენტი გამოითვლება შემდეგი დამოკიდებულებით:  $K_s = E_n F_n / 2(1 + \nu) h_n$  (14), სადაც  $E_n$  და  $\nu$  – შუალედური ბალიშის მასალის დეფორმაციის მოდული და პუასონისკოეფიციენტი;  $F_n$  და  $h_n$  – მისი ფართობი და სიმაღლეა. ამ მონაცემების საფუძველზე განხილული სისტემისათვის ავაგეთ დამოკიდებულებანი “ძალა – გადაადგილება” და “მღუნავი მომენტი – მობრუნების კუთხე” (ნახ.2), კომპიუტერის საშუალებით გამოვთვაღეთ ნარჩენი გადახრები და სართულების ფარდობითი გადაადგილებები.

### 3. დასკვნა

მიღებული შედეგების ანალიზიდან გამომდინარეობს, რომ ყველა ტიპის ფუძე-საძირკვლისთვის სართულშუა გადახურვების დონეებზე ნარჩენი ჰორიზონტალური გადაადგილებები იზრდება სართულის სიმაღლის მიხედვით და მნიშვნელოვნად განპირობებულია ვერტიკალურ სიბრტყეში როსტვერკის მობრუნების ნარჩენი დეფორმაციით.

### ლიტერატურა

1. . . . . , 1983, 144 . . . . .
2. . . . . // . . . . . , 1986, .121 3, 569-571.
3. . . . . / . . . . .
4. « . . . . . », 1986, 32, . . . . . , 8 . . . . . , 1973, 162 . . . . .

**შენობა-ნაგებობების მონიტორინგის სისტემების  
ანალიზი**

**მ. წიქარიშვილი, უ. კოკუაშვილი, ნ. ტაბატაძე, მ. ვარლიაშვილი**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. 72, 0175 თბილისი,  
საქართველო)

*რეზიუმე:* ნაშრომში გაანალიზებულია შენობა-ნაგებობების მონიტორინგის არსებული სისტემები, რომელთა ანალიზით ჩამოყალიბდა სამუშაო ჰიპოთეზა მონიტორინგის კომპლექსური ტექნოლოგიის შემუშავება სამი სახით: ინფორმაციული მოდელირების, სასრულ-ელემენტთა მოდელირების და თეორიული და ექსპერიმენტული ანალიზის.

*საკვანძო სიტყვები:* შენობა-ნაგებობა, მონიტორინგი, ინფორმაციული მოდელირება, სასრულ-ელემენტთა მოდელირება.

**1. შუსავალი**

მონიტორინგის ცნება მჭიდროდაა დაკავშირებული გამოკვლევის ცნებასთან. თანახმად 13-102-2003-ისა [1] გამოკვლევა – ესაა ფაქტიური მნიშვნელობის კონტროლირებადი პარამეტრების შეფასების ღონისძიებების კომპლექსი, რომლებიც ახასიათებს საექსპლუატაციო მდგომარეობას, გამოკვლევა ატარებს პერიოდულ ხასიათს. განსხვავებით გამოკვლევისაგან მონიტორინგი ატარებს სტაციონალურ ხასიათს. თანახმად 53778-2010 [2] მონიტორინგი-ესაა სისტემა დაკვირვებებისა და კონტროლის იმ ობიექტების გამოსავლენად, რომლებზედაც მოხდა დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის მნიშვნელოვანი ცვლილებები, და რომლებისთვისაც აუცილებელია ტექნიკური მდგომარეობის გამოკვლევა. ასე რომ, გამოკვლევა და მონიტორინგი – ესაა ორი პარალელური ურთიერთდამატებითი პროცესი, რომელიც უზრუნველყოფს უსაფრთხო ექსპლოატაციას (ნახ. 1).

მონიტორინგი ისევე როგორც გამოკვლევა, გთავაზობს კონტროლირებადი პარამეტრების განსაზღვრასა და შეფასებას, რომლებშიც შედის:

1. სტატიკური მახასიათებლები

- მასალების თვისებები
- დეფორმაცია
- გადაადგილება (დაწვევა, ჩადუნვა, დახრა და სხვა)

2. დინამიკური მახასიათებლები

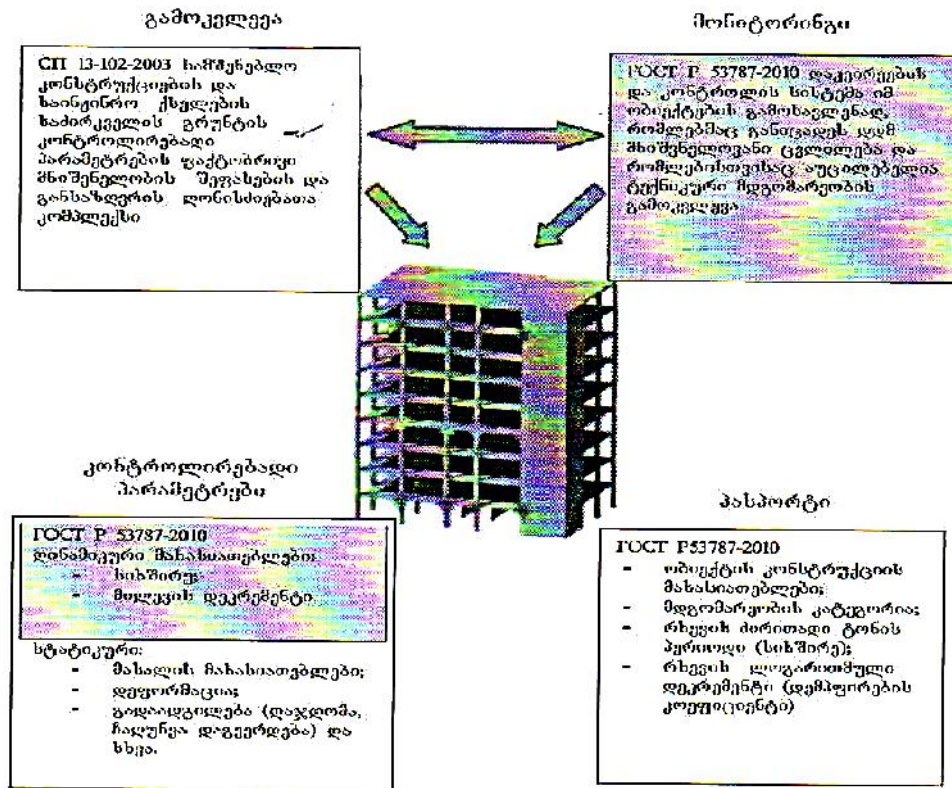
- სიხშირე
- მიღების დეკრემენტი (დეფორმირების კოეფიციენტი) და სხვა.

მონიტორინგის ჩატარებისთვის უფრო მეტი პოპულარობით სარგებლობს ავტომატიზირებული მონიტორინგის სისტემები.

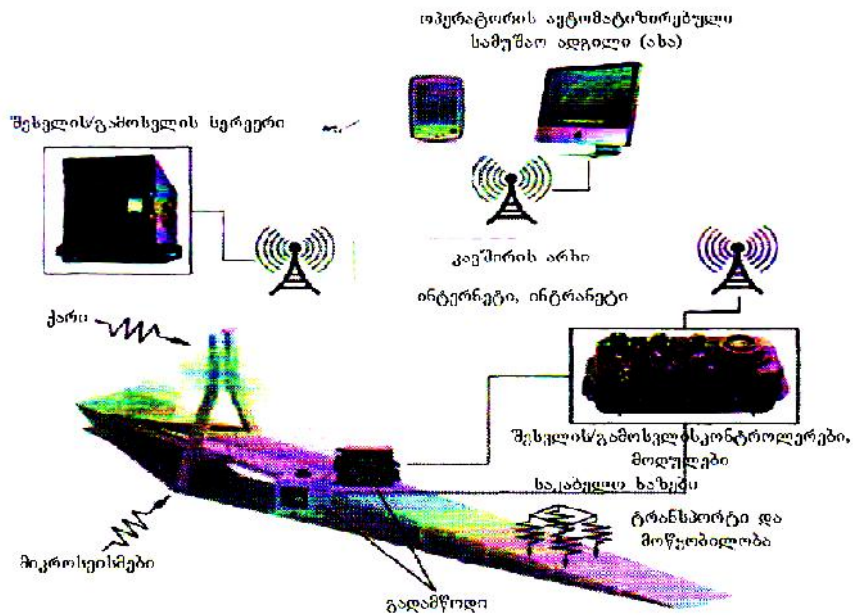
**2. პირითაღი ნაწილი**

თანახმად [3]-ისა მონიტორინგის სისტემას უნდა ჰქონდეს მრავალღონიანი იერარქიული სტრუქტურა, რომელიც შედგება შემდეგი დონეებისგან (ნახ. 2):

- დონე 1. სტრუქტურირებული ინფორმაციული საკაბელო სისტემა;
- დონე 2. პირველადი გარდამქმნელები;
- დონე 3. ინფორმაციის შეგროვების მაკონტროლებლები;
- დონე 4. შეყვანა/გამოყვანის სერვერები;
- დონე 5. დისპეჩერების ავტომატიზირებული სამუშაო ადგილები.



ნახ. 1. სამშენებლო კონსტრუქციების გამოკვლევა და მონიტორინგი



ნახ. 2 სამშენებლო კონსტრუქციების მონიტორინგის სისტემის სტრუქტურული სქემა

-

«

»

მონიტორინგის სისტემების პირველი დონე ფორმირებულია სტრუქტურირებული ინფორმაციული საკაბელო სისტემით, განხორციელებული კავშირის მეშვეობით. მონიტორინგის სისტემები ელემენტების კვება სამშენებლო ობიექტებზე, როგორც წესი ხორციელდება ხაზური საკაბელო სისტემებით.

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

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

მესუთე დონე მონიტორინგის სისტემები შეიცავს სამუშაო ადგილებს დისპეჩერებისათვის ან ოპერატორებისათვის, რომლებიც საშუალებას აძლევს მონიტორინგის სისტემის პერსონალს მიიღოს ოპერატიული დაშვება ინფორმაციასთან ობიექტის მდგომარეობის შესახებ, ოპერატიული გადაწყვეტილების მისაღებად.

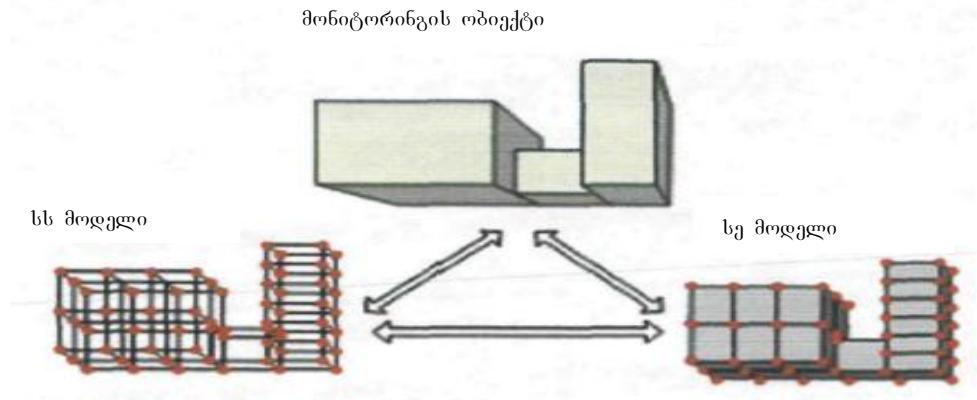
მონიტორინგის სისტემას უნდა ჰქონდეს ღია არქიტექტურა, რომელმაც უნდა დაუშვას შემდგომი გაფართოება, როგორც რიცხობრივად მონიტორინგის ობიექტებისა, ისე სისტემების ფუნქციების რიცხვითაც და ასევე ინტეგრაციის საშუალება მისცეს მონიტორინგის და მართვის სხვა სისტემებთან.

ფუნქციონალური შესაძლებლობების და კონტროლირებადი პარამეტრების ტიპის მიხედვით მონიტორინგის სისტემები გაყოფილია ორ კლასად: სტატიკური და დინამიკური. სტატიკური მონიტორინგის სისტემები ზომავენ პარამეტრებს ნელა ცვალებად დროში (ტემპერატურა, ჩაღუნვა, დახრა, დაწევა, კონტაქტური ძაბვა ფუნდამენტის ძირში) და დინამიური მონიტორინგის სისტემები ზომავენ დროში სწრაფად ცვალებად პარამეტრებს (აჩქარება, რხევის სიჩქარე).

დღევანდელ დღეს მონიტორინგის სისტემის შემუშავებაში გამოიყენება სამი ტექნოლოგიური პლატფორმა. პირველი, ეფუძნება სხვადასხვა სენსორების გამოყენებას, რომელიც სადენიანი კავშირის მეშვეობით გადასცემს გაზომვების მონაცემებს; მეორე დამატებითად რთავს გაზომვების მონაცემთა დაგროვების და ავტომატური დამუშავების სერვერებს ნორმირებული პარამეტრების (ჩაღუნვა, დახრა, დეფორმაცია) ავტომატური კონტროლით და ინფორმაციის გადაწოდებით კაბელო ან უკაბელო კავშირით მონიტორინგის უკაბელო სისტემები და მესამე, დამატებითი რომელსაც აქვს უნარი გადაწყვეტილების მიღების კონსტრუქციის ტექნიკური მდგომარეობის შესახებ, დაფუძნებით მათემატიკურ და ფიზიკურ მოდელებზე (მონიტორინგის სისტემა ხიდების მდგომარეობაზე); მოცემული მონიტორინგის სისტემა ხიდების მდგომარეობაზე ახდენს ბაგირების რხევების აჩქარების გაზომვას. გაზომილი სპექტრის გამოხმაურებით გამოითვლება მათემატიკური მოდელის პარამეტრები. პარამეტრებში იგულისხმება გაღუნვის

სიხისტე და ბაგირის დაჭიმვის ძალა [4]. ბაგირის დაჭიმვის სიდიდით განისაზღვრება ხიდის კონსტრუქციის უსაფთხო ექსპლუატაცია.

სტატიკური მონიტორინგის სფეროში საჭიროა აღინიშნოს ნაშრომი [5]. მოცემული ნაშრომი ეძღვნება შენობებისა და ნაგებობების მზიდი კონსტრუქციების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის შეფასების საკითხებს მათი ტექნიკური მდგომარეობის მონიტორინგის ჩატარებისას. მდგომარეობის შეფასებისთვის შემუშავებულია მონიტორინგის სისტემა, რომელიც მოიცავს შემუშავებულ მეთოდებს ავტომატიზირებულ გეოდეზიურ აზომვებს კონსტრუქციების წერტილების გადაადგილების დასაფიქსირებლად. ნაშრომ [6]-ში შემოთავაზებულია გამოვიყენოთ ამორჩევითი გამოკვლევები, სივრცულ-საკოორდინატო (სს) აზომვები, სასრულ ელემენტთა ანალიზი (სე) კონსტრუქციის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის აზომვების შედეგების მიხედვით (ნახ. 3).



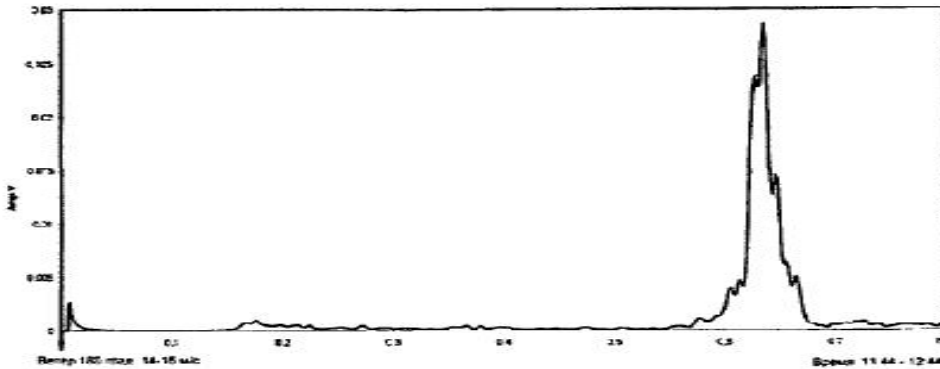
ნახ. 3. სს და სე ნაგებობის მოდელები

სტატიკური მონიტორინგის სისტემის მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ სისტემა, რომელიც აღწერილია ნაშრომში [7] მოცემული მონიტორინგის სისტემა ასრულებს აზომვას გრუნტის წნევის, ბეტონის დეფორმაციის და ძალვის არმატურის დეროებში. მოცემული სისტემის გამოყენების აუცილებლობა იყო გამოწვეული დაწვევისა და დახრის საანგარიშო და ფაქტიური მნიშვნელობების სხვაობით. სამი მრავალსართულიანი შენობის მონიტორინგის შედეგებმა ქ. კიევში აჩვენა, რომ მთელი შემუშავებული აპარატურა მუშაობს დამაკმაყოფილებლად და საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ კონსტრუქციების რეალური მუშაობა. ამ სისტემის ნაკლია მორალურად მოძველებული მოწყობილობის გამოყენება.

უკანასკნელი დინამიკური მონიტორინგის შემუშავებულ სისტემებს შორის უნდა აღინიშნოს ნაშრომი [8]. მოცემული ნაშრომი მიძღვნილია ქ. მოსკოვში მდებარე გამარჯვების ძეგლის კონსტრუქციის კომპლექსური მონიტორინგის სისტემის შემუშავებას. ძეგლი წარმოადგენს 142 მეტრიან ობელისკს წაკვეთილი სამწახნაგიანი პირამიდის სახით. მას მიმაგრებული აქვს 110 მეტრ სიმაღლეზე სკულპტურული ჯგუფი „ღმერთქალი ნიკე ამურებთან ერთად“. ქარის საექსპლუატაციო დატვირთვის ზემოქმედების გამო ნაგებობა განიცდის რამდენიმე საკუთარი სიხშირის რეზონანსულ რხევებს, ამიტომ ობიექტი აღჭურვილია რამდენიმე საკუთარი სიხშირის დინამიკური რხევების ჩამქრობით. ამასთან დაკავშირებით ნორმალური ექსპლუატაცია მონუმენტისა საჭიროებს კონტროლის სისტემას (მონიტორინგს) ნაგებობის მდგომარეობაზე. ნაშრომ [8]-ის ავტორი მონიტორინგის სისტემაში იყენებს ფლუგერებს, აჩქარების გადამცემებს

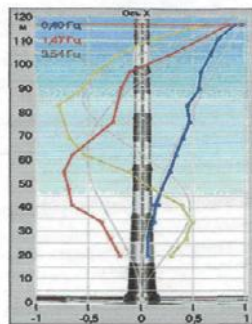


ანემომეტრებს და გადაადგილების ოპტიკურ გადამცემებს. სპექტრის ჩაწერის მაგალითი ნაჩვენებია ნახ-ზე 4. აღწერილ სისტემას აქვს მეთოდური ნაკლი – დემოფირების პარამეტრები განისაზღვრებოდა ნახევარი ენერჯის მეთოდით, რომელიც მგრძობიარეა სმაურიანი მონაცემების, დამახასიათებელი ბუნებრივი ვიბრაციული ფონისთვის.



ნახ.4. რხევების სპექტრის მწვერვალი  $Y$  ღერძის მიმართ აქსელერომეტრით გაზომვის შედეგებით

დინამიკური მონიტორინგისთვის უნდა აღინიშნოს აგრეთვე მობილური უსადენო დიაგნოსტიკური კომპლექსი „სტრელა“ [9]. მოცემული კომპლექსი გამოიყენება მდგრადობის მონიტორინგისთვის და ნარჩენი რესურსისთვის მრავალსართულიანი შენობებისათვის და ნაგებობებისთვის კომპლექსი „სტრელა“ გამოიყენებს უსადენო კავშირს და გათვლილია გამოხმაურების რეგისტრაციაზე სიხშირის 0.1÷300 მჰც-მდე დიაპაზონში. პროგრამის მუშაობის ფრაგმენტი განსაზღვრული რხევების ფორმებით ნაჩვენებია ნახ.5-ზე. კომპლექსს აქვს მეთოდური ნაკლი - დინამიკური მახასიათებლები განისაზღვრება მხოლოდ სიხშირის არეში. დინამიკური მახასიათებლების განსაზღვრისათვის მიზანშეწონილია ასევე გამოვიყენოთ მეთოდი დროებით არეში.



ნახ. 5. საკვამური მილის რხევების ფორმის განსაზღვრა მობილური კომპლექსის „სტრელა“

საერთო ნაკლი ზემოხსენებული მონიტორინგის გადაწყვეტილებებში წარმოადგენს კომპლექსური მიდგომის არარსებობას მონიტორინგის სისტემის დაპროექტებაში.

კომპლექსურობა შეიძლება იქნეს მიღწეული რამდენიმე ტექნოლოგიის ერთდროულად გამოყენებით – ინფორმაციული მოდელირება, სასრულ ელემენტთა მეთოდით მოდელირება, თეორიული და ექსპერიმენტულ-დინამიკური ანალიზი.

-

«

»

კონტროლირებად პარამეტრებს შორის შეიძლება იყოს დატვირთვა, რომელსაც ვანიტუბთ კონსტრუქციას. ხშირად მონიტორინგი გამოიყენება მხოლოდ თვით კონსტრუქციის თვისებების კონტროლისთვის და ამიტომ მონიტორინგის პროცესს აიგივებენ კონსტრუქციის დაზიანებების აღმოჩენის პროცესთან, რომელშიც ჩართულია რამდენიმე დონე:

დონე 1. კონსტრუქციაში დაზიანების არსებობის გარკვევა;

დონე 2. დაზიანების ლოკალიზაცია;

დონე 3. დაზიანების საფრთხის შეფასება ;

დონე 4. კონსტრუქციის შემდგომი ექსპლუატაციის უსაფრთხოების პროგნოზი.

აქ დაზიანებაში იგულისხმება კონსტრუქციის მდგომარეობის შეცვლა გამოწვეული მასალის თვისებების ცვლილებით, რომელიც გამოწვეულია დადლილობითი დეფორმაციით ასევე მიკრო და მაკრო ბზარების ჩასახვისა და განვითარების გამო. მეცნიერების ჯგუფის მიერ ლაბორატორიიდან ოს ლამოს (პიტპა//მსტიტუტე.ლანლ.გოვ/ეი/, აშშ) მონიტორინგის ამოცანების ამოხსნა ყველა დონეზე შემოთავაზებულია განიხილოს სტატისტიკური სახეების ამოცნობის პარადიგმის კონტექსტში [10]. აღნიშნული პარადიგმა გულისხმობს, რომ მონიტორინგის პროცესი ითვლის რამდენიმე ნაწილს:

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

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

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

ნიშნის ქვეშ იგულისხმება რეზულტატი პირდაპირი ან ირიბი აზომვა ობიექტის რომელიმე მახასიათებლისა. ნიშანს მკვეთრი ფიზიკური საფუძველი მაგალითად საკუთარი რხევების სიხშირე, რხევების ფორმები, დაჭიმვის ძალა. ასევე ნიშნები შეიძლება იყოს ევრიტიკული ანუ მათ შეიძლება არ ქონდეთ ფიზიკური საფუძველი, მაგრამ ამავდროულად იძლეოდეს მისაღებ რეზულტატს. ფაქტიურად ნიშნები წარმოადგენს მათემატიკური მოდელების პარამეტრებს რომლებიც აღწერენ ფიზიკურ პროცესებს.

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

ნიშნების გამოთვლების პროცესები და სტატისტიკური მოდელების შემუშავება დაფუძნებულია რამდენიმე აქსიომაზე [11]. მოცემული სამუშაოსთვის უფრო მნიშვნელოვანია ორი აქსიომა (მოყვანილია მონიტორინგის დონის მანიშნებლად):

- დაზიანების შეფასება ითხოვს შედარებული იქნეს ორი მდგომარეობა მონიტორინგის ობიექტის ბაზური (ნორმალური) და მიმდინარე (პოტენციურად საშიში);
- დაზიანების არსებობის განსაზღვრა (დონე 1) და ადგილმდებარეობა (დონე 2) დაზიანება შეიძლება შესრულდეს შედარებით ბაზური მდგომარეობის და მიმდინარე

-

«

»

მდგომარეობის დაზიანების საშიშროების შეფასება (დონე 3) და პროგნოზი (დონე 4) საერთო შემთხვევაში სრულდება პრეცედენტებით.

პარადიგმის გამოყენების მაგალითები სტატისტიკური სახეების გამოცნობაში მოყვანილია ნაშრომებში [12,13]. სტატისტიკური მიდგომა მონიტორინგის მონაცემების ანალიზისა დემონსტრირებულია ნაშრომში [14]. სტატისტიკური სახეები ავტორმა გამოიყენა მონაცემების დამუშავებისას ნატურული ობიექტებისა [15].

ნაგებობებისა და შენობების კონსტრუქციების ექსპლუატაციის პროცესში ისინი განიცდიან მუდმივ ვიბრაციულ დატვირთვას გამოწვეულს ქარის მიკროსეისმიკის, ტრანსპორტის და სხვა წყაროების ზემოქმედებით. კონსტრუქციების გამოსმაურება ვიბრაციულ დატვირთვაზე შეიძლება გაეზომოთ და გამოვიყენოთ კონსტრუქციის მდგომარეობის შეფასებისთვის, დინამიკურ მახასიათებლებზე დაყრდნობით, რომელიც ამოღებულია მოცემული გაზომვებისას [16].

ანსხვავებენ სამი ტიპის დინამიკურ გაზომვებს [17] რხევების გაზომვა, გამოწვეული ხელოვნური ზემოქმედებისაგან (დეტერმინირებული ზემოქმედება), თავისუფალი რხევებისა და ბუნებრივი ზემოქმედების ფონი (შემთხვევითი ან სქოასტიკური ზემოქმედება).

ხელოვნური გამლიზიანებით გამოწვეული რხევების გაზომვის ჩატარებისთვის გამოიყენება სპეციალური შეიკერები (იხ. ნახ. 7) რომლებსაც შეუძლიათ შექმნან კონსტრუქციის ვიბრირება (რხევა) წინასწარ მიცემული ალგორითმით – შემთხვევითი ზემოქმედება განსაზღვრული სტატიკური განაწილების კანონით, პერიოდული ან იმპულსური ზემოქმედება საზღვარგარეთის პრაქტიკაში მეთოდს უწოდებენ ძალურ ვიბრაციულ ტესტირებას (Forced vibration testing). ძირითადი უპირატესობა მოცემული მეთოდის მდგომარეობს ასახობი მონაცემების მაღალხარისხიანობაში. მაგრამ მეთოდს აქვს საგრძნობი ნაკლოვანებები საჭიროებს სპეციალიზირებულ ტექნიკას, რაც ზრდის ხარჯებს და ართულებს სამუშაოს. გაზომილი მონაცემების ინტერპრეტაციისთვის იყენებენ აგრეთვე კონსტრუქციისათვის განკუთვნილი ძალური ზემოქმედების გაზომვას. ძალური ვიბრაციული ტესტირებისას გამოიყენება შეიკერები აღჭურვილია მბრუნავი დისბალანსიანი ელექტროძრავით, ხშირად გამოიყენება ელექტროჰიდრავლიკური შეიკერი და მოდალური უროები.



(ა)



(ბ)

ნახ. 7. შეიკერის მონტაჟი ამწეს მეშვეობით (ა) და დამონტაჟებული შეიკერი ხიდის კონსტრუქციაზე (ბ)

გაზომვების ჩატარება კონსტრუქციების თავისუფალი რხევებისას მოითხოვს კონსტრუქციის თავდაპირველ მდგომარეობაში ყოფნას–აჩქარება, სიჩქარე და გადაადგილება [17]. ცხადია, რომ ეს მეოდი გამოიყენება პატარა ლაბორატორიული დანადგარებისათვის, ვიდრე სრულმასშტაბიანი სამშენებლო ობიექტებისთვის.

დღევანდელი დღისთვის პრაქტიკაში რეალური სამშენებლო კონსტრუქციებისთვის ხშირად გამოიყენება კონსტრუქციების წერტილების რხევების გაზომვა გარემოს ბუნებრივი შემთხვევითი ზემოქმედების შედეგად. მეთოდი ატარებს სახელს ვიბრაციული ტესტირება შემთხვევითი გარემოში ზემოქმედებისგან ან ოპერაციული ვიბრაციული ტესტირება. სამშენებლო კონსტრუქციაზე შეიძლება მოქმედებდეს შემდეგი ვიბრაციების მექანიკური წყაროები:

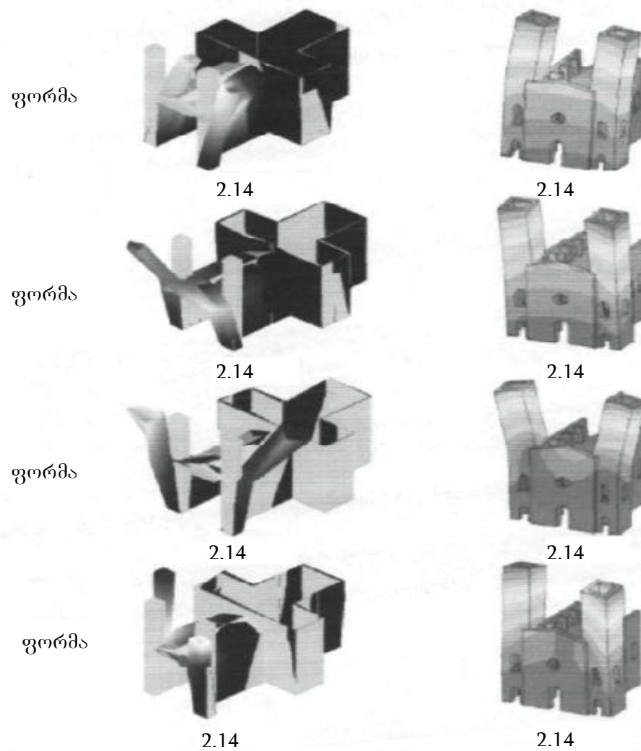
1. მიკროსეისმიკა;
2. სეისმური აქტივობა;
3. ვიბრაციული ზემოქმედება მანქანებისგან, მექანიზმებისაგან და ხალხისაგან;
4. ქარის პულსირებული ნაკადი;
5. ბგერის ტალღები და სხვა წყაროები.

მოცემული მეთოდის პოპულარობა განაპირობა იმ გარემოებამ, რომ შენობების და ნაგებობების ექსპლუატაციის დროს ძალური ზემოქმედების გაზომვების საჭიროება არ არის. ვინაიდან დატვირთვა კონსტრუქციაზე უცნობია, ამიტომ კეთდება დაშვებები: დატვირთვის პროცესი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც შემთხვევითი სტაციონალური პროცესი.

გაზომვებისთვის უფრო ხშირად გამოიყენება აქსელერომეტრები (ჩქარების გადამცემები), უფრო ნაკლებად სიჩქარის, გადაადგილების, დეფორმაციის და სხვა გადამცემები.

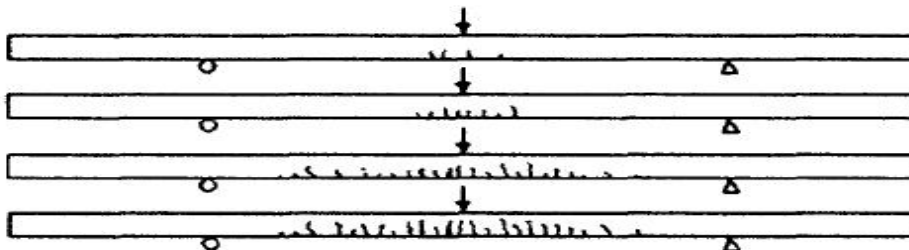
საჭიროა აღინიშნოს, რომ პრაქტიკაში აგრეთვე გამოიყენება „ვიბრაციული ტესტირება შემთხვევითი გარე ზემოქმედებისგან“ ხელფონურად შექმნილი ძალურ ზემოქმედებასთან ერთად.

ექსპერიმენტული დინამიკური ანალიზის უფრო გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს მოდალური ანალიზი [18], რომლის შედეგად განისაზღვრება კონსტრუქციის საკუთარი რხევების სიხშირე, შესაბამისი რხევის ფორმა და დემპფირების კოეფიციენტები. მოდალურ ანალიზს ვიბრაციის ბუნებრივი წყაროების დროს ეწოდება ოპერაციული მოდალური ანალიზი (operational modal analysis - ომა). ნახ. 9-ზე ნაჩვენებია ეკლესიის შენობის მოდალური ანალიზის შედეგები [19]. ნახსენებ ნაშრომში გამოყენებულია მონიტორინგის უსადენო სისტემა, რომელსაც გააჩნია გაზომვის ჩატარების მაღალი სისწრაფე სადენიან სისტემასთან შედარებით.



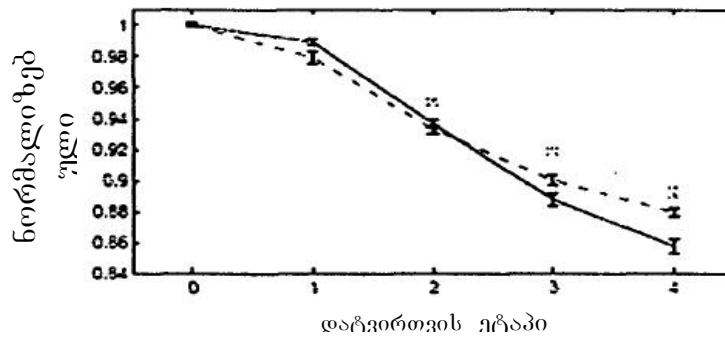
ნახ. 9. ეკლესიის შენობის ექსპერიმენტალური და რიცხვითი მოდალური ანალიზის შედეგები

მოდალური ანალიზის შედეგები შეიძლება იყოს ინტერპრეტირებული სხვადასხვაგვარად იმის მიხედვით, თუ რა ამოცანაა გადასაწყვეტი დაზიანების დონის დადგენისათვის. დინამიკური მახასიათებლები, რომლებიც მიიღება ექსპერიმენტული მოდალური ანალიზის მეშვეობით, დამოკიდებულია კონსტრუქციის დაზიანების ხარისხზე. [20]-ე ნაშრომში მოყვანილია ექსპერიმენტული მოდალური ანალიზის შედეგები ლაბორატორიული რკინაბეტონის ძელისა, რომლის დატვირთვის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 10-ზე. ძელი იტვირთება 4 საფეხურად, თითოეული მათგანი იწვევდა ძელის დაზიანებას (ნახ.10-ზე ნაჩვენებია ნორმალური და დახრილი ბზარები) დაზიანების თითოეული ეტაპისთვის განისაზღვრებოდა ძელის დინამიკური მახასიათებლები.

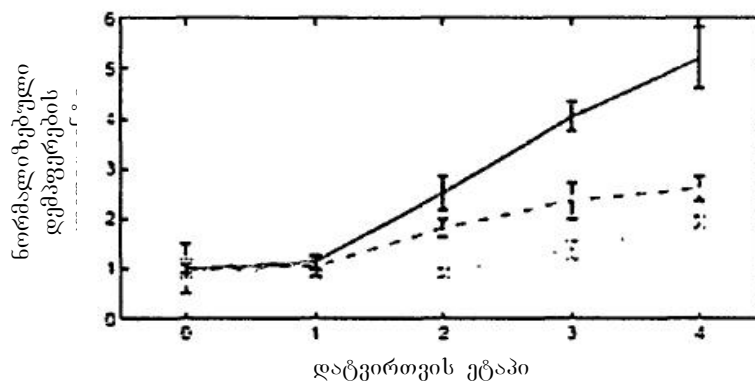


ნახ. 10. რკინა-ბეტონის ძელის დატვირთვის სქემა დაზიანების ვიზუალიზაციით

ნახ.11-ზე ნაჩვენებია შედეგები ძელის საკუთარი რხევების სიხშირის განსაზღვრის მე-2, მე-3 და მე-4 რხევის ფორმისთვის, ნორმალიზებული ერთეულის მიმართ ვექტორის სიხშირის გაყოფის გზით, დაუზიანებელი ძელის სიხშირეზე. ნახ. 12-ზე ნაჩვენებია დემპფირების კოეფიციენტის განსაზღვრის შესაბამისი ანალოგიური შედეგები.



ნახ. 11. საკუთარი რხევების ნორმალიზებული სიხშირეების ცვლილება დაზიანების ეტაპისა და მიხედვით



ნახ. 12. დემპფირების ნორმალიზებული კოეფიციენტების ცვლილება დაზიანების ეტაპისა და მიხედვით

ნახ. 11-ზე და 12-ზე ჩანს, რომ ძელის დაუზიანებელ მდგომარეობას ახასიათებს საკუთარი რხევის ყველაზე დიდი სიხშირე და ყველაზე მცირე დემპფირების კოეფიციენტი, რაც მეტყველებს ძელის კვეთის მაქსიმალურ სიხისტეზე და რხევის ენერჯის მინიმალურ დისიპაციაზე შესაბამისად. დაზიანების რაოდენობის და ინტენსივობის გაზრდით ხდება ძელის კვეთის სიხისტის შემცირება, რაც იწვევს საკუთარი რხევის სიხშირის სიდიდეების შემცირებას. დაზიანების რიცხვის ზრდით იზრდება რხევის ენერჯის გაბნევა, რაც არის დემპფირების კოეფიციენტის გაზრდის მიზეზი. ამრიგად მოცემულმა ექსპერიმენტმა გვიჩვენა დაზიანების გავლენა რკინაბეტონის ძელში მის დინამიკურ მახასიათებლებზე.

დაზიანების არსებობის გამოვლენისთვის (დონე 1 დაზიანების გამოვლენა) შეიძლება გამოყენებული იყოს საკუთარი რხევის სიხშირე და შესაბამისი დემპფირების კოეფიციენტები. ეს ფაქტი ჩაღებულია 53778-2010 [1] გამოკვლევის ჩატარების საჭიროების დასადგენად წინასწარ ტარდება დინამიკური გაზომვები და თუ მიღებული დინამიკური გაზომვები განხვავდება საწყისი მონაცემებისაგან 10%-ზე მეტით, მაშინ

კონსტრუქცია ექვემდებარება აუცილებელ დაუგეგმავ გამოკვლევას. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ატომური ენერჯის მომხმარებელი ობიექტებისათვის შემოღებულია და მოქმედებს უსაფრთხოების სახელმძღვანელო -045-08 „დინამიკური მონიტორინგი ატომურ ობიექტებზე სამშენებლო კონსტრუქციების“ [3]. სახელმძღვანელო შეიცავს რეკომენდაციებს დინამიკური მონიტორინგის ჩატარების შესახებ სამშენებლო კონსტრუქციებისათვის, რომლებიც მნიშვნელოვანია ობიექტების უსაფრთხოებისთვის. მოცემული სახელმძღვანელოს თანახმად განსახილველ დინამიკურ მახასიათებლებს განეკუთვნება საკუთარი სიხშირეები, საკუთარი რხევების ფორმები, მიღების პარამეტრები.

ექსპერიმენტული მოდელური ანალიზის ჩატარების დროს მნიშვნელოვანია სწორად განვითავსოთ სენსორი კონსტრუქციაზე. გამოსმაურება წერტილებზე უნდა იყოს უფრო ინფორმაციული დინამიკური მახასიათებლების განსაზღვრისათვის. ნაშრომ [21]-ში განხილულია ექსპერიმენტის მეთოდის დაპროექტება ტესტური რკინაბეტონის ძეგლის მოდელური ანალიზისთვის. გაანალიზებულია, რომ მსგავსი შედეგები შეიძლება მიღებული იქნას სენსორების განლაგების ტოპოლოგიის სხვადასხვა კონფიგურაციისას.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ დაზიანების გამოსავლენად ყოველად მიღებული ფიზიკურად დასაბუთებული დინამიკური მახასიათებლებისა, აგრეთვე შეიძლება გამოყენებულ იქნას ევრისტიკული მახასიათებლები. ნაშრომ [13]-ში დაზიანების გამოვლენისთვის შენობის კარკასის მოდელზე გამოყენებულია ხელოვნური ნეირონული გამოთვლელი ენერგეტიკული მახასიათებლები კონსტრუქციის წერტილების გამოძახილი.

### 3. დასკვნა

არსებული მონიტორინგის სისტემების ჩატარებულმა ანალიზმა საშუალება მოგვცა ჩამოვყალიბოთ სამუშაო ჰიპოთეზა, რომლის მიხედვითაც მონიტორინგის კომპლექსური ტექნოლოგიის შემუშავებისას სამი ტექნოლოგია გამოყენება: ინფორმაციული მოდელირების, სასრულ ელემენტთა მოდელირების და თეორიული და ექსპერიმენტული ანალიზის.

### ლიტერატურა

1. 13-102-2003 “...”, 2003 – 26 ;
2. 53778-2010, ... , 2010 – 90 ;
3. 22.1.12-2005, ... , 2005 – 26 ტ;
4. Wenzel N, Ambient vibration monitoring – Chichester, England: John Wiley & Sons LTD, 2005 – 291 p;
5. ა. წაქაძე „ექსპლუატაციაში მყოფი შენობა-ნაგებობების ზღვრული მდგომარეობის და ნარჩენი რესურსის კვლევა დაზიანებების გათვალისწინებით“ სადოქტორო დისერტაცია, თბილისი 2011 – 153 გვ;
6. ... [ ... ]: ... .
7. ... : 05.23.01 / ... . - .., 2008. - 225 ; // i ... , 2009 – . 14–18;

- 
8. ... “ ...  
 ” ... 2009 – 198 ;
9. ...  
 ... « ... » [ ... ] /  
 //  
 » UST-Build 2005. 12-13 2005. - 4 .;
10. Farrar, R. Vibration-based structural damage identification [Text] / R. Farrar, S. W. Doebling, D. A. Nix // The Royal Society, 2001, No. 359. - pp. 131-149.;
11. Worden, K. The fundamental axioms of structural health monitoring [Text] / K. Worden, R. Farrar, G. Manson, G. Park // The Royal Society, 2007, No 463.-pp. 1639-1664.;
12. Figueiredo, E. Structural Health Monitoring Algorithm Comparisons Using Standard Data Sets [Text] / E. Figueiredo, G. Park, J. Figueiras, Farrar, K. Worden. - USA: Los Alamos National Laboratory, 2009. - 115 p.;
13. Reda Taha, M. M. Research Article. A Neural-Wavelet Technique for Damage Identification in the ASCE Benchmark Structure Using Phase II Experimental Data [Text] / M. M. Reda Taha// Advances in Civil Engineering, 2010. - Vol. 10., Article ID 675927 - 13 p.;
14. Casciati, S. Statistical approach to a SHM benchmark problem [Text] / S. Casciati // Smart Structures and Systems, 2010. - Vol. 6, No. 1. -pp. 17-27.;
15. ... [ ... ] / ... , ... //
- ... - 2010. – . 34-37.;
16. Wenzel, H. Ambient vibration monitoring [Text] / H. Wenzel, D. Pichler. -Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd, 2005. - 291 p.;
17. Demirok, E. A Thesis Submitted to the Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University / [Text]: The Degree of Master of Science in Civil Engineering / E. Demirok. - Turkish: Middle East Technical University, 2006. - 168 p.;
18. He, J. Modal Analysis [Text] / J. He, Z-F. Fu. - UK: J. He and Z.F. Fu, 2001.-305 p.;
19. Velez, R. A. Dynamic Structural Identification using Wireless Sensor Networks [Text] / R. A. Velez. - Portugal: University of Minho, August 2010. 215 p.;
20. Peeters, B. System Identification and Damage Detection in Civil Engineering [Text] / B. Peeters. - Belgium: Katholieke Universiteit Leuven, December 2000. - 256 p.;
21. Noh, H. M. The Sensor Location and Positioning for Experimental Modal Testing of T-Beam / [Text]: H. B. M. Noh. - Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia, 2008 - 92 p.



**On Definition of Modulus of Deformation of ground by Laboratory Method**  
**O. Giorgishvili. A. Qatamidze. N. Kvirikadze, G. Tabagari**

(Georgian Technical University, M. Kostava 68, 0175 Tbilisi, Georgia)

**Abstract:** *The work is mainly concerned with the determination of modulus of deformation by laboratory method. It is known that a modulus of deformation is defining by laboratory and field methods. By laboratory method the modulus of deformation is defined in the compressive devices. Our goal is to conduct experiments by both methods and finally make to interpret the obtained results.*

*In this article is considered the definition by new offered laboratory method of deformation modulus that is closer to the real deformation modulus. This method twice higher than the results obtained by the conventional method.*

*Finally the obtained results gives the possibility to us to raise the issue of change the state norms for determining ground by laboratory method.*

**Keywords:** *Build, Deformation modulus, Ground, laboratory research.*

### I. INTRODUCTION

The main essence of the work lies in the fact that we wish to say new words in the construction practice on the determination of the ground modulus of deformation. As it is known there are two main methods of determining the ground modulus of deformation: definition of ground compressibility without the lateral widening (compression) the definition of and field method. The determined by second method modulus of deformation is the closest to natural modulus of deformation, but is not used the in construction practice because the conducting of this test is related with large financial expenses. For this, we have developed a new method that is closer to the field method.

#### Procedure for Paper Submission

Initially was selected site (Georgia. Tbilisi, Didi Digomi territory), from that we make test samples. The test samples were delivered to the Educational, Scientific and Expertise and Laboratories of Georgian Technical University.

On the first stage we determine the existing ground (clay) physical-mechanical properties. After this we carry out test by laboratory procedure, to determine the ground compressibility (compression) without the lateral widening. The testing sample has thickness - 20 mm, and diameter - 71.4 mm. On the other hand at sample preparation never was maintained the ground natural structure. In addition, the negative side of the test method represents in the shortage of time that usually will not exceed few hours, while the duration of clayey soil deformation is large in real-time conditions.

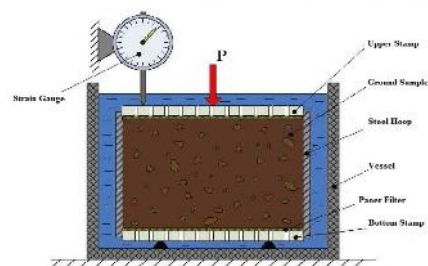


Figure 1. The compression device and its scheme

The ground general modulus of deformation is calculated by the following formula

$$E = \beta \frac{1 + e_{in}}{\alpha} \text{ kg/cm}^2, \quad (1)$$

where  $\beta = 0,8$  – is the correcting coefficient,  $\alpha$  – is the ground coefficient of compressibility,  $e$  – is the porosity factor.

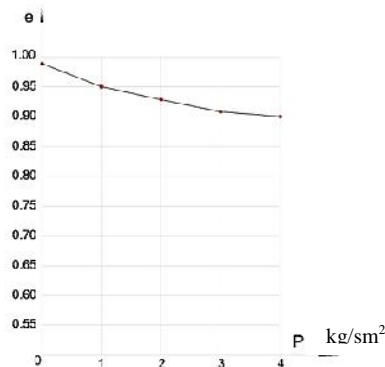
$$\alpha = \frac{e_1 - e_3}{\sigma_3 - \sigma_1} \cdot \text{cm}^2/\text{kg} \quad (2)$$

The samples were tested on increasing loads and due with the increase of consolidation the deformations gradually decreases, in order of their measurement accuracy the load were increased as follows: 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 kg/cm<sup>2</sup>. The obtained results are presented in the form of tables and diagram.

Table 1.

Vertical load	P	kg/cm <sup>2</sup>	0	1.0	2.0	3.0	4.0
Porosity factor	e	-	0.98	0.95	0.93	0.91	0.90
Coefficient of compressibility	$\alpha$	cm <sup>2</sup> /kg	0	0,03	0,02	0,02	0,01
Modulus of deformation	New meth. E	kg/cm <sup>2</sup>	0	52	76	78	150

Diagram 1



On the second stage we determine the modulus of deformation of same ground sample (clayey) by new proposed method, the test process was similar as at compression, with only one difference, we have the lateral widening.

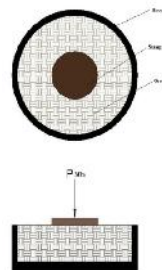
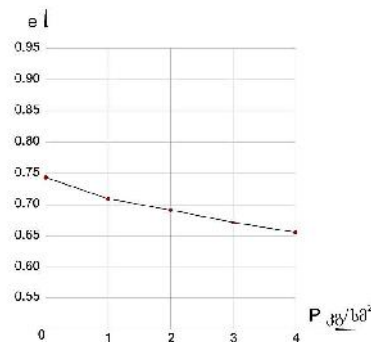


Figure 2. The new proposed method with lateral widening

Table 2.

Vertical load	P	kg/cm <sup>2</sup>	0	1.0	2.0	3.0	4.0
Porosity factor	e	-	0.74	0.71	0.69	0.67	0.66
Coefficient of compressibility	α	cm/kg <sup>2</sup>	0	0,03	0,02	0,02	0,01
Modulus of deformation	Comp E	kg/cm <sup>2</sup>	0	46	67	68	133

Diagram 2.



On the third stage we conducted the tests in field conditions. On the site from which we made samples used in the previous two tests. In the laboratory tests, as well as in field tests the loads were applied gradually by metal standard sizes circular stamp. The load was applied by hydraulic jacks. The test was continued until up to surface cracks initiation.

$$E = (1 - \mu^2) \frac{P}{Sd} \quad (3)$$

where  $\mu$  – is the Poisson's ratio; P – is the loading on stamp, kg; S – is the final settling; d – is the diameter of stamp.

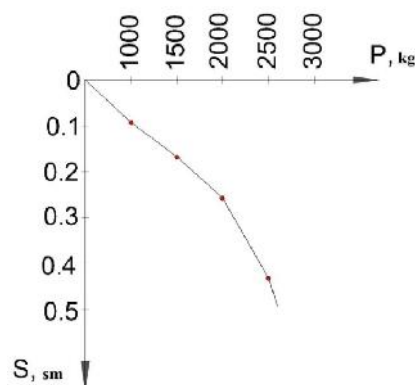


Figure 3. Hydraulic jack

Table 3.

Vertical load	P	kg /cm <sup>2</sup>	0.5	1000	2000	3000	4000	
Final settling	S	სმ	0	0,1	0,17	0,26	0,43	
Modulus of deformation	field	E	kg /cm <sup>2</sup>	0	71,25	62,87	54,81	41,42

Diagram 3.



### Conclusion

As the results show, the results of field test and proposed by us a new method (with lateral widening) are closer to each other than to the obtained by compression (without lateral widening) results. Our goal is to say new words on determination of modulus of deformation in construction codes and we introduce the issue to make change or make addition in acting in Georgia standards accordingly of the offered new method.

### REFERENCES

1. V. Lomtadze, Geology of Engineering, Tbilisi 1985
2. D. Kereselidze, Soil Mechanics and Foundation, Tbilisi 1977
3. 54477-2011
4. 5180-84
5. 1.02.07-87
6. II- .1-62.

მშენებლობის მენეჯმენტის ზოგიერთი ძირითადი უმაღლესი  
ნაწილი

ა. გოგბერაშვილი, ლ.ჯოგლიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ.კოსტავას ქ. №68,0175  
თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** მშენებლობის მენეჯმენტი შედგება ოთხ ძირითად კომპონენტისგან: 1) უშუალოდ მშენებლობის მენეჯმენტი; 2) პროექტის მენეჯმენტი; 3) კადრების მართვის მენეჯმენტი; 4) ფინანსური მენეჯმენტი. მშენებლობის დაწყების აუცილებელი პირობაა კონტრაქტი დამკვეთსა და შემსრულებელს შორის. კონტრაქტს დანართის სახით თან ერთვის ე.წ. ზოგადი პირობები. სამშენებლო წარმოების მენეჯმენტს საფუძვლად უდევს ე.წ. ხაზობრივი და ფუნქციური პრინციპები. ძირითადია ხაზობრივი პრინციპი. მენეჯმენტის ობიექტები დინამიკური სისტემებია, რომლებიც მუდმივ ცვლილებაშია და ითხოვს კორექტირებას.

**საკვანძო სიტყვები:** ფინანსური მენეჯმენტი, მენეჯმენტის ობიექტები დინამიკური სისტემები, სამშენებლო ფინანსური გეგმები, კონსტრუქციები, ხაზობრივი მენეჯმენტი.

## 1. შესავალი

არსებობს მენეჯმენტური მუშაობის სამი ტიპი: სამუშაო, რომლის შემადგენლობაშიც ჭარბობს შესრულება - დაბალი დონის მენეჯმენტი; სამუშაოები, რომლებიც შედგება მართვის და შესრულების ელემენტებისაგან, ძირითადად მცირე კოლექტივების ხელმძღვანელობის დროს - საშუალო დონის მენეჯმენტი; სამუშაო, რომელიც წარმოადგენს მართვის ყველაზე მაღალ საფეხურს - მაღალი დონის მენეჯმენტი. სამშენებლო-სამონტაჟო ორგანიზაციების (ფირმები, კომპანიები) მუშაობის კოორდინაციის მნიშვნელოვანი ეტაპია სამშენებლო ფინანსური გეგმების და დოკუმენტაციის ოპერატიული დაგეგმვა და წარმოების მიმდინარეობის კონტროლი. მნიშვნელოვანია აგრეთვე მშენებლობის მართვის დისპეტჩერული სისტემის დაგეგმვა. მშენებლობის მენეჯმენტი ოთხ ძირითად კომპონენტად წარმოვიდგინოთ: უშუალოდ მშენებლობის მენეჯმენტი - სამშენებლო მასალების და კონსტრუქციების სწორად შერჩევა და მოცემული პროექტისათვის საუკეთესო სამშენებლო ტექნოლოგიის შერჩევა; პროექტის მენეჯმენტი - მშენებლობის პროცესში მასალების გამოყენების სწორი დაგეგმვა, კოორდინაცია და კონტროლი. კადრების მართვის მენეჯმენტი - მშენებლობაზე დასაქმებული სპეციალისტების პროდუქტიულობის და შეთანხმებული მუშაობის მართვა. ფინანსური მენეჯმენტი - მშენებლობა არის ბიზნესი, ამიტომ ფასებზე გადინებულ თანხებზე და პროექტის ფინანსირებაზე კონტროლი მშენებლობის მენეჯმენტის ერთერთი მნიშვნელოვანი ნაწილია. ოთხივე ზემოთ ჩამოთვლილი კომპონენტი პროექტის მენეჯერის კომპეტენციაში და მისი ვალდებულებების სფეროში შედის. მშენებლობა, როგორც ყოველი ბიზნესი, კონტრაქტით იწყება.

## 2. ძირითადი ნაწილი

მშენებლობის მენეჯმენტის როლი უმნიშვნელოვანესია დაპროექტების სტადიიდანვე. კონსულტაციების ჩატარება პროექტის შექმნის პერიოდში; განრიგის შედგენა; მშენებლობის ბიუჯეტის მომზადება; საკონტრაქტო დოკუმენტაციის

-

«

»

მომზადების კოორდინირება; ბრძანებების პაკეტების სუბკონტრაქტორების შერჩევა; მშენებლობის პერიოდში პროექტებზე ზედამხედველობის უზრუნველყოფა; განრიგისა და ფასების კონტროლის უზრუნველყოფა; სამშენებლო ორგანიზაციის საორგანიზაციო სტრუქტურის საფუძველში დევს ხაზობრივი მენეჯმენტი, რომელიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მთელი მართვის მექანიზმის ფუნქციონირების ეფექტურობაზე. ხაზობრივი მენეჯმენტის რაციონალური ორგანიზაცია ვალდებულია: – აგებული იყოს მართვის იერარქიული საფეხურები მათი მინიმალური რაოდენობიდან გამომდინარე; – გაითვალისწინოს ხაზობრივი მენეჯმენტის ეფექტური ფუნქციონირება, ანუ ხაზობრივი სისტემის რომელიმე რგოლის მიერ გაცემული ბრძანებები უნდა გადიოდეს ყველა რგოლზე, რომლებიც იმყოფებიან მისსა და იმ რგოლს შორის, რომლისთვისაც ეს ბრძანებაა გათვალისწინებული; სამშენებლო მენეჯმენტის აგების მეორე ძირითადი პრინციპია - ფუნქციური პრინციპი, რომელიც გულისხმობს ხაზობრივი სისტემის მენეჯერებს შორის ფუნქციების განაწილებას. ფუნქციური რგოლების აგების საფუძველად აღებული უნდა იქნეს აგრეთვე ორგანიზების ხაზობრივი პრინციპი. თუ ხაზობრივი მენეჯმენტი გულისხმობს წარმოებაში იერარქიულად აწყობილი მენეჯერული რგოლების არსებობას, ფუნქციური მენეჯმენტი, რომელიც ხაზობრივს ავსებს, მენეჯმენტის გარკვეული ფუნქციების შესრულებით ახორციელებს მეთოდურ ხელმძღვანელობას. წარმოების მენეჯმენტის ორგანიზაციული სისტემა მენეჯმენტის ობიექტები დინამიკური სისტემებია, რომლებიც მუდმივ ცვლილებაშია და ითხოვს კორექტირებას. მენეჯმენტის სფეროში სისტემის ცნება აღნიშნავს იმ ელემენტების მოწესრიგებულ ერთიანობას, რომლებიც მჭიდროდაა ერთმანეთთან დაკავშირებული და ამიტომაც მოქმედებენ და იცვლებიან როგორც ერთი მთლიანი ცოცხალი სხეული. მენეჯმენტის ორგანიზაციული სისტემის მოვალეობებია: - წარმოების ხელმძღვანელობის ოპერატიულობის, საიმედოობის (სტაბილურობის) და მთლიანობის, აგრეთვე მენეჯერული კონტროლის უზრუნველყოფა; - წარმოების მაღალი ტექნიკური მომსახურების პირობების შექმნა; - საწარმოების მომსახურე დამხმარე საამქროების და მეურნეობის აწყობილად მუშაობის უზრუნველყოფა; - მართვის ორგანოების სწორი ურთიერთდამოკიდებულებების დადგენა; - სამშენებლო საწარმოს მაღალი ეკონომიკური მუშაობის უზრუნველყოფა; - მენეჯმენტის ორგანიზაციული სისტემის განუყოფელი ნაწილია მისი ცალკეული ერთეულების მართვა. საწარმოს მენეჯმენტის ორგანიზაციის მოვალეობაა არა მარტო მენეჯმენტის სტრუქტურის დამუშავება, რომელიც მისი ძირითადი ელემენტია, არამედ მენეჯმენტის ორგანოებს შორის ურთიერთკავშირის დამყარებაც (ინფორმაციის მოძრაობა). ეს ფუნქცია შესაძლებლობას იძლევა ცალკეულ ორგანიებს შორის აღმოიფხვრას მუშაობაში პარალელიზმი და დუბლირება. მეცნიერულად დასაბუთებული დოკუმენტაციების სისტემის შერჩევა და დამუშავება, რომელიც აუცილებელია წარმოების მოძრაობის კოორდინაციისათვის, არის მნიშვნელოვანი წინაპირობა ამ დოკუმენტების დამზადების და გაფორმების კომპლექსური მექანიზაციისა და ავტომატიზაციისათვის. ეს უზრუნველყოფს თანამედროვე საორგანიზაციო ტექნიკის გამოყენების საფუძველზე მენეჯმენტის რაციონალიზაციას.

გადაწყვეტილება-მენეჯერული მუშაობის შედეგი სამშენებლო წარმოების მენეჯმენტის სისტემაში მიზანმიმართული მოქმედებების გარკვეულ სისტემას შეიძლება ვუწოდოთ ტექნოლოგიური მენეჯმენტი. ტექნოლოგიური მენეჯმენტი შეიცავს შემდეგ რგოლებს: პირველი რგოლი - მენეჯმენტის მიზნის დადგენა და ინფორმაციის შეკრება მართვის საგნის საფუძველიანი გაცნობის მიზნით; მეორე

-

«

»

რგოლი - გადაწყვეტილების მიღება; მესამე რგოლი - მიღებული გადაწყვეტილების აღრიცხვიანობა და კონტროლი; - მენეჯმენტის პროცესი მეცნიერულ საფუძველზე და ობიექტურად ჩატარდება მაშინ, როდესაც თანხმობაშია ყველა რგოლი მენეჯმენტის სრული ტექნოლოგიური პროცესის შესრულების დროს. ინფორმაციის შეგროვება. საჭირო ოპერატიული და უტყუარი ინფორმაციის არსებობა არის მენეჯმენტის საფუძველი და მის სისწორეზეა დამოკიდებული წარმოების მენეჯმენტის ხარისხი. სხვადასხვა დონის მენეჯმენტის ფუნქციები ოპერატიული დაგეგმვა და სამშენებლო წარმოების მიმდინარეობის კონტროლი სამშენებლო-სამონტაჟო ორგანიზაციების (ფირმები, კომპანიები) მუშაობის კოორდინაციის მნიშვნელოვანი ეტაპია სამშენებლო ფინანსური გეგმების და დოკუმენტაციის ოპერატიული დაგეგმვა. სამშენებლო ფინანსურ გეგმებში განისაზღვრება კონტრაქტის პირობების შესრულების გზები, დგინდება ორგანიზაციების წლიური გეგმა ყოველთვიური ან კვარტალური დაყოფებით, აგრეთვე მისი შესრულებისთვის აუცილებელი მატერიალურ-ტექნიკური რესურსების და თანამშრომელთა რაოდენობა. მშენებლობაში ოპერატიული დაგეგმვის მთავარი ამოცანაა კონტრაქტით გათვალისწინებული ობიექტების აგების ვადების უზრუნველყოფა. დოკუმენტაციაში გათვალისწინებული უნდა იყოს საწარმოო რესურსების თავმოყრა, მშენებლობის დროული და კომპლექტური მომარაგება სამშენებლო მატერიალურ-ტექნიკური რესურსებით. ოპერატიული დაგეგმვისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს კომპლექსურ ქსელურ გრაფიკებს, რომლებიც იძლევა წინამდებარე პერიოდის კონტრაქტით გათვალისწინებული გეგმის კორექტირების შესაძლებლობას, რათა მოიყვანოს ის რეალურ პირობებთან და შესაძლებლობებთან თანხმობაში. სამშენებლო წარმოების ოპერატიული დაგეგმვისა და ხელმძღვანელობისათვის შეიძლება მიღებული იქნან უფრო მარტივი და მოსახერხებელი გრაფიკები (ხაზობრივი, ციკლოგრამები და ა.შ.), რომლებიც ობიექტის ქსელური გრაფიკის საფუძველზე მუშავდებიან. ოპერატიული გეგმების დოკუმენტაციის დამუშავების დასახქარებლად და მისი შრომატევადობის შესამცირებლად მიზანშეწონილია ქსელური გრაფიკის სამუშაოების ნომენკლატურის და ოპერატიული გეგმის დოკუმენტაციის უნიფიცირება. მშენებლობის მართვის დისპეტჩერული სისტემა მშენებლობის მართვის ერთ-ერთი ყველაზე ოპერატიული მეთოდია მშენებლობის მართვის დისპეტჩერული მეთოდი. მართვის დისპეტჩერული სისტემა არის ოპერატიული მართვის ისეთი სისტემა, რომლის დროსაც ყველა სამუშაო სრულდება წინასწარ დასახული (კონტრაქტში გათვალისწინებული) გეგმების მიხედვით. წარმოების პროცესის რეგულირებას და კონტროლს, აგრეთვე სამშენებლო მანქანების და მასალების გადაადგილებებს, ახორციელებენ სპეციალური დისპეტჩერები. დისპეტჩერიზაციის დანერგვა სამშენებლო ქვეგანყოფილებებში იწყება დისპეტჩერული სამსახურის ორგანიზებით. დისპეტჩერული სამსახური მოიცავს სამშენებლო წარმოების და მისი მომსახურების ყველა ელემენტს. მშენებლობაში დისპეტჩერიზაციის გამოყენების ძირითადი პირობებია: - წარმოების კვირეულ-დღე-ღამური ოპერატიული დაგეგმვის და აღრიცხვიანობის შემოღება, მშენებლობის ოპერატიული გეგმების შესრულებაზე მუდმივი კონტროლისა და რეგულირების ორგანიზება, მშენებლობის უზრუნველყოფა სამუშაო და მატერიალურ-ტექნიკური რესურსებით; დისპეტჩერული პერსონალი პასუხს აგებს სამუშაოთა ოპტიმალური გეგმის და მონაცემების შესრულების შესახებ მონაცემების სიზუსტეზე, რომლებსაც ისინი მოხსენებითი მართების სახით აბარებენ მშენებლობის ხელმძღვანელობას. მშენებლობის მენეჯერის ოპერატიული განკარგულებები მშენებლობის უშუალო შემსრულებლებს უმრავლეს შემთხვევაში გადაეცემათ სადისპეტჩერო სამსახურების საშუალებით. დისპეტჩერის

-

«

»

განკარგულებების შესრულება სავალდებულოა შემსრულებელი მენეჯერებისათვის. ოპერატიული გეგმის ფარგლებში სადისპეტჩერო პერსონალი მოქმედებს შემდეგნაირად. ასრულებს სამუშაოთა შესრულების სისტემატურ აღრიცხვიანობას, კონტროლს და რეგულირებას; მონაწილეობას ღებულობს სამუშაოთა გრაფიკების შედგენასა და განხილვაში, აკონტროლებს ობიექტებს მუშახელით, ტრანსპორტით, მექანიზმებით და მატერიალურტექნიკური რესურსებით დროულ და კომპლექსურ მომარაგებას; სამუშაოთა შემსრულებლებისაგან მიმდინარე ინფორმაციას სამუშაოთა წარმოების შესახებ, ტექნიკურად აანალიზებს და განაზოგადებს მას. მშენებლობის მიმდინარეობის ოპერატიული აღრიცხვისა და კონტროლის მიზნისათვის დისპეტჩერული პერსონალი აწარმოებს დისპეტჩერის ჟურნალს. სამშენებლო წარმოების ოპერატიული გაძღოლის მიზნით სადისპეტჩერო პერსონალი იყენებს: - სამუშაოთა წარმოების კრებისით და ლოკალურ კომპლექსურ ქსელურ გრაფიკებს; - დისპეტჩერული თათბირების პროტოკოლებს; - ყოველკვირეულ და დღე-ღამურ გრაფიკებს, რომლებიც სამშენებლო უბნებისთვის იქმნება; - სამშენებლო წარმოების მატერიალურ-ტექნიკური რესურსებით მომარაგების გრაფიკებს. მშენებლობაში სადისპეტჩერო სამსახური თავიდან იცდენს და აღმოფხვრის მოცდენებს და კავშირების გადაწყვეტას. ოპტიმალური კონტროლი, რომელსაც მშენებლობის დისპეტჩერები ახორციელებენ არის: - აღმოჩენილი იქნას კონტრაქტით შესასრულებელი სამუშაოების მიმდინარეობისაგან და ვადებისაგან გადახვევები; - მიღებული იქნას მათი ლიკვიდაციისათვის აუცილებელი ღონისძიებები.

### 3.ღასკვნა

კონტროლის აუცილებლობა ნებისმიერ ორგანიზაციაში მენეჯმენტის საქმიანობისშემადგენელი ნაწილია და მისი საჭიროება და მნიშვნელობა ეჭვს აღარ იწვევს. საკამათოა მხოლოდ კონტროლის არსის და მისი ჩტარების პროცესის დაგეგმვა. კონტროლის განხორციელება ორგანიზაციაში ყოველთვის მენეჯერის მავარი თავსატეხია. ხშირად კონტროლი იძულებასთან ასოცირდება, რაც სწორი არ არის. ისარც მუშაკა შმოქმედებით თვისუფლებას ზღუდავს. კონტროლი ობიექტური აუცილებლობაა. მისი მეშვეობი ეშძლია მენეჯერს აკონტროლოს ორგანიზაციის საქმიანობის დადგენილ ნორმებთან და სტანდარტებთან შესაბამისობა და სამუშაოს დამთავრებისთანავე მიიღოს ინფორმაცია საქმიანობის შედეგების გამომწვევი მიზეზების შესახებ. ამრიგად, კონტროლს მართვის პროცესის განხორციელებაშისაკმაოდ დიდი მნიშვნელობა აქვს.

### ლიტერატურა:

1. ა. ჭანტურია- “მშენებლობის ორგანიზაცია დაგეგმვა და მართვა” გვ. 105-132.
2. სნ და წ 1.03.03-85 “სამშენებლო წარმოების ორგანიზაცია” რუსულ ენაზე
3. ბაბუნაშვილი გ. მღებრიშვილი ბ. შუბლაძე. მენეჯმენტი, სუ-ის გამომცემლობა, თბ. 1998. გვ. 98-108
4. ДрукерП. Энциклопедия менеджмента, Питер, 2004. ст 70-103



ხარისხის ინფრასტრუქტურა და სამშენებლო ბიზნესი

ბ. მამარდაშვილი, მ. ჭანტურია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 68, 0175 თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** ხარისხის ინფრასტრუქტურის განვითარება და მისი საერთაშორისო აღიარება წარმოადგენს ნებისმიერი სამრეწველო პროდუქციის მსოფლიო ბაზარზე თავისუფალი მიმოქცევის გარანტს. უსაფრთხოების გამკაცრებულმა პირობებმა დღის წესრიგში დააყენა ხარისხის ინფრასტრუქტურის არა მარტო განვითარება, არამედ მისი ყველა ელემენტის – სტანდარტიზაციის, მეტროლოგიის, აკრედიტაციის, გამოცდების და ხარისხის სისტემის გამოყენებისას, ექვივალენტური წესების შემოღება.

**საკვანძოსიტყვები:** ხარისხის ინფრასტრუქტურა, გლობალიზაცია, დეველოპერული კომპანია, სტანდარტიზაცია, დაკალიბრება, მენეჯმენტი.

1. შესავალი

გლობალიზაციის პროცესმა, ბაზრების დივერსიფიკაციამ, უსაფრთხოების გამკაცრებულმა პირობებმა დღის წესრიგში დააყენა ხარისხის ინფრასტრუქტურის არა მარტო განვითარება, არამედ მისი ყველა ელემენტის, სტანდარტიზაციის, მეტროლოგიის აკრედიტაციის, გამოცდების და ხარისხის სისტემის გამოყენებისას, ექვივალენტური წესების შემოღება.

საერთაშორისო მოთხოვნების შესაბამისი ხარისხის ინფრასტრუქტურის ჩამოყალიბება კონკურენტუნარიანი პროდუქციის შექმნის ძირითადი წინაპირობაა. სახელმწიფო, ბიზნესების ხელშეწყობის მიზნით, ხელს უწყობს სტანდარტიზაციის, აკრედიტაციის, გამოცდების და ხარისხის შეფასების ნებაყოფლობითი სისტემის ჩამოყალიბებას, რომელსაც ის იყენებს მისი ძირითადი ფუნქციის განსახორციელებლად, რაც გულისხმობს ტექნიკური რეგულაციების საფუძველზე, უზრუნველყოს ჯანმრთელობის, სიცოცხლის, გარემოს და საკუთრების დაცვა.

2. ძირითადი ნაწილი

ევროკავშირისკენ სვლამ დღის წესრიგში დააყენა მარეგულირებელი სისტემის ჰარმონიზაციის საკითხი, რაც გულისხმობს ევროპული და საერთაშორისო სტანდარტების გამოყენების და შესაბამისი წესებით მოქმედი ხარისხის ინფრასტრუქტურის შექმნას, რომლის ურთიერთაღიარება იქნება ტექნიკური ბარიერების გარეშე თავისუფალი ვაჭრობის საფუძველი.

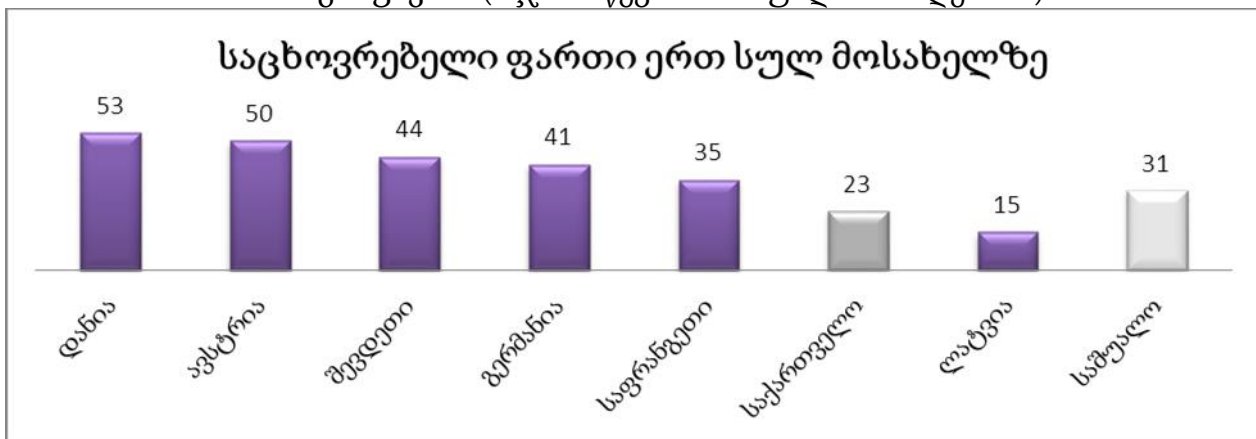
საქართველოში სამშენებლო ბიზნესი 2008 წლის კრიზისის შემდეგ აქტიურად იწყებს განვითარებას. ეს არის სფერო, რომელიც მნიშვნელოვანია როგორც კერძო სექტორისთვის (ბანკები-იპოთეკური სესხები, რომელიც ბანკის გრძელვადიან პერსპექტივებს განსაზღვრავს), ასევე სახელმწიფოსთვის (საქართველოში მომუშავე დიდი დეველოპერული კომპანიები, ხელს უწყობენ ქვეყანაში FDI-ს (Foreign Direct Investment) შემოდინებას, რაც დღევანდელი რეალობიდან გამომდინარე ქვეყნისთვის საკმაოდ მნიშვნელოვანია.

ქვეყნისთვის უძრავი ქონების ბაზარი მიმზიდველი საინვესტიციო ინსტრუმენტია. როგორც ევროპის ქალაქების უძრავი ქონების ბაზრის ანალიზისას გაირკვა, თბილისი გამოირჩევა საცხოვრებელ ფართებზე ერთ-ერთი ყველაზე დაბალი ფასით და მაღალი შემოსავლიანობით, ეს ქმნის საკმაოდ მიმზიდველ გარემოს უძრავ ქონებაში ინვესტირებისათვის. ამიტომ გრძელვადიან პერიოდში თბილისში საცხოვრებელი უძრავი ქონების ბაზარზე მოთხოვნა გაიზრდება.

უძრავ ქონებაზე მოთხოვნის ზრდას განაპირობებს ასევე ოჯახის წევრთა საშუალო რაოდენობის საკმაოდ მაღალი და ერთ სულ მოსახლეზე საცხოვრებელი ფართის დაბალი მაჩვენებელი (გრაფიკი 1,2).



გრაფიკი1. (ოჯახისწევრთა საშუალო რაოდენობა)



გრაფიკი2. (საცხოვრებელი ფართი ერთ სულ მოსახლეზე)

მოცემული თემის შერჩევა მოხდა, არსებული რეალობიდან გამომდინარე. მიუხედავად იმისა, რომ მშენებლობა საქართველოში ვითარდება, მომხმარებელს მაინც უჩნდება კითხვა, იყიდოს თუ არა მშენებარე ბინა, დასრულდება თუ არა მშენებლობა დეველოპერის მიერ დადგენილ ვადებში, რამდენად მდგრადი და მტკიცეა ნაგებობა, რამდენად სწორად არის შესრულებული დაგეგმარება, არის თუ არა გათვალისწინებული სეისმურად აქტიური ზონები (საქართველო, კერძოდ თბილისი 8-ბაღიან სეისმურად აქტიურ ზონაში მდებარეობს) და ა.შ.

დეველოპერული კომპანია ამოწმების, დეკლარირებული და შესრულებული სამუშაოს ადეკვატურობას, ამოწმებს შესრულებული სამუშაოს და გამოყენებული მასალის ხარისხს, ასევე უსაფრთხოების პირობებს და გარემოზე ზემოქმედების

-

«

»

მასხასიათებლებს. რამდენად სანდოა შემოწმების ხარისხი, მაშინ როდესაც მშენებლის სულ მცირე უზუსტობას შეიძლება ათასობით ადამიანის სიცოცხლე ემსხვერპლოს.

შენობა-ნაგებობების საერთაშორისო სტანდარტების მიხედვით დაგეგმვა და მშენებლობა, პირველ რიგში ნიშნავს ადამიანთა უსაფრთხოებას, ასევე ის იძლევა კონკურენტულ უპირატესობას, რომელიც უნდა გახდეს დღეს ბაზარზე არსებული დეველოპერებისთვის მნიშვნელოვანი - მოგების ზრდა ხარისხის ზრდასთან ერთად:

W. Edwards Deming - "ხარჯები მცირდება და პროდუქტიულობა მატულობს, თუ ხარისხი უმჯობესდება დიზაინისა და წარმოების უკეთესი მართვის შედეგად. უკეთესი ხარისხი უფრო დაბალ ფასად მოიპოვებს ბაზარს. ხარჯების შემცირება ხარისხის გაუმჯობესების გარეშე შეცდომაა."

ხარისხს თავისთავად აქვს ორი განზომილება - "ხარისხი, რომელიც უნდა არსებობდეს" და "ხარისხი, რომელიც მიმზიდველია". პირველ შემთხვევაში მნიშვნელოვანია საერთაშორისო სტანდარტების დაკმაყოფილება, ხოლო მეორე შემთხვევაში - მომხმარებელთა სავარაუდო, ჯერ კიდევ მათ მიერ გაუცნობიერებელი სურვილებისა და საჭიროებების გათვალისწინება. ამ შემთხვევაში ასეთი განმარტებაც შეიძლება გამოვიყენოთ: პროდუქტი და/ან სერვისი, რომელიც შეესაბამება და აჭარბებს მომხმარებლის მოლოდინს.

### 3. დასკვნა

ნაშრომის მიზანია, მშენებლობის ბიზნესში მოქმედი კომპანიებისთვის მოძიებულ იქნას ინფორმაცია, ხარისხის ინფრასტრუქტურის ელემენტების მათი საქმიანობისთვის გამოყენებასთან დაკავშირებით, რომელიც უზრუნველყოფს მათ კონკურენტუნარიანობას და მოთხოვნილი ნორმების მიხედვით მუშაობის შესაძლებლობას: კომპანიები მიიღებენ ინფორმაციას, რა ტიპის და დონის მომსახურება შეუძლიათ შესთავაზონ საქართველოში ხარისხის ინფრასტრუქტურის ორგანოებმა.

ხარისხის ინფრასტრუქტურის ორგანოები მიიღებენ, რეკონდაციის სახით, თუ რა ტიპის მომსახურება სჭირდება მოცემულ ბიზნესში მოქმედ კომპანიებს და ხარისხის ინფრასტრუქტურის რომელი ელემენტების განვითარებაა საჭირო.

სამშენებლო კომპანიების მომხმარებელი მიიღებს ინფორმაციას, როგორ უნდა აშენდეს საცხოვრებელი სახლი, და დასვამს კითხვას: „როგორ შენდება?“ და არა „აშენდება თუ არა?“. ნაშრომის მიზანია მომხმარებელში გაცნობიერების დონის ამაღლება, რაც გაამარტივებს პროდუქციის შერჩევის პროცესს და ასევე შექმნის წარმოდგენას შემოწმებული ხარისხის სანდოობზე.

### ლიტერატურა

1. საცხოვრებელი უძრავი ქონების ბაზრის კვლევა, თბილისი, 2014წ. გვ. 70
2. ხარისხის უზრუნველყოფის შიდა ინსტიტუციური მექანიზმები გზამკვლევი თბილისი, 2009წ. გვ. 60
3. გ. თოფაძე, ჯ. ბიჭიაშვილი, დ. დანელია., საბაზრო სისტემის საფუძვლები., თბილისი 2001 წ. გვ. 70
4. Building Regulations, Explanatory Booklet. Office of the Deputy Prime Minister (ODPM) Publications PO Box 236.Wetherby, West Yorkshire 2005.

წყალმომარაგების მოქმედი სისტემის ელემენტ-ნაგებობების  
საექსპლუატაციო მდგომარეობის ექსპერტული შეფასების შესახებ

**ზ. ცინელაშვილი, დ. ბურბენიძე, ხ. სოსელია, ს. ბურბენიძე**  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი,  
კოსტავას 77)

**რეზიუმე:** შემოთავაზებულია ხანგრძლივი ექსპლუატაციის პროცესში მყოფი წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ელემენტ-ნაგებობების (წყალმიმღებები, რეზერვუარები და სხვ.) საექსპლუატაციო მდგომარეობის მდგრადობა-ვარგისიანობის მახასიათებელი პარამეტრების ექსპერტული შეფასების შესაძლო მიდგომა როდელიც სტოქასტიკური განუსაზღვრელობის პირობებში „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ პრინციპის გამოყენებით, საანალიზო სუბიექტურ-ექსპერიმენტულ განაზომთა „არამკაფიო“ სახის მონაცემთა მათემატიკური დამუშავებისა და ეფექტური გადაწყვეტილებების მიღების საშუალებას იძლევა.

**საკვანძო სიტყვები:** წყალმომარაგების მოქმედი სისტემის ელემენტ-ნაგებობები, საექსპლუატაციო მდგომარეობა, ექსპერტული შეფასების მიდგომა, „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორი“, დესკრიფციული მოდელირება, გურვიცის კრიტერიუმი, სტოქასტიკური განუსაზღვრელობა, ეფექტური გადაწყვეტილების მიღება.

## 1. შესავალი

ხანგრძლივ ექსპლუატაციაში მყოფი წყალმომარაგების სისტემები და მათი შემდგენი ელემენტ-ნაგებობები განიცდიან სხვადასხვა სახის ბუნებრივი და კატასტროფული მოვლენების (მიწისძვრები, მეწყერი და სხვა) არასასურველ ზემოქმედებას, რაც შედეგად, მათ მდგრადობა-ვარგისიანობის დაგეგმილი ნორმატიული მახასიათებელი პარამეტრების იძულებით ცვლილებას იწვევს და ავარიული მდგომარეობის გამომწვევ მიზეზებად გვევლინება.

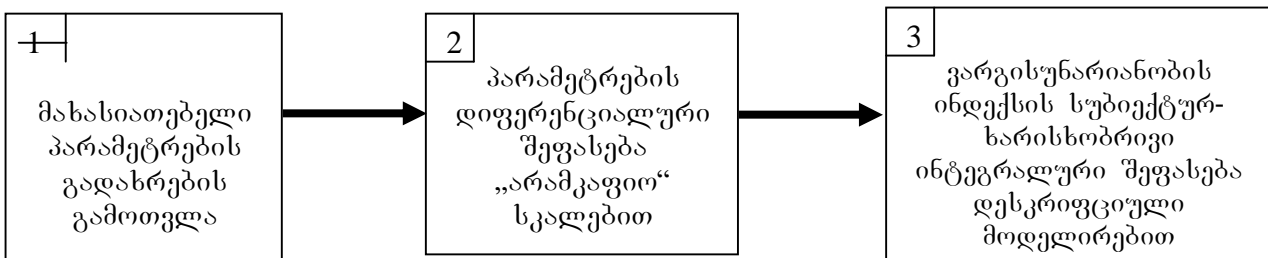
მოცემულ კონტექსტში აქტუალური და პრაქტიკული თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია ხანგრძლივ ექსპლუატაციაში მყოფი წყალმომარაგების სისტემების და მათი ცალკეული შემდგენი ელემენტების მდგრადობა-ვარგისუნარიანობის მახასიათებელი პარამეტრების შეფასების მიდგომის შემუშავება. საკვლევი პრობლემა მათემატიკური გადაწყვეტის თვალსაზრისით რთულ საინჟინრო ამოცანათა რიგს მიეკუთვნება და მის გადასაწყვეტად ქვემოთ შემოთავაზებულია სტოქასტიკური განუსაზღვრელობის პირობებში „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ პრინციპის გამოყენება.

## 2. ძირითადი ნაწილი

როგორც ცნობილია წყალმომარაგების სისტემების და მათი შემდგენი ელემენტ-ნაგებობების (წყალმიმღებები, რეზერვუარები და სხვა) დაპროექტებისას ითვალისწინებენ მათი მდგრადობა-ვარგისუნარიანობის მახასიათებელ მაჩვენებლებს, რომლებსაც გეგმავენ და ძირითადად იღებენ სამშენებლო წესებისა

და ნორმების შესაბამისად. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ხანგრძლივი ექსპლუატაციის პროცესში შესაძლებელია ამ ფაქტორებიდან, რომელიმე მახასიათებელი პარამეტრის ექსტრემალური მნიშვნელობა არ დაკმაყოფილდეს, ან კიდევ დაერთოს კატასტროფული მოვლენის (მიწისძვრა, მეწყერი და სხვა) ზემოქმედება-განვითარების ისეთი მდგომარეობა, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ავარიული შემთხვევები. აქედან გამომდინარე ხანგრძლივ ექსპლუატაციაში მყოფი წყალმომარაგების სისტემების და მათი შემდგენი ელემენტ-ნაგებობების მდგრადობა-ვარგისუნარიანობის მახასიათებელი პარამეტრების შეფასება, როგორც აღვნიშნეთ, რთული საინჟინრო და მათემატიკური თვალსაზრისით ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანაა.

ამოცანის გადასაწყვეტად, ზოგადად, შემოთავაზებულია ე.წ. „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ პრინციპის გამოყენება, რომელიც შესაძლებლობას იძლევა სტოქასტიკური განუსაზღვრელობის პირობებში გადაწყვეტილ იქნას რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებადი საკვლევი ამოცანა, რაც, რიგ შემთხვევებში, ცნობილი ანალიტიკური სახის მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით ვერ ხერხდება [1]. ამ შემთხვევაში, სტოქასტიკური განუსაზღვრელობის პირობებში [2], გარდა „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ პრინციპის გამოყენებისა, ფორმალური მათემატიკური აღწერის მისაღწევად, კომპლექსურად, აგრეთვე შეიძლება გამოყენებულ იქნას დესკრიფციული მოდელირების მეთოდის გამოყენებაც [1]. შედეგად, სრულდება სუბიექტური და ექსპერიმენტული სახის განაზომთა “არამკაფიო” (არამკვეთრი) სახის მონაცემების დამუშავება, რაც ექსპერტის (ან ექსპერტთა ჯგუფის) მიერ გენერირებული სუბიექტურ-ხარისხობრივი შეფასებების მიხედვით ეფექტური გადაწყვეტილების მიღების საფუძველს იძლევა. ამ ამოცანის გადასაწყვეტად ჩვენს მიერ განაზომთა მონაცემების დასამუშავებლად, და შესაბამისად, გადაწყვეტილებების მისაღებად შემოთავაზებულია ე.წ. „არამკაფიო ლოგიკური რეგულირების“ პრინციპის გამოყენება (როგორც მრავალკრიტერიული ამოცანის), რომელიც სტრუქტურულად წარმოდგენილია ნახაზზე:



„არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ თანახმად 1-ლი ბლოკი მოიცავს საკვლევი ობიექტის შესახებ მახასიათებელი პარამეტრების გადახრების შესახებ შესახებ ინფორმაციას; მე-2 ბლოკით სუბიექტურ-ხარისხობრივი სკალების შესაბამისად განისაზღვრება საანალიზო „არამკაფიო“ ხასიათის პარამეტრების დიფერენციალური შეფასებები: „ცუდი მდგომარეობა“ - 0.00 - 0.37; „დამაკმაყოფილებელი ამუ შუალედური მდგომარეობა“ - 0.37-0.67; „კარგი მდგომარეობა“ - 0.67-1.00. აქ: 0 – შესაბამება აბსოლუტურად ცუდ მდგომარეობას,

ხოლო 1 – აბსოლიტურად კარგ მდგომარეობას. მე-3 ბლოკით განისაზღვრება საკვლევი ელემენტ-ნაგებობების მდგრადობა-ვარგისუნარიანობის ინდექსის (ინტეგრალური მაჩვენებლის) მახასიათებელი პარამეტრების სუბიექტურ-ხარისხობრივი ინტეგრალური შეფასება იგივე ხარისხობრივ-კრიტერიულური სკალების მოყვანილი გრადაციების შესაბამისად: „ცუდი“, „დამაკმაყოფილებელი“, „კარგი“.

გარდა ამისა სტოქასტიკური განუსაზღვრელობის პირობებში ექსპერტული გადაწყვეტილებების სიმრავლის ფორმირებაში, კომპლექსურად შეიძლება გამოყენებულ იქნას გურვიცის პესიმიზმ-ოპტიმიზმის კრიტერიუმი. ამ შემთხვევაში ექსპერტები ეფექტური გადაწყვეტილების მისაღებად ხელმძღვანელობენ, არც უკიდურესი პესიმიზმის (ყოველთვის გაითვალისწინე უარესი!) და არც უკიდურესი უაზრო ოპტიმიზმის პრინციპით (ყველაფერი მოხდება საუკეთესოდ!). გურვიცის კრიტერიუმი რეკომენდაციას იძლევა ექსპერტული შეფასების ვარაუდი დაემყაროს მათ შორის აღებულ რაიმე შუალედურ სიდიდეს 0-სა და 1-ს შორის. ამ კრიტერიუმს გააჩნია შემდეგი სახე [2]:

$$H = \max_{1 < i < m} [a \min_{1 < j < n} B_{ij} + (1-a) \max_{1 < i < m} B_{ij}],$$

სადაც, a-რაიმე კოეფიციენტია, რომელიც შეიძლება 0-და 1-ს შორის. როდესაც 0 < a < 1, გადაწყვეტილება იღებს რაიმე შუალედურ მნიშვნელობას - უკიდურეს პესიმიზმსა და კიდურეს ოპტიმიზმს შორის. ზოგადად, a კოეფიციენტის შერჩევა ატარებს სუბიექტურ ხასიათს და მისი აღება დამოკიდებულია ექსპერტ-სპეციალისტის მიერ განვითარებული შეფასების ხასიათზე. ამავე დროს, ექსპერტები, თავის დაზღვევის მიზნით, ცდილობენ გადაწყვეტილებათა მიღების პროცესში a - კოეფიციენტის მნიშვნელობა აიღონ 1-თან მიახლოებით.

### 3. დასკვნა

შემოთავაზებულია ხანგრძლივი ექსპლუატაციის პროცესში მყოფი წყალმომარაგების მოქმედი სისტემების ელემენტ-ნაგებობების (წყალმიმღებები, რეზერვუარები და სხვ.) საექსპლუატაციო მდგომარეობის მდგრადობა-ვარგისიანობის მახასიათებელი პარამეტრების ექსპერტული შეფასების შესაძლო მიდგომა, რომელიც სტოქასტიკური განუსაზღვრელობის პირობებში „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ პრინციპის გამოყენებით საანალიზო სუბიექტურ - ექსპერიმენტულ განაზომთა “არამკაფიო” სახის მონაცემთა მათემატიკური დამუშავებისა და ეფექტური გადაწყვეტილებების მიღების საშუალებას იძლევა.

### ლიტერატურა

1. . . . . e . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . . „, 1997, . 264
2. ზ.ციხელაშვილი, თ.გველესიანი, პ.გიორგაძე, ნ.მურდულია, ლ.ზამბახიძე. სტოქასტიკური განუსაზღვრელობის პირობებში წყალდიდობის საანგარიშო ხარჯის მოდელირების შესახებ. სტუ, ჟურნალი „მშენებლობა“, №3(10), 2008, გვ. 18-22

ახალი ტიპის ორ ღა სამ სამაბრიანი საყალიბე ფარის  
 კონსტრუქციული გაანგარიშება

შ. ბაქანიძე, დ. ტაბატაძე, კ. იაშვილი, ლ. ქრისტესიაშვილი  
 (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი,  
 კოსტავას 77)

**რეზიუმე:** ცნობილია, რომ შენობა-ნაგებობათა შემომფარგლავ კედლებს აგებენ მრავალშრიანს. მონოლითური მშენებლობის შემთხვევაში სასურველია კონსტრუქციული შრე შესრულდეს მძიმე ბეტონით (ან რკინაბეტონით), ხოლო თბოსაიზოლაციო შრე-მსუბუქი ბეტონით. შრეების ერთობლივი მუშაობისათვის სხვა ღონისძიებების გარდა, მიზანშეწონილია მათი ურთიერთშეხების ზედაპირის ფართობის გაზრდა, რასაც ახორციელებენ შრეების ურთიერთმიერთებით რთულპროფილური ზედაპირით. ნაშრომში მოცემულია შემომფარგლავი კედლების დასაბეტონებელი საყალიბე ფარების კონსტრუქციული გადაწყვეტის მაერთებელი 2 და 3 სამაგრიანი საყალიბე ფარები.

**საკვანძო სიტყვები:** მონოლითური მშენებლობა, მძიმე ბეტონი, მსუბუქი ბეტონი, საყალიბე ფარი, ტალღოვანი ზედაპირი, წინაღობის მომენტი, ბრტყელი ყალიბი.

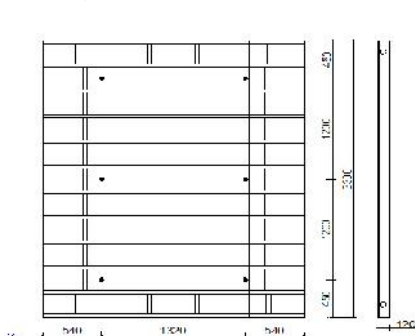
1. ძირითადი ნაწილი

1. საწყისი მონაცემები.

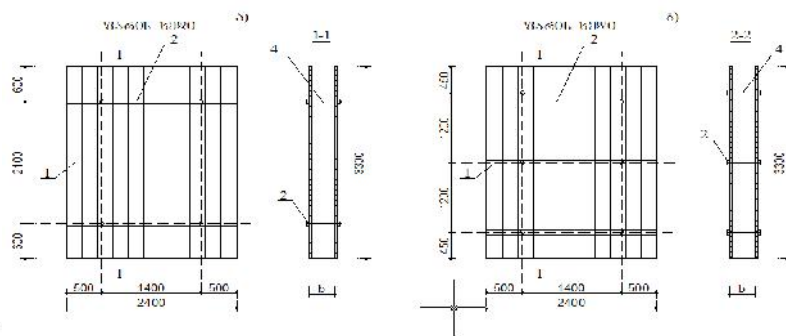
დღეს საქართველოში, მონოლითურ მშენებლობაში, ძირითადად იყენებენ უცხოური ფირმების ("პერი", "ოზლერი", "პასალი", "კრამოს" და სხვა) ბრტყელ ყალიბებს. რაც შეეხება რთულპროფილურ ზედაპირებიან ყალიბებს, მათი გამოყენება ჩვენს მშენებლობებზე ჯერ-ჯერობით არ ხდება.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის თანამშრომელთა ჯგუფის მიერ შემოთავაზებულია მრავალშრიანი შემომფარგლავი კედლების მოწყობის ხერხი ახალი ტიპის რთულ პროფილურ ზედაპირიანი საყალიბე ფარის გამოყენებით [1], რომელიც შედგება ერთმანეთთან მიერთებული ბრტყელი და რთულ პროფილური ელემენტებისაგან [2].

ნაშრომში განხილულია აღნიშნული საყალიბე ფარის კონსტრუქციული გაანგარიშება. მისი გეომეტრიული ზომები მიღებულია უცხოური ყალიბების ზომების მიხედვით. ნახ.1.



ნახ.1. ტიპური უცხოური საკედლე ყალიბი



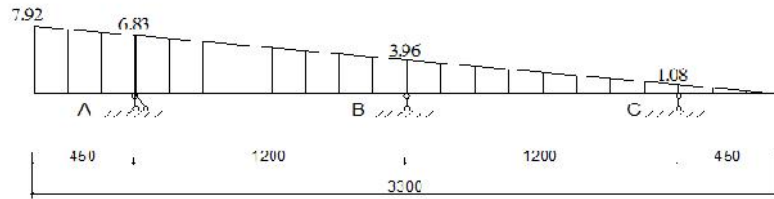
ნახ.2 საყალიბე ფარების განთავსების და ურთიერთმიმაგრების ვარიანტები:

- ა) განთავსება ვერტიკალური, ურთიერთმიმაგრება 2-იარუსიანი;
  - ბ) განთავსება ვერტიკალური, ურთიერთმიმაგრება 3-იარუსიანი;
- 1- საყალიბე ფარი; 2-ფარის სამაგრი რიგელი;

3. ფარების ურთიერთმისამაგრებელი ღერო

**2. სამ სამაგრიანი საყალიბე ფარის გაანგარიშება.**

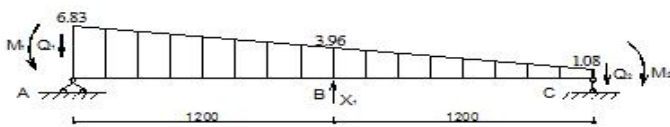
გაანგარიშებას ვაწარმოებთ ელემენტის 1 მ სიგანის ზოლისათვის. მისი საანგარიშო სქემა 2-მალიანი კონსოლებიანი უჭრი კოჭია, სამკუთხა დატვირთვით. მაქსიმალური წნევა საყალიბე ფარის ძირის დონეზე (ფარის სიმაღლეა 3.3 მეტრი) ტოლი იქნება  $q_{მაქს} = \sigma_{მაქს} = 7.92$  ტ (ნახ. 3).



ნახ. 3. კოჭის საანგარიშო სქემა

მოცემული უჭრი კოჭი სტატიკურად ერთხელ ურკვევი სისტემაა. მის გაანგარიშებას ვაწარმოებთ ძალთა მეთოდით [3]. კოჭზე კონსოლების ზემოქმედება შევცვალოთ მღუნავი მომენტებით და განვივი ძალებით (ნახ. 4).

კოჭის ძირითადი სისტემა მოცემულია ნახ-4-ზე.

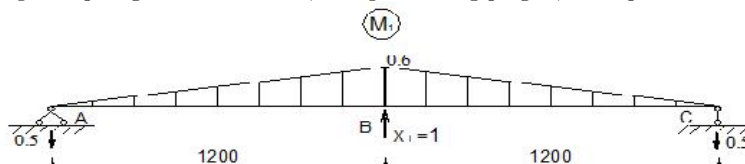


$$Q_1=3.32\text{ტ}; \quad Q_2=0.24\text{ტ};$$

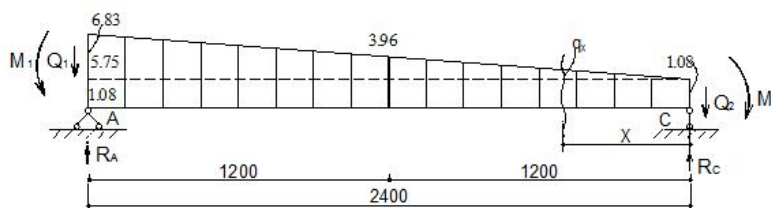
$$M_1=-0.76\text{ტ.მ}; \quad M_2=0.04\text{ტ.მ.}$$

ნახ. 4. კოჭის ძირითადი სისტემა

მღუნავი მომენტის ეპიურა  $X_1=1$  ძალისაგან მოცემულია მე-5 ნახაზზე.



ნახ.5. მღუნავი მომენტების ეპიურა  $X_1=1$  ძალისაგან ძირითად სისტემაზე ვამოქმედლოთ მხოლოდ გარე დატვირთვა (ნახ.6)



ნახ. 6.ძირითადი სისტემის დატვირთვები

საყრდენი რეაქციები

$$R_c=3.54\text{ტ}; \quad R_A=9.52\text{ტ.} \quad \text{შემოწმება: } \Sigma Y=3.54+9.52-3.32-0.24-3.96-2.4=13.06-13.06=0.$$

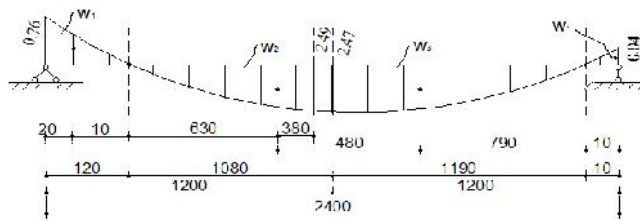
მოცემული დატვირთვებისაგან მღუნავი მომენტები გამოითვლება ფორმულით

$$M_x = -0.04 + 3.30x - 0.54x^2 - \frac{2.4 \cdot x \cdot x^2}{6} = -0.4x^3 - 0.54 \cdot x^2 + 3.30 \cdot x - 0.04. \quad (1)$$

$0 \leq x \leq 2.4$ ):

მიღებული მონაცემების საფუძველზე ვაგებთ ეპიურას  $M_p$  (ნახ.7)



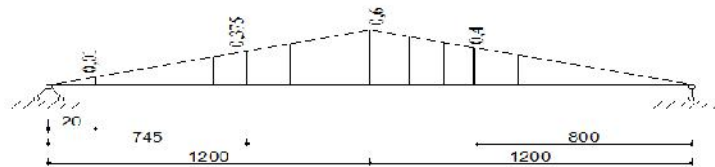


ნახ.7. ეპიურა  $M_p$

მოცემული უჭრი კოჭის შუა B წერტილში აღძრული საყრდენი რეაქციის გასაგებად ვადგენთ კანონიკურ განტოლებას:  $u_{11} X_1 + \Delta_{1p} = 0$ , საიდანაც

$$X_1 = -\frac{\Delta_{1p}}{u_{11}},$$

$$\text{სადაც } \delta_{11} = \frac{Z}{EJ} \left( 1.2 \cdot \frac{0.6}{2} \cdot 0.4 \right) = \frac{0.288}{EJ}.$$

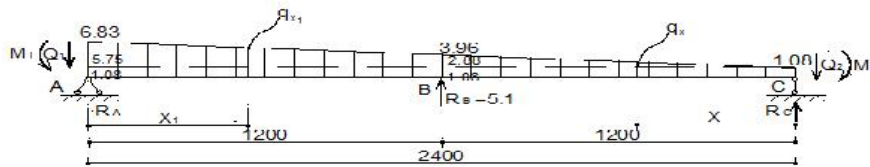


ნახ. 8.  $M_1$  ეპიურის შესაბამისი ორდინატები

$$\Delta_{1p} = \frac{1}{EJ} (0,023 \cdot 0,01 - 1,66 \cdot 0,375 - 2,11 \cdot 0,4 + 0) = -\frac{1,467}{EJ};$$

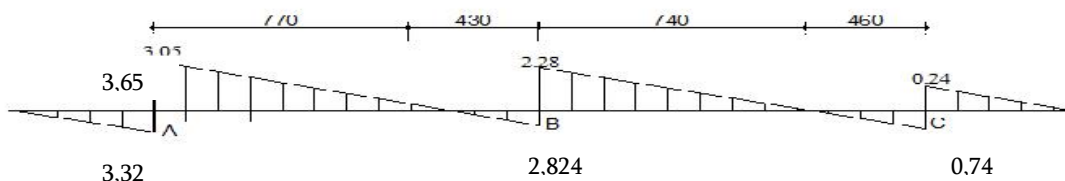
$x_1 = 5.1$  ტ, ანუ  $R_B = 5.1$  ტ.

ახლა ძირითად სისტემაში (ნახ. 4) ყველა დატვირთვა ცნობილია. (ნახ. 9)



ნახ. 9. კოჭის გაანგარიშებისათვის

საყრდენი რეაქციების გაანგარიშება:  $R_C = 0,99$  ტ,  $R_A = 6,97$  ტ.  
 განივი ძალების ეპიურა მოცემულია ნახაზზე 10.



ნახ. 10. ეპიურა Q

მდუნავი მომენტების სიდიდე კოჭის BC უბნის ნებისმიერ კვეთში:

$$\begin{aligned} M_x &= -M_2 - Q_2 \cdot x + R_C \cdot x - 1.08 \cdot x \cdot \frac{x}{2} - \frac{q_x \cdot x \cdot x}{2} \cdot \frac{x}{3} \\ &= -0,04 - 0,24 \cdot x + 0,99 \cdot x - 0,54 \cdot x^2 - \frac{2,4 \cdot x \cdot x^2}{6} \\ &= -0,4x^3 - 0,54 \cdot x^2 + 0,75 \cdot x - 0,04; \end{aligned}$$

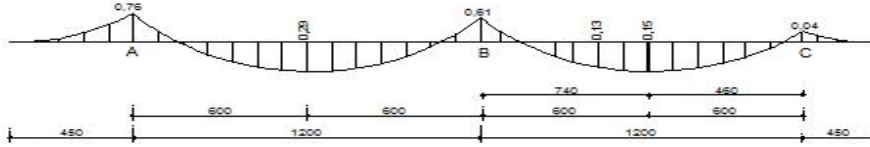
( $0 \leq x \leq 1,2$ ):

მდუნავი მომენტების სიდიდე კოჭის AC უბნის ნებისმიერ კვეთში:

$$M_{x_1} = -0,76 - 3,32 \cdot x_1 + 6,97 \cdot x_1 - [(5,75 - 2,7x_1) + 1,08] \frac{x_1^2}{2} - [5,75 - (5,75 - 2,4x_1)] \frac{x_1}{2}$$

$$\cdot \frac{2}{3} x_1 = -0,76 + 3,65 \frac{6,83 - 2,4x_1}{2} \cdot x_1^2 - 0,8x_1^3 = 0,4x_1^3 - 3,145x_1^2 + 3,65x_1 - 0,76. (0 \leq x_1 \leq 1,2):$$

მღუნავი მომენტების ეპიურა M მოცემულია ნახაზზე 11.



ნახ. 11. ეპიურა M

ყალბის რთულპროფილიანი ზედაპირის მქონე ელემენტის პროფილის შერჩევა.

ყალბში ახალჩალაგებული ბეტონის ნარევის დაწნევისაგან ფარის კვანძებში აღძრული მაქსიმალური მღუნავი მომენტი ტოლია  $M_{მაქს}=0,76$  ტ.მ.

ფარის სიგანის 1 მეტრზე განივკვეთის საჭირო წინაღობის მომენტი

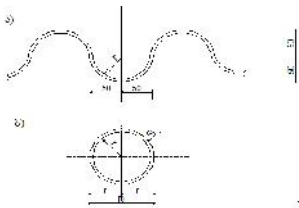
$$W_{საჭ} = \frac{76000}{2350} = 32,34 \approx 32,3 \text{ სმ}^3.$$

ფარისათვის ვირჩევთ ფოლადის პროფილის 2 ვარიანტს: ტალღოვანს და გოფირებულს.

ა) ტალღოვანი პროფილი (ნახ.12)

ტალღის სიმაღლე მივიღოთ  $r=5$  სმ და ფურცლის სისქე - 1 მმ. როგორც ცნობილია, თხელკედლიანი რგოლის წინაღობის მომენტი

$$W_x = W_y = \pi r^2 S = 3,14 \cdot 5^2 \cdot 0,1 = 7,85 \text{ სმ}^3;$$



რგოლის ნახევრისათვის  $W = \frac{7,85}{2} = 3,93 \text{ სმ}^3.$

ფარის სიგანის 1 მეტრზე განთავსდება  $100:10=10$  ნახევარტალღა, რომელთა ჯამური  $W = 3,93 \cdot 10 = 39,3 \text{ სმ}^3 > W_{საჭ} = 32,3 \text{ სმ}^3.$

ნახ. 12. ფარის პროფილი: ა) პროფილის ქემა;

ბ) თხელკედლიანი რგოლი  $S \leq D/10$

ბ) გოფირებული პროფილი  $W_{საჭ} = 32,3 \text{ სმ}^3$  - 1 გრძივმეტრზე მე-13 ნახაზზე მოცემულია გოფირებული პროფილის მოხაზულობა.



ნახ.13. გოფირებული პროფილი: ა) პროფილის სქემა; ბ) მართკუთხა მილი

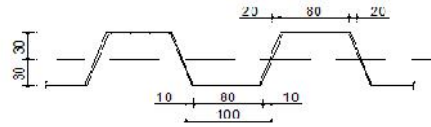
კედლის სისქე მივიღოთ 1,0 მმ, გაანგარიშებისათვის მივიღოთ თხელკედლიანი მართკუთხა მილი ( $S < \frac{H}{15} = \frac{10}{15} = 0,67 \text{ სმ}$ )

ცნობილია, რომ  $W_x = \frac{SH^2}{3} (3 \cdot \frac{B}{H} + 1) = \frac{0,10 \cdot 6^2}{3} (3 \cdot \frac{10}{6} + 1) = 7,2 \text{ სმ}^3.$

მართკუთხედის ნახევრისათვის:  $W = 7,2 : 2 = 3,6 \text{ სმ}^3.$  1 გრძივ მეტრზე განთავსდება  $100:10=10$  გოფირი და მათი ჯამური  $W = 3,6 \cdot 10 = 36,0 \text{ სმ}^3 > W_{საჭ} = 32,3 \text{ სმ}^3.$  ნახაზზე 13 მოცემულია

გოფირებული პროფილის მოსაზულობა.

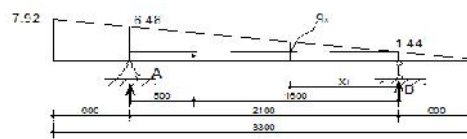
განყალიბების გაადვილების მიზნით შესაძლებელია მე-13 ნახაზზე მოცემული გოფირებული პროფილის ნაცვლად მე-14 ნახაზზე გამოსახული პროფილის გამოყენება.



ნახ. 14. გოფირებული პროფილის ვარიანტი

**3. ორ სამაგრიანი საყალიბე ფარის გაანგარიშება.**

მისი საანგარიშო სქემა წარმოადგენს ერთმანიან 2-კონსოლიან კოჭს, სამკუთხა დატვირთვით.  $q_{მაქს} = q_{მინუს} = 7.92 \text{ ტ/მ}$

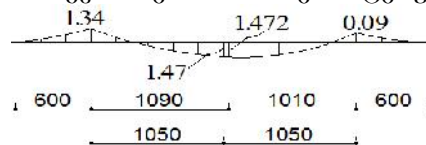


ნახ. 15

$R_B=3.11\text{ტ}$ ;  $R_A=9.96\text{ტ}$ . მღუნავი მომენტი:

$$M_{x_1} = -\frac{2.4(0.6 + x_1)(0.6 + x_1)^2}{6} + R_B \cdot x_1 = -0.4(0.6 + x_1)^3 + 3.11 \cdot x_1; \quad (0 \leq x_1 \leq 2.1)$$

მღუნავი მომენტების ეპიურას აქვს მე-16 ნახ-ზე მოცემული სახე.



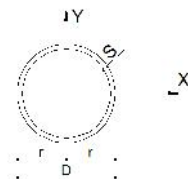
ნახ. 16

რადგან მაქსიმალური საყრდენი მომენტი და მაქსიმალური მალის მომენტის მნიშვნელობები ახლოსაა ერთმანეთთან, ვტოვებთ კონსოლების მიღებულ ზომებს.

$$W_{საჭ} = \frac{147200}{2350} = 62.6 \text{ სმ}^3.$$

შევარჩიოთ რთულპროფილიანი ელემენტის პროფილი: ა) ტალღოვანი პროფილი

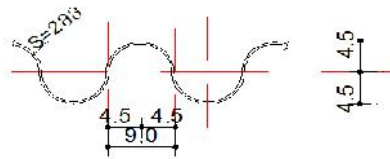
ტალღის სიმაღლე მივიღოთ 4.5 სმ და ფურცლის სისქე 2 მმ; გაანგარიშება შევასრულოთ თხელკედლიანი რგოლისათვის (ნახ. 17):



ნახ. 17

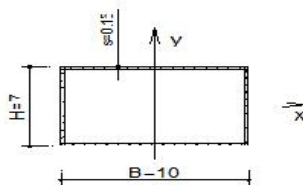
$$W_x=W_y=\Pi r^2 S=3.14 \cdot 4.5^2 \cdot 0.2=15.7 \text{ სმ}^3; \text{ რგოლის ნახევრისათვის: } W = \frac{15.7}{2} = 7.85 \text{ სმ}^2.$$

საყალიბე ფარის სიგანის 1 მეტრზე განთავსდება  $100:10=10$  ნახევარტალღა, რომელთა ჯამური  $W=10 \cdot 7.85=78.5 \text{ სმ}^3 > W_{საჭ}=62.6 \text{ სმ}^3$ . რთულპროფილიან ელემენტს ექნება 18 ნახაზზე მოცემული სახე.



ნახ. 18. ელემენტის მიღებული პროფილი

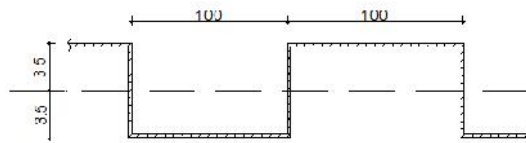
ბ) გოფირებული პროფილი. გოფირის სიგანე მივიღოთ 10სმ, სიმაღლე – 3.5სმ და კედლის სისქე - 1.5მმ. გაანგარიშება შევასრულოთ თხელკედლიანი მართკუთხა მილისათვის (ნახ. 19). ცნობილია, რომ  $W_x = \frac{SH^2}{3} (3 \cdot \frac{B}{H} + 1) = \frac{0.15 \cdot 7^2}{3} (3 \cdot \frac{10}{7} + 1) \approx 12.96 \text{ სმ}^3$ , ხოლო 1 გოფრისათვის (მილის ნახევარი)  $W = \frac{12.96}{2} = 6.48 \text{ სმ}^3$ .



ნახ. 19. თხელკედლიანი მართკუთხა მილი

ფარის სიგანის 1მ-ზე განთავსდება 100:10=10 გოფრი, რომელთა ჯამური  $W=6.48 \cdot 10=64.8 \text{ სმ}^3 > W_{საჭ} = 62.6 \text{ სმ}^3$ .

რთულპროფილიან ელემენტს ექნება მე-20 ნახაზზე მოცემული სახე.



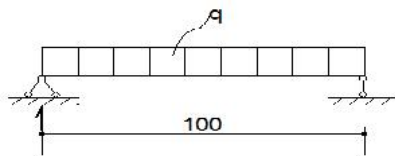
ნახ. 20. ელემენტის მიღებული პროფილი

#### 4. საყალიბე ფარების ბრტყელი ელემენტის სისქის გაანგარიშება.

საყალიბე ფარების ბრტყელი ელემენტი, რომელიც მიმაგრებულია გოფირებული ან ტალღოვანი (მზიდი) ელემენტის ტალღების ქიმებზე და მანძილი მიმაგრებებს შორის, გავიანგარიშოთ, როგორც ორ საყრდენზე მდებარე კოჭი (ნახ. 21).

გაანგარიშება შევასრულოთ ახალჩალაგებული ბეტონის ნარევის მაქსიმალური დაწნევისათვის (ყალიბის ფსკერის დონეზე):  $\sigma_{ბეტ} = 7,92 \text{ ტ/მ}^2$

საანგარიშოდ ავიღოთ ბრტყელი ელემენტი სიმაღლით 1 მ;  $q = 79,2 \text{ კგ/სმ}$ .



ნახ.21. ყალიბის ბრტყელი ელემენტის საანგარიშო სქემა

$$M = \frac{ql^2}{11} = \frac{79.2 \cdot 10^2}{11} = 720 \text{ კგსმ}; \quad W_{საჭ} = \frac{720}{2350} = 0,306 \approx 0,31 \text{ სმ}^3.$$

20%-იანი მარაგით:  $W_{საჭ} = 0.31 \cdot 1.2 = 0.37 \text{ სმ}^3$ ;

მართკუთხედისათვის:  $W = \frac{bh^2}{6}$ ;  $b=100 \text{ სმ}$ ;  $h = \sqrt{\frac{6W}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 0.37}{100}} = 0.149 \text{ სმ}$ ;  $S=1.5 \text{ მმ}$ .

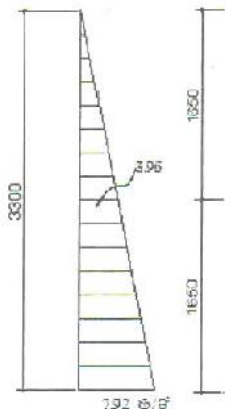
4. საყალიბე ფარების სამაგრი რიგელების განგარიშება.

რიგელების ორ იარუსად განთავსებისას:

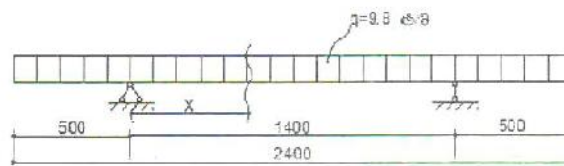
ახალჩალაგებული ბეტონის ნარევისაგან საყალიბე ფარებზე აღძრული წნევების ეპიურას აქვს 22-ე ნახაზზე მოცემული სახე. განგარიშობთ ქვედა იარუსის რიგელს, როგორც უფრო მეტად დატვირთულს.

$$\dagger_{\text{საშ.}} = \frac{7.92 + 3.96}{2} = 5.94 \text{ ტ/მ}^2$$

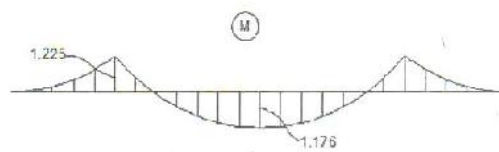
სამაგრ რიგელს განვიხილავთ, როგორც ერთმალიან 2-კონსოლიან კოჭს. მისი საანგარიშო სქემა მოცემულია ნახ. 23-ზე.



ნახ.22 წნევების ეპიურა



ნახ. 23 იგელის საანგარიშო სქემა



ნახ. 24 ეპიურა M

$$R_A = R_B = \frac{9,8 \cdot 2,4}{2} = 11,76 \text{ ტ}$$

კონსოლური მომენტები:

$$M_{\text{კ}} = -\frac{9,8 \cdot 0,5^2}{2} = -1,225 \text{ ტ.მ.} \quad M_x = -\frac{9,8}{2}(0,5 + x)^2 + 11,76 \cdot x \quad 0 \leq x \leq 1,3$$

$$x_1 = 0; M_{\text{კ}} = -2,225$$

$$x = 0,7; M_x = -\frac{9,8}{2}(0,5 + 0,7)^2 + 11,76 \cdot 0,7 = -7,056 + 8,232 = 1,176 \text{ ტ.მ.}$$

მღუნავი მომენტის ეპიურა იახილე 24-ე ნახაზზე.

განვსაზღვროთ კვეთის საჭირო წინაღობის მომენტი:

$$W_{\text{საჭ.}} = \frac{122500}{2350} = 52 \text{ სმ}^3$$

20%-იანი მარაგის გათვალისწინებით:  $W_{\text{საჭ.}} = 52 \cdot 1,2 = 62,4 \text{ სმ}^3$

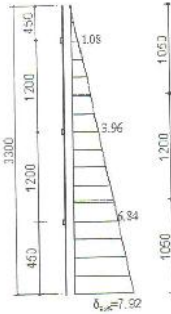
შეგვიძლია მივიღოთ: 1. კვადრტული მილი 110X5 ( $W=64,5$ ;  $g=15,6$  კგ/მ);

2. მართკუთხა მილი 140X70X5 ( $W=64,3$ ;  $g=14,9$  კგ/მ);

**რიგელების 3 იარუსად განთავსებისას.**

3-იარუსად განთავსებულ ჰორიზონტალურ სამაგრ რიგელებს შორის ყველაზე მეტად დატვირთულის გამოსავლენად მოგვაქვს ახლადჩალაგებული ბეტონის

ნარევისაგან საყალიბე ფარებზე აღძრული წნევის ეპიურა, რომელიც შეთავსებულია რიგელების სიმაღლეში განთავსების სქემასთან (ნახ. 25).

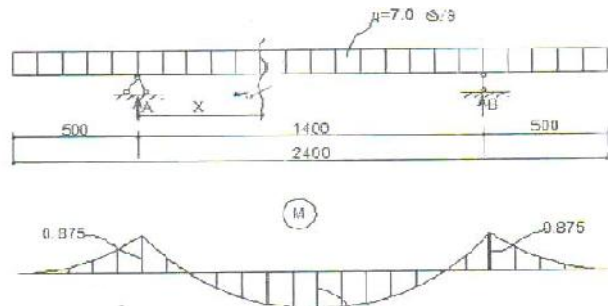


ნახ. 25 წნევის ეპიურა

შუა რიგელისათვის დატვირთვა მის 1 გრძ. მეტრზე  $q=3,96 \cdot 1,2=4,75$  ტ/მ. ქვედა რიგელისათვის:  $\dagger_{საშ.} = \frac{7,92 + 5,4}{2} = 6,66$  ტ/მ;

$$q=6,66 \cdot 1,05=6,99 \approx 7,0 \text{ ტ/მ.}$$

რიგელის საანგარიშო სქემა იხილე 26-ე ნახაზზე.



ნახ.26 რიგელის საანგარიშო სქემა და ეპიურა M

საყრდენი რეაქციები:  $R_A = R_B = \frac{7 \cdot 2,4}{2} = 8,4$  ტ.

კონსოლური მომენტები:  $M^k_A = M^k_B = \frac{q l^2}{2} = \frac{7 \cdot 0,5^2}{2} = 0,875$  ტ.მ.

მღუნავი მომენტები:

$$M_{x_1} = -\frac{7(0,5 + x_1)^2}{2} + 8,4x_1 = -3,5(0,5 + x_1)^2 + 8,4x_1 \quad 0 \leq x \leq 1,4$$

$$x_1 = 0; M_{x_1} = -0,875 \text{ ტ.მ}$$

$$x_1 = 0,7; M_{x_1} = -5,04 + 5,88 = 0,84 \text{ ტ.მ.}$$

$$W_{საჭ.} = \frac{87500}{2350} = 37,2 \text{ სმ}^3$$

20%-იანი მარაგის გათვალისწინებით:  $W_{საჭ.} = 37,2 \cdot 1,2 = 44,6 \text{ სმ}^3$

შეგვიძლია მივიღოთ: 1. კვადრატული მილი 110X100X4 ( $W=43,9$ ;  $g=11,5$  კგ/მ);  
 2. მართკუთხა მილი 125X90X4 ( $W_y=64,2$ ;  $g=12,5$  კგ/მ);

**ფოლადის სპეციფიკაცია ერთ კონსტრუქციულ ელემენტზე**

კონსტრუქციული ელემენტის დასახელება	პოზიციის	პროფილი	პოზიციის სიგრძე მმ	პოზიციის რაოდენობა	მასა,კგ		შენიშვნა
					ერთი პოზიცია	სულ	
ორსამაგრიანი საყალიბე ფარი	1	ტალღოვანი პროფილი: $r=4.5$ მმ $t=2$ მმ	3300	1	195.22	195.22	გაიზურღოს 4 ხვრელი ფარების ურთიერთ მისამაგრებელი ღეროების გასატარებლად
	2	ბრტყელი ელემენტი:ფურცელი $t=1.5$ მმ	3300	1	93.26	93.26	
	3	სამაგრი რიგელი: 110X 5	2400	2	37.44	74.88	
	4	ჭანჭიკი M16	180	6	0.32	1.92	
	ჯამი ფოლადის ხარჯი 1 მეტრკვადრატზე					<b>365.28</b>	
სამსამაგრიანი საყალიბე ფარი	1	ტალღოვანი პროფილი: $r=5.0$ მმ $t=1$ მმ	3300	1	97.61	97.61	გაიზურღოს 6 ხვრელი ფარების ურთიერთ მისამაგრებელი ღეროების გასატარებლად
	2	ბრტყელი ელემენტი:ფურცელი $t=1.5$ მმ	3300	1	93.26	93.26	
	3	სამაგრი რიგელი:100X 4	2400	3	27.6	82.8	
	4	ჭანჭიკი M16	180	9	0.32	2.88	
	ჯამი ფოლადის ხარჯი 1 მეტრკვადრატზე					<b>276.55</b>	

**3. დასკვნა.**

შემოთავაზებული საყალიბე ფარის ელემენტებში შინაგანი ძალოვანი ფაქტორების მნიშვნელობები დამოკიდებულია კედლის სივრცით კარკასში მათი ურთიერთმიმაგრების რაოდენობაზე (2 ან 3 იარუსიანი, ე.ი. 2 ან 3 სამაგრიანი საყალიბე ფარები). როგორც გაანგარიშებამ გვიჩვენა, 3-სამაგრიანი საყალიბე ფარის ელემენტებში აღიძვრება ნაკლები შინაგანი ძალოვანი ფაქტორები და შესაბამისად, ფოლადის ხარჯიც არის ნაკლები (ფოლადის ხარჯის სხვაობამ შეადგინა 24.3 პროცენტი).

**ლიტერატურა**

1. შ. ბაქანიძე, ვ. ლოლაძე, ლ. სამხარაძე, ვ. პირმისაშვილი. მრავალშრიანი კედლების დაბეტონების ხერხი. პატენტი პ 6074. გამოგონება. 28.05.2014.
2. შ. ბაქანიძე, ვ. ლოლაძე, ლ. სამხარაძე, ვ. პირმისაშვილი. საყალიბე ფარი მრავალშრიანი შემომფარგლავი კედლების დასაბეტონებლად. თბილისი: სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №2(25), 2012.
3. რ. ცხვედაძე, დ. ტაბატაძე, ი. კაკუტაშვილი. სამშენებლო მექანიკა, თბილისი, 2005. 280გვ.

.B, . .

( , . . 77, 0175, , )

: , ( . 1). ( ) [1].

( . 2).

[2;6].

[3].

[4;5].

1.

2.

AO, BO

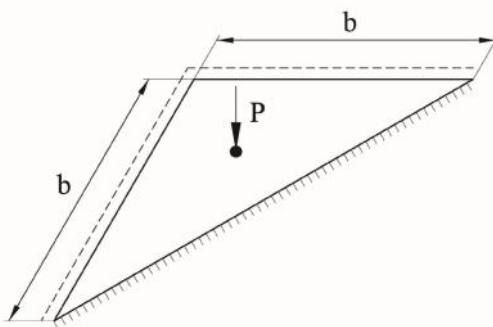
AOB ( AB ( . 1). ),

( ) [1].

ბ.

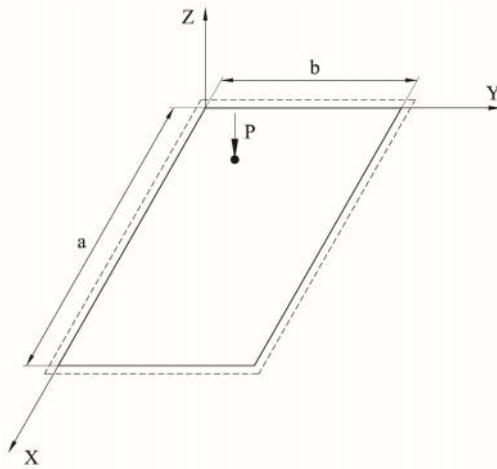
( . 2).

( . 3).



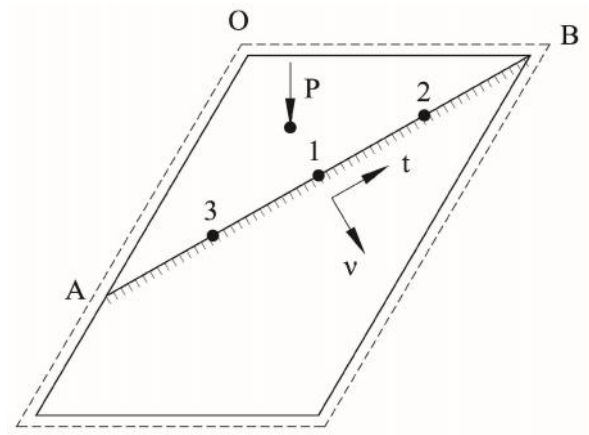
. 1





.2  
 AO, BO

AB,



.3

3

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N (P_i W_{ki} + M_{vi} W_{vki} + M_{ti} W_{tki} + W_{qk} + W_{pk} + W_{mk}) = 0; \\ \sum_{i=1}^N (P_i \varphi_{ki} + M_{vi} \varphi_{vki} + M_{ti} \varphi_{tki} + \varphi_{qk} + \varphi_{pk} + \varphi_{mk}) = 0; \\ \sum_{i=1}^N (P_i \psi_{ki} + M_{vi} \psi_{vki} + M_{ti} \psi_{tki} + \psi_{qk} + \psi_{pk} + \psi_{mk}) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} P_i - i(\xi, \eta); \\ M_{ti} - t_i; \\ W_{ki}, W_{vki}, W_{tki} - k, P_i = 1, M_{vi} = 1, M_{ti} = 1; \\ N - ; \\ \varphi_{ki}, \varphi_{vki}, \varphi_{tki} - i, v_k, k, P_i = 1, M_{vi} = 1, M_{ti} = 1; \\ \varphi_{qk}, \varphi_{pk}, \varphi_{mk} - v_k; \\ \psi_{qk}, \psi_{pk}, \psi_{mk} - t_k, k; \\ ; \\ \psi_{ki}, \psi_{vki}, \psi_{tki} - t_k, k, P_i = 1, M_{vi} = 1, M_{ti} = 1; \\ W_{qk}, W_{pk}, W_{mk} - , \end{cases} \quad (2)$$

2 3

1 2.  
 (1)

AX=B (3)

$$\begin{pmatrix} \omega_{p1} \\ \omega_{p2} \\ \varphi_{p1} \\ \varphi_{p2} \\ \psi_{p1} \\ \psi_{p2} \end{pmatrix}; \quad (4)$$

$$X = \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ M_{v1} \\ M_{v2} \\ M_{t1} \\ M_{t2} \end{pmatrix}; \quad (5)$$

$$A = \begin{pmatrix} \omega_{11} & \omega_{12} & \omega_{v11} & \omega_{v12} & \omega_{t11} & \omega_{t12} \\ \omega_{21} & \omega_{22} & \omega_{v21} & \omega_{v22} & \omega_{t21} & \omega_{t22} \\ \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{v11} & \varphi_{v12} & \varphi_{t11} & \varphi_{t12} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \varphi_{v21} & \varphi_{v22} & \varphi_{t21} & \varphi_{t22} \\ \psi_{11} & \psi_{12} & \psi_{v11} & \psi_{v12} & \psi_{t11} & \psi_{t12} \\ \psi_{21} & \psi_{22} & \psi_{v21} & \psi_{v22} & \psi_{t21} & \psi_{t22} \end{pmatrix}; \quad (6)$$

1; 2; 3  
 (4), (6)  
 ( . 2).

A B.

[3].

[4; 5].

$$\omega(x,y) = K_m(x,y,x_0,y_0) = \sum_{n=1}^m \frac{2y_0 \sin \frac{n\pi x_0}{a} \cdot y \cdot \sin \frac{n\pi x}{a}}{Dab \left( \frac{n\pi}{a} \right)^2 \left( \frac{b^2}{3} \left( \frac{n\pi}{a} \right)^2 + 2(1-\nu) \right)} =$$

$$= \sum_{n=1}^m V_n \cdot y_0 \cdot \sin \frac{n\pi x_0}{a} \cdot y \cdot \sin \frac{n\pi x}{a} \quad (7)$$

$$V_n = \frac{2}{Dab \left( \frac{n\pi}{a} \right)^2 \left( \frac{b^2}{3} \left( \frac{n\pi}{a} \right)^2 + 2(1-\nu) \right)} \quad (8)$$

(4.7)

$$\omega_m(x,y) = K(x,y;x_0,y_0) = \sum_{n=1}^m \frac{2y_0 \sin \frac{n\pi x_0}{a}}{D^* ab \left( \frac{n\pi}{a} \right)^2 \left( \frac{b^2}{3} \left( \frac{n\pi}{a} \right)^2 + \frac{4G}{E} \right)} y \cdot \sin \frac{n\pi x}{a} =$$

$$= \sum_{n=1}^m V_n^* \cdot y_0 \cdot \sin \frac{n\pi x_0}{a} \cdot y \cdot \sin \frac{n\pi x}{a} \quad (9)$$

$$V_n^* = \frac{2}{D^* ab \left( \frac{n\pi}{a} \right)^2 \left( \frac{b^2}{3} \left( \frac{n\pi}{a} \right)^2 + \frac{4G}{E} \right)} \quad (10)$$

(4), (6)

(11)

$$\begin{aligned}
 W_{vki} &= \frac{\partial W_{ki}}{\partial v_i} = \frac{\partial W_{ki}}{\partial x_i} \cos(\widehat{v_i, x}) + \frac{\partial W_{ki}}{\partial y_i} \cos(\widehat{v_i, y}), \\
 W_{tki} &= \frac{\partial W_{ki}}{\partial t_i} = \frac{\partial W_{ki}}{\partial x_i} \cos(\widehat{t_i, x}) + \frac{\partial W_{ki}}{\partial y_i} \cos(\widehat{t_i, y}), \\
 \varphi_{ki} &= \frac{\partial W_{ki}}{\partial v_{ik}} = \frac{\partial W_{ki}}{\partial x_k} \cos(\widehat{v_k, x}) + \frac{\partial W_{ki}}{\partial y_k} \cos(\widehat{v_k, y}), \\
 \psi_{ki} &= \frac{\partial W_{ki}}{\partial t_k} = \frac{\partial W_{ki}}{\partial x_k} \cos(\widehat{t_k, x}) + \frac{\partial W_{ki}}{\partial y_k} \cos(\widehat{t_k, y}), \\
 \varphi_{vki} &= \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial v_i \partial v_k} = \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial x_i \partial x_k} \cos(\widehat{v_i, x}) \cos(\widehat{v_k, x}) + \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial y_i \partial y_k} \cos(\widehat{v_i, y}) \cos(\widehat{v_k, y}) + \\
 &\quad + \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial x_i \partial y_k} \cos(\widehat{v_i, x}) \cos(\widehat{v_k, y}) + \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial y_i \partial x_k} \cos(\widehat{v_i, y}) \cos(\widehat{v_k, x}), \\
 \varphi_{tki} &= \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial t_i \partial v_k} = \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial x_i \partial x_k} \cos(\widehat{t_i, x}) \cos(\widehat{v_k, x}) + \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial y_i \partial x_k} \cos(\widehat{t_i, y}) \cos(\widehat{v_k, x}) + \\
 &\quad + \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial x_i \partial y_k} \cos(\widehat{t_i, x}) \cos(\widehat{v_k, y}) + \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial y_i \partial y_k} \cos(\widehat{t_i, y}) \cos(\widehat{v_k, y}), \\
 \psi_{vki} &= \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial v_i \partial t_k} = \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial x_i \partial x_k} \cos(\widehat{v_i, x}) \cos(\widehat{t_k, x}) + \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial y_i \partial x_k} \cos(\widehat{v_i, y}) \cos(\widehat{t_k, x}) + \\
 &\quad + \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial x_i \partial y_k} \cos(\widehat{t_k, y}) \cos(\widehat{v_i, x}) + \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial y_i \partial y_k} \cos(\widehat{t_k, y}) \cos(\widehat{v_i, y}), \\
 \psi_{tki} &= \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial t_i \partial t_k} = \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial x_i \partial x_k} \cos(\widehat{t_i, x}) \cos(\widehat{t_k, x}) + \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial x_i \partial y_k} \cos(\widehat{t_i, x}) \cos(\widehat{t_k, y}) + \\
 &\quad + \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial y_i \partial x_k} \cos(\widehat{t_i, y}) \cos(\widehat{t_k, x}) + \frac{\partial^2 W_{ki}}{\partial y_i \partial y_k} \cos(\widehat{t_i, y}) \cos(\widehat{t_k, y}),
 \end{aligned} \tag{11}$$

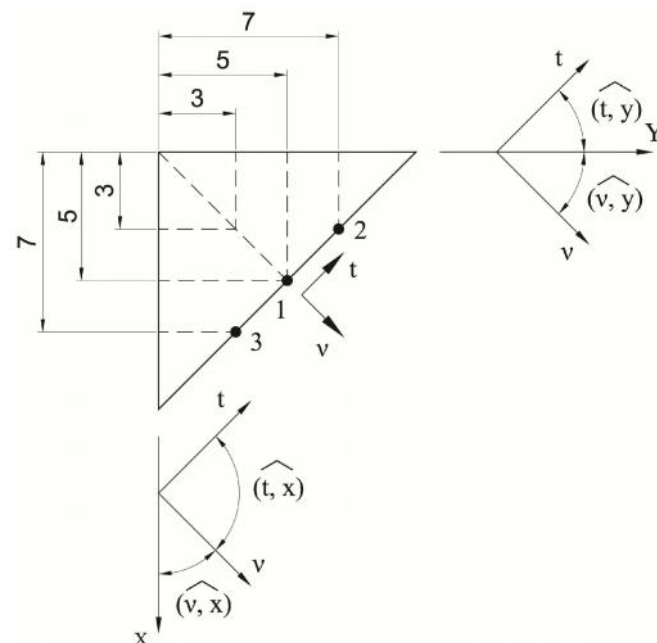
(7):

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial W(x, y, \xi, \eta)}{\partial \xi} &= \sum_m \sum_n V_{mn} \frac{m\pi}{a} \cos \frac{m\pi}{a} \xi \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} \eta \sin \frac{n\pi}{b} y, \\
 \frac{\partial W(x, y, \xi, \eta)}{\partial \eta} &= \sum_m \sum_n V_{mn} \frac{n\pi}{b} \sin \frac{m\pi}{a} \xi \sin \frac{m\pi}{a} x \cos \frac{n\pi}{b} \eta \sin \frac{n\pi}{b} y, \\
 \frac{\partial W(x, y, \xi, \eta)}{\partial x} &= \sum_m \sum_n V_{mn} \frac{m\pi}{a} \sin \frac{m\pi}{a} \xi \cos \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} \eta \sin \frac{n\pi}{b} y, \\
 \frac{\partial W(x, y, \xi, \eta)}{\partial y} &= \sum_m \sum_n V_{mn} \frac{n\pi}{b} \sin \frac{m\pi}{a} \xi \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} \eta \cos \frac{n\pi}{b} y, \\
 \frac{\partial^2 W(x, y, \xi, \eta)}{\partial \xi \partial x} &= \sum_m \sum_n V_{mn} \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 \cos \frac{m\pi}{a} \xi \cos \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} \eta \sin \frac{n\pi}{b} y, \\
 \frac{\partial^2 W(x, y, \xi, \eta)}{\partial \eta \partial y} &= \sum_m \sum_n V_{mn} \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 \sin \frac{m\pi}{a} \xi \sin \frac{m\pi}{a} x \cos \frac{n\pi}{b} \eta \cos \frac{n\pi}{b} y, \\
 \frac{\partial^2 W(x, y, \xi, \eta)}{\partial \xi \partial y} &= \sum_m \sum_n V_{mn} \frac{m\pi^2}{a} \frac{n}{b} \cos \frac{m\pi}{a} \xi \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} \eta \cos \frac{n\pi}{b} y, \\
 \frac{\partial^2 W(x, y, \xi, \eta)}{\partial \eta \partial x} &= \sum_m \sum_n V_{mn} \frac{m\pi^2}{a} \frac{n}{b} \sin \frac{m\pi}{a} \xi \cos \frac{m\pi}{a} x \cos \frac{n\pi}{b} \eta \sin \frac{n\pi}{b} y,
 \end{aligned} \tag{12}$$

$$\begin{aligned} \cos(\widehat{v_{k(i)}, x}) &= \cos(\widehat{v_{k(i)}, y}) = \cos(\widehat{t_{k(i)}, y}) = \cos 45 = 0.7071068, \\ \cos(\widehat{t_{k(i)}, x}) &= -\cos 45 = -0.7071068. \end{aligned} \quad (11) \quad 1, 2 \quad AB ( \quad .3):$$

$$\begin{aligned} \omega(x, y) &= P_1 \omega_k(x, y, x_1 y_1) + P_2 \omega_k(x, y, x_2 y_2) + P_3 \omega_k(x, y, x_3 y_3) + \\ &+ M_{v1} \omega_{vk1}(x, y, x_1 y_1) + M_{v2} \omega_{vk2}(x, y, x_2 y_2) + M_{v3} \omega_{vk3}(x, y, x_3 y_3) + \\ &+ M_{t1} \omega_{tk1}(x, y, x_1 y_1) + M_{t2} \omega_{tk2}(x, y, x_2 y_2) + M_{t3} \omega_{tk3}(x, y, x_3 y_3) + P \omega_k(x, y, x_p y_p) \end{aligned} \quad (14)$$

( \quad .4)



.4

$$\begin{aligned} &1, 2, 3 \\ &1 (5; 5); \quad 2 (3; 7); \quad 3 (7; 3); \\ &x_0 = y_0 = \frac{a}{2} = 5 \text{ м} \end{aligned} \quad (15)$$

$$a = b = 10 \text{ м} \quad h = 20 \text{ см}$$

$$E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ Мпа}; \quad G = 8 \cdot 10^4 \text{ Мпа}; \quad \nu = 0.3; \quad (15)$$

MATLAB.

$$((14), (15), (\text{рис.4})) \Rightarrow \begin{cases} \omega(3,3) = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ м} \\ \omega^*(3,3) = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ м} \end{cases}$$

-

«

»

3.

1. „...“ ... „...“, XIII, ...  
...: 1964. 25 .
2. „...“ ... „...“, N4(35), ... , 2014.
3. „...“ ... „...“, N1(33), ... , 2009.
4. „...“ ... „...“, N2(5), ... 2007. 49 .
5. „...“ ... „...“, N1(33), ... , 2009.
6. „...“ ... „...“, N2(5), ... , 2015.

ახალი ტექნოლოგიები

თხევადი შპალერი

ტრადიციული შპალერი განიხილებოდა როგორც დეკორატიული საშუალება. დროთა განმავლობაში გაჩნდა მოთხოვნილება განსაკუთრებული უტილიტარული თვისების შპალერზე. საერთო ტენდენცია კი არის კომპლექსური მიდგომა მრავალფუნქციური შპალერის შექმნისა, რომლის თვისებები მთლიანად შეესაბამება თანამედროვე წარმოდგენას სილამაზესა და სარგებლობაზე.

თხევადი შპალერი მზადდება ცელულოზის და სხვადასხვა დანამატების ბაზაზე, რომელიც მას აძლევს ფერს. გამოდის ფხვნილის სახით, რომელიც იხსნება თბილი წყლით და გამოიყენება თხევადი სახით. თხევადი შპალერი ქმნის ტენგამძლე რელიეფურ ან გლუვ ზედაპირს, ნაკერების გარეშე. უზრუნველყოფს თბო- და ბგერათიზოლაციას, გამოირჩევა საუკეთესო ანტისტატიკური თვისებით, ულტრაიისფერი გამოსხივებისა და ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილებისადმი მდგრადია.

უფრო სქელი კონსისტენციის თხევადი შპალერით შეიძლება ნაძერწი და მრავალფენოვანი პანოს შექმნა, კედელზე, ჭერზე, თაღზე. საჭიროების შემთხვევაში შპალერი შეიძლება მრავალჯერ გადავლებოთ.

თხევადი შპალერი დაიტანება ნებისმიერ სუფთა ზედაპირზე. მსხვილი ბზარები უნდა შეიფითხნოს, ძველი შპალერი და საღებავის ნარჩენი უნდა მოვაშოროთ, ძლიერშთანთქმადი ზედაპირი, მაგალითად მუყაოთაბაშირი გრუნტის ფენით უნდა დაიფაროს.

მშრალი ფხვნილი უნდა გაიხსნას თბილ წყალში 1:3 ან 1:4 მასითი პროპორციით. ზუსტი შეფარდება დამოკიდებულია კედლის ტიპზე – გლუვია თუ ხორკლიანი. შპალერს შეაფრქვევენ მექანიკურად ან დაიტანენ სპეციალური პლასტიკური შპატელით, შემდეგ ასწორებენ სტრუქტურული ლილვაკით, ხარჯი არის 0,6 ლიტრი 1მ<sup>2</sup>-ზე, გლუვი კედლის შემთხვევაში, ფენის სისქეა 1...3მმ.

თხევადი შპალერი შრება 1,5...3 დღეში, ეს დამოკიდებულია ფენის სისქეზე, რომელმაც შეიძლება 10 მმ-ს მიაღწიოს. ზედაპირზე გაჩენილი ბზარის შემთხვევაში იგი უნდა დავასველოთ წყლით და ზედაპირო ფაქიზად გავასწოროთ. ძველი, თხევადი შპალერის კედლიდან მოცილება შეიძლება მისი დასველებით.

თხევადი შპალერი კეთდება ნებისმიერი ტენიანობის შენობაში, რადგან იგი კარგად შთანთქავს ტენს და გამოდის როგორც ტენიანობის რეგულატორი. შპალერი უნდა დაეიცვათ წყლის პირდაპირი ზემოქმედებისაგან, მისი სამსახურის ვადა 6...8 წელს შეადგენს.

Silikcoat – თხევადი შპალერი – თანამედროვე მასალაა ნატურალური ბამბის ან აბრეშუმის ბოჭკოს საფუძველზე, შეიცავს რა თქმა უნდა შემკვრელსაც. საფარის 1მმ სისქის შრეს მთელი რიგი უპირატესობა აქვს ჩვეულებრივ შპალერთან შედარებით: კარგი ბგერათიზოლაციური თვისება – ამცირებს როგორც შიგა ისე გარე ხმაურის ზემოქმედებას; არის თბოგაუმტარი – ბოჭკოვანი სტრუქტურის მთლიანი შრე, პირაპირების და ნაკერების გარეშე, ათბუნებს კედელს; ამცირებს კედლის უსწორობას, ავსებს ბზარებს, კუთხის ჩამონატეხს და პლინთუსის ხვრელებს. ჩარჩოს, კარის კიდეებზე, გამომრთველებთან და როზეტებთან, ფარავს ტელეფონის გაყვანილობას; აქვს კარგი პიგროსკოპულობა.

Silikcoat აირევა წყალთან და 15 წუთის შემდეგ მზადაა სამუშაოდ. მუშაობის ტექნოლოგია არ მოითხოვს სპეციალურ მომზადებას და შეუძლია ყველას. მასალა დააქვთ ზედაპირზე პლასტიკური წაგლეხვით, პულტით ან ლილვაკით. საფარის ნებისმიერი უსწორობა შეიძლება ავიცილოთ მთლიანი გამოშრობის შემდეგ, საკმარისია ზედაპირი დავასველოთ წყლით. Silikcoat დატანა შეიძლება ნებისმიერ, მათ შორის ლითონის, მინის, ბეტონის ზედაპირზე.

-

«

»

Silikcoat რეკომენდირებულია საცხოვრებელ და არასაცხოვრებელ შენობაში კედლის და ჭერის დასაფარად.

გაჭუჭყიანებული უბნები იხსნება, სუფთავდება წყლით და კვლავ დაიტანება, ისე რომ პირაპირები არ ჩნდება. შეიძლება მასალის სამჯერ გამოყენება.

ფერის და ნახევარტონის დიდი არჩევანი ბინას აძლევს ელევანტურ იერსახეს.

Cotex – კედლის დეკორატიული საფარია ნატურალური ბამბის ბოჭკოს საფუძველზე, ე.წ. „ქსოვილის“ იმიტაციაა შენობის შიგა ინტერიერისათვის. Cotex შედგება ნატურალური ბამბის ან სინთეზური ბოჭკოსა და შემკვრელი კომპონენტისაგან. გამოირჩევა კარგი თბო- და ბგერათსაიზოლაციო თვისებით, ანტისტატიკურობით, ულტრაიისფერი გამოსხივებისა და წვისადმი მედეგობით, ჰაერგამტარია და არ აქვს სუნი. Cotex ფარავს დასამუშავებელი ზედაპირის მცირე ბზარებს.

საფარის დატანა შეიძლება ბეტონის, თაბაშირის, თაბაშირმუყაოს, ბათქაშის, მერქნის მშრალ ზედაპირზე. დატანის წინ ზედაპირი ზეთიანი საგოზით უნდა დამუშავდეს.

1 კგ პაკეტის მთელ შემადგენლობას ვცლით ცალკე ჭურჭელში. ამავდროულად Fibres Douces Decors სერიის შემადგენლობას ვხსნით 6 ლიტრ, Fibres Douces სერიისას კი – 7 ლიტრ წყალში, ვურევთ საღებავს და შემკვრელს. შემდეგ ხსნარს ვასხავთ Cotex-ში, გულმოდგინეთ ვურევთ ერთგვაროვანი მასის მიღებამდე და ვაყოვნებთ 30 წუთს. დაიტანება საფითხნით ან საფხეკელათი 1..2 მმ სისქის ფენად, პირაპირები არ წარმოიშობა. ზედაპირი უნდა მომზადებული იყოს, Cotex-ით მთელი ფართობი ერთ ჯერზე უნდა დამუშავდეს.

Cotex ზედაპირი შეხებისას თბილი და აბრეშუმის მსგავსია.

Cotex საფარი შრება 12 საათის განმავლობაში, საბოლოოდ მაგრდება რამდენიმე დღეში, ეს დამოკიდებულია შენობის ტენიანობაზე. გაშრობის შემდეგ Cotex არ იზიდავს მტვერს, უსიაზოვნო სუნს, კვამლს; დატანის შემდეგ ნარჩენები არ გვაქვს.

დეკორატიული საფარი Cotex საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ უამრავი ფერადი და დიზაინერული გადაწყვეტა. ტექნიკურად დაზიანებული უბნები ადვილად სცილდება და ადვილად აღდგება. ხარჯი შეადგენს 700...1000 გრამს 3,5...4 მ<sup>2</sup>-ზე.

პროფესორი

ა. ჩიქოვანი



ბილოცვა

## ბ ე ლ ა ყ ი ფ ი ა ნ ი - 6 0

მეცნიერება ნისლისფერში გახვეული ბუნდოვანი იდუმალებაა, რომელსაც არც საწყისი აქვს და არც დასასრული. სამყაროში მარადიული ლურჯი ფრინველივით შეუმჩნეველად დაქრის, აჩრდილივით დასდევს განყენებული აზროვნების მქონე ადამიანებს და

დამსახურებულად აფენს ციფრბრუნველ შუქს საიდუმლოებათა ამოსახსნელად. “ადამიანთა უმრავლესობას მცენარეებისა არ იყოს ბევრი ფარული უნარი აქვს, რომელსაც მხოლოდ შემთხვევითობა ამჟღავნებს”. ასეთი ადამიანების რიცხვს მიეკუთვნება საქართველოს საინჟინრო აკადემიის, ბიზნესის მეცნიერებათა აკადემიის, ეროვნული აკადემიის და განათლების მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი, ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი გელა ყიფიანი. ცხოვრებამ მას სიკეთის, უანგარო მეგობრობის და კაცურ-კაცობის სამოცწლიანი სარტყელი ლამაზად შემოაგლო.

გელა ყიფიანი დაიბადა 1956 წლის 16 იანვარს საქართველოს ულამაზეს კუთხეში რაჭაში, ამბროლაურის რაიონის სოფ. მეორე ტოლაში, სამთო ინჟინერის ოჯახში. “სამთოელი” მამის მოღვაწეობის გამო ყიფიანების ოჯახი საცხოვრებლად ჭიათურაში გადავიდა, სადაც წარმატებით დაამთავრა ჭიათურის მეხუთე საშუალო სკოლა. შემდეგ თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მექანიკა-მათემატიკის ფაკულტეტზე ჩაირიცხა.

უნივერსიტეტი მან წარჩინებით დაამთავრა მექანიკის სპეციალობით და სამუშაოდ ქ. ქუთაისის ნიკო მუსხელიშვილის სახელობის პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში გაანაწილეს უმაღლესი მათემატიკის კათედრაზე, ასისტენტის თანამდებობაზე. ახალგაზრდა მეცნიერი თავგამოდებით მუშაობდა, რის შედეგადაც 1986 წელს ქ. ლენინგრადის საინჟინრო სამშენებლო ინსტიტუტის თეორიული მექანიკის კათედრაზე ასპირანტურაში ჩაირიცხა. ამავე ინსტიტუტში სამშენებლო მექანიკის სპეციალობით ვადაზე ადრე წარმატებით დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია პროფესორ ბორის მიხაილოვის ხელმძღვანელობით.

საქართველოში დაბრუნებულმა ახალგაზრდა მეცნიერმა მუშაობა პოლიტექნიკური ინსტიტუტის თეორიული მექანიკის კათედრაზე დაიწყო. მას რეკომენდაცია ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა კათედრის გამგემ, გამოჩენილმა მეცნიერმა, პროფესორმა ნიკოლოზ მოწონელიძემ გაუწია. ჯერ უფროს ლაბორანტად, შემდეგ ასისტენტად, 1990 წლიდან კი - დოცენტად მუშაობდა. ამ დროს თეორიული მექანიკის კათედრას უდიდესი მეცნიერი, თეორიული მექანიკის დარგის ერთ-ერთი თვალსაჩინო წარმომადგენელი ალექსი (ალიოშა) გორგიძე ხელმძღვანელობდა.

1992-1995 წლებში გ. ყიფიანი სანკტ-პეტერბურგის სახელმწიფო არქიტექტურული სამშენებლო უნივერსიტეტის ხისა და პლასტმასის კონსტრუქციების კათედრის დოქტორანტია, რომელიც ამავედროულად ნაყოფიერად მუშაობს ამავე კათედრაზე, უფროს მეცნიერ-თანამშრომლად. დაუღალავი შრომის შედეგად გ. ყიფიანი წარმატებით იცავს სადოქტორო დისერტაციას თემაზე: “თხელკედლიანი წყვეტილ-პარამეტრებიანი სივრცითი სისტემების დეფორმადობა და მდგრადობა” და ენიჭება მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხი. 1999 წელს უმაღლესმა საატესტაციო კომისიამ მას პროფესორის წოდება მიანიჭა სამშენებლო მექანიკაში.

პროფესორი გ. ყიფიანი მრავალი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციისა და სიმპოზიუმის მონაწილეა. 1995 წელს ლექციების წასაკითხად პოლონეთის რესპუბლიკაში ბელოსტოქსის პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში მიიწვიეს.

1996 წელს გ. ყიფიანი უკვე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო ტექნიკური საბჭოს სწავლული მდივანია.



-

«

»

1998 წლიდან საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების სამმართველოს უფროსია.

გ. ყიფიანი 1998 წლიდან საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თეორიული მექანიკის კათედრის პროფესორად აირჩიეს. იგი დღემდე ნაყოფიერად მოღვაწეობს დრეკადობის თეორიაში, სამშენებლო მექანიკაში, დეფორმირებადი მყარი სხეულის მექანიკაში, ჰიდროაერო მექანიკაში, სამშენებლო ნაგებობებსა და კონსტრუქციებში, მდგრადობის საკითხებზე გარსებისა და ფირფიტების თეორიაში, საფრენი აპარატების მექანიკაში. გამოქვეყნებული აქვს 250-მდე მეცნიერული შრომა, რომლებიც დაბეჭდილია როგორც საქართველოს, ასევე სხვა ქვეყნების ფუნდამენტალურ სამეცნიერო ჟურნალებში. იგი 12 მონოგრაფიის ავტორია, მისი მეცნიერული ნაშრომები ძირითადად წყვეტილპარამეტრებიანი თხელკედლიანი სივრცითი სისტემების გამოკვლევას ეხება. გ. ყიფიანი არის 150-ზე მეტი სამეცნიერო სიმპოზიუმისა და კონფერენციის რედაქციის წევრი, სწავლული მდივანი.

2001 წელს პროფესორი გ. ყიფიანი გამომცემლობა “მესხეთის” პრემიის ლაურეატი ხდება, საუკეთესო სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის გამოცემისათვის “თხელკედლიანი წყვეტილ-პარამეტრებიანი სივრცითი სისტემის დეფორმაცია და მდგრადობა”.

2002 წლიდან გ. ყიფიანი “თეორიულ და გამოყენებით მექანიკაში საქართველოს ეროვნული კომიტეტის” ერთ-ერთი დამფუძნებელი და გენერალური მდივანია.

2004 წელს საქართველოს პროფესორი გ. ყიფიანი მონოგრაფიისათვის “ავტომობილების ხანგამძლეობის, ეკონომიურობის და ეკოლოგიურობის ამაღლება ახალი თაობის ზეთების დამუშავებითა და გამოყენებით” ავტორთა ჯგუფთან ერთად: ჯ. იოსებიძე (ხელმძღვანელი), ა. ჩხეიძე, ე. ქუთელია, თ. აფაქიძე, გ. აბრამიშვილი საქართველოს მეცნიერებისა და ტექნიკის დარგის სახელმწიფო პრემიის ლაურეატი გახდა.

პროფესორი გ. ყიფიანი არის ოცამდე სამეცნიერო შრომების კრებულის რედაქციის წევრი. მისი ხელმძღვანელობით და კონსულტანტობით დაცულია 30-მდე საკანდიდატო და სადოქტორო დისერტაციები. ის წლების განმავლობაში იყო სტუ-ს სამშენებლო და სატრანსპორტო ფაკულტეტებთან არსებული სადისერტაციო საბჭოს წევრი.

პროფესორი გ. ყიფიანი დღესაც წარმატებულად აგრძელებს სამეცნიერო და პედაგოგიურ მოღვაწეობას. ის არის საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტის რექტორის მოადგილე სამეცნიერო დარგში, სამავისტრო და სადოქტორო საგანმანათლებლო პროგრამების ხელმძღვანელი.

მეცნიერებისადმი საკუთარი ძალების რწმენა, შემოქმედებითი აქტიურობის უსაზღვრო სიყვარული, ჩვეული ენერჯით ავსებს პროფესორ გ. ყიფიანს. მისი მეცნიერული ცხოვრების უჩვეულო ინტენსივობით, ნაყოფიერებით, მრავალმხრივობით, სამყაროს გამორჩეულად ხედვის მძლავრი იმპულსებით, თავისი ხალასი და ენაწყლიანი ბუნების გამო, სტუდენტებსა და კოლეგებში განსაკუთრებული პატივისცემითა და სიყვარულით სარგებლობს.

ოჯახში ის სათნო და მოსიყვარულე ქმარი, ბედნიერი მამა და ბაბუაა. მისი მეუღლე ხათუნა ყიფიანი კეთილშობილი, გულისხმიერი, კარგი შვილების აღმზრდელი დედა და ღირსეული ქალბატონია. ბატონ გელას ჰყავს ორი ქალიშვილი ლიკა და სალომე და ორი შვილიშვილი ანდრია და ანა.

ჟურნალ “მშენებლობის” სარედაქციო კოლეგიის წევრები ულოცავენ შესანიშნავ მეგობარსა და მეცნიერს დაბადებიდან 60 წლის იუბილეს. უსურვებენ სიმხნევებს, უშრეტ ენერჯიას, დიდხანს სიცოცხლეს, პროფესიულ და პირად წარმატებებს თავის საყვარელ ოჯახთან ერთად, ღამაზ სიბერეს, მრავალჟამიერ მხნედ ყოფნას და ხანგრძლივ შემოქმედებით მოღვაწეობას ქვეყნის საკეთილდღეოდ.

ჟურნალ "მშენებლობა"-ს სამეცნიერო-  
სარედაქციო კოლეგია

ბახსენება

ლამარა ცინცაძის გამოსათხოვარი



გუთანაგრძნობთ პროფ. ლამარა ცინცაძის ოჯახს.  
წავიდა ჩვენგან პროფესორი ლამარა ცინცაძე, უაღრესად კეთილშობილი და მაღალი ზნეობის ადამიანი, რომლის სამეცნიერო და პედაგოგიური მოღვაწეობა საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტთან იყო დაკავშირებული.

ქალბატონი ლამარა დაიბადა ქ. თბილისში დავით ცინცაძის ოჯახში რომელიც 1937 წელს ქვეყნის ძნელბედობის უამს დააპატიმრეს და დახვრიტეს. უსახლკაროდ დარჩენილმა დედამ და შვილმა გააგრძელეს ცხოვრება. ლამარამ წარჩინებით დაამთავრა თბილისის რუსული საშუალო სკოლა და სწავლა გააგრძელა საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში, სამშენებლო ფაკულტეტზე, რომლის წარმატებით დამთავრების შემდეგ შევიდა ამავე ინსტიტუტის სამშენებლო ფაკულტეტის ასპირანტურაში და პროფესორ ა. იაკუბოვიჩის ხელმძღვანელობით მუშაობდა მსუბუქი ბეტონის და რკინაბეტონის კონსტრუქციების ცოცვადობის საკითხების შესასწავლად. ხანგრძლივი დრო იყოს საჭირო ასეთი ექსპერიმენტების ჩაასტარებლად. ასპირანტურის დამთავრების შემდეგ ქალბატონი ლამარა სამუშაოდ დატოვეს რკინაბეტონის კონსტრუქციების კათედრაზე.

1981 წელს დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია და 2010 წლამდე მუშაობდა ამავე კათედრაზე დოცენტის, ასოცირებული პროფესორის თანამდებობაზე.

საქმისადმი უანგარო ერთგულება, კოლექტივობა, სტუდენტებისადმი უსაზღვრო სიყვარული იყო ქალბატონ ლამარა ცინცაძის ყოველდღიური ცხოვრების მამოძრავებელი ძალა. თავისი საქმის ღრმა პროფესიონალი ენერჯის ბოლო წვეთამდე იხარჯებოდა დაკისრებული მოვალეობის პირნათლად შესრულებისათვის. მის კალამს ეკუთვნის რამდენიმე ათეული სამეცნიერო სტატია და სასწავლო მეთოდური ლიტერატურა.

მართლაც რომ ფასდაუდებელია მისი წვლილი საინჟინრო კადრების აღზრდის საქმეში.

ქალბატონი ლამარა, როგორც საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქალთა ასოციაციის ერთ-ერთი დამფუძნებელი, ასევე აქტიურად იღვწოდა ტექნიკურ უნივერსიტეტში მოღვაწე ქალთა უფლებების დასაცავად და იყო არაერთი ღონისძიების ორგანიზატორი.

ეს ამაგდარი პიროვნება იყო დედაბურჯი მეტად თბილი და მყუდრო ოჯახის, რომელიც გულწრფელად იზიარებდა გარშემომყოფთა სატკივარსა და გასაჭირს, ძალ-ღონეს არ ზოგავდა მათ დასახმარებლად.

მისი ამ ქვეყნიდან წასვლა დიდი დანაკლისია თითოეული ჩვენგანისთვის. ღმერთმა ნათელში ამყოფოს ქალბატონი ლამარა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქალთა ასოციაცია, სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის

## SUMMARIES

**J.GIGINEISHVILI.** The findings predesamo stressed concrete beams reinforced with basalt rebar. **Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

As a result of provided theoretical and experimental research found new data for a design of prestressed concrete beams based on post-tension cements and basalt-plastic reinforcement.

The works provided for research possibilities of use of prestressed structures based on expansion cements and increase of crack resistance of concrete beams reinforced by basalt-plastic bars and increase stiffness of designed structure.

**T. Kvitsiani, G. Khutsishvili, V. Pachulia. SOME TASKS OF HAVING VARIABLE DISCHARGE GROUND WATER’S MOVEMENT. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

Is generated the general equation of having variable water discharge flow filtration movement. For the constant values of ground waterproofed slope ( $i \geq 0$ ) is carried out the integration of obtained equation. The solutions are written down and are obtained solutions for cases that give the possibility for determining the parameters and laws of filtration flow in natural slopes.

**N. INTSKIRVELI. LATEST RESULTS OF ALEXANDER CHAVCHAVADZE MEMORIAL ESTATE IN TSINANDALI AND ITS ARCHITECTURAL, ARCHAEOLOGICAL, LABORATORY STUDIES. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

In the article is considered the existing in village of Tsinandali Alexander Chavchavadze memorial estate latest results of architecture, archeology, and laboratory studies. Are presented revealed at Museum restoration works architectural solutions and details at various period rehabilitation works. Also in the framework of Alexander Chavchavadze Palace Alexander Ozerov restoration and rehabilitation project performed changes in the building's architectural and constructive solutions and reunification ways of old and new scopes of works.

**Goal:** in 2008 restoration work was done in a way that is visible carried out during several centuries as result of several reconstruction combination of modified architectural and structural solutions, underscore is Al. Ozerov architecture and solutions, Al. Chavchavadze period Kakhetian architect details, works and character.

**Z.TSIKHELASHVILI, D.GURGENIDZE, KH.SOSELIA, S.GURGENIDZE. MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF WATER SUPPLY IN WATER-SUPPLY SYSTEMS ON THE BASIS OF PIEZOMETRIC PRESSURE DISTRIBUTION. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

There is considered a possibility of a descriptive modeling of water supply and correction of situational conditions in the water-supply systems in control-characteristic points, based on a piezometric pressure distribution, fixed in real time scales.

**R. Skhvitaridze; E. Shapakidze; I. Giorgadze; Sh. Verulava. Innovative technologies against of the eco risk of demolition of Kvareli by the shale accumulated with downpour from river-bed of river Duruji, to reduce of poverty with the production of high effective building materials, removal and recycling of sediments from river-bed. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

To reduce existing problems in Georgia: Risk of demolition of Kvareli, formation of surface cracks, dusting, destruction of cement horizontal construction, Large energy costs for heating of the building, poverty, perhaps that will facilitate cleaning, removal and recycling of construction materials in the highly accumulated in the mainstream river Duruji - containing shale. All these tests done according to European Standards in different universities and laboratories.

**Z. Ezugbaia, I. Iremashvili. SOME ISSUES RELATED TO DEVICE GREEN ROOFS. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

Problems related to the arrangement of ecologically perspective, aesthetically highly qualified and energy-efficient green roofs for buildings and constructions have been considered.

Recommendations regarding the usage of different plantings on such covers are provided.

**I. Kvaraia, T Dvalishvili, Sh.Kanchashvili. Construction and installation of a prefabricated mold system of a large diameter concrete dome. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

The article discusses issues regarding the construction and installation of a prefabricated mold system of a large diameter concrete dome. The main objective is to select a comprehensive load-bearing structure of the model, according to which a multi level construction system is built, with narrow tree molds.

-

«

»

**T. Ambroladze, M. Kublashvili. Calculation of maximum discharge and levels in the case of the insufficient hydrological observations column. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

Short-term observation on the river is not reliable for the calculation of the flow parameters, in order to calculate the maximum amount of expenses it is necessary to select the Analogue of the river, the observations column on the maximum discharge (level) of which is sufficient and by its means restrict the short-term row (n) to the long-term period (N). There are two methods applied for these purposes: The one is bringing the parameters of the observed river to a multi-year period and the second is the artificial extension of existing short-term observations column. In this article, the correlation (R) is calculated between the data of the observed river and the river-analogue for both cases. Average square deviation, maximum discharges of the average values, variations and asymmetry coefficients of both the rivers are calculated by the special formula for long-term period.

The program “Mathematica-8” is drawn up in the symbolic language for all the above mentioned calculations. The calculations are made on the basis of the data of rivers Aragvi and Iori.

**M. Tsikarishvili, N. Tabatadze, M. Vardiashvili, I. Gharibashvili. Analysis of Constructive solutions of historical and cultural monuments on the territory of Georgia. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

In the recent years the practice of restoration and rehabilitation of historical and cultural monuments reveals a tendency of complex, comprehensive and all-embracing evaluation of their engineering status, or technical state assessed with correlation with environmental conditions. It is quite natural to consider the object of rehabilitation, to be an item in a complex natural-technical system referred to as the “monument environment”, in which the architectural monument can be imagined as a subsystem, including the interconnection of constructive and architectural elements.

In order to carry out the restoration and rehabilitation of the historical-cultural monument complex with technical research and development of recommendations in the right direction, in the dissertation theme, there is the work of an analysis of monuments constructive solution.

**Loladze V.V., Javakishvili M.V., Sultanishvili G.P. METHOD FOR PRODUCING A MULTILAYER POROUS CONCRETE ITEMS BY VIBRO-DISINTEGRATION FROM A INTYEGATED CONCRETE MIX CONTAINING LIGHT AND HARD AGGREGATES. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

Is offered a method of manufacturing of porous concrete building elements used as containing walling and having external - structural and thermal insulation—structural layers and combining them in intermediate - medium, heat-insulating layer.

The essence of this method lies in the fact that is prepared aerated concrete mixture containing the heavy and light aggregates, then the mixture is placed in a mold and compacted at vibrate or impact, or vibro-impact mode up to disintegration.

Then, to provide the desired height of item, the open mold surface is coated, up to the termination of the gassing by metal mesh or a perforated sheet.

After the termination of gassing process the metal mesh (or perforated sheet) are removed from the mold, the surplus of expanded material is removed or is trimmed in the surface layer, and the finished item is curing for aging concrete (using a cement binder), under conditions of normal hardening or after the required aging, is heat-treated

The layers have a high mutual binding because the item is carried out by single-stage technology. The finished three-layer product with porous layers during operation "is breathing", quickly reaching the equilibrium moisture content.

**G. Areshidze. About the stability of Mukhadgverdi slope landslide in Tbilisi. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

It is considered the reason of Mukhatgverdi slope landslide origination and mechanism of development In this article. Along with other issues of great importance has to properly selected and calculated landslide slope stability issues.

The slope stability much depends on the values of the angle of internal friction and specific cohesion. At present, to calculate the slope stability the landslide mass is divided into blocks.

To calculate the landslide stability we shall determine  $\phi$  and C of the landslide soil. To do this, a sample shall be taken from any block and its  $\phi$  and C shall be determined by the laboratory method. The obtained values are called the average value of the landslide body  $\phi$  and C.

**M. Pochkhua, L. Kurdadze. CONCEPTION OF ALTERNATIVE LANDSCAPE GARDENING. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

Correctly perception of the landscape space, concept formation and regular arrangement of decorative plants, the most important factor of modern urban planning, simultaneously green architecture are integral elements in the city development as a guarantor of a stable ecological environment.

-

«

»

**G.Tkeshelashvili Z.Kupatadze. Micro-economic problems of the industry. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

The article refers to micro-economical problems. It is noted that the recent management apparatus, old-fashioned material-technical base and poor-qualified staff do not meet modern requirements. Firstly it is required to carry out the restructuring to recover and improve the managements that will ensure the replacement of directive methods of management via economical methods. It is definitely necessary to adopt the foreign experience in our conditions that will highlight many companies reorganization towards decentralization.

**T. Gabadadze, I. Suladze. Anhydrite cements Prospects of use in Georgia. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

Issues of receipt, property research and application of portlandcement and anhydrite cement – low energy-consuming material containing types of portlandcement in some fields of construction are considered in the work. On the basis of large bulk of results obtained through our studies it is shown that there is an opportunity of receipt of anhydrite cement with high physical and mechanical indices (grade 300, 400, 500 and higher) both from Georgian natural raw materials (lime rocks, carbonic calcium gypsum etc.) and with the use of calcium sulfate-containing production waste. On the basis of physical-chemical studies there is expressed an opinion on mechanisms of anhydrite cement hardening, on the role of catalysts in this process and on the order of their activity. On the basis of carried out production tests it is shown that anhydrite cement can be used for manufacturing the construction details and masonry mortars. It is a subject of mechanization of wall plastering operations (in contradistinction from carbonic calcium gypsum). It may be used in mine workings for filling of cavities and for creation of layers against carbon inflammation.

**J. Togonidze. ANALYSIS OF LOCATED ON HETEROHOMOGENEOUS ELASTIC FOUNDATION AVERAGE THICKNESS SLABS WITH VARIABLE STIFFNESS ON DYNAMIC LOADS BASED ON SLAB IMPROVED THEORY. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

At construction of Highways and Motor-roads as road surface is increasingly used the reinforced concrete that is undergoing the dynamic loads from motor transport. Therefore, in this paper has been developed the calculation of located on heterohomogeneous elastic foundation average thickness slabs on dynamic loads based on slab improved theory. Is considered hinged supported on two opposite sides and on remaining two sides arbitrary supported slab.

**T. Zakutashvili, Z. Kapanadze, T. Matsaberidze, I. Bochorishvili. CALCULATING ALGORITHM OF PILE FOUNDATION AT SEISMIC IMPACT BY WAVE METHOD. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

In the paper is considered the wave method of pile foundations calculation on seismic impact. Is compiled the computational algorithm that gives the possibility at seismic impact to calculate in certain discrete points of the pile the transverse rigidity values (springs), as well as shear forces and bending moment values.

**M. Vazagashvili, G. Kipiani. APPLICATION OF DISPLACEMENT METHOD FOR ANALYSIS OF PRISMATIC STRUCTURES. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

Are formulated the decisive equations of task on definition of dynamical characteristics (Frequencies and shapes of eigenmodes, amplitude-frequency characteristics) of structurally inhomogeneous prismatic structures from viscous-elastic material, design diagram of that would be presented as arbitrary composition. Is presented by application of displacement method for analysis of prismatic structures.

**I.Kvaraia. Detection of incorrect armature arrangements. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

The facts of incorrect armature arrangements - which do not allow for the possibility of full and immediate adjustments to them - are mainly carried out by using modern chemical adhesives.

**T. Tabartadze. Creative and scientific vision parallels Antoni Gaudí and Benoit mandelbrotis activities Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

Works of art, including architecture, urban development facilities assessment process, definitely include cognitive, creative and communicative aspects. These aspects are discussed in special literature. In general, Evaluation of the subject is physically, objectively and informatively characterized by parameters, the combination of which, combination “chemistry” or “Algebra” (at the end as a contemporary evaluation paradigm) gives opportunity to “trained” expert to shift the “subjective” evaluation into “objective” category. By using quotation marks we try to emphasize the conventionality of the terms and the possibility of interpretation (According to the “linguistic variables”- „ Blurred sets ” principles).

-

«

»

In order to make a cognitive, creative and communicative analyze of the fractal architecture together with forming the objective platform of its evaluation, we consider it important to discuss the architect Antoni Gaudí and the mathematician Benoit Mandelbrot's life milestones, in spite of no strong synchronism between their lives.

**V.V. Loladze, Sh. Dolidze, I. Garibashvili. MODERN CONSTRUCTION TECHNOLOGIES IN RESTRICTED URBAN CONDITIONS BY TOP-DOWN AND UP-DOWN METHODS. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

In the article are described the TOP-DOWN and UP-DOWN methods of construction technologies, allowing due the use of modern construction machinery and technological equipment, to provide conditions for safe construction in restricted urban conditions. The described methods gives the possibility to perform underground and over ground construction works on sites in the immediate vicinity of the existing historical monuments and functioning residential and public buildings, without damages of these objects.

**A. SAKVARELIDZE. DETERMINATION OF HIGH STRENGT CONCRETE MOISTURE PERMEABILITY CHARACTERISTICS. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38), 2015**

The experimental theoretical investigation on determination of composite moisture permeability characteristics is carried out. The technique of research conducting is given. There were tested sample-cylinders ( $d=70$   $l=70$  ) of age 28 day with moisture content of 4,3% (on weight). Before testing samples were isolated on both sides by paraffin (infinite cylinder) and put in environment with air relative humidity of 20%. In this state they were dried. The free drying from side surface of the cylinder had place (i. e. the taks of infinite cylinder in boundary conditions of the third type was realized). The experimental time-depended curve of material drying is determined. The theoretical expressions determining the cylinder humidity for any moment of the time are given. As a result of comparison and analysis of experimental and theoretical data high strength concrete permeability characteristics: coefficient of humidity diffusion, coefficient of moisture transmission and specific coefficient of moisture transmission have been determined.

**M. Shishinashvili. Preparation of combined asphalt-concrete mix using milled old asphalt-concrete material in Georgia. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38)**

The work outlines existing condition of use of secondary asphalt-concrete in Georgia. It describes and proves the positive sides of new asphalt-concrete mix, received from old milled asphalt-concrete material, based on the carried out laboratory test results. The work also explains in detail the preparation technology and the production cycle of the new combined mix. Provided tables display the comparison of laboratory test results to the requirements of standards.

**T. Zakutashvili, Z. Kapanadze, T. Matsaberidze, I. Bochorishvili. PILES FOUNDATIONS IN SEISMIC AREAS. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38)**

In the article is considered the analysis of piles on the seismic impact by taking into account compliance of base-ground. Due the mentioned method is possible to calculate the stiffness and damping parameters of system “pile–ground” density that is important for analysis of mode of deformation of buildings.

**M. Chanturia, M. Mamardashvili. SYSTEM "BUILDING – FRICTION PILES FOUNDATION" NONLINEAR DIAGRAMS CONSTRUCTION METHOD. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38)**

At calculation on seismic loads of constructed on the friction pile foundation buildings one of the important tasks is to select such dynamic design scheme, in that that will be taking into account the basic deformation characteristics of structure material, as well as foundation. At the same time it must be simple and universally applicable to all types of buildings in terms of calculation.

**U. Dzodzuashvili, N. Tabatadze, M. Vardiashvili, M. Tsikarishvili. ANALYSIS OF BUILDING MONITORING SYSTEMS. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38)**

In the paper is analyzed the existing monitoring systems for buildings, due analysis of that is formed a working hypothesis on development of monitoring complex technology in the form of three technologies: technology of information modeling, finite-element modeling technology and technology of theoretical and experimental analysis

**A. Gogberashvili, L. Joglidze. SOME MAJOR COMPONENTS OF CONSTRUCTION MANAGEMENT. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38)**

The construction management includes four main components: 1) directly the Construction Management; 2) Project Management; 3) HR Management; 4) Financial Management. The necessary condition for the start of construction is the contract between the customer and executor. Contract as annex is attached the so-called General Terms and Conditions. The construction production management is based on the so-called linear and functional principles. The main principle is linear. Management objects are the dynamic systems that are in constant change and require adjustment.

**A. Mamardashvili, M. Chanturia. THE QUALITY INFRASTRUCTURE AND CONSTRUCTION BUSINESS. Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38)**

The development of quality infrastructure and its international recognition represents the guarantee for free circulation in the world market of arbitrary industrial products. Security tightened conditions raised into the agenda not only the development of quality infrastructure, but also its all elements - standardization, metrology, accreditation, testing and application of the quality system equivalent rules.

**Z.TSIKHELASHVILI, D.GURGENIDZE, KH.SOSELIA, S.GURGENIDZE.** About expert evaluation of an operational condition of element-constructions of water supply acting system. **Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38)**

there is proposed a possible approach of an expert evaluation of sustainability-availability characteristic parameters of an operational condition of element-constructions of water supply acting system in long-term operational process, which gives a possibility to obtain effective decisions and mathematical treatment of “fuzzy” data of analyzing subjective-experimental measurements by using “fuzzy logical regulator principle” in the stochastic uncertainty conditions.

**Sh. Bakanidze, D. Tabatadze, K. Iashvili, L. Kristesiashvili.** STRUCTURAL CALCULATION OF NEW TYPE OF DOUBLE AND TRIPLE FASTENING FORM PANEL. **Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38)**

It is known that the containing walls of buildings are constructed as multi-layered. In the case of cast-in-place construction is preferably to performed a constructive layer of heavy concrete (or reinforced concrete), and the insulation layer by lightweight concrete. For joint behavior of layers in addition with other actions is recommended to increase the interacting surface area that is performed by the complex profile surface layers. In the paper is stated the structural solution of containing walls and concrete form panels for double and triple fastening form panels.

**R. Chkoidze, I. Stefnadze.** Design of triangular plate in plan. **Scientific-technical journal “BUILDING” #3(38)**

The work deals with triangular plate two sides of which are hinged supported whilst the third one is rigidly fixed (figure 1). Plate design applies the method of expansion of the specified system (method of forces) [1]. Rectangular plate hinged at the three sides and free at the fourth side with the parameters of the specified system is taken as a main system (figure 2). Coefficients of canonical equations are determined by Green function built for the main system [2;6].

construction is preferably to performed a constructive layer of heavy concrete (or reinforced concrete), and the insulation layer by lightweight concrete. For joint behavior of layers in addition with other actions is recommended to increase the interacting surface area that is performed by the complex profile surface layers. In the paper is stated the structural solution of containing walls and concrete form panels for double and triple fastening form panels.

There are given two variants of how the task is solved: one case applies Green function built by using the existing formula of classical mechanics to determine potential energy of plate deformation [3], whilst the second case applies the modified formula [4;5].