

UDC 622.2:622.34:550.34

SCOPUS CODE 2215

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2026-2-164-174>

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შახტი-ლაბორატორიის გვირაბების გარემომცველ ქანებში მიმდინარე მექანიკური პროცესების ექსპერიმენტული კვლევა

ლავრენტი გუდავაძე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური და მთის მდგრადი განვითარების ფაკულტეტის პროფესორი. საქართველო
E-mail: z.gudavadze@gtu.ge

რეცენზენტები:

ი. გუჯაბიძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური და მთის მდგრადი განვითარების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: I.k.gujabidze@gmail.com

ზ. ლებანიძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური და მთის მდგრადი განვითარების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: z.lebanidze@gtu.ge

ანოტაცია. სტატია ეხება საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შახტი-ლაბორატორიის გვირაბების გარემომცველ ქანებში მიმდინარე მექანიკური პროცესების ლაბორატორიულ კვლევებს. განისაზღვრა ქვიშაქვების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები (სიმკვრივე, კუთრი მასა, ფორიანობა, ტენიანობა, სიმტკიცე კუმშვასა და ჭიმვაზე, შეჭიდულობის კოეფიციენტი, შინაგანი ხახუნის კუთხე, დრეკადობის მოდული, პუასონის კოეფიციენტი, ყინვაგამძლეობა). ასევე ექსპერიმენტულად გამოკვლეულია გვირაბების სამაგრ კონსტრუქციაზე მოსული დატვირთვები სპეციალურ დინამომეტრულ მოწყობილობასა და რგოლოვანი კონსტრუქციის ჩარჩოზე. მიღებული მონაცემები მნიშვნელოვანია სამთო ტექნოლოგიების მიმართულების მკვლევ-

რებისთვის და საშუალებას იძლევა შემოწმდეს თეორიული მოდელების სიზუსტე ნატურალური პირობებით მიღებულ შედეგებთან შედარებით.

საკვანძო სიტყვები: გვირაბების სამაგრი; დრეკადობის მოდული; ექსპერიმენტული კვლევა; პუასონის კოეფიციენტი; სამთო წნევა; სიმტკიცე (კუმშვაზე, ჭიმვაზე); ფორიანობა, ლაბორატორიული კვლევები; ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები; ქვიშაქვა; შეჭიდულობა, შინაგანი ხახუნის კუთხე.

შესავალი

გვირაბების გარშემო არადრეკადი დეფორმაციების რეალიზაციის დროს განმსაზღვრელი რო-

ლი ენიჭება ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს, რომლებიც განსაზღვრავენ ქანების ფიზიკურ მდგრადობას, სიმტკიცისა და დეფორმირებადობის ცვლილების კანონზომიერებას [Lomtadze, V. 1989].

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები ლაბორატორიულ პირობებში განისაზღვრება ქანების ნატეხებისა და კერნებისაგან დამზადებული ნიმუშების გამოცდის საფუძველზე. მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული, რომ ნიმუშების საშუალებით განსაზღვრული ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები განსხვავდება მათი თვისებებისაგან ბუნებრივ პირობებში. ქანები მასივში ხასიათდება გაცილებით ნაკლები სიმტკიცით, მეტი არაერთგვაროვნებითა და ანიზოტროპულობით.

მიწისქვეშა ნაგებობების მშენებლობისას საინჟინრო ამოცანების წარმატებული გადაწყვეტა მოითხოვს ცნობებს ქანების სახეობის, დაძაბული მდგომარეობის, არაერთგვაროვნების, ანიზოტროპულობის, შესუსტების ზედაპირების, გამოფიტვისა და ნაპრალების ზონების შესახებ, ასევე აუცილებელია შემდეგი მახასიათებლების დადგენა: მიწერალური შედგენილობა, წყლოვანი თვისებები, მექანიკური თვისებები, სიმარე, სისალე, ფხვიერადობა, ყინვაგამძლეობა და სხვა.

ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გამოკვლევა ჩაითვლება სრულფასოვნად, თუ იგი მოიცავს მონაცემებს პეტროგრაფიული თავისებურებების შესახებაც.

ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლა შესაძლებელია სავლე და ლაბორატორიული კვლევის სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებით. ამ მეთოდებით მიღებული შედეგები ავსებს ერთმანეთს.

ძირითადი ნაწილი

ნაშრომში მოცემულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შახტი-ლაბორატორიის გვირაბების გარემომცველი ქვიშაქვებისა და უფლისციხის ამგები ქვიშაქვების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ლაბორატორიული კვლევების შედეგები.

ლაბორატორიულ პირობებში განსაზღვრული იყო მთელი კომპლექსი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებისა, როგორც არის სიმკვრივე, კუთრი მასა, ფორიანობა, ტენიანობა, სიმტკიცის ზღვარი ერთლერმა კუმშვის დროს, სიმტკიცის ზღვარი ერთლერმა ჭიმვის დროს, შეჭიდულობის კოეფიციენტი, შინაგანი ხახუნის კუთხე, დრეკადობის მოდული, პუასონის კოეფიციენტი და ყინვაგამძლეობა. გამოკვლევები წარმოებდა ჰაეროვან-მშრალ მდგომარეობაში მყოფი ნიმუშების გამოყენებით.

სიმკვრივე განსაზღვრული იყო IOCT 2160-82-ის მიხედვით ჰიდროსტატიკური აწონით გამოხდილ წყალში უსწორო ფორმის ნიმუშებზე, მოცულობით დაახლოებით 30 სმ³, გამომშრალი მუდმივ წონამდე.

კუთრი მასა განსაზღვრა OCT 2160-82-ის მიხედვით პიკნომეტრული წესით. ფორიანობა – როგორც კუთრი მასისა და სიმკვრივის სხვაობის შეფარდება კუთრ მასასთან პროცენტობით.

მონაცემების საშუალო მნიშვნელობები მოცემულია 1-ელ ცხრილში, აქვე მოყვანილია ჩონჩხის სიმკვრივე.

სიმტკიცე ერთლერმა კუმშვის დროს განისაზღვრა ცილინდრული ფორმის ნიმუშებზე, რომელთა სიმაღლის დიამეტრთან შეფარდება ტოლი იყო 2-ის. გამოცდის დროს ფიქსირდებოდა ნიმუშის საერთო დეფორმაცია. გამოცდა ტარდებოდა TOCT 221153-2-84-ის მიხედვით.

**ტექნიკური უნივერსიტეტის შახტი-ლაბორატორიის
გვირაბების გარემომცველი ქვიშაქვის ფიზიკური თვისებები.**

| ნომ. № | სიმკვრივე, გ/სმ ³ | | | ფორიანობა, % | | ტენიანობა, % |
|-----------|------------------------------|---------|----------------|--------------|--------|--------------|
| | ჰაერ. მშრ. | ჩონჩხის | მინერ. ნაწილის | ნომ. № | სიდიდე | |
| 1 | 2.42 | 2.41 | 2.66 | 3 | 9.4 | 03 |
| 2 | 2.42 | 2.41 | 2.60 | 4 | 73 | 0.3 |
| 5 | 2.48 | 2.47 | 2.63 | 5 | 6.1 | 0.4 |
| 6 | 2.41 | 2.40 | 2.60 | 6 | 7.7 | 02 |
| 7 | 2.43 | 2.42 | 2.66 | 7 | 9.0 | 03 |
| 8 | 251 | 2.50 | — | | — | 05 |
| 9 | 251 | 250 | — | | — | 0.6 |
| 1' | 2.47 | 2.46 | — | | — | 0.4 |
| 2' | 238 | 237 | — | | — | 02 |
| 3' | 229 | 228 | — | | — | 02 |
| 1 | 2.45 | 2.44 | — | | — | 0.3 |
| 2 | 2.48 | 2.47 | — | | — | 0.4 |
| 3 | 231 | 230 | — | | — | 0.2 |
| 4 | 2.48 | 2.47 | — | | — | 0.4 |
| 5 | 234 | 233 | — | | — | 03 |
| 6 | 2.49 | 2.48 | — | | — | 0.5 |
| საშ. 2.43 | | 2.42 | 2.63 | | 7.9 | 03 |

სიმტკიცე ჭიმვის დროს იყო განსაზღვრული მსახველზე განლაგებული ცილინდრული ნიმუშების რღვევით კუმშვაზე („ბრაზილიური მეთოდით“) OCT 21153- 3-85-ის მიხედვით.

კუმშვასა და ჭიმვაზე სიმტკიცის საშუალო მონაცემები და გვირაბების გარემომცველი ქვიშაქვის დრეკადობის მოდულის და პუასონის კოეფიციენტის მნიშვნელობები მოყვანილია მე-2 ცხრილში.

**ტექნიკური უნივერსიტეტის შახტი-ლაბორატორიის გვირაბების
გარემომცველი ქვიშაქვის სიმტკიცისა და დრეკად-დეფორმაციული თვისებები.**

| სიმტკიცე კუმშვისას | | დეფორმაცია რღვევისას | | დრეკადობის მოდული E·10 ⁻³ მპა | პუასონის კოეფიციენტი | სიმტკიცე გაჭიმვისას | |
|--------------------|--------|----------------------|-----------|--|-------------------------|---------------------|--------|
| ნიმუშ. № | სიდიდე | ფარდობ., % | აბსოლ. მმ | | | ნიმუშ. № | სიდიდე |
| 5 | 54 | | 1.43 | - | - | 1 | 4 |
| 6 | 47 | 1.4 | 1.27 | - | - | 2 | 4 |
| 7 | 61 | 1.7 | 1.57 | 4.2 | 0.30 | 3 | 3 |
| 8 | 65 | 1.4 | 1.23 | 6.2 | 0.22 | - | - |
| 9 | 46 | 1.1 | 1.03 | 6.1 | 0.40 | - | - |
| საშ. | 55 | 1.4 | 131 | 5.5 | 0.31 | | 4 |

მოცულობითი კუმშვის დროს, გამოცდის შედეგად საკმარისია ორი მორის წრის აგება და ორი წერტილის კოორდინატების მიღება. წერტილებს შორის ავლებენ წრფეს ორდინატთა ღერძის გადაკვეთამდე. გადაკვეთის წერტილის მიხედვით განისაზღვრება შეჭიდულობა, წრფის დახრის კუთხის მიხედვით კი – შინაგანი ხახუნის კუთხე. კვლევის

შედეგები მოყვანილია მე-3 ცხრილში.

შეჭიდულობა და შინაგანი ხახუნის კუთხე განსაზღვრული იყო გრაფიკული მეთოდით ГОСТ 21153-5-75-ის მიხედვით. ამ მეთოდის თანახმად ცილინდრული ნიმუში ($h=d$) თავსდება სპეციალურ ყალიბში მრღვევი ძალის მიმართულებასთან 30° და 45° კუთხით შებრუნებულ მდგომარეობაში.

ცხრილი 3

ტექნიკური უნივერსიტეტის შახტი-ლაბორატორიის გვირაბების გარემომცველი ქვიშაქვების შეჭიდულობა და შინაგანი ხახუნის კუთხე.

| ძაბვა, მგპა | | | | | | | | შეჭიდულობა, მგპა | შინაგანი ხახუნის კუთხე, გრად. |
|-------------|--------------------|-------|-------------|--------|--------------------|-------|-------------|------------------|-------------------------------|
| ნომ. № | გამოც. კუთხე, გრად | ნორმ. | ტანგენციური | ნომ. № | გამოც. კუთხე, გრად | ნორმ. | ტანგენციური | | |
| 1 | 30 | 9.4 | 16.4 | 4 | 45 | 43.4 | 43.4 | 8.4 | 38 |
| 2 | 30 | 8.5 | 14.7 | 5 | 45 | 33.7 | 33.7 | | |
| 3 | 30 | 9.1 | 15.5 | 6 | 45 | 38.7 | 38.7 | | |
| საშ. | | 9.0 | 15.6 | | | 38.6 | 38.6 | 8.4 | 38 |

დრეკადობის მოდული და პუასონის კოეფიციენტი, სიმტკიცე კუმშვაზე და რღვევის მახასიათებლები (რღვევის მოდული, განივი დეფორმაციების კოეფიციენტი და ნარჩენი სიმტკიცე) განისაზღვრება ცილინდრული ფორმის ნიმუშებზე (რომელთა სიმაღლე ორჯერ აღემატებოდა დიამეტრს) სპეციალურ ხელსაწყოში ე.წ. „ხისტ წნეში“ (სურ.1).

გამოცდის დროს დატვირთვა იზრდებოდა საფეხურებად და აღწევდა მრღვევი დატვირთვის 30 – 70%-ს. დატვირთვის სიჩქარე იყო სტანდარტული – 2% წუთში.

ქანის ნიმუშების ერთდერძა კუმშვაზე გამოცდის დროს აბსოლუტური გრძივი დეფორმაცია განისაზღვრებოდა ორივე ინდიკატორის ჩვენების საშუალო არითმეტიკული სიდიდით. აბსოლუტური განივი

დეფორმაცია შეადგენს ორი ინდიკატორის ჩვენების ჯამს.

დამაბულობების და დეფორმაციების პროპორციულობის მოდული (დრეკადობის მოდული) განისაზღვრებოდა ფორმულის მიხედვით:

$$E = \frac{(P_{\delta} - P_{\phi}) \cdot h_{\delta}}{S_{\delta} \Delta h_{\delta}} \text{ კგ/სმ}^2 \quad (1)$$

სადაც:

P_{δ} და P_{ϕ} არის ნიმუშზე ბოლო და საწყისი დატვირთვის მნიშვნელობები, კგ;

h_{δ} – ნიმუშის სიმაღლე, სმ;

S_{δ} – ნიმუშის განივკვეთის ფართობი, სმ²;

Δh_{δ} – ნიმუშის გრძივი აბსოლუტური დეფორმაცია P_{ϕ} -დან P_{δ} -მდე ცვლილების დროს, სმ.

პუასონის კოეფიციენტი განისაზღვრული იყო ფორმულით:

$$\mu = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'}$$

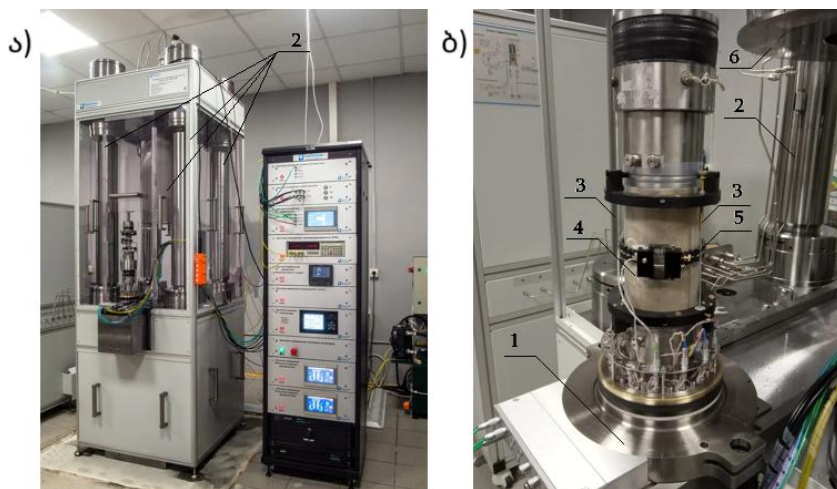
სადაც: ε'' არის ნიმუშის ფარდობითი დეფორმაცია, სმ;

ε' – აბსოლუტური განივი დეფორმაცია, სმ;

d_5 – ნიმუშის დიამეტრი, სმ.

სამაგრ კონსტრუქციაზე მოსული დატვირთვების დადგენის მიზნით გვირაბების გარშემო არადრეკადი დეფორმაციების რეალიზაციის დროს

განმსაზღვრელი როლი ენიჭება ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს, რომლებიც განსაზღვრავენ ქანების ფიზიკურ მდგრადობას, სიმტკიცისა და დეფორმირებადობის ცვლილების კანონზომიერებას (Lomtadze, V. 1989. *Laboratory methods for investigating the physical-mechanical properties of rocks*. 368 p.).

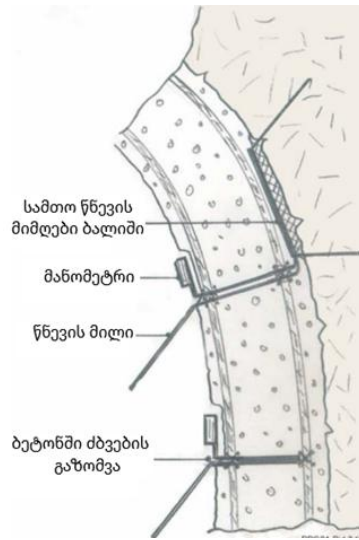


სურ. 1. ნიმუშების გამოსაცდელი დანადგარი: ა) წნეხი (მარცხნივ) გამზომი ბლოკით (მარჯვნივ); ბ) ქანის ნიმუშის გამოსაცდელი ბლოკი: 1 – ქვედა ფუძე; 2 – ოთხი ბიგი, რომლებზეც დამონტაჟებულია ზედა ფილა; 3 – ტრავერსები, მათზე დამაგრებული განივი ქანის ნიმუშის 4 – დეფორმაციების მზომი ინდიკატორებით; 5; 6 – ზედა ფილა.

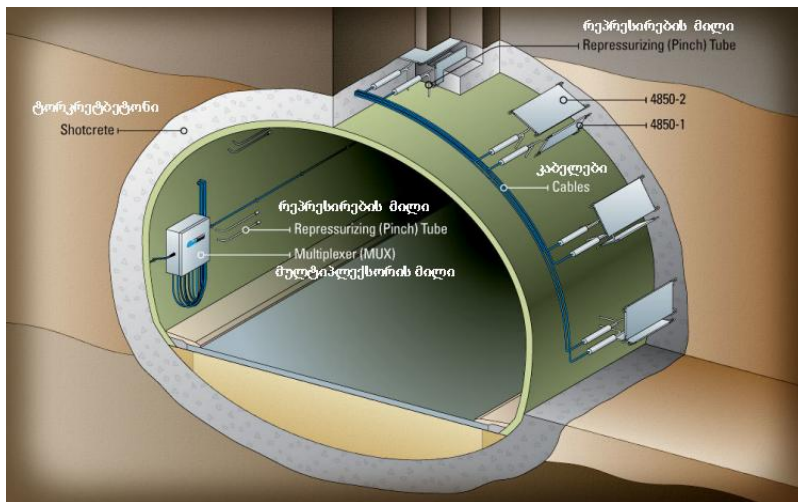
გვირაბის სამაგრ კონსტრუქციაზე მოსული დატვირთვების დადგენის მიზნით სტუ-ის შახტი-ლაბორატორიის სავენტილაციო შტრეკში დაყენებული იყო ლითონის სპეცპროფილის სამსეგმენტიანი თაღური ჩარჩო, რომლის უღლის ნაწილში დამონტაჟდა 5 მექანიკური დინამომეტრი (სურ. 2), რომელშიც მუშა სხეულად გამოყენებული იყო რეზინის საყელური ზომებით: $D_5=0.113$ მ; $d_5=0.006$ მ; $h_5=0.015$ მ. საყელურის ფართობი იყო 0.001 მ². სამთო წნევის სტაბილიზაციის შემდეგ ამოყვანილი იყო მონოლითური ბეტონის სამაგრი, რომელზეც ასევე

დამონტაჟდა ზეთის ბალიშებიანი დინამომეტრები. მე-3 სურ-ზე ნაჩვენებია დინამომეტრული სადგურის სქემა.

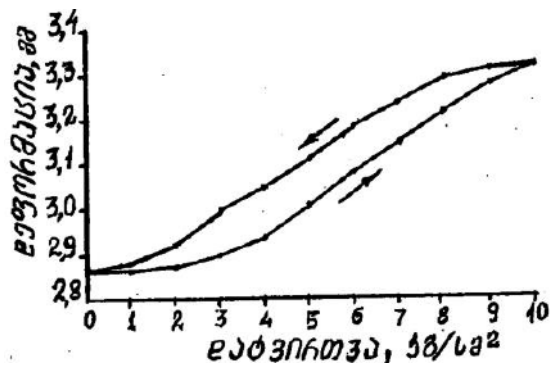
მექანიკური დომკრატებისა და ხელის ტუმბოს საშუალებით შესაძლებელი იყო სამაგრ ჩარჩოსა და გვირაბის ჭერს შორის წნევის ცვლილება, რაც ფიქსირდებოდა თვითჩამწერის საშუალებით. პარალელურად ფიქსირდებოდა სამაგრი ჩარჩოს დეფორმაციები. მიღებული შედეგები მოცემულია 4,5,6,7 სურათებზე და მე-4 ცხრილში.



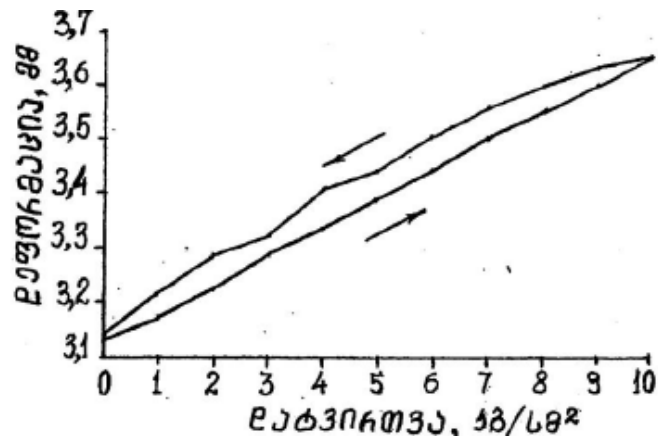
სურ. 2. მექანიკური დინამომეტრის სქემა.



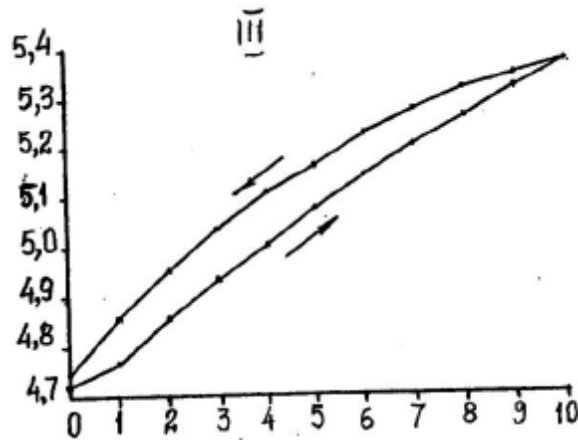
სურ.3. დინამომეტრული სადგურის სქემა.



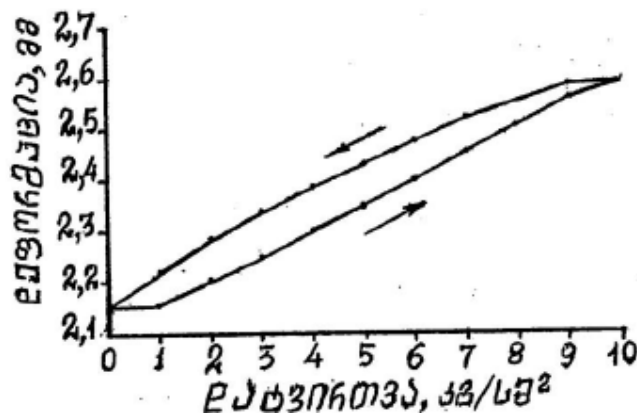
სურ.4. I დინამომეტრის თვითჩამწერის ჩვენება.



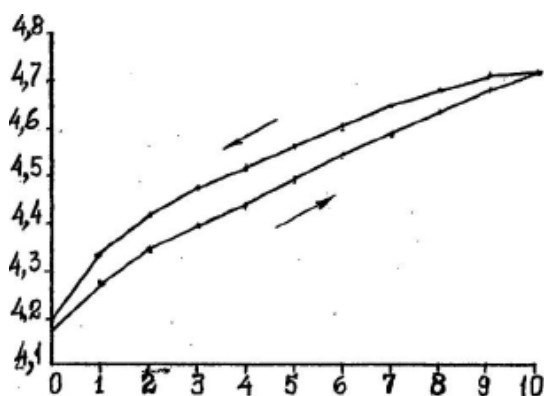
სურ.5. II დინამომეტრის თვითჩამწერის ჩვენება.



სურ.6. III დინამომეტრის თვითჩამწერის ჩვენება.



სურ.7. IV დინამომეტრის თვითჩამწერის ჩვენება.



სურ.8. V დინამომეტრის თვითჩამწერის ჩვენება.

ცხრილი 4

ტექნიკური უნივერსიტეტის შახტ-ლაბორატორიაში მოწყობილ გამზომ სადგურზე ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგები.

| წნევა, კგ/სმ ² | ინდიკატორის ჩვენება, მმ | | | | | | საშუალო | |
|------------------------------|-------------------------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| | დატვირ. | განტვირ. | დატვირ. | განტვირ. | დატვირ. | განტვირ. | დატვირ. | განტვირ. |
| | დინამომეტრი I | | | | | | | |
| 0 | 3.120 | 3.134 | 3.134 | 3.134 | 3.134 | 3.139 | 3.129 | 3.136 |
| 1 | 3.158 | 3.218 | 3.175 | 3.212 | 3.378 | 3.218 | 3.170 | 3.216 |
| 2 | 3.212 | 3.293 | 3.235 | 3.291 | 3.233 | 2.278 | 3.227 | 3.287 |
| 3 | 3.274 | 3.350 | 3.290 | 3.287 | 3.293 | 3.331 | 3.286 | 3.323 |
| 4 | 3.328 | 3.410 | 3.339 | 3.415 | 3.345 | 3.366 | 3.337 | 3.408 |
| 5 | 3.376 | 3.455 | 3.410 | 3.506 | 3.391 | 3.463 | 3.392 | 3.444 |
| 6 | 3.436 | 3.512 | 3.455 | 3.564 | 3.442 | 3.516 | 3.444 | 3.511 |
| 7 | 3.498 | 3.559 | 3.510 | 3.564 | 3.500 | 3.562 | 3.503 | 3.562 |
| 8 | 3.551 | 3.595 | 3.560 | 3.564 | 3.556 | 3.600 | 3.556 | 3.596 |
| 9 | 3.591 | 3.631 | 3.619 | 3.640 | 3.610 | 3.639 | 3.607 | 3.637 |
| 10 | 3.652 | 3.0 | 3.660 | - | 3.660 | - | 3.657 | — |
| | დინამომეტრი II | | | | | | | |
| 0 | 2.860 | 2.865 | 2.863 | 2.865 | 2.863 | 2.865 | 2.862 | 2.865 |
| 1 | 2.863 | 2.875 | 2.8665 | 2.870 | 2.866 | 2.875 | 2.865 | 2.873 |

| | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2 | 2.870 | 2.908 | 2.872 | 2.910 | 2.873 | 2.918 | 2.872 | 2.912 |
| 3 | 2.883 | 2.970 | 2.891 | 2.973 | 2.910 | 2.992 | 2.895 | 2.978 |
| 4 | 2.892 | 3.042 | 2.950 | 3.055 | 2.954 | 3.060 | 2.932 | 3.052 |
| 5 | 2.985 | 3.100 | 3.007 | 3.115 | 3.010 | 3.113 | 3.031 | 3.109 |
| 6 | 3.110 | 3.170 | 3.070 | 3.190 | 3.080 | 3.188 | 3.087 | 3.183 |
| 7 | 3.177 | 3.220 | 3.135 | 3.249 | 3.150 | 3.250 | 3.154 | 3.240 |
| 8 | 3.248 | 3.270 | 3.208 | 3.300 | 3.212 | 3.303 | 3.323 | 3.291 |
| 9 | 3.312 | 3.312 | 3.265 | 3.337 | 3.272 | 3.300 | 3.283 | 3.316 |
| 10 | 3.332 | - | 3.340 | - | 3.300 | - | 3.324 | - |
| დინამომეტრი III | | | | | | | | |
| 0 | 4.702 | 4.727 | 4.727 | 4.745 | 4.744 | 4.755 | 4.724 | 4.742 |
| 1 | 4.730 | 4.842 | 4.778 | 4.856 | 4.778 | 4.860 | 4.762 | 4.853 |
| 2 | 4.817 | 4.940 | 4.870 | 4.950 | 4.880 | 4.956 | 4.856 | 4.849 |
| 3 | 4.891 | 5.020 | 4.950 | 5.042 | 4.968 | 5.050 | 4.936 | 5.037 |
| 4 | 4.960 | 5.088 | 5.021 | 5.117 | 5.035 | 5.122 | 5.005 | 5.109 |
| 5 | 5.031 | 5.150 | 5.090 | 5.175 | 5.100 | 5.180 | 5.074 | 5.168 |
| 6 | 5.101 | 5.212 | 5.160 | 5.238 | 5.172 | 5.242 | 5.144 | 5.231 |
| 7 | 5.172 | 5.260 | 5.218 | 5.284 | 5.235 | 5.292 | 5.208 | 5.279 |
| 8 | 5.238 | 5.300 | 6.267 | 5.325 | 5.293 | 5.335 | 5.226 | 5.320 |
| 9 | 5.301 | 5.340 | 5.333 | 5.365 | 5.352 | 5.370 | 5.329 | 5.358 |
| 10 | 5.361 | - | 5.378 | - | 5.391 | - | 5.377 | 5.0 |
| დინამომეტრი IV | | | | | | | | |
| 0 | 2.140 | 2.152 | 2.150 | 2.160 | 2.160 | 2.160 | 2.150 | 2.157 |
| 1 | 2.150 | 2.212 | 2.162 | 2.225 | 2.168 | 2.218 | 2.160 | 2.218 |
| 2 | 2.190 | 2.277 | 2.208 | 2.294 | 2.217 | 2.288 | 2.205 | 2.286 |
| 3 | 2.236 | 2.330 | 2.250 | 2.343 | 2.261 | 2.335 | 2.249 | 2.336 |
| 4 | 2.296 | 2.378 | 2.294 | 2.388 | 2.308 | 2.383 | 2.298 | 2.383 |
| 5 | 2.330 | 2.420 | 2.350 | 2.433 | 2.356 | 2.431 | 2.345 | 2.428 |
| 6 | 2.338 | 2.466 | 2.405 | 2.484 | 2.414 | 2.480 | 2.402 | 2.478 |
| 7 | 2.442 | 2.512 | 2.458 | 2.529 | 2.465 | 2.522 | 2.455 | 2.521 |
| 8 | 2.490 | 2.550 | 2.515 | 2.567 | 2.515 | 2.555 | 2.507 | 2.557 |
| 9 | 2.550 | 2.582 | 2.570 | 2.520 | 2.570 | 2.590 | 2.563 | 2.587 |
| 10 | 2.590 | - | 2.590 | - | 2.605 | - | 2.595 | - |

დასკვნა

მიღებული შედეგები განსაკუთრებით საინტერესო იქნება სამთო ტექნოლოგიების მიმართულების მკვლევარებისათვის, მაგისტრანტებისა და დოქტორანტებისათვის. მათ საშუალება ეძლევათ აწარმოონ სამთო წნევისა და სამაგრზე მოსული

დატვირთვების ანგარიში ლაბორატორიის სხვადასხვა დანიშნულების გვირაბისათვის და შეამოწმონ თავიანთი თეორიული კვლევების შედეგების სისწორე ნატურული კვლევებით მიღებულ შედეგებთან შედარებით.

ლიტერატურა

1. Lomtadze, V. (1989). *Laboratory methods for investigating the physical-mechanical properties of rocks* (368 p.). Tbilisi, Georgia: Ganatleba Publishing.

UDC 622.2:622.34:550.34

SCOPUS CODE 2215

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2026-2-164-174>

Experimental Investigation of Mechanical Processes in Rocks Surrounding the Tunnels of the Shaft Laboratory at the Georgian Technical University

Lavrenti Gudavadze Georgian Technical University Faculty of mining, geology and sustainable mountain development, professor, Georgia
E-mail: z.gudavadze@gtu.ge

Reviewers:

I. Gujabidze, Georgian Technical University, faculty of mining, geology and sustainable mountain development, professor

E-mail: I.k.gujabidze@gmail.com

Z. Lebanidze, Georgian technical university, faculty of mining, geology and sustainable mountain development, associate professor

E-mail: z.lebanidze@gtu.ge

Abstract. The paper presents experimental investigations of mechanical processes in rocks surrounding the tunnels of the Shaft Laboratory at the Georgian Technical University. Laboratory tests were performed on sandstones to determine physical-mechanical properties including density, specific mass, porosity, moisture, uniaxial compressive and tensile strength, cohesion, internal friction angle, modulus of elasticity, Poisson's ratio, and frost resistance. Additionally, the study evaluated loads acting on the tunnel support structures using mechanical dynamometers and a special test frame. The obtained results are of high relevance for researchers in mining technologies, as they enable verification of theoretical models and calculations of mining pressure and support loads for different tunnel types, based on real experimental data.

Keywords: Cohesion; Experimental investigation; Internal friction angle; Laboratory testing; Mining pressure; Modulus of elasticity; Physical-mechanical properties of rocks; Poisson's ratio; Porosity; Sandstone; Strength (compressive and tensile); Tunnel support.

განხილვის თარიღი 05.02.2026

შემოსვლის თარიღი 12.02.2026

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.06.2026