

საქართველოს
საინჟინრო
სიახლენი

სსს

1'23

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

GEN

ISSN 1512-0287

საქართველოს
საინჟინერო
სიანხლენი

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

N1, vol. 97, 2023

საქართველოს საინჟინრო სიახლენო GEORGIAN ENGINEERING NEWS, vol. 97, 2023

საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია
საქართველოს საინჟინრო აკადემია

მთავარი რედაქტორი: არჩილ ფრანგიშვილი

სარედაქციო კოლეგია

- პ. ბიელიკი (სლოვაკეთი), ბ. გუსევი (რუსეთი), ნ. ედილბერტო (პერუ), ი. ემრი (სლოვაკეთი),
ა. ვასილევი (უკრაინა), ლ. ივანოვი (რუსეთი), ა. კაბულოვი (უზბეკეთი),
ბ. კატალინიჩი (ავსტრია), ვ. კეკელიძე (რუსეთი), პ. კერვალიშვილი (საქართველო),
კ. კოჟოგულოვი (ყირგიზეთი), ს. მინასიანი (სომხეთი), ო. ნამიჩეიშვილი (საქართველო),
პ. ნიკიტენკო (ბელარუსია), დ. ნოვიკოვი (რუსეთი), ა. პაშაევი (აზერბაიჯანი),
რ. ჯინევიჩიუსი (ლიტვა), ბ. ჟუმბაგულოვი (ყაზახეთი), ლ. საიდმუროდოვი (ტაჯიკეთი),
რ. შრაფტი (გერმანია), დ. ჩომახიძე (საქართველო), გ. ჯავახაძე (საქართველო),
ა. ჯანახმადოვი (აზერბაიჯანი)

სარედაქციო საბჭო

დ. გორგიძე, ა. დოლიძე, ქ. მახაშვილი, თ. საჩანელი

International Engineering Academy Georgian Engineering Academy

Editor-in-Chief: Archil Prangishvili

EDITORIAL BOARD

N. Edilberto (Peru), D. Chomakhidze (Georgia), G. Javakhadze (Georgia), A. Janahmadov (Azerbaijan),
P. Bielik (Slovakia), B. Gusev (Russia), I. Emri (Slovenia), L. Ivanov (Russia), A. Kabulov (Uzbekistan),
K. Kozhogulov (Kyrgyz Republic), B. Katalinich (Austria), P. Kervalishvili (Georgia),
V. Kekelidze (Russia), S. Minasyan (Armenia), R. Ginevičius (Lithuania), O. Namicheishvili (Georgia),
P. Nikitenko (Belarus), D. Novikov (Russia), A. Pashayev (Azerbaijan), L. Saidmurodov (Tajikistan),
R. Shraft (Germany), A. Vasiliev (Ukraine), B. Zhumagulov (Kazakhstan).

EDITORIAL STAFF:

D. Gorgidze, A. Dolidze, K. Makhashvili and T. Sachaneli

Georgian Engineering News (GEN)LTD

DOI: <https://doi.org/10.36073/1512-0287>

Address: TECHINFORMI, St. Kostava 47, Tbilisi 0179

Tel.: 995 (32) 2335315, 2335122

Fax: 995 (32) 2335122

[e-mail:nellym@caucasus.net](mailto:nellym@caucasus.net)

Internet: www.tech.caucasus.net

Copyright © by GEN LTD

სარჩევი

ფუნქციონირება კლასები და კომპლენიკოვის ჯერად მუშაობა ახსოვსუთური კრეპალობა <i>სხირტლაძე ი.ა.</i>	7
მილსაღენის მცირე თავისუფალი რხევების არაწრფივ ბანტოლეგაბათა სისტიემის დაყვანა წრფივ ერთგვაროვან ბანტოლეგაბათა სისტიემას <i>სულაბერიძე მ.მ., არქანიას ზ.მ.</i>	9
პარალელური გამოთვლითი სისტიემის ფუნქციონირების ანალიზი მისი საიმედოობის ბათვალისწინებით <i>ნამჩვეაძე ც.ვ.</i>	15
CLOUD BASED AUTOMATED CORPORATE DOCUMENT FLOW PLATFORM <i>Aiymbet R.T., Kenzhebayeva Zh.E., Abdrakhmanova A.Z. and Kazieva G.D.</i>	19
სამონიტორინგო გეგმური ძეგლის საყრდენი კუნძულების ბანსაზღვრა თანამგზავრული ტექნოლოგიების გამოყენებით <i>სულაბერიძე გ.ფ., ჭიაურელი გ.გ., საღუნისვილი მ.ა., პაპავა დ.გ., გელაშვილი მ.ა.</i>	22
სადერივაციო გვირაბის კუთხურ-ხაზოვანი ბაზოგვების უზრუნველყოფა თანამგზავრული ტექნოლოგიების გამოყენებით <i>სულაბერიძე გ.ფ.</i>	27
საქართველოს სატრანზიტო დერეფნის სიტუაციური ანალიზი და რეინჟინირების ამოცანის ძირითადი ასპექტები <i>ხუციშვილი ს.ა., გასიტაშვილი ზ.ა., გორგიძე დ.ა., ხართიშვილი მ.პ., ხუციშვილი ლ.ს.</i>	30
ამერიკული ოფციონის მოდელირება რთული პროცენტით <i>მახაშვილი ქ.ა., ტყემალაძე გ.შ., ხეჩინაშვილი ზ., დოჭვირი ბ.მ.</i>	36
ხელოვნური ინტელექტის ზოგიერთი რჩეული მაბალითი <i>ნამიჩეიშვილი ო.მ., გოგიაშვილი ჟ.გ., რამაზაშვილი მ.თ.</i>	41
CHARACTERISTICS OF PIN PHOTODIODES FABRICATED ON InGaAs/InP EPITAXIAL STRUCTURES OF VARIOUS TYPES <i>Khuchua N.P., Tutunjyan A.A., Dolidze N.D., Sakharova T.B., Melkadze R.G., Sanikidze L.P., Ksaverieva M.V., Melikyan M.N. and Gogorishvili I.G.</i>	48
დედამიწის ქერქის ფორმირება <i>მესხი გ.გ., ზედგინძე რ.შ.</i>	56
უძრავი კრისტალიზატორის სქემით სავირო დენის ბანბაროშება ლითონების ელექტროფილური ბადადნობისათვის <i>სილაგაძე ს.რ., ზივზივაძე ლ.ბ., შალამბერიძე მ.შ.</i>	59
საშეშე მერქნის წვის პროცესი და საყოფაცხოვრებო შეშის დუმილების ერბოეშეტურება <i>ქეხიშვილი ნ.ა., ჯიშკარიანი თ.ს., არაბიძე ხ.თ., ჯავანაშვილი ნ.ბ., ყვავიაშვილი თ.მ.</i>	65
მადანთერგული ელექტროკალური დუმილის ტემპერატურული რეჟიმი <i>ჯულუხიძე ა.გ., ჭუმბაძე მ.თ., სიგუა ლ.რ.</i>	73

სილიკომანბანუმის კაზიმების ელექტროფინალობა <i>ჯულუხიძე ა.გ., ნიკოლაიშვილი გ.უ., ჭუმბაძე მ.თ.</i>	75
ოპტიკური ინფორმაციის ჩაწერა ოპტიკურად აქტიურ ქოლესტერულ თხევადკრისტალურ ფენაში <i>თაგზარაშვილი ს.პ., არონიშიძე მ.ნ., ჩუბინიძე ქ.რ., პეტრიაშვილი გ.შ., ფონჯავიძე ნ.თ., ზურაბიშვილი ც.ი., ჭანიშვილი ა.გ.</i>	77
ახალი ფელგენილობის ფხვნილგულა მავთულით ცვეთა და კოროზიამდებობი დანაზარების მიღება <i>მირიჯანაშვილი ზ.მ., დადიანიძე გ.ა., მიქაბერიძე მ.პ., შარაშენიძე ჯ.ა., გაბუნია ვ.გ., უკლება ქ.ზ.</i>	80
NiCl ₂ -CrCl ₃ -Cr ₇ C ₃ სისტემის თერმოდინამიკური ანალიზი ალუმინოთერმიით ქრომ-ნიკელის შემცველი ფხვნილების მისაღებად <i>უკლება ქ.ზ., მირიჯანაშვილი ზ.მ.</i>	88
DESIGN SOLAR POWER PLANT AT THE RIVER KHVIRILA <i>Kapanadze G.L., Tsinadze Z.O. and Bagration-Davitashvili A.N.</i>	92
DESIGN OF SOLAR PANELS ON ENGURI DAM AND JVARI RESERVOIR <i>Kapanadze G.L., Tsinadze Z.O. and Bagration-Davitashvili A.N.</i>	97
„ხობი 2 ჰესი“-ს ჰიდროტექნიკური კომპლექსის სამშენებლო მოედნის საინჟინრო-ჰიდროგეოლოგიური პირობები <i>ნაცვლიშვილი მ.გ.</i>	103
მიგრო-ჰესების ჰიდროტურბინის ტიპის შერჩევის პრინციპი <i>ჯოხაძე პ.დ., გოქაძე დ.გ.</i>	108
სადაწნეო საკანში წყლის ნაპადის ტურბულენტური რეჟიმის თეორიული დახასიათება <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., კეჟერაშვილი მ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ებანოძე ლ.ო.</i>	111
ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ნანოფილტრაციული პროცესების კვლევის ზოგიერთი საკითხის აღზიარებრივი და სავითარებრივ მდგომარეობის ანალიზი <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., თანანაშვილი ლ.ა., ყუფარაძე ლ.პ., კეჟერაშვილი მ.გ.</i>	114
ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ახალი №132 ჯაბურდის ქიმიური კვლევა 0-1000 მ სიღრმის ინტერვალში <i>შაგვულიძე ნ.ა., აფციაური ლ.გ.</i>	116
ნიტრატ-იონებისაგან წყლის გაწმენდის ზოგიერთი მეთოდის შესახებ <i>ქოზაშვილი თ.ი., მურჯიკიანი გ.გ., ტომარაძე ო.კ., სტეფანაძე ი.ს.</i>	120
საყდრისის საბადოს მადნის გამდიდრება ფლოტაციური მეთოდით <i>გელეიშვილი ი.თ., დემეტრაძე მ.ბ., ბაგრატიონი ნ.ჯ.</i>	123
საერთო იონის ეფექტის კვლევა სუსტი მჟავას წონასწორობულ ხსნარში <i>ბერძენიშვილი ი.გ., რაზმაძე მ.თ., გელიაშვილი ზ.ე., ჯიქიძე ქ.კ.</i>	126

ღვინოების პოლიმერული ნაერთების შედგენილობის ქრომატოგრაფიული კვლევა <i>შათირიშვილი შ.ი., ჩხარტიშვილი ნ.ნ.</i>	128
ფენოლკარბონმჟავების ბანსაზღვრა ღვინოებში თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის მეთოდით, გამოსავალი სინჯის წინასწარი დაცილებით <i>შათირიშვილი შ.ი., კილაძე მ.თ., შათირიშვილი ი.შ.</i>	131
კაპისტონისა და ვერმენტინოს ღვინის ბიოქიმიური მახასიათებლების შესწავლა <i>სორდია ე.კ., ძნელაძე ს.ჯ., ბუცხრიკიძე ე.ლ., სამიტაშვილი თ.ვ., ქებულაძე ე.ლ.</i>	133
წყავის ნაყოფში მიმდინარე ცვლილებები სხვადასხვა პირობებში შენახვისას <i>სურმანიძე დ.დ., გვასალია ლ.ე.</i>	136
წიწიბურას პური წიკვის ფქვილის დანამატით <i>ფარჯანაძე ტ.მ., სორდია ე.კ., ძნელაძე ს.ჯ., დოლიძე მ.გ., მამარდაშვილი ნ.გ.</i>	142
მერძნიან მცენარეთა ბაქტერიული დაავადებები <i>ყანჩაველი შ.ს., პავლიაშვილი ქ.მ., ჩაჩხიანი-ანასაშვილი ნ.რ.</i>	145
ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ НА РАЗВИТИЕ БОЛЕЗНИ РАСТЕНИЙ <i>Канчавели Ш.С.</i>	150
თანამედროვე ტენდენციები შინაურ ფრინველთა კეთილდღეობის საკითხებში <i>ჩოხელი ნ.თ.</i>	154
ბივი ცინცაკე 90	157
ლევან გუჯირი	159

ფუნქციათა კლასები და კოტელნიკოვის ჯერად მწკრივთა აბსოლუტური კრებალობა

სხირტლაძე ი.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ვ. ჭავჭავაძის კიბერნეტიკის ინსტიტუტი

განსაზღვრა 1. კოტელნიკოვის მწკრივები ეწოდება შემდეგი სახის მწკრივებს.

$$\sum_{i=1}^{\infty} t_i \frac{\sin(x-i\pi)}{x-i\pi}, \sum_{k=1}^{\infty} t_k \frac{\sin(y-k\pi)}{y-k\pi}, \sum_{i,k=1}^{\infty} t_{ik} \frac{\sin(x-i\pi)}{x-i\pi} \frac{\sin(y-k\pi)}{y-k\pi} \quad (1)$$

ნაშრომის მიზანია $t_i, t_k, t_{i,k}$ კოეფიციენტებზე გარკვეულ მოთხოვნათა საფუძველზე დადგინდეს კოტელნიკოვის (1) ფუნქციონალური მწკრივის აბსოლუტური კრებალობა.

განსაზღვრა 2. ვთქვათ $f(x, y)$ ფუნქცია განსაზღვრულია $[0,1;0,1]$ კვადრატზე. შემოვიღოთ $f(x, y)$ ფუნქციასთან დაკავშირებული ფუნქცია:

$$U_f^{(1)}(x) = \bigcup_{0 \leq y \leq 1} f(x, y), \quad U_f^{(2)}(y) = \bigcup_{0 \leq x \leq 1} f(x, y)$$

თუ ჩვენს მიერ შემოტანილი ფუნქციები $U_f^{(1)}(x)$ და $U_f^{(2)}(y)$ არიან ინტეგრებადი ფუნქციები ლებეგის აზრით მაშინ $f(x, y)$ - ფუნქციას ეწოდება ტონელის აზრით სასრული ვარიაციის ფუნქცია. შემოვიღოთ შემდეგი სიდიდეები

$$\omega(2^m, 2^n, f) = \sup_{\substack{|n_1| \leq \frac{1}{m} \\ |n_2| \leq \frac{1}{n}}} \left(2^{m+n} \int_0^1 \int_0^1 |f(x+n, y+n) - f(x, y)|^2 dx dy \right)^{\frac{1}{2}} \mathbb{F}$$

$$\omega_1(2^m, f) = \sup_{|n_1| \leq \frac{1}{m}} \left(2^m \int_0^1 \int_0^1 |f(x+n, y) - f(x, y)|^2 dx dy \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\omega_2(2^n, f) = \sup_{|n_2| \leq \frac{1}{n}} \left(2^n \int_0^1 \int_0^1 |f(x, y+n) - f(x, y)|^2 dx dy \right)^{\frac{1}{2}}$$

ამ სიდიდეების გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს 1-ძირითადი თეორემის ჩამოყალიბებაში.

თუ ჩვენ გარკვეული აზრით დაუკავშირებთ კოტელნიკოვის მწკრივის $t_i, t_k, t_{i,k}$ კოეფიციენტებს, მაშინ ადგილი აქვს 1-ძირითად თეორემას.

თეორემა 1. თუ $f(x, y)$ ფუნქცია ტონელის აზრით სასრული ვარიაციის

ფუნქციაა $[0,1;0,1]$ კვადრატზე და მწკრივები $\sum_{i=1}^{\infty} t_i = \sum_{m=1}^{\infty} \sqrt{\omega_1(2^m, f)}$;

$\sum_{k=1}^{\infty} t_k = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{\omega_2(2^n, f)}$; $\sum_{i,k=1}^{\infty} t_{ik} = \sum_{m,n=1}^{\infty} \sqrt{\omega(2^m, 2^n, f)}$, კრებადია, მაშინ კოტელნიკოვის (1)

ჯერადი ფუნქციონალური მწკრივი აბსოლუტურად კრებადია.

განსაზღვრა 3. ვთქვათ $f(x, y)$ ფუნქცია განსაზღვრულია $R = [a, b; c, d]$ მართკუთხედზე. დაეცოდ R -მართკუთხედი ნაწილებად წერტილების საშუალებით $Q_{i,k} = [x_{i-1} \leq x < x_i; y_{i-1} \leq y < y_k]$ $i = 1, 2, \dots, m$ $k = 1, 2, \dots, n$

ამ წერტილების საშუალებით შევადგინოთ ორმაგი ჯამი

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n |f(x_i, y_k) - f(x_i, y_{k-1}) - f(x_{i-1}, y_k) + f(x_{i-1}, y_{k-1})| \leq M \quad (2)$$

თუ არსებობს ისეთი დადებითი M -მუდმივა, რომლისთვისაც (2) უტოლობა სრულდება R -მართკუთხედის ნებისმიერი დაყოფისათვის, მაშინ ვიტყვით, რომ $f(x, y)$ ფუნქცია სასრული ვარიაციის ფუნქციაა. ვიტალის აზრით შემოვიღოთ სიდიდეები

$$A_m(f) = \left(2^m \int_0^1 \int_0^1 \left| f\left(x + \frac{1}{2^m}, y\right) - f(x, y) \right| dx dy \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$B_n(f) = \left(2^n \int_0^1 \int_0^1 \left| f\left(x, y + \frac{1}{2^n}\right) - f(x, y) \right| dx dy \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$C_{mn}(f) = \left(2^{m+n} \int_0^1 \int_0^1 \left| \Delta f\left(x, y, \frac{1}{2^m}, \frac{1}{2^n}\right) \right| dx dy \right)^{\frac{1}{2}}$$

სადაც $\Delta f\left(x, y, \frac{1}{2^m}, \frac{1}{2^n}\right) = f\left(x + \frac{1}{2^m}, y + \frac{1}{2^n}\right) - f\left(x + \frac{1}{2^m}, y\right) - f\left(x, y + \frac{1}{2^n}\right) + f(x, y)$

ეს ოპერაცია ხშირად იხმარება მათემატიკაში. სხვაგვარად მას ოთხ სხვაობასაც უწოდებენ.

მეორე ძირითადი თეორემა მდგომარეობს შემდეგში.

თეორემა 2. თუ $f(x, y)$ არის სასრული ვარიაციის ფუნქცია ვიტალის აზრით $[0,1;0,1]$ კვადრატზე და მწკრივები

$$\sum_{i=1}^{\infty} t_i = \sum_{m=1}^{\infty} A_m(f), \quad \sum_{k=1}^{\infty} t_k = \sum_{n=1}^{\infty} B_n(f); \quad \sum_{i,k=1}^{\infty} t_{ik} = \sum_{m,n=1}^{\infty} C_{mn}(f)$$

კრებადია, მაშინ კოტელნიკოვის (1) ჯერადი ფუნქციონალური მწკრივი აბსოლუტურად კრებადია.

ამრიგად, თეორემები ერთი და ორი იძლევიან საკმარის პირობებს იმისათვის, რომ (1) მწკრივი წარმოადგენს აბსოლუტურად კრებად მწკრივს.

ლიტერატურა

1. S.Saks. Theoriya integrala. M., 1949, 267 p.
2. Qelidze V.G. Proceeding of Tbilise institute of mathematics 1959. XXVI pp. 91-100.

SUMMARY

CLASSES OF FUNCTIONS AND THE ABSOLUTE SET OF KOTELNIKOV MULTIPLE ROWS

Skhirtladze I.A.

V. Chavchanidze Institute of Cybernetics Georgian Technical University

The question of the absolute collection of Kotelnikov multiple rows is discussed. Auxiliary functions are functions of finite variation according to Tonelli and Vitali. Sufficient conditions for absolute convergence are given.

Keywords: absolute set, finite variation

მილსადენის მცირე თავისუფალი რხევების არაწრფივ განტოლებათა სისტემის დაყვანა წრფივ ერთგვაროვან განტოლებათა სისტემაზე

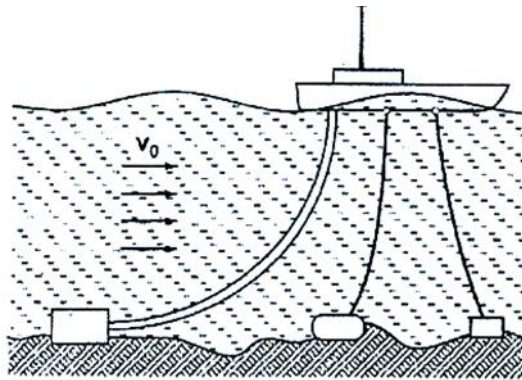
სულაბერიძე მ.მ., არქანია ზ.მ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

აბსოლუტურად მოქნილი მილსადენები, შლანგები, მოქნილი დეროები ფართოდ გამოიყენება ტექნიკის სხვადასხვა დარგში. მათ მიეკუთვნება: ელექტროგადამცემი ხაზები, სითხის სატუმბი შლანგები; მილსადენები ზღვიდან სასარგებლო წიაღისეულის ამოსაქაჩად, საზღვაო პორტებში შესასვლელი არხის გასასუფთავებლად, მოქნილი დეროები რადიატორებში და კოსმოსურ საკაბელო სისტემაში და ა.შ. ამ შეთხვევაში მილსადენებზე (დეროებზე) ერთდროულად მოქმედებენ შეყურსული ძალები და განაწილებული ჰიდროდინამიკური (აეროდინამიკური) ძალები, ამიტომ მოსალოდნელია მილსადენში მაქსიმალური ძაბვის – მნიშვნელოვანი ზრდა, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მილსადენის რღვევა, რაც ხშირად დაკავშირებულია დიდ ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ ზარალთან.

აბსოლუტურად მოქნილი დეროების (მილსადენების) მექანიკაში ინტენსიურად მუშაობდნენ და მუშაობენ პროფ. ვ.ა. სვეტლიცკი და მისი მოწაფეები

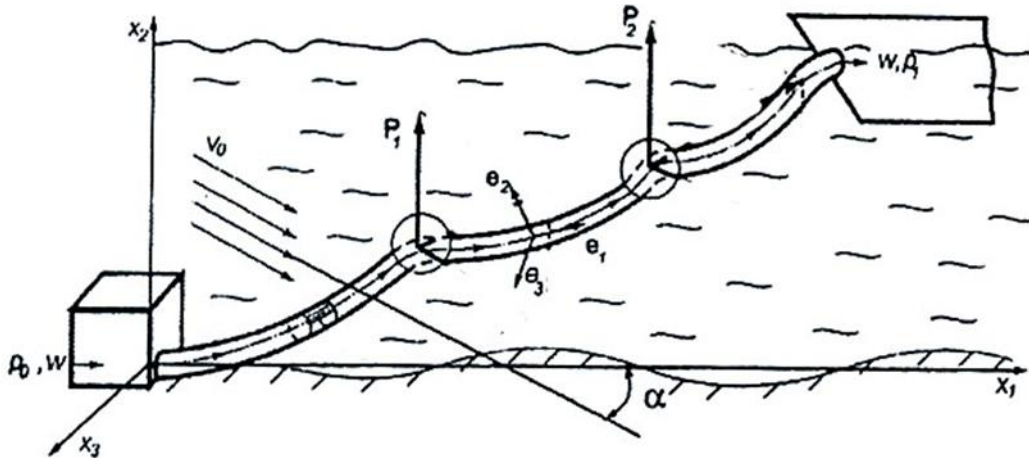
მათ შეისწავლეს აბსოლუტურად მოქნილი დეროების (შლანგების) სტატიკისა და დინამიკის მრავალი ამოცანა, მიუხედავად ამისა მილსადენების (შლანგების) მექანიკის ბევრი პრობლემა ჯერ კიდევ სრულყოფილად არ არის გამოკვლეული, მაგალითად, ამოცანები, რომლებიც დაკავშირებულია ნავსადგურების შესასვლელი არხების გაწმენდისა და გაღრმავების საკითხებთან. ამ საკითხების წარმატებით გადაწყვეტა მაგალითად ქ. ფოთის ნავსადგურის ყოველწლიურად ასეულ ათასობით დოლარის ეკონომიას მოუტანს.



ნახ. 1. ნავსადგურის შესასვლელი არხის გაწმენდის პროცესი

ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია ნავსადგურის შესასვლელი არხის გაწმენდის პროცესი, გრუნტის ამოღება ზღვის ფსკერიდან [9].

წინამდებარე ნაშრომში შემოთავაზებულია მილსადენის მცირე რხევების არაწრფივ განტოლებათა სისტემის დაყვანა წრფივ ერთგვაროვან განტოლებათა სისტემაზე, რაც მნიშვნელოვნად გაამარტივებს მილსადენის რხევის ფორმებისა და სიხშირეების განსაზღვრას, რომლებიც საშუალებას იძლევიან ამოიხსნას მილსადენების (შლანგების) დინამიკის ამოცანები და წარმატებით გადაიჭრას ზემოთ ხსენებული პრაქტიკული საკითხები.



ნახ.2 მილსადენის საანგარიშო სქემა

ნახ.2-ზე მოცემულია მილსადენის საანგარიშო სქემა, რომლის დანიშნულებაცაა ზღვის ფსკერიდან გრუნტის ამოღება კვანძებზე მოდებულია შეყურსული ძალები p_i [9].

ვსარგებლობთ იდეალური სითხის სტაციონარული ნაკადით სავსე მილსადენის მცირე რხევების განტოლებებით, რომლებიც მოცემულია ვ.ა. სვეტლოცკის მონოგრაფიაში [9], დეკარტეს კოორდინატა $x_j (j=1,2,3)$ სისტემაში გვაქვს შემდეგი განტოლებათა სისტემა (ჩაწერილი უგანზომილები ფორმით):

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 Ux_1}{\partial \tau^2} + 2n, W_0 \frac{\partial^2 Ux_1}{\partial \varepsilon \partial \tau} = \frac{\partial}{\partial \varepsilon} \left(\Delta Q_1 \frac{\partial x_{10}}{\partial \varepsilon} \right) + \frac{\partial}{\partial \varepsilon} \left(Q_{10}^{(1)} \frac{\partial Ux_1}{\partial \varepsilon} \right) \\ \frac{\partial^2 Ux_2}{\partial \tau^2} + 2n, W_0 \frac{\partial^2 Ux_3}{\partial \varepsilon \partial \tau} = \frac{\partial}{\partial \varepsilon} \left(\Delta Q_1 \frac{\partial x_{20}}{\partial \varepsilon} \right) + \frac{\partial}{\partial \varepsilon} \left(Q_{10}^{(1)} \frac{\partial Ux_2}{\partial \varepsilon} \right) \\ \frac{\partial Ux_3}{\partial \tau^2} + 2n, W_0 \frac{\partial^2 Ux_3}{\partial \varepsilon \partial \tau} = \frac{\partial}{\partial \varepsilon} \left(\Delta Q_1 \frac{\partial x_{30}}{\partial \varepsilon} \right) + \frac{\partial}{\partial \varepsilon} \left(Q_{10}^{(1)} \frac{\partial Ux_3}{\partial \varepsilon} \right) \end{cases} \quad (1)$$

$$x'_{10} U'_{x_1} + x'_{20} U'_{x_2} + x'_{30} U'_{x_3} = 0 \quad (2)$$

სადაც U_{x_j} – მილსადენის ღერძული წირის წერტილების გადაადგილების ვექტორის კომპონენტებია; W_0 – სითხის შიგა ნაკადის გასაშუალებელი სიჩქარე; Q_{10} – ღერძული (სტატიკური) ძალვა მილსადენში; ΔQ_1 – ღერძული ძალვის დინამიკური მდგენელი, n_1 – უგანზომილებო კოეფიციენტი $\left(n_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \right)$; (m_1 და m_2 – მილსადენის და სითხის შიგა ნაკადის ერთეული სიგრძეზე მოსული განაწილებული მასები);

$\tau = p_0 \cdot t$ – უგანზომილებო დრო; $p_0 = \left(\frac{g}{l} \right)^{\frac{1}{2}}$ l – მილსადენის სიგრძე; g – სიმძიმის ძალის აჩქარება;

x_{j0} – სტატიკური წონასწორობის მდგომარეობაში მილსადენის ღერძული წირის წერტილების კოორდინატები.

(1) და (2) განტოლებათა სისტემის ამოხსნისას განისაზღვრება $\overline{\Delta Q_1}$, ვექტორის კომპონენტები დეკარტის ღერძზე ΔQ_{xj} , ამიტომ მივიღებთ განტოლებებს, რომლებიც შეიცავენ ΔQ_{xj} სიდიდეებს.

რადგანაც

$$Q_{xj} = Q_1 \frac{\partial x_j}{\partial \varepsilon} \quad (3)$$

(3)-ის ვარირებით მივიღებთ

$$\Delta Q_{xj} = Q_{10} \frac{\partial U_{xj}}{\partial \varepsilon} + \Delta Q_1 \frac{\partial X_{j0}}{\partial \varepsilon} \quad (4)$$

(4) განტოლებათა სისტემიდან (2) განტოლების და

$$\sum_{j=1}^3 x_{j0}'^2 = 1$$

პირობის გათვალისწინებით მივიღებთ სამ განტოლებას შემდეგი სახით:

$$\begin{cases} \frac{\partial U_{x_1}}{\partial \varepsilon} + \frac{x_{10}'^2 - 1}{Q_{10}} \Delta Q_{x_1} - \frac{x_{10}' x_{20}'}{Q_{10}} \Delta Q_{x_2} + \frac{x_{10}' x_{30}'}{Q_{10}} \Delta Q_{x_3} = 0 \\ \frac{\partial U_{x_2}}{\partial \varepsilon} + \frac{x_{20}' x_{10}'}{Q_{10}} \Delta Q_{x_1} - \frac{x_{20}'^2 - 1}{Q_{10}} \Delta Q_{x_2} + \frac{x_{20}' x_{30}'}{Q_{10}} \Delta Q_{x_3} = 0 \\ \frac{\partial U_{x_3}}{\partial \varepsilon} + \frac{x_{30}' x_{10}'}{Q_{10}} \Delta Q_{x_1} + \frac{x_{30}' x_{20}'}{Q_{10}} \Delta Q_{x_2} - \frac{x_{30}'^2 - 1}{Q_{10}} \Delta Q_{x_3} = 0 \end{cases} \quad (5)$$

(1) სისტემის მარჯვენა მხარეები

$$\frac{\partial}{\partial \varepsilon} \left(\Delta Q_1 \frac{\partial x_{j0}}{\partial \varepsilon} \right) + \frac{\partial}{\partial \varepsilon} \left(\Delta Q_{10}^{(1)} \frac{\partial U_{xj}}{\partial \varepsilon} \right)$$

(4) პირობის გათვალისწინებით მიიღებს სახეს

$$\frac{\partial}{\partial \varepsilon} \left[\Delta Q_1 \frac{\partial x_{j0}}{\partial \varepsilon} + Q_{10} \frac{\partial U_{xj}}{\partial \varepsilon} \right] = \frac{\partial}{\partial \varepsilon} \Delta Q_{xj}$$

ამიტომ (1) განტოლებათა სისტემა ასე გადაწერება:

$$\frac{\partial^2 U_{xj}}{\partial \tau^2} + 2n_1 w_0 \frac{\partial^2 U_{xj}}{\partial \varepsilon \partial \tau} = \frac{\partial}{\partial \varepsilon} \Delta Q_{xj} \quad j = 1, 2, 3 \quad (6)$$

[12] - ნაშრომში ნახვენებია რომ მცირე w_0 სიჩქარისათვის კორიოლისის ძალის გავლენა მილსადენის სიხშირეზე უმნიშვნელოა, ამიტომ (6) განტოლებაში ეს ძალები შეიძლება უგულებელვყოთ და შემდეგისთვის ვისარგებლოთ განტოლებებით:

$$\frac{\partial^2 U_{xj}}{\partial \tau^2} - \frac{\partial \Delta Q_{xj}}{\partial \varepsilon} = 0 \quad j = 1, 2, 3 \quad (7)$$

ვექტორული ფორმით ჩასმისას (5) და (7) განტოლებები მიიღებენ სახეს:

$$\frac{\partial \bar{U}}{\partial \varepsilon} + c \overline{\Delta Q_x} = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 \bar{U}}{\partial \tau^2} - \frac{\partial \overline{\Delta Q_x}}{\partial \varepsilon} = 0 \quad (9)$$

სადაც

$$\bar{U} = \begin{pmatrix} U_{x_1} \\ U_{x_2} \\ U_{x_3} \end{pmatrix}; \quad \overline{\Delta Q_x} = \begin{pmatrix} \Delta Q_{x_1} \\ \Delta Q_{x_2} \\ \Delta Q_{x_3} \end{pmatrix};$$

$$c = \begin{pmatrix} \frac{x'_{10}{}^2 - 1}{Q_{10}}; \frac{x'_{10} \cdot x'_{20}}{Q_{10}}; \frac{x_{10} \cdot x_{20}}{Q_{10}} \\ \frac{x'_{20} \cdot x'_{10}}{Q_{10}}; \frac{x'_{20}{}^2 - 1}{Q_{10}}; x'_{20} \cdot x'_{30} \\ \frac{x'_{30} \cdot x'_{10}}{Q_{10}}; \frac{x_{30} \cdot x_{20}}{Q_{10}}; \frac{x'_{30}{}^2 - 1}{Q_{10}} \end{pmatrix}$$

განტოლებებში შემავალი სიდიდეები x_{j_0} და Q_{10} (x_{j_0} – მილსადენის ღერძული წირის წერტილის კოორდინატები წონასწორობის მდგომარეობაში, Q_{10} – ღერძული ძალები სტატიკაში განისაზღვრებიან მილსადენის წონასწორობის განტოლებებიდან მილსადენზე მოქმედი შეყურსული ძალების გათვალისწინებით [1,2].

(8) და (9) განტოლებათა სისტემები აღწერენ მილსადენის მცირე რხევების პროცესს მილსადენის I, II და III უბნებზე შეყურსული ძალებს შორის (ნახ.2). ამ განტოლებების ამონახსნები უნდა აკმაყოფილებდეს უბნების შეპირისპირების პირობებს;

თუ მილსადენზე შეყურსულ ძალებს შორის წონის გარდა არავითარი განაწილებული ძალა არ მოქმედებს, მაშინ მილსადენის უბნები შეყურსულ ძალებს შორის წარმოადგენენ ბრტყელ წირებს, ამიტომ ყოველ უბანზე $x_{30} = 0$ (5) (7) განტოლებათა სისტემა – გარდაიქნება ორ დამოუკიდებელ ქვესისტემად შემდეგი სახით:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial U_{x_1}}{\partial \varepsilon} + \frac{x'_{10}{}^2 - 1}{Q_{10}} \Delta Q_{x_1} + \frac{x'_{10} \cdot x'_{20}}{Q_{10}} \Delta Q_{x_2} = 0 \\ \frac{\partial U_{x_2}}{\partial \varepsilon} + \frac{x'_{20} \cdot x'_{10}}{Q_{10}} \Delta Q_{x_1} + \frac{x'_{20}{}^2 - 1}{Q_{10}} \Delta Q_{x_2} = 0 \\ \frac{\partial^2 U_{x_1}}{\partial \tau^2} - \frac{\partial \Delta Q_{x_1}}{\partial \varepsilon} = 0 \\ \frac{\partial^2 U_{x_2}}{\partial \tau^2} - \frac{\partial \Delta Q_{x_2}}{\partial \varepsilon} = 0 \end{array} \right. \quad (10)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial U_{x_3}}{\partial \varepsilon} - \frac{1}{Q_{10}} \Delta Q_{x_3} = 0 \\ \frac{\partial^2 U_{x_3}}{\partial \tau^2} - \frac{\partial \Delta Q_{x_3}}{\partial \varepsilon} = 0 \end{cases} \quad (11)$$

(10) განტოლებათა სისტემა აღწერს მილსადენის უბნების მცირე რხევებს ვერტიკალურ სიბრტყეში, ხოლო (11) განტოლებათა სისტემა აღწერს მცირე რხევებს ვერტიკალური სიბრტყის მიმართ.

მილსადენის რხევების ფორმების და სიხშირეების განსაზღვრისთვის.

(10)–(11) განტოლებათა სისტემის ამონახსნები ვეძებთ შემდეგი სახით:

$$U_{x_j} = U_{x_j0}(\varepsilon)e^{i\beta\tau}, \quad \Delta Q_{x_j} = \Delta Q_{x_j0}(\varepsilon)e^{i\beta\tau} \quad (12)$$

თუ (12) შევიტანთ (10)-ში, მივიღებთ:

$$\begin{cases} \dot{U}_{x_{10}} - \frac{1-x_{10}^2}{Q_{10}} \cdot \Delta Q_{x_{10}} + \frac{x'_{10} \cdot x'_{20}}{Q_{10}} \Delta Q_{x_{20}} = 0 \\ \dot{U}_{x_{20}} + \frac{x'_{20} \cdot x'_{10}}{Q_{10}} \Delta Q_{x_{10}} - \frac{1-x_{20}^2}{Q_{10}} \Delta Q_{x_{20}} = 0 \\ \Delta Q'_{x_{10}} + \beta^2 \cdot U_{x_{10}} = 0 \\ \Delta Q'_{x_{20}} + \beta^2 \cdot U_{x_{20}} = 0 \end{cases}$$

(13) განტოლებათა სისტემა შესაძლებელია ჩავწეროთ მატრიცული განტოლების სახით j -ური უბნისათვის.

$$\dot{\bar{Z}}^{(j)} + A^{(j)}(\varepsilon, \beta) \cdot \bar{Z}^{(j)} = 0' \quad (14)$$

სადაც

$$\bar{Z}^{(j)} = \begin{pmatrix} U_{x_{10}} \\ U_{x_{20}} \\ \Delta Q_{x_{10}} \\ \Delta Q_{x_{20}} \end{pmatrix}, \quad A^{(j)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -\frac{1-x'_{10}}{Q_{10}} & \frac{x'_{10}x'_{20}}{Q_{10}} \\ 0 & 0 & \frac{x'_{10}x'_{20}}{Q_{10}} & \frac{1-x'_{20}}{Q_{10}} \\ \beta^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \beta^2 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

მიღებული (14) განტოლებები წრფივი და ერთგვაროვანია.

ცხადია, რომ (11) განტოლებათა სისტემაც გარდაიქმნება (10) განტოლებათა სისტემის მსგავსად.

ლიტერატურა

1. არქანია ზ.მ., მარდაღეიშვილი ნ.ვ. ჰაერის ან სითხის ნაკადში მოთავსებული აბსოლუტურად მოქნილი მილსადენების სიმტკიცის შეფასება. /აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მოამბე, 2021, №1(17), გვ. 144-150.

2. Аркания З.М., Мардалеишвили Н.В. Расчет абсолютно гибких стержней, нагруженных сосредоточенными силами в потоке воздуха или жидкости. //Вестник МГУ. математика, механика, серия 1, №4, 2019, сс.58-62.
3. Arkania Z.M., Badzgaradze A.G. About the method of calculation of hoses loaded concentrated forces. //Int. J.Problems Of Mechanic #2(31), 2008, pp.72-76.
4. Аркания З.М., Сагинадзе И.С. Об оценке прочности шлангов. //Проблемы прикладной механики, №1 (10), 2003, сс.100-103.
5. Аркания З.М. Статика шлангов, заполненных потоком вязкой жидкости и нагруженных сосредоточенными силами. ИВУЗ, Машиностроение, 1987, №4, сс.11-15.
6. Бадзгарадзе А.Г. Колебания абсолютно гибкого стержня в потоке жидкости вызванные силами Кармана. ИВУЗ, Машиностроение, 1985, №5, сс.73-77.
7. Кульмач А.А. Якорные системы удержания плавующих объектов. -Л. Судостроение, 1981, 335с.
8. Лоицанский Л.Г. Механика жидкости и газа. -М.: Наука, 1978, 736с.
9. Светлицкий В.А. Механика абсолютно гибких стержней. -М.: Изд-во МАИ, 2001, 432с.
10. Светлицкий В.А. Механика стержней, часть 1-Статика. -М.: Высшая школа, 1987, 320с.
11. Светлицкий В.А. Механика стержней, часть 2-Динамика. -М.: Высшая школа, 1987, 304с.
12. Светлицкий В. А., Сагинадзе И.С. Сулаберидзе М.М. Колебания провисающих шлангов, заполненных движущейся жидкостью. Расчеты на прочность. -М., Машиностроение, 1983, Вып. 23, сс. 207-214.
13. Светлицкий В.А. Механика трубопроводов и шлангов. -М.: Машиностроение, 1982, 279с.
14. Светлицкий В.А. Механика гибких стержней и нитей. - М.: Машиностроение, 1978, 222с.
15. Светлицкий В.А., Мирошник Р.А., Куркин В.И. Определение формы стационарного движения нити в средах различной вязкости. //Прикладная Механика. т. 8, вып. 4, АН УССР, 1972, сс. 100-104.
16. Яблонский В.С. Краткий курс технической гидродинамики. - М.: Наука, 1961, 355с.

SUMMARY

REDUCING THE SYSTEM OF NONLINEAR EQUATIONS OF SMALL FREE OSCILLATIONS OF THE PIPELINE TO THE SYSTEM OF LINEAR HOMOGENEOUS EQUATIONS

Sulaberidze M.M. and Arkania Z.M.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The system of nonlinear differential equations of small free oscillations of completely flexible pipelines loaded with internal flow of liquid and shear forces is discussed, an algorithm for simplifying these equations is proposed for small velocities of internal flow of liquid, and a system of linear uniform equations is obtained from which the forms and frequencies of pipeline oscillations can be determined.

Keywords: oscillation shape, frequency, flexible pipe, nonlinear equation, linear equation, velocity, point load.

პარალელური გამოთვლითი სისტემის ფუნქციონირების
ანალიზი მისი საიმპლოგის ბათვალისწინებით

ნამჩევამე ც. ვ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

თანამედროვე პირობებში გამოთვლითი სისტემების სწრაფმოქმედებისა და საიმედოობისადმი წაყენებულმა გაზრდილმა მოთხოვნებმა, აგრეთვე მიკროპროცესორების ღირებულების სწრაფმა შემცირებამ სტიმული მისცა მრავალპროცესორიან და მრავალკომპიუტერიან გამოთვლით სისტემებს. პარალელური დამუშავების ორგანიზაცია, ოპერაციული სისტემების, გამოთვლების ალგორითმების და მეთოდების შექმნა წარმოადგენს ძირითად საკითხებს, რომლებზეც დამოკიდებულია მაღალმწარმოებლური და მტყუნებამდგრადი ტექნიკის შექმნა.

სტატიაში განხილულია პარალელური ტიპის გამოთვლითი სისტემა (გს), რომელიც შედგება 2 დამოუკიდებელი კომპიუტერისაგან და ასრულებს ერთ დიდ ამოცანას. ასეთ ამოცანებს მიეკუთვნება, მაგ. დინამიური სისტემის ამოხსნა ამინდის პროგნოზისათვის, ეკონომიკის დაბალანსების საკითხი, საინფორმაციო-საძიებო ამოცანების გადაწყვეტა, საწარმოების და სამეცნიერო ობიექტების მართვის საკითხების გადაჭრა და სხვა. პარალელური ტიპის გამოთვლითი სისტემა ხასიათდება მაღალი საიმედოობით. მისი გამოყენებით მიიღწევა მწარმოებლობის მკვეთრი ამაღლება. სამუშაოში განხილულია აღნიშნული სისტემის მიერ მოცემულ დროში დავალების შესრულების შესაძლებლობის საკითხი მისი საიმედოობის გათვალისწინებით.

სტატიაში ნაგულისხმებია, რომ ამოცანის ამოხსნის დრო წარმოადგენს შემთხვევით სიდიდეს უსაზღვროდ გაყოფადი განაწილებით. ეს დრო დაყოფილია $2n$ რაოდენობის ნაწილად. კენტი ნაწილები ამოიხსნება ერთი კომპიუტერით, ხოლო ლუწი-მეორეთი. ყოველ კომპიუტერს შეუძლია გამოიყენოს მეორის შედეგი. დრო, რომლის განმავლობაშიც მთლიანად სრულდება $2i-1$ და $2i$ ნაწილები, განსაზღვრავს ამოცანის ამოხსნის i -ურ ეტაპს. შეფერხებების ინტენსივობა არის λ_1 , მტყუნებებისა – λ_2 . შეფერხებები და მტყუნებები განაწილებულია პუასონის კანონის მიხედვით. შეფერხებების შემდეგ დრო იკარგება მხოლოდ არასწორად გამოთვლილი ეტაპის გადაანგარიშებაზე. ერთი კომპიუტერის მტყუნებების შემდეგ დროის დანაკარგი გვექნება არასწორად გამოთვლილი ეტაპის გადაანგარიშებაზე და კომპიუტერის აღდგენაზე. გს-ის მტყუნების შემდეგ დროის დანაკარგი გვექნება პროგრამის თავიდან გადაანგარიშებაზე და გს-ის აღდგენაზე. გს-ის რემონტის დრო განაწილებულია მაჩვენებლიანი კანონით μ ინტენსივობით. ამოცანის ცალკეული ნაწილების ამოხსნის დრო წარმოადგენს დამოუკიდებელ შემთხვევით სიდიდეს $F(t)$ განაწილებით.

აღნიშნული გს-ის მოდელისათვის ამოცანის ამოხსნის დროის განაწილების ფუნქცია შეიძლება განვსაზღვროთ ინტეგრალური განტოლებების სისტემით:

$$\begin{aligned}
 \psi_j(t) = & \int_0^t d\Gamma_{n-j+1}^{(2)*}(u) \exp[-2u(\lambda_1 + \lambda_2)] + \sum_{i=1}^{n-j+1} \sum_{k=1}^{n-j-i+2} 2\lambda_2 \mu \int_0^t \Gamma_{i-1}^{(2)}(x_1) \times \\
 & \times \exp[-2x_1(\lambda_1 + \lambda_2)] dx_1 \int_0^{t-x_1} \Gamma_{k-1}^{(1)}(x_2) \psi_{j+i+k-2}(t-x_1-x_2) \times \\
 & \times \exp[-x_2(\mu + \lambda_2)] dx_2 + \sum_{i=1}^{n-j+1} 2\lambda_2 \int_0^t \Gamma_{i-1}^{(2)}(x_1) \exp[-2x_1(\lambda_1 + \lambda_2)] \times \\
 & \times dx_1 \int_0^{t-x_1} \exp[-x_2(\mu + \lambda_2)] d\Gamma_{n-j-i+2}^{(1)}(x_2) + \sum_{i=1}^{n-j+1} \sum_{k=1}^{n-j-i+2} 2\lambda_2^2 \times \\
 & \times \int_0^t \Gamma_{i-1}^{(2)}(x_1) \exp[-2x_1(\lambda_1 + \lambda_2)] dx_1 \int_0^{t-x_1} \Gamma_{k-1}^{(1)}(x_2) \times \\
 & \times \exp[-x_2(\mu + \lambda_2)] dx_2 \int_0^{t-x_1-x_2} \psi_1(t-x_1-x_2-x_3) dG(x_3/x_2) + \\
 & + \sum_{i=1}^{n-j+1} 2\lambda_1 \int_0^t \Gamma_{i-1}^{(2)}(x_1) \psi_{j+i-1}(t-x_1) \exp[-2x_1(\lambda_1 + \lambda_2)] dx_1; j = \overline{1, n+1}
 \end{aligned} \tag{1}$$

სადაც $\psi_j(t)$ არის ამოცანის t -ზე ნაკლებ დროში ამოხსნის ალბათობის განაწილების ფუნქცია, თუ ამოცანის ამოხსნა დაიწყო j -ური ეტაპიდან და თავდაპირველად ორივე კომპიუტერი იყო გამართული; $\Gamma_{n-j+1}^{(2)*}(u) - \Gamma^{(2)}(u)$ -ის $n-j+1$ ჯერადი ნახვევი; $\Gamma_{k-1}^{(1)}(u)$ -ერთი კომპიუტერის მიერ $k-1$ ეტაპის u დროის განმავლობაში შესრულების ალბათობა შეფერხებების არსებობისას (ყოველი მომდევნო 2 ეტაპი ითვლება ერთ ეტაპად); $dG(x_3/x_2)$ -პირველი და მეორე კომპიუტერის რემონტის დამთავრების პირობითი ალბათობები, თუ ცნობილია, რომ პირველი კომპიუტერის გარემონტებას დაჭირდა x_2 დრო.

ერთი კომპიუტერის მიერ $k-1$ ეტაპის u დროში შესრულების ალბათობა შეფერხებების არსებობისას λ_1 ინტენსივობით განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$\Gamma_{k-1}^{(1)}(u) = \psi_{k-1}^{(1)}(u) - \psi_k^{(1)}(u);$$

სადაც $\psi_i^{(1)}(u)$ არის i -ური ეტაპისაგან შედგენილი დავალებების ამოხსნის დროის ალბათობის განაწილება, როცა მუშაობს ერთი კომპიუტერი და არ არის მტყუნებები.

ქვემოთ განმარტებულია მეოთხე შესაკრები: ერთ-ერთმა კომპიუტერმა პირველად განიცადა მტყუნება დროის x_1 მომენტში, ხოლო შეფერხებებს არ ჰქონდა ადგილი - $2\lambda_2^2 \exp[-2x_1(\lambda_1 + \lambda_2)] dx$; x_1 მომენტამდე ორივე კომპიუტერი მუშაობდა ერთად და შეასრულა $i-1$ ეტაპები- $\Gamma_{i-1}^{(2)}(x_1)$; x_2 დროის განმავლობაში მტყუნება განიცადა მეორე კომპიუტერმა, რომელმაც შეასრულა $k-1$ ეტაპები შეფერხებების არსებობისას - $\Gamma_{k-1}^{(2)}(x_2)$ და გაუმართავი ეგმ-ის აღდგენა x_2 დროში არ დამთავრებულა - $\exp[-x_2(\mu + \lambda_2)] dx_2$; ორივე კომპიუტერის რემონტს დაჭირდა x_3 დრო - $dG(x_3/x_2)$. შემდეგ ისინი ერთდროულად ჩაერთო მუშაობაში და დაიწყო მთელი

პროგრამის თავიდან გადაანგარიშება, რომელიც დამთავრდა $t - x_1 - x_2 - x_3 - \psi_1(t - x_1 - x_2 - x_3)$ დროის განმავლობაში [1,2,4].

(1)-ის მიმართ გამოყენებულია ლაპლას-სტილტესის გარდაქმნა:

$$\begin{aligned} \varphi_j(s) = & s^{-1} \gamma^{n-j+1}(\nu) + 2\lambda_2 \mu(\nu \nu_1)^{-1} [1 - \gamma(\nu)] (1 - b_o) \sum_{i=1}^{n-j+1} \sum_{k=1}^{n-j-i+2} \gamma_{(\nu)}^{i-1} b_o^{k-1} \times \\ & \times \varphi_{j+i+k-2}(s) + 2\lambda_2 [1 - \gamma(\nu)] b_o [\gamma^{n-j+1}(\nu) - b_o^{n-j+1}] [vs[\gamma(\nu) - b_o]]^{-1} + \\ & + 2\lambda_1 \nu^{-1} [1 - \gamma(\nu)] \sum_{i=1}^{n-j+1} \gamma^{i-1}(\nu) \varphi_{j+i-1}(s) + [2\lambda_2^2 g(s) (\nu_1 \nu)^{-1} [1 - \gamma(\nu)] \times \\ & \times (1 - b_o) \sum_{i=1}^{n-j+1} \sum_{k=1}^{n-j-i+2} \gamma^{i-1}(\nu) b_o^{k-1}] \varphi_1(s); \quad j = \overline{1, n+1}; \end{aligned} \quad (2)$$

$\varphi_{n+1}(s) = s^{-1}$ გათვალისწინებით და (2) სისტემის გარდაქმნის შემდეგ $\varphi_j(s)$ -ის მიმართ მიღებულია:

$$\begin{aligned} a_1 \varphi_j(s) + a_2 \varphi_{j+1}(s) + a_3 \varphi_{j+2}(s) + b \varphi_1(s) &= 0, \\ a_1 \varphi_{n-1}(s) + a_2 \varphi_n(s) + b \varphi_1(s) &= -\frac{a_3}{s}; \\ a_1 \varphi_n(s) + b \varphi_1(s) &= \frac{d_n}{s}; \quad j = \overline{1, n-2}, \end{aligned} \quad (3)$$

სადაც:

$$\begin{aligned} a_1 &= m_1 b_1 (b_o - 1); \quad a_2 = b_o (b_1 - 1) - \gamma(\nu); \quad a_3 = b_o \gamma(\nu); \\ m_1 &= \lambda_2 \mu(\nu_1 \lambda_1)^{-1}; \quad b_1 = 2\lambda_1 \nu_1^{-1} [1 - \gamma(\nu)]; \quad d_n = \gamma(\nu) + \lambda_2 b_o b_1 \lambda_1^{-1}; \\ b &= \lambda_2^2 g(s) b_1 (m_2 - 1) (\lambda_1 \nu_1)^{-1}. \end{aligned} \quad [3,4]$$

(3) სისტემის ამოხსნა $\varphi_1(s)$ -ის მიმართ ჩავწეროთ შემდეგნაირად:

$$\varphi_1(s) = \left[a_1^n + (-1)^{n-1} b \sum_{k=1}^{n-1} c_{k-1} \right] \left[\frac{d_n}{s} c_{n-1} - \frac{a_3}{s} c_{n-2} \right]^{-1}$$

სადაც:

$$c_{m-1} = (-a_1)^{m-1} c_{m-1}^*; \quad c_{m-1}^* = \sum_{k=1}^{m-1} A_k c_{m-k-1}^*, \quad m = 2, 3, \dots$$

$$c_o^* = 1; \quad c_1^* = A_1; \quad c_2^* = \begin{vmatrix} A_1 & A_2 \\ -1 & A_1 \end{vmatrix}$$

$$A_1 = -\frac{a_2}{a_1}; \quad A_2 = -\frac{a_3}{a_1}$$

$\Phi_1(s)$ -ის საშუალებით შესაძლებელია განვსაზღვროთ პარალელურად მომუშავე ორი კომპიუტერის მიერ დავალების შესრულების დროის ყველა რიცხვითი მახასიათებელი მათი საიმედოობის გათვალისწინებით.

ჩატარებული გამოკვლევა გამოიყენება ორკომპიუტერიანი გამოთვლითი სისტემის ძირითადი პარამეტრების სწორად შერჩევისათვის პროექტირების სტადიაზე და გამოთვლითი პროცესის ოპტიმალური ორგანიზაციისათვის ექსპლოატაციის პერიოდში.

ლიტერატურა

1. Микадзе И.С. Многоприборная система обслуживания. //Кибернетика, N3, 1989.
2. Коваленко К.А., Ласниевский В.Л., Прохоров А. Г. К вопросу повышения функционирования многомашинных вычислительных комплексов с использованием аппаратных средств программно-логических методов. //Автоматика и телемеханика, N3, 1997.
3. Микадзе И.С., Хочолава В.В. Система массового обслуживания с резервированием. //Georgian Engineering News, N4, 2002.
4. ნამჩევადე ც. ვ. დისერტაცია: მასობრივი მომსახურების გამოთვლითი სისტემების ანალიზი მათი საიმედოობის გათვალისწინებით; 2008.

SUMMARY

ANALYSIS OF FUNCTION PARALLEL CALCULATION SYSTEM WITH ACCOUNT OF ITS RELIABILITY

Namchevadze Ts.V.

Akaki Tsereteli State Universiteti, Kutaisi

The possibility of task execution by a twin-computer system with parallel operation over a prescribed period of time with an account of the time of programming and recovery of the computers after failures are determined. Time for solving a problem is a casual value with an infinitely divided distribution. This time is divided into $2n$ parts. Odd parts are solved with one computer, but even parts - with another. Delays and failures are distributed according to Poisson law. Restoration times are distributed according to exponent law.

Keywords: parallel calculation system, reliability, failure, delay.

CLOUD-BASED AUTOMATED CORPORATE DOCUMENT FLOW PLATFORM

Aiymbet R.T., Kenzhebayeva Zh.E., Abdrakhmanova A.Z. and Kazieva G.D.

The Caspian University of Technology and Engineering named after Sh.Yessenov JCS, Aktau city, Kazakhstan

Eurasian National University named L.N. Gumilyov Astana city, Kazakhstan

Abstract. This paper provides a comprehensive overview of cloud-based automated enterprise workflow platforms, discussing their key components, advantages, and potential disadvantages. The analysis highlights the benefits of implementing such systems, including increased efficiency, enhanced collaboration, cost savings, scalability, and security. However, it also addresses potential issues such as data privacy, dependency on third-party service providers, and data migration and integration issues. The finding anticipates future developments in this area and their implications for organizations of various sizes and industries.

Keywords: cloud platform, workflow, automation, document management system, workflow automation, collaboration tools, integration options, efficiency, scalability, security, data privacy.

In this paper, we present a comprehensive overview of cloud-based automated corporate document flow platforms. We discuss the fundamental concepts, benefits, and potential drawbacks of such systems, as well as their implementation within organizations. The paper begins with an introduction to the topic, followed by an analysis of the key components of these platforms. The conclusion offers insights into the potential future developments in this area, as well as the implications for businesses and organizations of various sizes and industries.

The increasing volume and complexity of corporate documents in the digital era have driven the need for efficient and secure management systems. One such solution is the cloud-based automated corporate document flow platform, which offers numerous benefits to organizations, including increased efficiency, cost savings, and improved security. These platforms facilitate the seamless flow of documents and data throughout an organization, ensuring that all stakeholders have access to the necessary information in a timely manner [2]. This paper aims to provide a comprehensive overview of these platforms, discuss their benefits and potential drawbacks, and explore their implementation within various organizations.

In today's world, businesses are using more and more digital technologies to increase the efficiency of their business processes and improve the quality of their services. One such technology is the cloud-based automated corporate document management platform.

A cloud-based, automated enterprise document management platform is a tool that allows businesses to automate and manage document processes in the cloud. Such a platform usually includes several components, such as an electronic document management system (DMS), business process management system (BPM), electronic signature system (ES), task management system (TMS), and others.

The advantages of a cloud-based automated platform for corporate document management

One of the main advantages of a cloud-based automated corporate document management platform is an increase in the efficiency of business processes. By automating document processing, businesses can significantly reduce the time required to complete tasks and reduce the number of errors.

In addition, a cloud-based, automated enterprise document management platform allows businesses to store all documents in the cloud, which provides a higher level of data security and protection. This way, businesses don't have to worry that their sensitive data could be compromised.

Another important advantage of the cloud-based automated corporate document management platform is its usability. Users can access their documents from anywhere with Internet access, which greatly simplifies work and increases the mobility of company employees.

Components of a cloud-based automated corporate document management platform

As mentioned above, a cloud-based automated document management platform can include several components, each of which performs a different function and allows businesses to automate various document processes.

An electronic document management system (DMS) is one of the main components of a cloud-based automated enterprise document management platform [1]. It allows enterprises to create, store, edit, and exchange electronic documents. This system also allows you to define access rights to documents for each employee of the enterprise, which provides a high level of security.

The Business Process Management (BPM) system allows enterprises to automate business processes related to document processing. It allows you to define the sequence of steps that need to be performed for each document processing, as well as determine who is responsible for performing each step. By doing so, businesses can reduce the time required to complete tasks and improve the quality of document processing.

The Electronic Signature System (ES) provides the ability to enter into electronic contracts and sign documents with an electronic signature. This system allows you to speed up the process of concluding contracts and reduce the cost of paper.

The Task Management System (TMS) allows you to define the tasks that need to be performed to process each document, as well as identify those responsible for each task. This system ensures more efficient work of the company's employees and reduces the number of errors.

Overall, the cloud-based automated corporate document management platform is a very useful tool for businesses that want to increase the efficiency of their business processes and improve the quality of their services. This platform provides a high level of security and protection against unauthorized access to documents and information.

In addition, a cloud-based enterprise document management platform can be integrated with other enterprise systems, allowing for better interaction between various departments and increasing the efficiency of the entire enterprise.

However, it should be noted that implementing a cloud-based automated corporate document management platform can be costly and require significant expenses for employee training and customizing the system to the needs of the company. In addition, it is necessary to consider possible risks associated with data security, since all documents will be stored in the cloud and may be vulnerable to hacking or data leakage.

Additional information can be provided in various aspects related to the cloud-based automated enterprise document management platform. Below I will discuss some of them in more detail.

1. Possibilities of a cloud-based automated platform for corporate document management

A cloud-based, automated enterprise document management platform can provide a variety of features, depending on the specific needs of an enterprise. For example, it may include the following features:

- Storing and managing electronic documents in cloud storage.
- Automatic text and metadata recognition of documents.
- Tracking document status and history.
- Notifications and reminders about important events and tasks.
- Signing documents using an electronic signature.
- Generation of reports and statistics on document flow.

2. The advantages of using a cloud-based automated platform for corporate document management

Using a cloud-based automated corporate document management platform has several advantages for the enterprise, including:

- Reducing the cost of paper and reducing the time it takes to process documents.
- Improve the quality and speed of customer service.
- Reducing the likelihood of errors and improving document quality.
- Improving interaction between various departments and increasing the efficiency of the entire enterprise.

- Increased security and data protection.

3. Risks associated with the use of a cloud-based automated corporate document management platform

The use of a cloud-based automated enterprise document management platform can be associated with risks that need to be considered when implementing it. Some of the possible risks include:

- Data security breach if the cloud platform does not provide sufficient protection against hacking or data leakage.
- Problems with service availability when the cloud platform fails or there are problems with the Internet connection.
- Unsatisfactory quality of document processing, if the automatic text and metadata processing system does not provide a sufficiently high accuracy and quality of recognition.
- Insufficient integration with other systems and applications used in the enterprise, which can complicate the interaction between different departments and increase the time for document processing.

To reduce the risks when using a cloud-based automated document management platform, you need to choose the right service provider, make sure it has experience and reputation, and implement the system in stages, testing and training staff [3]. In conclusion, we can say that the cloud-based automated enterprise document management platform is a very useful tool for businesses that want to increase the efficiency of their business processes and improve the quality of their services. This platform provides a high level of security and data protection, which is a very important aspect for any enterprise. However, it is necessary to consider the possible risks and costs of implementing the system. In any case, a cloud-based automated corporate document management platform can significantly improve a company's performance and help it reach new business heights.

REFERENCE

1. Baratov, D., Aripov, N., Muhiddinov, O., & Jumanov, X. (2021). A model of electronic document management of technical documentation for Railway Automation. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 481–492. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9_40
2. Baratov, D., Aripov, N., Jumanov, X., & Muhiddinov, O. (2023). Automated Technology of control of technical documentation of automation and Telemechanics. THE THIRD INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE CONSTRUCTION MECHANICS, HYDRAULICS AND WATER RESOURCES ENGINEERING (CONMECHYDRO 2021 AS). <https://doi.org/10.1063/5.0135326>
3. Sokolov, A. P., Pershin, A. Y., & Bocharov, V. A. (2018). Integration of open-source software for automation of electronic document flow in the structural unit of an educational organization. 2018 IV International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino). <https://doi.org/10.1109/inforino.2018.8581793>

РЕЗЮМЕ

ОБЛАЧНАЯ ПЛАТФОРМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОРПОРАТИВНОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА: ВСЕСТОРОННИЙ ОБЗОР

Айымбет Р.Т., Кенжебаева Ж.Е., Абдрахманова А.З., Казиева Г.Д.

НАО «Каспийский университет технологий и инженерии имени Ш.Есенова», г.Актау, Казахстан

НАО Евразийский национальный университет имени Л.Гумилева, г.Астана, Казахстан

В этом документе представлен всесторонний обзор облачных автоматизированных платформ корпоративного документооборота, обсуждаются их ключевые компоненты, преимущества и потенциальные недостатки. В анализе подчеркиваются преимущества внедрения таких систем, в том числе повышенная эффективность, расширенное сотрудничество, экономия средств, масштабируемость и безопасность. Однако также решаются потенциальные проблемы, такие как конфиденциальность данных, зависимость от сторонних поставщиков услуг, а также вопросы переноса и интеграции данных. Вывод превосходит будущие разработки в этой области и их значение для организаций различных размеров и отраслей.

Ключевые слова: облачная платформа, документооборот, автоматизация, система управления документами, автоматизация документооборота, средства совместной работы, возможности интеграции, эффективность, масштабируемость, безопасность, конфиденциальность данных.

სამონიტორინგო გეგმური ქსელის საყრდენი პუნქტების განსაზღვრა
თანამგზავრული ტექნოლოგიების გამოყენებით

სულაბერიძე გ.ფ., ჭიაურელი გ.გ., საღუნაშვილი მ.ა., პაპაია დ.გ., გელაშვილი მ.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
შპს ფერი

პრეცეზიული ნაგებობები, მათი დანიშნულებისა და ტექნოლოგიური სირთულიდან გამომდინარე, აგრეთვე უსაფრთხო ექსპლუატაციის მიზნით, განეკუთვნებიან შენობების იმ რიგს, რომლებზეც აუცილებელია მოხდეს დაკვირვება მათი დეფორმაციული პროცესების კვლევაზე.

ნაშრომში განხილული საკითხი, გარკვეულწილად ზოგადია (უნივერსალურია) და გათვლილია ნებისმიერი ტიპის საინჟინრო ნაგებობების სადეფორმაციო ქსელის უზრუნველსაყოფად. თუმცა აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ნაშრომში განხილულია ექსპერიმენტი/ცდა, რომელიც ჩატარდა ენგურჰესის თაღოვანი კაშხლის სამონიტორინგო გეგმური საყრდენი ქსელის გამოსავალ პუნქტებზე.

რათქმუნდა ობიექტის შერჩევა არ მომხდარა შემთხვევით, რადგან ენგურჰესის თაღოვანი კაშხლის სამონიტორინგო გეგმური სატრიანგულაციო ქსელი არსებობს გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან და რეკონსტრუქცია განიცადა რამოდენიმეჯერ. ტრიანგულაციის ქსელის საბოლოო ვარიანტში 30 პუნქტია, რომელთაგან ხუთი, კაშხლიდან დაახლოებით დაშორებულია 1,5კმ-ით და წარმოადგენენ საყრდენ პუნქტებს [1,2].

ქსელის ყველა პუნქტი საიმედოდ არის ჩამაგრებული და მოხერხებული კონსტრუქციისა, ანუ საშუალებას იძლევა მოხდეს ინსტრუმენტებისა და დამხმარე ხელსაწყოების ავტომატური დაცენტრირა 0,03 მმ სიზუსტით, რაც გამორიცხავს ცენტრირებისა და რელუქციის შესწორებების განსაზღვრის აუცილებლობას.

სამონიტორინგო ქსელის პუნქტები განლაგებულია მდინარე ენგურის კანიონის ორივე ნაპირზე ქვედა ბიეფში, ძირითადად სხვადასხვა სიმაღლეზე ისე, რომ ზოგიერთ პუნქტებს შორის სიმაღლეთა სხვაობა 200 მეტრს აღემატება. ხშირად ერთ მხარეზე განლაგებულ პუნქტებს შორის მხედველობა არ არის ხეობის კონფიგურაციისა და ფერდობებზე ხეების არსებობის გამო. ეს გარემოება ართულებს სრულყოფილი, კარგი ხარისხის სამკუთხედებიდან შემდგარი ქსელის შექმნას [5].

რაც შეეხება სიბრტყეზე გადასვლის მიმართულების შესწორებებს, მათი სიდიდე გამოითვლება ფორმულით

$$\delta''_{1,2} = f / 3(x_1 - x_2)(2y_1 + y_2)$$

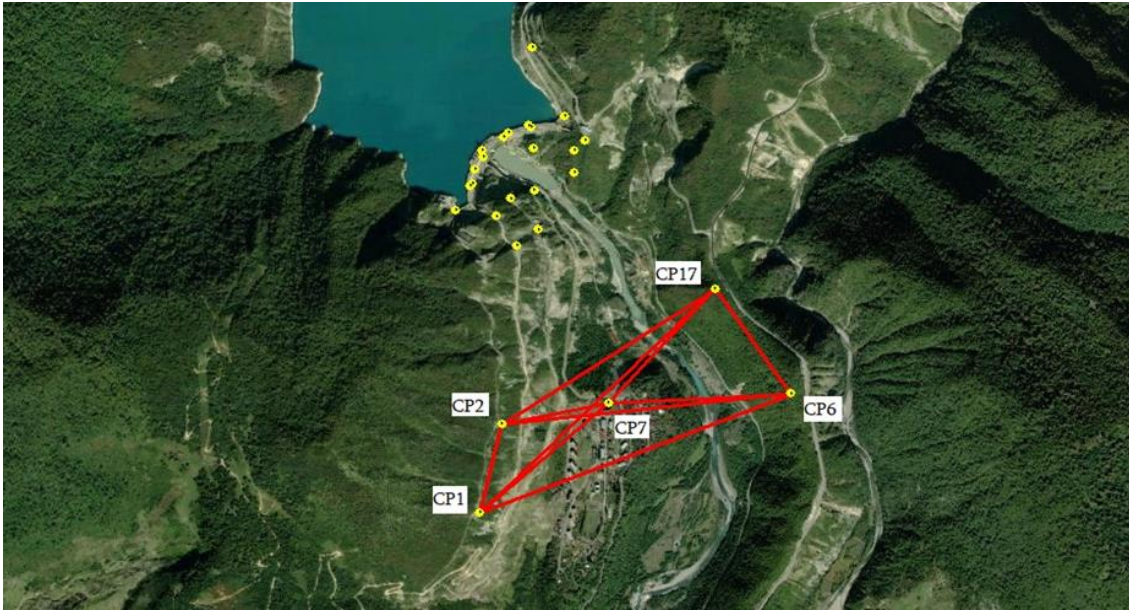
აქ კოორდინატები გამოისახება კილომეტრებში, ხოლო $f = 0,002537$ საქართველოს საშუალო განედისათვის. ანუ δ'' -ს მნიშვნელობა დამოკიდებულია წერტილების კოორდინატების სიდიდეზე და ხაზის სიგრძეზე. ხაზის მაქსიმალური სიგრძე კაშხლის სამონიტორინგო ქსელში 1250 მეტრამდია. ქსელში კუთხური შეუკვრელობა w გამოითვლება ფერეროს ფორმულით

$$M = \left([w^2] / 3N \right)^{0,5}$$

სადაც w არის სამკუთხედის შეუკვრელობა, ხოლო N – სამკუთხედების რაოდენობა;

გაწონასწორების შემდგომ ქსელის პუნქტების მდებარეობის სკმ 1,2–1,8 მმ-ს ფარგლებშია.

ჩვენი გადაწყვეტილება, იმის შესახებ, რომ თანამგზავრული ტექნოლოგიების გამოყენებით, გეგმური საყრდენი ქსელების პუნქტების განსაზღვრა ჩაგვეტარებინა ენგურჰესის სამონიტორინგო ქსელის (ნახ.1) გამოსავალი პუნქტებზე გამომდინარეობდა ამ ქსელზე მრავალწლიანი, მაღალი სიზუსტის გაზომვების არსებობით. რაც შედარების საშუალებას მოგვცემდა.



ნახ. 1. ენგურის თაღოვანი კაშხლის გეგმური საყრდენი გეოდეზიური ქსელის სქემა

მოვასხინეთ ენგურის თაღოვანი კაშხლის გეგმური საყრდენი ქსელის პუნქტების განსაზღვრა თანამგზავრული ტექნოლოგიების გამოყენებით. გაზომვები ვაწარმოეთ GEO-CORS-ში ჩართული GPS მოწყობილობებით, ერთდროულად ყველა პუნქტზე ჩვენი ჩანაფიქრი მდგომარეობდა შემდეგში: არ გამოგვეყენებინა ბაზა და გაზომვები ჩაგვეტარებინა სტატიკურ რეჟიმში.

თანამგზავრული განაზომების სიზუსტეზე გავლენა აქვს რამოდენიმე ფაქტორს, ერთ-ერთი მათგანია სიზუსტის შემცირების ფაქტორი (DOP). რომელიც თავის-მხრივ იყოფა სხვადასხვა კომპონენტებად:

VDOP – ვერტიკალურ სიბრტყეში სიზუსტის შემცირების ფაქტორი, რომელიც განსაზღვრავს განაზომების სიზუსტეს მხოლოდ ვერტიკალურ სიბრტყეში. VDOP – გამოითვლება ფორმულით: $VDOP = \sqrt{\sigma_z^2}$

HDOP – ჰორიზონტალურ სიბრტყეში სიზუსტის შემცირების ფაქტორი, რომელიც განსაზღვრავს განაზომების სიზუსტეს მხოლოდ ჰორიზონტალურ სიბრტყეში. HDOP – გამოითვლება ფორმულით: $HDOP = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$

PDOP – ადგილმდებარეობის სიზუსტის შემცირების ფაქტორი, რომელიც განსაზღვრავს განაზომების სიზუსტეს სივრცეში, სამ განზომილებიან სიბრტყეში.

PDOP – გამოითვლება ფორმულით: $PDOP = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2}$

TDOP – დროთა განმავლობაში სიზუსტის შემცირების ფაქტორი, რომელიც განსაზღვრავს გაზომვების პერიოდში, დროში სიზუსტის შემცირების ფაქტორს,

TDOP – გამოითვლება ფორმულით: $TDOP = \sqrt{\sigma_t^2}$

GDOP – სიზუსტის შემცირების გეომეტრიული ფაქტორი, რომელიც განსაზღვრავს მთლიანი განაზომების სიზუსტის შემცირების ფაქტორს, GDOP – გამოითვლება ფორმულით: $GDOP = \sqrt{PDOP^2 + TDOP^2}$.

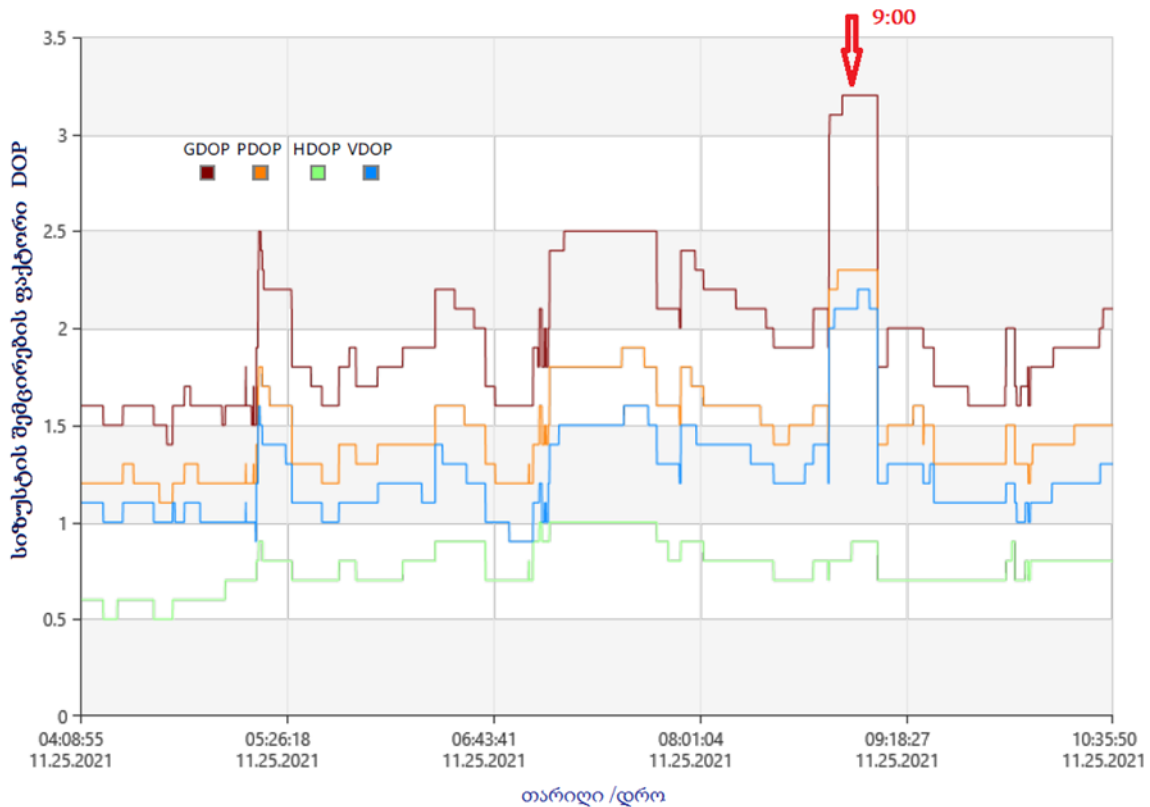
GDOP-ის მაჩვენებლით განისაზღვრება განაზომების საბოლოო სიზუსტე, სიზუსტის შემცირების ფაქტორის მნიშვნელობების მიხედვით ფასდება განაზომების ხარისხი.

DOP-ის მნიშვნელობების სიზუსტე დამოკიდებულია თანამგზავრების განლაგებაზე და მათ ტრაექტორიაზე, თუ თანამგზავრები ერთმანეთთან ახლოს არის განლაგებული DOP-ის მნიშვნელობები იზრდება, შესაბამისად, სიზუსტე მცირდება,

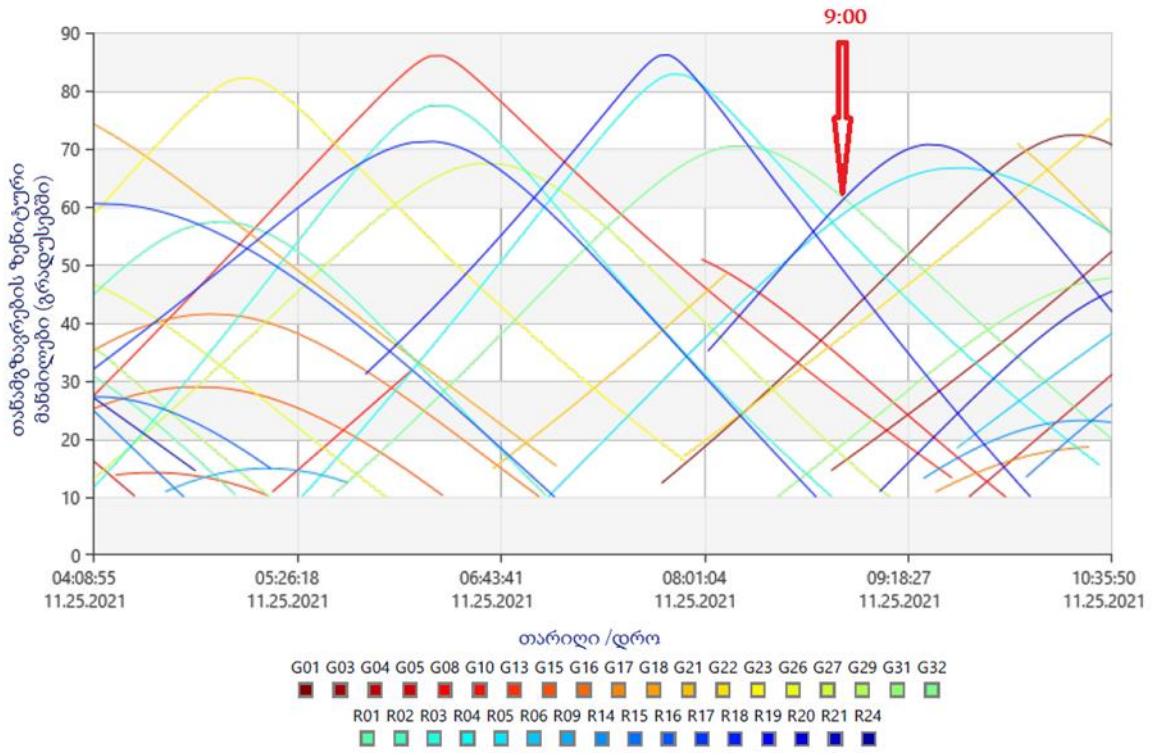
ხოლო თუ თანამგზავრები ერთმანეთისგან რაც შეიძლება შორს არის განლაგებული, ისე რომ ხედვის არეალში ხედება, მაშინ DOP-ის გეომეტრია იდეალურია, შესაბამისად, სიზუსტე მაღალია [4-6].

„DOP“- ის მნიშვნელობები	განაზომების სიზუსტე
≤1	იდეალური
1–2	ძალიან კარგი
2–5	კარგი
5–10	საშუალო
10–20	ცუდი
21–50	ძალიან ცუდი

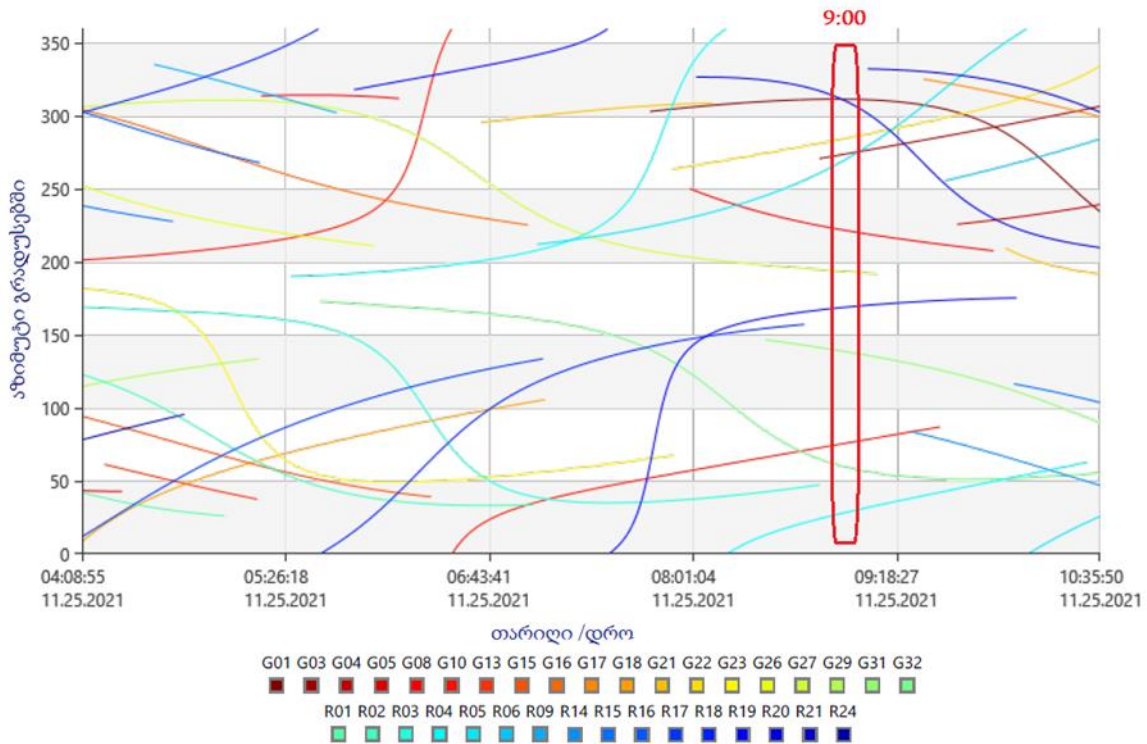
თანამგზავრული გაზომვების ექვსაათიანი სესიების შედეგად მიღებული განაზომების დამუშავებისას მივიღეთ DOP-ის გრაფიკული გამოსახულება (ნახ.2) ქსელის ხუთივე პუნქტებისთვის გრაფიკზე დაახლოებით 9:00 სთ. ნიშნულზე ჩანს GDOP-ის შედარებით უარესი მაჩვენებელი, რაც აიხსნება ცის თაღზე თანამგზავრების ნაკლებად სასურველი განლაგებით. რაც გამოწვეულია სესიის დროს თანამგზავრების ზენიტური მანძილებითა (ნახ.3) და მათი ტრეკტორიის აზიმუტით (ნახ.4). თუ დავაკვირდებით აშკარაა, რომ დაახლოებით 9:00 საათისთვის ცის თაღზე თანამგზავრების განლაგება არც ისე სახარბიელოა.



ნახ. 2. სიზუსტის შემცირების ფაქტორი (DOP) CP17 წერტილისათვის



ნახ.3 გაზომვების პროცესში ცის თაღზე ტანამგზავრების ზენიტური მანძილები დროში, CP17 წერტილისათვის



ნახ.4 გაზომვების პროცესში ცის თაღზე ტანამგზავრების აზიმუტები დროში, CP17 წერტილისათვის

მიღებული განაზომების დამუშავება მოვასხდინეთ იგივე პრინციპით, რა პრინციპითაც ხორციელდება აღნიშნულ ქსელზე კუთხურ-ხაზოვანი განაზომების დამუშავება.

პუნქტების მდებარეობის განსაზღვრის სიზუსტე, მმ

წერტილი	GPS			TPS		
	Me _g	Mn _g	M _g	Me _t	Mn _t	M _t
CP1	0,42	0,42	0,59	0,83	0,91	1,23
CP2	0,36	0,31	0,48	0,91	0,99	1,34
CP6	0,35	0,27	0,44	1,11	0,99	1,49
CP7	0,34	0,26	0,43	1,34	1,19	1,79
CP17	0,32	0,24	0,40	1,10	1,06	1,53

ცხრილში მოცემული შედეგები საშუალებას იძლევა დავამტკიცოთ, რომ თანამგზავრული განაზომები სამჯერ ზუსტია კლასიკურ მეთოდებთან შედარებით. თუმცა აქ ისიც უნდა ითქვას, რომ თანამგზავრული ტექნოლოგიებით სრულად ვერ ჩავანაცვლებთ კლასიკურ, კუთხურ-ხაზოვან მეთოდებს. მათი კომბინირებული გამოყენება კი ნამდვილად წინგადადგმული ნაბიჯია.

ამრიგად, შეგვიძლია დავამტკიცოთ, რომ GNSS სისტემების გამოყენებით, სრულად შესაძლებელია გვემური საყრდენი ქსელების უზრუნველყოფა საკმარისი სიზუსტით. საქართველოს პირობებში, სიზუსტის შემცირების გეომეტრიული ფაქტორის ანალიზის შედეგად სასურველია გამოვიყენოთ GPS-ის და GLONASS-ის თანამგზავრული სისტემები ერთდროულად. რაც შეეხება უპირატესობებს, განხილული მეთოდი დაკავშირებულია გარემოს დაცვასთან და უსაფრთხოებასთან, სამუშაოებისა და ადამიანური რესურსების შემცირებასთან.

ლიტერატურა

1. Программа натуральных наблюдений за деформацией Ингурской арочной плотины геодезическими методами. Техотдел, (ЦСГНЭО, Арх. №2-0013), -Москва, 1965.
2. Программа наблюдений за осадками и горизонтальными смещениями Ингурской арочной плотины и берегов в районе створа. /Гидропроект им. С.Я. Жука. -Ленинград, 1973.
3. პაპავა თ., ჭიაურელი გ., პაპავა დ., სულაბერიძე გ. და სხვ. ენგურჰესის თაღოვანი კაშხლისა და მიმდებარე ტერიტორიის დეფორმაციული პროცესების კვლევა გეოდეზიური მეთოდებით. სამეცნ. ანგარიშები 2018-2022, თეგომარკი, 135გვ.
4. Richard B. Langley, „Dilution of precision“, 1999, GPS World, no.10, may, pp.52-59.
5. Agapie I., Luca M.,Gherasim P., Dominte V. Design of GNSS networks for monitoring earth dams deformations. ALSE, 2021, vol. 56 #4, pp.354-369.
6. Карлсон А.А., Гробов Б.П., Морозов И.В. Натурные наблюдения за деформациями гидротехнических сооружений геодезическими методами. -Москва, Эдитус, 2012, 307с.

SUMMARY

DETERMINING THE SUPPORTING POINTS OF THE PLANNED MONITORING NETWORK USING SATELLITE TECHNOLOGIES

Sulaberidze G.P., Chiaureli G.G., Sadunishvili M.A., Papava D.G. and Gelashvili M.A.

Georgian Technical University

LLC PERI

The paper discusses the possibilities of satellite technologies in providing geodetic (planar) networks. The results of the support network measured by GPS devices operating in a static mode without a base station are discussed. Also the geodetic factor of reduction of accuracy.

Keywords: Geodetic Network, Sky Visibility, Deformation Network, DOP, GNSS, GPS.

სადერივაციო გვირაბის კუთხურ-საზოვანი ბაზომზების უზრუნველყოფა თანამგზავრული ტექნოლოგიების გამოყენებით

სულაბერიძე გ.ფ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია იმერეთში, რიონჰესის უკვე არსებული, სადერივაციო გვირაბი, რომელიც აგებულია გასული საუკუნის 30-იან წლებში და დღემდე ექსპლუატაციაშია. სადერივაციო გვირაბი გადის ქუთაისის დასახლებული უბნების ქვეშ და რათქმაუნდა, როგორც კერძო საკუთრება დარეგისტრირებულია საჯარო რეესტრში საზოვანი ნაგებობის სახით [1].

გარკვეული გარემოებების გათვალისწინებით, დღის წესრიგში დადგა გვირაბის ღერძის ფაქტობრივი კოორდინატების დადგენა, რაც კლასიკური მეთოდების გამოყენებით მოითხოვს, გვირაბის საწვის და საბოლოო წერტილებს შორის კუთხურ-საზოვანი ქსელის შექმნას. ურბანულად განვითარებული ტერიტორიების პირობებში, ამ მეთოდის გამოყენება თითქმის მიუღწევადია, ხოლო მოქმედი სადერივაციო გვირაბის პირობებში, რომლის წყლიდან დაცლა საათებითაა გაწერილი, უკვე შეუსრულებელი მისიაა.

ამ შემთხვევაში, მიწისქვეშა სამუშაოების შესრულების უარყოფა და მათი ჩანაცვლება გამორიცხებულია, ხოლო მიწისზედა ნაწილში შეიძლება თანამედროვე თანამგზავრული მეთოდების გამოყენება.

დღეისათვის საქართველოს ქალაქებში უამრავი სხვადასხვა სახის და დანიშნულების მიწისქვეშა ნაგებობაა. ზოგიერთის შესახებ ცნობილია საზოგადოებისთვის, ხოლო ზოგიერთი ნაკლებად ან საერთოდ უცნობია.

თუმცა ყველა მიწისქვეშა ნაგებობა, რომლის შესახებ ცნობილია, აღრიცხულია (სახელმწიფო ან კერძო მფლობელობაშია) და რეესტრირებულია საჯარო რეესტრის ეროვნული სააგენტოს მიერ. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ის ნაგებობები, რომლებიც მდებარეობს ურბანულად განვითარებული ტერიტორიების ქვეშ. სწორ შემთხვევაში ეს მიწისქვეშა ნაგებობები დატანილია გეგმების სახით ძველი საპროექტო ნახაზების შესაბამისად და რეალობასთან არ აქვს საერთო ან მნიშვნელოვანი ცდომილებებით გამოირჩევა.

ძირითადად, გვირაბების გეოდეზიური უზრუნველყოფა ხორციელდება გეგმური გეოდეზიური საფუძვლით, რომელიც ძირითადად საგვირაბე ტრიანგულაციის ან პოლიგონომეტრიული ქსელების სახით არის წარმოდგენილი. მიწისქვეშა სამუშაოები, ამ შემთხვევაში შესრულებულია მაღალი სიზუსტის ელექტრონული ტაქომეტრით, სამი სამფეხის მეთოდით [2,3].

პოლიგონომეტრიის ქსელის სვლის ბოლო პუნქტის ძვრა, გამოითვლება ფორმულით

$$M_z^2 = m_s^2 n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [S]^2 \frac{n+3}{12},$$

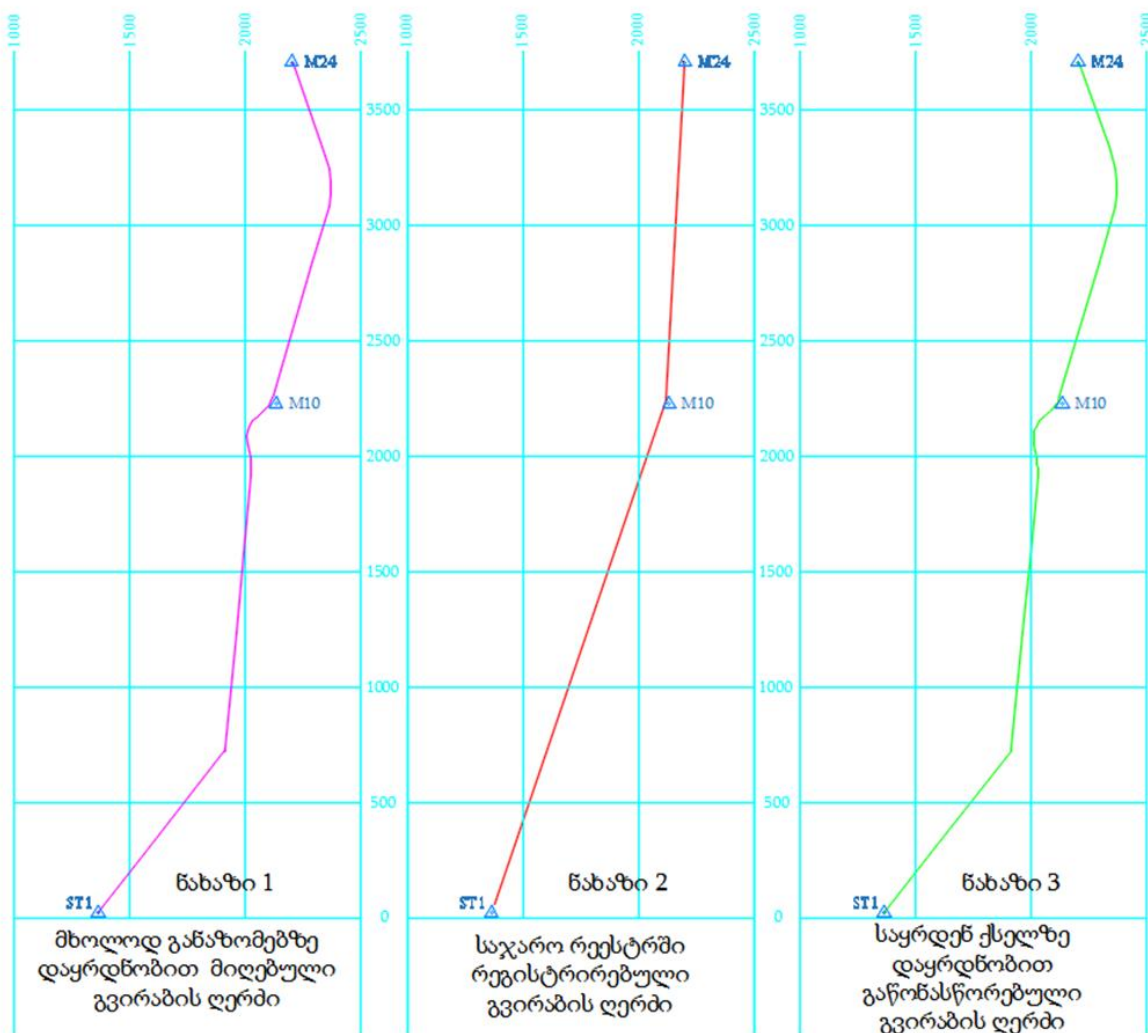
მთლიანობაში მიწისქვეშა სამუშაოები საკმარისად რთულ პირობებში შესრულდა. ვერ მოხერხდა გვირაბის წყლისაგან დაცლა და შესაბამისად გვირაბის უმეტესი მონაკვეთი იყო წყლიანი (1 მეტრი და მეტი სიღრმე). სვლის პირველი ნაწილი, ანუ შესასვლელიდან გვირაბის ღია მონაკვეთამდე დაახლოებით 2,5 კმ-ია, ხოლო მეორე, ანუ ღია მონაკვეთიდან სვლის ბოლომდე დაახლოებით 1,5 კმ-ია. მთლიანობაში სვლის სიგრძემ შეადგინა 4021,4 მ გვერდების ოდენობა 28.

წინასწარ, გვირაბის თავში და ბოლოში, აგრეთვე გვირაბის დაახლოებით შუა მონაკვეთში, იქ სადაც სადერივაციო გვირაბი გამოდის ზედაპირზე (დაახლოებით 85 მეტრიანი მონაკვეთი), დამაგრებული იქნა წერტილები, რომელთა ურთიერთ-მდებარეობა განისაზღვრა არა კლასიკური-ტრიანგულაციის ქსელის ან საქალაქე პოლიგონომეტრიის მეთოდების გამოყენებით, არამედ თანამედროვე თანამგზავრული (GNSS გლობალური სანავიგაციო სატელიტური სისტემა) ტექნოლოგიებით [4,5].

წინასწარ დამაგრებული წერტილების კოორდინატები განისაზღვრა WGS-84 კოორდინატთა სისტემაში, Geo-Cors-ის საქართველოს მუდმივმოქმედი საბაზო რეფერენსული სადგურების ქსელში ჩართული GPS მიმღებების საშუალებით და მივიღეთ სამი წერტილისაგან შემდგარი გეოდეზიური საყრდენი ქსელი.

მიწისქვეშა სამუშაოების, განაზომების შედეგები კარგი ხარისხის იყო, მათი დამუშავების შედეგად, მივიღეთ გვირაბის ღერძის კოორდინატები, რომლებიც დავამუშავეთ მხოლოდ მიწისქვეშა კუთხურ-ხაზოვან გაზომვებზე დაყრდნობით, როგორც დაკიდებული სვლა (ნახ.1). ჩვენ აგრეთვე გვქონდა გვირაბის რეგისტრირებული ღერძი (ნახ.2), რომლის მდებარეობის განსაზღვრის ცდომილება საქართველოს მთავრობის 388-ე დადგენილების თანახმად, არ უნდა აღემატებოდეს 15სმ.

საბოლოოდ მოვახდინეთ მიწისქვეშა სამუშაოების, კუთხურ-ხაზოვანი განაზომების მიხედვით საყრდენ გეოდეზიურ ქსელზე და გააწონასწორეთ. შედეგად მივიღეთ გვირაბის ღერძის, (საყრდენი გეოდეზიური ქსელის მიმართ) გაწონასწორებული კოორდინატები (ნახ.3).



სამივე ნახაზს თუ შევხედავთ, აშკარაა, რომ საჯარო რეესტრში დარეგისტრირებულ გვირაბის ღერძს (ნახ. 2) საერთო არ აქვს არაფერი ფაქტობრივ მდგომარეობასთან, ხოლო პირველი და მესამე ნახაზი ერთი შეხედვით იდენტურია, რაც სინამდვილეს არ შეესაბამება. მაგალითისთვის თუ ავიღებთ 24 წერტილს და შევადარებთ მის გამოთვლილ და გაწონასწორებული მნიშვნელობების აბსოლუტურ ცდომილებას,

ის შეადგენს 3,9 მ. ხოლო გაწონასწორების შედეგად მაქსიმალური შესწორებების სიდიდეებმა შეადგინა 35,2 და 22,4 სმ, შესაბამისად, 21-ე და 27-ე წერტილებზე.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ნახაზებში, მიწისქვეშა ნაგებობის ნამდვილი კოორდინატების საჯაროდ ხელმიუწვდომელობის მიზნით, კოორდინატთა ბადეზე მითითებული კოორდინატები დამახინჯებულია შეგნებულად და გამოყენებულია პირობით კოორდინატთა სისტემა.

ამრიგად, საყრდენი გეოდეზიური ქსელების უზრუნველყოფა GNSS სისტემების გამოყენებით, დღეისათვის სრულად აკმაყოფილებს საყრდენი გეოდეზიური ქსელების შექმნის მოთხოვნებს. დადებითი ფაქტორებია: სამუშაოს შესასრულებლად საჭირო დროის შემცირება, შემცირებული ფინანსური ხარჯები, განახევრებული ადამიანური რესურსი და ყველაზე მნიშვნელოვანი, საკმარისი სიზუსტე.

ლიტერატურა

1. Технический паспорт гидроэлектрической станции (Министерство электрических станции союза ССР). Москва, 1953, 203с.
2. თევზაძე მ., მესხი მ. გამოყენებითი გეოდეზიის კურსი, I ნაწილი. საინჟინრო-გეოდეზიური სამუშაოების ძირითადი მეთოდები და პრინციპები. -თბილისი, გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2011, 275გვ.
3. Grafarend W., Fernando Sanso “Optimization and Design of Geodetic Networks”, Springer, 2012, 606p.
4. Petovello M.G. Real-time integration of a tactical-grade IMU and GPS for high accuracy positioning and navigation. Citeseer, 2003.
5. Nixon A. Correa-Munos, Liliana A. Cerón-Calderon “Precision and accuracy of the static GNSS method for surveying networks used in Civil Engineering”, 2018., Engineering and Investigation vol.38 no.1, april, pp.52-59.

SUMMARY

PROVISION OF ANGULAR-LINEAR MEASUREMENTS OF DERIVATION TUNNEL USING SATELLITE TECHNOLOGIES

Sulaberidze G.P.

Georgian Technical University

One example of engineering geodetic service of an underground facility, using a satellite system is discussed. In particular, the creation of a support geodetic network attached to the open sections of the derivation tunnel of Rioni HPP, using a global navigation satellite system.

Keywords: GNSS, Geodetic network, Tunnel traverse, Derivation tunnel, GEO-CORS.

საქართველოს სატრანზიტო დერეფნის სიტუაციური ანალიზი და რეინჟინირების ამოცანის პირითადი ასპექტები

ხუციშვილი ს.ა., გასიტაშვილი ზ.ა., გორგიძე დ.ა., ხართიშვილი მ.პ., ხუციშვილი ლ.ს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ილიას უნივერსიტეტის პოლიტოლოგიის ინსტიტუტი

შესავალი. მეცნიერულ-ტექნოლოგიური პროგრესი და გლობალიზაცია ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების შესაძლებლობებს კარდინალურად ცვლის. შესაბამისად, დღეს, როგორც არასოდეს, პრიორიტეტულია საერთაშორისო ეკონომიკაში ჩართვა და სრული ინტეგრაცია. გეოპოლიტიკურმა მდგომარეობამ საქართველო გლობალურ ინტერესთა სფეროში მოაქცია. ის უფრო თვალსაჩინო გახდა მას შემდეგ, რაც გაუღერდა ახალი აბრეშუმის გზის (ააგ) - (NSR- New Silk Road) ეკონომიკური სარტყელის კონცეფცია. რომელიც წარმოადგენს, სატრანსპორტო-ლოჯისტიკური გადაზიდვების სატრანზიტო მარშრუტს, უნდა ითქვას, რომ გაუღერების დროიდან, ეს კონცეფცია გახდა, პეკინის, ევროპის და სატრანზიტო დერეფანში სხვა მეზობელი ქვეყნების ახალი ურთიერთობების დაწყების საფუძველი [1].

ჩინეთი, სატრანსპორტო დერეფნების პრობლემას, თავისი ინტერესებიდან გამომდინარე ხედავს. ის სამხრეთ კავკასიის სატრანზიტო დერეფანს (კსდ) (საქართველო, აზერბაიჯანი), საკვანძო როლის შემსრულებელ, ერთ-ერთ მნიშვნელოვან, დიდი პოტენციალის მქონე რეგიონად მიიჩნევს. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ არსებობს მრავალრიცხოვანი პრობლემა (ხელის შეშლელი, სუსტი ადგილები, რისკის ფაქტორები), რომელთა არსებობა ცხადია ამცირებს კსდ-ის საერთო კონკურენტუნარიანობას. ანუ ზრდის „სატრანსპორტო დერეფანის“ გავლის დროს, ზრდის ღირებულებას და ამცირებს იმედიანობას, რაც რეალურად ასახულია, მსოფლიო ბანკის კონკურენტუნარიანობის ლოჯისტიკურ ინდექსზე, სადაც საქართველის, 2,44 ქულით 124-ე ადგილი უკავია. [4,5]

ამასთან უნდა დაგაფიქსიროთ, რომ გზა ჩინეთს და ევროპას შორის, რომელიც გადის სამხრეთ კავკასიაზე ყველაზე მოკლეა. ამიტომ სათანადო რეორგანიზაციის პირობებში, მან შეიძლება სერიოზული კონკურენცია გაუწიოს ჩრდილოეთისა და სამხრეთის სატრანზიტო დერეფნებს.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ვფიქრობთ მნიშვნელოვანია, კავკასიის სატრანზიტო დერეფანის საქართველოს მონაკვეთის რეინჟინირების ამოცანის დასმა და დამუშავება, სიტუაციური ანალიზის საფუძველზე. კონკურენტუნარიანობის მკვეთრად ამაღლების ძირითადი მიმართულებების და „ინსტრუმენტების“ განსაზღვრა

ძირითადი ნაწილი. ბიზნეს პროცესების რეინჟინირინგი გამოიყენება მაშინ, როდესაც საჭიროა საქმიანობის რეორგანიზაციის შესახებ მიზანმიმართული გადაწყვეტილების მიღება, ძირითადი მახასიათებლების მკვეთრი, ნახტომისებური გაუმჯობესების მისაღწევად.

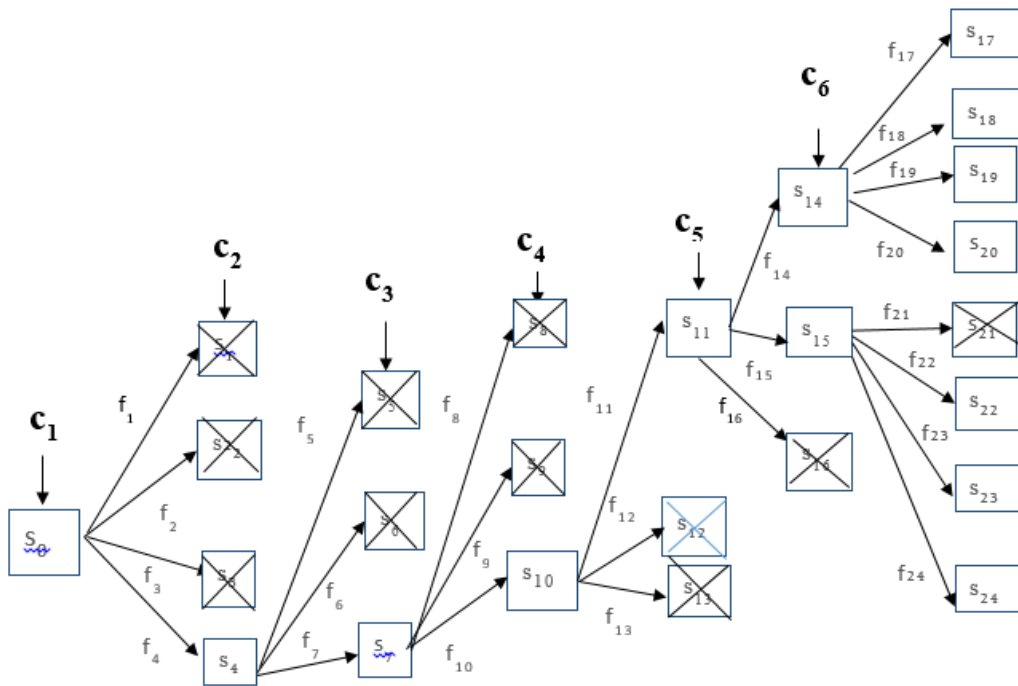
რეინჟინირინგის შემოთავაზებული პროცესი დაფუძნებულია სცენარების მეთოდზე და სიტუაციური ანალიზის პრინციპებზე, რომლის არსი მდგომარეობს შემდეგში: ბიზნეს სისტემის ფორმირების ან მოდიფიცირების (რეინჟინირინგის) პროცესში, სისტემის განვითარების სტადიების შესაბამისად, შეიძლება წარმოიქმნას სიტუაციების სიმრავლე. ხდება საწიის და დამამთავრებელ სტადიებზე სიტუაციების დაფიქსირება და განისაზღვრება თანმიმდევრული გადასვლები [4].

ნაშრომში სიტუაციური ანალიზის პროცესი წარმოდგენილია, კავკასიის სატრანსპორტო დერეფნის საქართველოს მონაკვეთის, ანუ საქართველოს სატრანზიტო დერეფანში მულტიმოდალური სატრანსპორტო-ლოჯისტიკური სისტემის რეფორმირების (რეინჟინირინგის) მაგალითზე.

საქართველოს სატრანზიტო დერეფანი წარმოადგენს საკმაოდ რთული სტრუქტურის ბიზნეს სისტემას (შემადგენელი ელემენტების დიდი რაოდენობა, მათ შორის და გარემოსთან ურთიერთკავშირების სირთულე, უფლებამოსილებათა იერარქიული გადანაწილება და ა.შ). მისი, როგორც ბიზნეს სისტემის ანალიზის და

რეფორმირების შესაბამისი ამოხსნების არჩევა სასურველია განხორციელდეს სპეციალური – „ხის მაგვარი“ გრაფის აგებისა და ანალიზის საფუძველზე. ასეთ გრაფს ვუწოდებთ სიტუაციების გრაფს (სქემა).

გრაფის წვეროები აღნიშნება მართკუთხედებით და შეესაბამება სტადიაზე წარმოქმნილ სიტუაციებს, „ხის ძირი“ აღნიშნავს საწყის (ამოსავალ) სიტუაციას. მართკუთხედის ზევით მინიშნებული ისრები, მიუთითებს სიტუაციური მიზნების არსებობას, რომელთა მიღწევითაც შეიძლება „შეიცვალოს“ სიტუაციის ნეგატიური ფაქტორები. წიბოები, რომლებიც გამოდიან „სიტუაციური წვეროებიდან“ შეესაბამება ალტერნატიულ გადაწყვეტილებებს, მიმართულს ამ მიზნების რეალიზებაზე. (სქემაზე მითითებული სიტუაციები, სიტუაციური მიზნები და გადაწყვეტილებები შესაბამისად აღნიშნულია S_i , C_j , f_k).



საქართველოს სატრანზიტო დერეფანში პროცესების რეფორმირების სიტუაციური გრაფი (დიაგრამა)

ექსპერტების (საგნობრივ სფეროში) და სისტემური ანალიტიკოსების მიერ, ყოველი მიღებული სიტუაციისათვის, საწყისი S_0 -დან დაწყებული, სრულდება შემდეგი პროცედურები:

1. ხდება ტექსტური აღწერის განსჯა და ანალიზი, აღწერილი სიტუაციის გასაუმჯობესებლად ყალიბდება სიტუაციური მიზნები;
2. ფიქსირდება ალტერნატიული გადაწყვეტილებები სიტუაციური მიზნის მისაღწევად;
3. სიტუაციები, რომლებიც ასახავენ გადაწყვეტილების შედეგს, გადაიტანება გრაფზე (წვეროების და ინციდენტური მონაკვეთების სახით) და ხდება მათი აღწერა;
4. ხდება სიტუაციების – შედეგების განსჯა და მათგან ამოიღება შედარებით მიუღებელი (გადაიხაზება აღნიშნული S_i -დან). დარჩენილი სიტუაციებისათვის პროცედურა მეორდება.

სიტუაციური მიზნების დანიშნულებაა სიტუაციების გაუმჯობესების ხელშეწყობა. როგორც სქემაზეა წარმოდგენილი, ვიხილავთ შემდეგ სიტუაციურ მიზნებს: $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$.

C_1 – საქართველოს სატრანსპორტო ლოგისტიკური დერეფნის კონკურენტუნარიანობის ამაღლების სტრატეგიის არჩევა; C_2 – საქართველოს სატრანსპორტო ლოგისტიკური დარგის საქმიანობის მარეგულირებელი ადგილობრივი და მეზობელი ქვეყნების კანონმდებლობის გაცნობა და მიზანმიმართული გამოყენება; C_3 – საინვეს-

ტიციო პოლიტიკის ფორმირება; C₄ – ინოვაციური პოლიტიკის ფორმირება; C₅ – მართვის ორგანიზაციული სტრუქტურის არჩევა; C₆ – ფუნქციონირების მექანიზმის არჩევა.

სიტუაციური ანალიზის პროცესში, სიტუაციურ მიზნებს სიღრმისეულად არ განვიხილავთ, ძირითად ასპექტებს კი მოკლედ დავახასიათებთ.

განსახილველი პრობლემის სავარაუდო ტექსტური აღწერა, საწყისი S₀-თვის და მასთან დაკავშირებული S₁,... ,S₄ სიტუაციებისთვის, მოცემულია ცხრ. 1-ში, სიტუაციური მიზნები C_j მითითებულია უშუალოდ სქემაზე, ხოლო ალტერნატიული გადაწყვეტილებები f_k ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 1. შესაძლო სიტუაციების ცხრილი

	სიტუაციის აღწერა
S ₀	ახალი აბრეშუმის გზის სატრანსპორტო-ლოგისტიკური დერეფანი ნაკლებად კონკურენტუნარიანია ალტერნატიულ დერეფნებთან შედარებით: 1. არ არსებობს სათანადო ინფრასტრუქტურა და შესაბამისი ტექნოლოგიები საზღვაო, სახმელეთო და სარკინიზო მიმართულებებზე. 2. მოუწესრიგებელია სატრანსპორტო და ლოჯისტიკური ცენტრების ფორმირების და განვითარების პროცესი; 3. საკმარისი არაა სახელმწიფოსა და კერძო სექტორს შორის თანამშრომლობის დონე, ენერგეტიკის, ტრანსპორტის, ლოჯისტიკის, ინფორმაციული ტექნოლოგიების ინვესტირების მიმართულებით; 4. გაძნელებულია კონკურენტული გარემოს ფორმირება, საერთაშორისო დონეზე მოთხოვნის და მიწოდების ბაზრების სისტემური კვლევა და /ან ინფორმაციის მოძიება, შესაბამისი ინფორმაციული სისტემების განვითარება. 5. გართულებულია საერთაშორისო და რეგიონალური სატრანსპორტო სისტემებში ინტეგრაცია. 6. აღინიშნება კადრების არასთანადო კვალიფიკაცია, არ არის სისტემატიზირებული სწავლების და გადამზადების პროცესი. 7. არ არსებობს კონკრეტული სამოქმედო გეგმა და არ არის განსაზღვრული სტრატეგიული მიზნების განხორციელებაზე პასუხისმგებელი საჯარო უწყება ან სხვა სტრუქტურული რგოლი.
S ₁	1.1. ხდება სათანადო ინფრასტრუქტურისა და ტექნოლოგიების განვითარების არამიზანმიმართული მცდელობა, შეიმჩნევა შესაბამისი საქმიანობის დაბალი ტემპები და საინვესტიციო პოლიტიკა, საზღვაო, სახმელეთო და სარკინიზო მიმართულებებზე; 1.2. მაღალია კონკურენცია დასავლეთ-აღმოსავლეთის და სხვა ალტერნატიულ დერეფნებთან მიმართებაში. 1.3. არ არსებობს, სატრანსპორტო ლოჯისტიკური სექტორის განვითარების სახელმწიფო სტრატეგია და ა.შ.
S ₂	2.1. საქართველო სატრანსპორტო ლოჯისტიკურ დარგში პროცესების განვითარების დინამიკა წინა სიტუაციასთან შედარებით ძირითადად არ არის შეცვლილი. ორიენტაცია აღებულია განვითარების ისევ ექსტენსიურ მიმართულებაზე. 2.2. დამუშავებულია განვითარების სახელმწიფო სტრატეგია, მაგრამ არ არის ფორმირებული ლოჯისტიკის ოპერაციების პრიორიტეტული მიმართულებები, და ა.შ.
S ₃	3.1. განვითარების დინამიკა გვახსენებს სცენარს რომელიც მოყვანილია სიტუაციაში S ₂ ; 3.2. ისახება ისეთი ლოჯისტიკური პრობლემების გადაჭრის გზები როგორცაა გადაზიდვების სიჩქარე და ფინანსური უზრუნველყოფის დახვეწა, განსაკუთრებით სარკინიზო გადაზიდვებში, ლოჯისტიკის თანამედროვე მეთოდების „ზუსტად დროში“, „კარიდან კარამდე“, „ერთი ფანჯრის პრინციპი“ და ა.შ. დროული და ფართოდ დანერგვა და ა.შ.
S ₄	განვითარების დინამიკა გვახსენებს სცენარს რომელიც აღწერილია S ₃ სიტუაციაში. 4.1. სახელმწიფოსგან პრაქტიკული მხარდაჭერის თვალსაზრისით ხდება პასუხისმგებელი და მაკორდინირებელი ორგანოს ფორმირება. 4.2. სახელმწიფოსთვის სატრანსპორტო ლოჯისტიკური დარგი ხდება პრიორიტეტული. დიდია ძალისხმევა ღრმაწყლოვანი პორტის შექმნაზე და ა.შ.

სქემაზე წარმოდგენილ სიტუაციების გრაფზე, f₁, f₂, f₃, f₄ გადაწყვეტილებებიდან ყველაზე მისაღებია f₄ – გადაწყვეტილება და მისი შესაბამისი S₄ სიტუაცია, რადგან ყველაზე სრულად ასახავს მსოფლიო ბანკის ლოჯისტიკის ინდექსის შემადგენლებს

და მათი გაუმჯობესების პერსპექტივებს C_1 მიზნის გათვალისწინებით. ამიტომ ამ ეტაპზე სხვა სიტუაციებს აღარ განვიხილავთ და ვახდენთ მათ რედუცირებას.

ყოველივე ზემოთ თქმულის საფუძველზე აუცილებელი ხდება f_4 გადაწყვეტილების შესაბამისი, S_4 სიტუაციის შემდგომი განვითარების ანალიზი, უკვე C_2 მიზნისათვის. რომელიც ითვალისწინებს ქვეყანაში მოქმედი და საერთაშორისო მულტიმოდალური (სხვადასხვა სახეობის ტრანსპორტით) გადაზიდვების მარეგულირებელ სამართლებრივ ნორმებს, აქტებს, დადგენილებებს, კონვენციებს და ა.შ. [5].

გამოყოფილით S_5, S_6, S_7 სიტუაციებს და შესაბამის f_5, f_6 და f_7 გადაწყვეტილებებს. მათგან მნიშვნელოვანია f_7 გადაწყვეტილება, რომელიც სატრანსპორტო დერეფანში საქმიანობის მარეგულირებელი კანონმდებლობის გამოყენების და სრულყოფის პროცესების პარალელურად, იზიარებს და ითვალისწინებს საერთაშორისო კონვენციებს, დადგენილებებს, სამართლებრივ ნორმებს.

S_7 სიტუაციაში (საინვესტიციო პოლიტიკის არჩევის დროს) შემოთავაზებულია გადაწყვეტილებები f_8, f_9, f_{10} , რომელთაგან უარყოფილია f_8 და f_9 გადაწყვეტილებები და ა.შ.

ცხრილი 2. შესაძლო გადაწყვეტილებების ცხრილი

ამოხსნის დასახელება	ამოხსნის აღწერა
f_1	ქვეყანაში სატრანსპორტო-ლოგისტიკური დარგის ექსტენსიური ზრდა და განვითარების არსებული ტენდენციების შენარჩუნება „დავტოვოთ ყველაფერი ძველებურად“.
f_2	f_1 გადაწყვეტილებისგან განსხვავებით: დამუშავდეს სატრანსპორტო-ლოგისტიკური დერეფნის განვითარების სტრატეგიები; დაიწყოს სატრანსპორტო-ლოგისტიკური ცენტრების (სღც) ფორმირება და ურთიერთობების სრულყოფა გადაზიდვების პროცესში მონაწილე კერძო სტრუქტურებს შორის.
f_3	მულტიმოდალური სატრანსპორტო-ლოგისტიკური საქმიანობის ინტენსიური ზრდის მიმართულებების ფორმირება (სატრანსპორტო გადაზიდვების სიჩქარის და საიმედოობის გაზრდა, დაფინანსების უზრუნველყოფა სარკინიზო და საავტომობილო ინფრასტრუქტურაში, ინტერმოდალურ გადაზიდვებზე და საბაჟო მომსახურებაზე საოპერაციო პროცედურების გაიაფების ტენდენცია და ა.შ).
f_4	f_3 -გადაწყვეტილებების პარალელურად, სახელმწიფოსგან საჭირო პრაქტიკული მხარდაჭერა. სახელმწიფოსგან სატრანსპორტო-ლოგისტიკური დარგის პრიორიტეტულობის დაფიქსირება. დერეფნის ცნობადობის ამაღლების შესაბამისი საქმიანობა; საჭირო ინვესტიციების მოზიდვა და ა.შ.
f_5	ტრასეკას დერეფნში საქმიანობის არსებული კანონმდებლობის ანალიზი, სრულყოფის გზების დასახვა.
f_6	f_5 გადაწყვეტილების პარალელურად ადგილობრივი მნიშვნელობის დარგობრივი, რეგიონული,საკანონმდებლო დადგენილებების, აქტების და ა.შ მიღება.
f_7	f_6 გადაწყვეტილების პარალელურად საერთაშორისო კავშირების მარეგულირებელი დამატებითი დებულებების, დადგენილებების კონვენციების და აქტების აღიარება.

„რედუქციის“ განხორციელების შემდეგ დარჩა შვიდი გზა, რომლებიც იწყება „ხის ძირიდან“ და მიდის „ფოთლებისკენ“ (სქემა). ყოველი გზა შეესაბამება გადაწყვეტილებების გარკვეულ ნაკრებს. ჩვენი მიზანია (არსებული კანონმდებლობის ფარგლებში) ავირჩიოთ ამ ნაკრებიდან ოპტიმალური – C_i - მაკრომიზნებზე ორიენტაციით. მაკრომიზნების სისტემის ფორმირება ხდება სიტუაციური ანალიზის საწყის სტადიაზე. ასეთი სისტემა განსაზღვრავს სატრანსპორტო დერეფნის განვითარების ორიენტირებს, მსოფლიო ბანკის ლოგისტიკის ინდექსის არსებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე (ცხრ. 3).

ცხრილი 3. სატრანსპორტო დერეფნის განვითარების მაკრომიზნები

მაკრომიზნის დასახელება	მაკრომიზნის აღწერა
MC ₁	სატრანსპორტო-ლოგისტიკური ინფრასტრუქტურის ეფექტურობის და ხარისხის გაზრდა, ორიენტაცია დრმაწელოვან პორტებზე.
MC ₂	საქართველოს პორტებსა და სასაზღვრო-გამშვებ პუნქტებში, ოპერაციული საქმიანობის სრულყოფა, ინოვაციური ტექნოლოგიების და „ერთი ფანჯრის პრინციპის“ გამოყენებით.
MC ₃	მულტიმოდალური სატრანსპორტო ლოგისტიკური მომსახურების, (შიდა ოპერაციების) შესაძლებლობების და ხარისხის სრულყოფა, გადაზიდვების ერთიანი, კონკურენტუნარიანი სისტემის ფორმირება და მართვის შესაბამისი, ინოვაციური მექანიზმების ფორმირება;
MC ₄	ტვირთის დანიშნულების ადგილამდე დროულად მიწოდება და ტვირთების ტრეკინგის შესაძლებლობა;

ამორჩევის პროცედურისათვის მონაცემები (სახევენებელი ვარიანტი) წარმოდგენილია ცხრ. 4-ში, რომლის სტრიქონებიც შეესაბამება B_i ნაკრებს, ხოლო სვეტები MC_j მაკრომიზნებს.

ცხრილი 4. გადაწყვეტილებათა ოპტიმალური ნაკრების არჩევისათვის მონაცემები

ნაკრების სახელი	ბოლო სიტუაცია	ნაკრების სტრუქტურა	რეფორმირების მაკრო მიზნები და წონები (ქულები)				მაკრომიზნის მიღწევადობის ინდიკატორი
			MC ₁ /5	MC ₂ / 4	MC ₃ / 5	MC ₄ /3	
B ₁	S ₁₇	f ₄ f ₇ f ₁₀ f ₁₁ f ₁₄ f ₁₇	0,9	0,5	0,7	0,5	11,1
B ₂	S ₁₈	f ₄ f ₇ f ₁₀ f ₁₁ f ₁₄ f ₁₈	0,5	0,3	0,5	0,3	7,1
B ₃	S ₁₉	f ₄ f ₇ f ₁₀ f ₁₁ f ₁₄ f ₁₉	0,3	0,3	0,7	0,5	7,7
B ₄	S ₂₀	f ₄ f ₇ f ₁₀ f ₁₁ f ₁₄ f ₂₀	0,5	0,3	0,5	0,3	7,1
B ₅	S ₂₂	f ₄ f ₇ f ₁₀ f ₁₁ f ₁₅ f ₂₂	0,3	0,5	0,3	0,5	6,5
B ₆	S ₂₃	f ₄ f ₇ f ₁₀ f ₁₁ f ₁₅ f ₂₃	0,3	0,5	0,5	0,3	6,9
B ₇	S ₂₄	f ₄ f ₇ f ₁₀ f ₁₁ f ₁₅ f ₂₄	0,3	0,5	0,3	0,5	6,5

ყოველ მაკრომიზანს MC_j ექსპერტთა ჯგუფის მიერ ენიჭება წონა ან ქულა α_j, რომელიც განსაზღვრავს მის პრიორიტეტს, სხვა მაკრომიზნებთან შედარებით და მაკრომიზნისგან გამოყოფილია დახრილი სახით (ცხრ. 4).

MC_j მაკრომიზნების მიღწევის ხარისხი (შესაძლებელი დონე) B_i გადაწყვეტილებების დროს ფასდება $X_{ij} \in [-1, +1]$ სიდიდით, ექსპერტთა ჯგუფის ან ექსპერტის მიერ. აქ პლუსი აღნიშნავს მიზანთან მიახლოებას, ხოლო მინუსი მიზნიდან დაშორებას. თუ ყველა შეფასება დადებითია, მაშინ ნიშანი გამოიტოვება. ძალიან მნიშვნელოვანია ექსპერტების კომპეტენტურობის დონის და მათი შეთანხმების დონის დადგენა. ამ ეტაპზე ჩვენ ვუშვებთ, რომ ექსპერტთა ჯგუფი კომპეტენტურია და მათი ქმედებები შეთანხმებულია. X_{ij} შეფასების რიცხვითი მნიშვნელობები, რომელიც აღნიშნავს B_i-ის გავლენას MC_j მიზნის რეალიზებაზე, მოთავსებულია 0 ≤ X_{ij} ≤ 1 საზღვრებში და აირჩევა ექსპერტთა შეთანხმების საფუძველზე კონკრეტული სკალით (ცხრ.5).

X_{ij} შეფასება იწერება B_i სტრიქონის და MC_j სვეტის გადაკვეთაზე. ყოველი B_i სტრიქონისათვის გამოითვლება მაკრომიზნის მიღწევის სიდიდე (მმს), $(მმს) \equiv CI$, მაშინ მმს-ს გამოსათვლელი ზოგადი ფორმულა მიიღებს სახეს.

$$CI = \sum_j \alpha_j X_{ij} \tag{1}$$

სადაც, α_j j-რი მაკრომიზნის წონაა;

X_{ij}- MC_j მაკრომიზნის მიღწევის ხარისხი B_i გადაწყვეტილებების დროს.

CI-ს შედეგები ჩაიწერება ცხრ. 4-ს ბოლო სვეტში მარჯვნივ. მმს-ს (1)-ს მაქსიმალური მნიშვნელობა ფიქსირდება კონკრეტული რიცხვით და აღნიშნავს მაქსი-

მაღურ შედეგს. ჩვენი შემთხვევისათვის $\max CI = 11.1$, ხოლო ცხრ. 4-ის მონაცემების შესაბამისად გადაწყვეტილებათა ეფექტური ნაკრები ასეთია ($B_1 = f_4 f_7 f_{10} f_{11} f_{14} f_{17}$).

ცხრილი 5. შეფასების სკალა

ლინგვისტური სკალა	ქმედებები არ არის	ძალიან სუსტია	სუსტია	საშუალოა	ძლიერია	ძალიან ძლიერია	აბსოლუტურია
რიცხვითი სკალა	0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0

დასკვნა. ნაშრომში რეინჟინირინგის პრობლემა და მისი გადაწყვეტის მეთოდოლოგია განიხილება, როგორც კსდ-ის საქართველოს მონაკვეთზე, მიმდინარე სატრანსპორტო-ლოგისტიკური პროცესების ხელახალი, ფუნდამენტური გააზრება და ზოგიერთი ქვეპროცესის რადიკალური პერეპროექტირების მცდელობა. რადიკალური ცვლილებები შემოთავაზებულია გადაზიდვების პროცესის იმ ძირითადი მაჩვენებლების მიმართ, რომლებიც ფიგურირებს მსოფლიო ბანკის ლოგისტიკის ინდექსის ინტეგრალური შეფასებაში, და რომელიც ქვეყნისთვის ამ ეტაპზე, არც ისე სახარბიელოა. მათი გაუმჯობესების მისაღწევად მნიშვნელოვანია ისინი განიხილებოდნენ ძირითად მიზნებთან კავშირში. მიზნების რეალიზებისათვის სიტუაციური მიდგომის გამოყენება და სიტუაციური გრაფის მიზანმიმართული ანალიზი საშუალებას იძლევა დავადგინოთ, მიზნების რეალიზებაზე მიმართული გადაწყვეტილებათა სასურველი და უფრო ეფექტური თანმიმდევრობა.

ვფიქრობთ, წარმოდგენილი მეთოდოლოგია გარკვეული დაზუსტებების შემდეგ, შეიძლება გავავრცელოთ მთლიანად კავკასიის სატრანზიტო დერეფნის პრობლემატიკაზეც.

ლიტერატურა

1. President Xi Jinping Delivers Important Speech and Proposes to Build a Silk Road Economic Belt with Central Asian Countries. Ministry of Foreign Affairs of People’s Republic of China. 2013/09/07.
2. გ. დობორჯგინიძე. საქართველო როგორც შუა დერეფნის საზღვაო კარიბჭე, ეკონომიკა. 2019.
3. Philip Andrew Churm, Chinese President hails benefits of new "Silk Road", Euronews, 27/04/2019.
4. С. А. Юдицкий. Сценарный подход к моделированию поведения бизнес-систем. Серия: Управление организационными системами. –М., Синтег, 2001, 112 с.
5. სატრანსპორტო-ლოგისტიკური დარგი საქართველოში: ძირითადი გამოწვევები და განვითარების პერსპექტივები. ბიზნესის და ეკონომიკის ცენტრი. 2017.
<http://parliament.ge/ge/ajax/downloadFile/98817/>

SUMMARY

SITUATION ANALYSIS OF THE TRANSIT CORRIDOR OF GEORGIA AND MAIN ASPECTS OF REENGINEERING TASK

Khutsishvili S.A., Gasitashvili Z.A., Gorgidze D.A., Khartishvili M.P. and Khutsishvili L.S.

Georgian Technical University

Institute of Political Science of Ilia State University

A situational analysis of the transport and logistics processes on the Georgian section of the Caucasus Transit Corridor is presented. Using such an analysis, in order to increase the competitiveness of the transit corridor, the task of reengineering is set and the methodology for its solution is developed. A “tree-like graph” is used, where the peaks of the graph indicate the situations to be analyzed, a concrete situational goal is fixed for each stage, and the branches of the graph indicate the directions of the realization of the situational goal and the process of moving to the next stage of analysis. The macro goals of improving the multimodal shipping process and the main, effective directions for their realization are set.

Keywords: transit corridor, multimodal transportation, logistics, situational analysis, reengineering, situational objectives.

ამერიკული ოფციონის მოდელირება რთული პროცენტით

მასაშვილი ქ.ა., ტყემალაძე გ.შ., ხეჩინაშვილი ზ.ჯ., დოჭვირი ბ.მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
 ივ. ჯავახიშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

1. განვიხილოთ მრავალაქტივიანი ბინომური ფინანსური ბაზარი, რომელიც შედგება k რაოდენობის ობლიგაციისგან და 1 აქციისგან. ვთქვათ,

$$B_n = B_n^1 + \dots + B_n^k \quad (1)$$

სადაც $n=0,1, \dots, N$ დროის მომენტებია. ვიგულისხმობთ რომ, B_n, B_n^1, \dots, B_n^k ობლიგაციების მნიშვნელობები რთული საპროცენტო განაკვეთით სარგებელთან ერთად მრავალაქტივიანი შესაბამისად $\lambda_n > 1, C_n^i > 1, i=1,2, \dots, k$ სიდიდეებზე.

გვაქვს

$$B_n = (1+r) \cdot B_{n-1} \cdot \lambda_n, \quad B_n^1 = (1+r_1) B_{n-1}^1 \cdot C_n^1, \dots, \quad B_n^k = (1+r_k) B_{n-1}^k \cdot C_n^k, \quad (2)$$

სადაც r, r_1, \dots, r_k რთული საპროცენტო განაკვეთებია, ამრიგად ჩვენ გვაქვს მრავალაქტივიანი ბინომური ფინანსური ბაზრის ობლიგაციების დროში ევოლუციის შემდეგი მოდელი.

$$(1+r) \cdot B_{n-1} \cdot \lambda_n = (1+r_1) B_{n-1}^1 \cdot C_n^1 + \dots + (1+r_k) B_{n-1}^k \cdot C_n^k, \quad (3)$$

ამ მოდელში უცნობია r საპროცენტო განაკვეთი, მესამე ტოლობიდან ადვილად მივიღებთ რომ

$$r = r_n = \frac{(1+r_1) \cdot B_{n-1}^1 \cdot C_n^1 + \dots + (1+r_k) \cdot B_{n-1}^k \cdot C_n^k - (B_{n-1}^1 + \dots + B_{n-1}^k) \cdot \lambda_n}{(B_{n-1}^1 + \dots + B_{n-1}^k) \lambda_n} \quad (4)$$

იმ შემთხვევაში როცა λ და C სიდიდეები ერთის ტოლია, გვექნება მრავალაქტივიანი ბინომური ფინანსური ბაზრის მოდელი კუპონის გათვალისწინების გარეშე.

$$S_n = (1+\rho_n) S_{n-1}, \quad S_0 > 0 \quad (5)$$

$S = (S_n)$ აქციაა, საპროცენტო განაკვეთი $r > 0$ მუდმივია, ხოლო ρ_n დამოუკიდებელ და ერთნაირად განაწილებულ შემთხვევით სიდიდეთა მიმდევრობაა. ამასთან $P(\rho_n = b) = p, P(\rho_n = a) = 1-p = q, -1 < a < r < b$. შევნიშნავთ რომ $n=0,1, \dots, N$ დროის მომენტებია.

განვსახდვროთ აგრეთვე რისკ-ნეიტრალური ალბათობა შემდეგი ტოლობით

$$p^* = p_n^* = \frac{r_n - a}{b - a} \quad (6)$$

წარმოვიდგინოთ ინვესტორი რომელსაც საწყის $n=0$ მომენტში აქვს X_0 თანხა, მისი სურვილია ფინანსური ბაზრის გამოყენებით ეს თანხა მომავალში დროის N მომენტში გახადოს f_N თანხის ტოლი. ინვესტორის ამ სურვილს საინვესტიციო პრობლემა ეწოდება. ვთქვათ, დროის n მომენტში ინვესტორს ნაყიდი აქვს β_n რაოდენობის ობლიგაცია და γ_n რაოდენობის აქცია, ანუ მას აქვს აქტივების პორტფელი (სტრატეგია) $\pi_n = (\beta_n, \gamma_n)$. ამ პორტფელის შესაბამისი თანხა ტოლია

$$X_n^\pi = \beta_n B_n + \gamma_n S_n \quad (7)$$

სადაც B_n და S_n არის დროის n მომენტში შესაბამისად 1 ობლიგაციის და 1 აქციის ფასები. პორთფელს ეწოდება მინიმალური ჰეჯი თუ სრულდება ტოლობა

$$X_N^\pi = \beta_N B_N + \gamma_N S_N = f_N \quad (8)$$

ამერიკული ტიპის ოფციონის მფლობელს უფლება აქვს გაანადღოს კონტრაქტი დროის ნებისმიერ $n=0,1, \dots, N$ მომენტში. რის გამოც ოფციონის სამართლიანი ფასისა და განადღების რაციონალური მომენტის პოვნა რთულ მათემატიკურ ამოცანას წარმოადგენს.

ახლა განვიხილოთ გადახდის ფუნქციების $f = (f_0, f_1, \dots)$ სისტემა.

შეიძლება განვიხილოთ გადახდის ფუნქციების სხვადასხვა სახეები. მაგალითად, ყიდვისა და გაყიდვის სტანდარტული ოფციონები გადახდის $f_n = (S_n - K)^+$ და $f_n = (K - S_n)^+$ ფუნქციებით.

ბოლოს შევნიშნავთ, რომ ოფციონის ფასდადების პრობლემა შესწავლილი იყო ორაქტივიანი ბინომური ფინანსური ბაზრის შემთხვევაში. რომელიც შედგება 1 ობლიგაციისგან და 1 აქციისგან.

2. ამერიკული ოფციონის გათვლის დროს (ისევე, როგორც ევროპული ოფციონის გათვლის დროს) შეიძლება გამოვიყენოთ ბინომური ხეები და მოპასუხე პორტფელის პრინციპი. N -ნაბიჯიანი ბინომური ხის კვანძებში აქციის შესაძლო ფასები დაითვლება შემდეგი ტოლობებით

$$S_N = S_{N,j} = S_0(1+b)^j(1+a)^{N-j}, \quad j = 0,1,\dots,N \quad (9)$$

ხოლო ბოლო $n=N$ მომენტში, N ფინანსურ კვანძში, ოფციონის ფასები გადახდის ფუნქციის მნიშვნელობებით დაითვლება

$$f = f_{N,j} = f(S_{N,j}), \quad j = 0,1,\dots,N \quad (10)$$

ტოლობებით, სადაც f რაიმე გადახდის ფუნქციაა.

ოფციონის მიმდინარე (შიგა) ფასები და სამართლიანი ფასი დაითვლება შემდეგი სქემის მიხედვით.

დროის $n=N-1$ მომენტში (ფინანსურის წინა კვანძებში) გვექნება

$$C_{N-1,j}^A = \max \left\{ f_{N-1,j}; (1+r)^{-1} \left[p^* f_{N,j+1} + (1-p^*) f_{N,j} \right] \right\}, \quad j = 0,1,\dots,N-1$$

დროის $n=N-2$ მომენტში გვექნება

$$C_{N-2,j}^A = \max \left\{ f_{N-2,j}; (1+r)^{-1} \left[p^* C_{N-1,j+1}^A + (1-p^*) C_{N-1,j}^A \right] \right\}, \quad j = 0,1,\dots,N-2$$

და ა.შ. დროის $n=N-k$ მომენტში გვექნება

$$C_{N-k,j}^A = \max \left\{ f_{N-k,j}; (1+r)^{-1} \left[p^* C_{N-k,j+1}^A + (1-p^*) C_{N-k,j}^A \right] \right\}, \quad j = 0,1,\dots,N-k$$

და ა.შ. დროის $n=N-N=0$ მომენტში გვექნება

$$C_{N,j}^A = C_{0,0}^A = \max \left\{ f(S_0); (1+r)^{-1} \left[p^* C_{1,1}^A + (1-p^*) C_{1,0}^A \right] \right\} \quad (11)$$

სადაც $f(S_0) = f(S_{0,0})$, $p^* = \frac{r-a}{b-a}$

ამრიგად, რეკურენტული ფორმულები და ბინომური ხეები გამოიყენება ევროპული და ამერიკული ტიპის ოფციონების გათვლის (ფასდადების) ამოცანების გადაწყვეტაში. კერძოდ, შესაძლებელია აქციის და ოფციონის ფასების ევოლუციის აღწერა და ბინომური ხის კვანძებში მათი ყველა შესაძლო მნიშვნელობის გამოთვლა ოფციონის სამართლიანი ფასის ჩათვლით.

რაც შეეხება ოფციონის განადღების რაციონალური მომენტის პოვნას, როგორც აღვნიშნეთ, ის, საზოგადოდ, რთულ ამოცანას წარმოადგენს, ამერიკული

ოფციონის განადღების რაციონალური მომენტი არის დროის ისეთი შემთხვევითი მომენტი რომ ამ მომენტში ოფციონის მფლობელმა მიიღოს მაქსიმალური საშუალო გასამრჯელო. ჩვენ მოვიყვანოთ ამერიკული ტიპის ოფციონის განადღების რაციონალური მომენტის არჩევის ერთ მარტივ წესს ბინომური ხის გამოყენების შემთხვევაში. წესი შემდეგში მდგომარეობს: ამერიკული ტიპის ოფციონის აღსრულების რაციონალური მომენტი არის დროის ის პირველი მომენტი, როდესაც ოფციონის ფასი (გადახდის ფუნქციის მნიშვნელობა) გაუტოლდება ან აღემატება მის შინაგან ფასს. ამრიგად, რაციონალური მომენტისათვის გვაქვს

$$\tau^* = \min \{n : f(S_n) = C_n^A\} \tag{12}$$

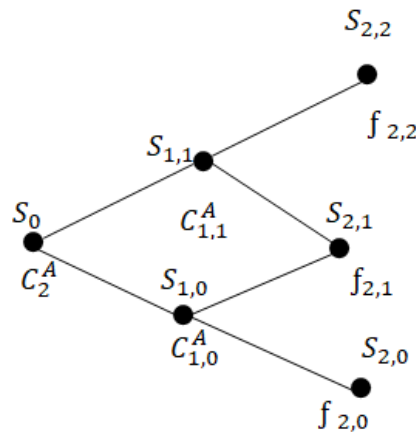
თუ ამერიკული ოფციონის განადღება მოხდა არარაციონალურ τ მომენტში, $(f(S_\tau) > C_\tau^A)$ მაშინ ემიტენტი შეასრულებს ოფციონის შესაბამის ვალდებულებას, და ამასთან, ის მიიღებს ურისკო მოგებას.

3. ახლა ამერიკული ტიპის ოფციონისთვის ავაგოთ ორნაბიჯიანი ბინომური ხე.

(11) ტოლობების მიხედვით $N=2, j=0,1,2$ შემთხვევაში

$$\begin{aligned} S_2 &= S_{2,j} = S(1+b)^j(a+a)(2-j) & j &= 0,1,2 \\ f &= f_2 = f_{2,j} = f(S_{2,j}) & j &= 0,1,2 \\ C_{1,j}^A &= \max \{f_{1,j}; (1+r)^{-1} [p^* f_{2,j+1} + (1-p^*) f_{2,j}]\} & j &= 0,1 \\ C_{0,j}^A &= C_2^A = \max \{f_{0,j}; (1+r)^{-1} [p^* C_{1,j+1}^A + (1-p^*) C_{1,j}^A]\} & j &= 0,1 \end{aligned} \tag{13}$$

ამრიგად, ორნაბიჯიან ბინომურ ხეს ექნება შემდეგი სახე



4. განვიხილოთ ახალი ამერიკული ტიპის ყიდვის სტანდარტული ოფციონის გათვლის ორნაბიჯიანი ამოცანა, ვიგულისხმობთ რომ გვაქვს შემდეგი მონაცემები:

$$B_0 = 20 \quad r = \frac{1}{5} \quad S_0 = 100 \quad a = -\frac{2}{5} \quad b = \frac{3}{5} \quad K = 100 \tag{14}$$

გამოთვლებში როგორც ადრე, ჩვენ გვჭირდება შემდეგი სიდიდეები

$$\begin{aligned} 1+a &= \frac{3}{5} & 1+b &= \frac{8}{5} & b-a &= 1 \\ p^* &= \frac{3}{5} & 1-p^* &= \frac{2}{5} & (1+r)^{-1} &= \frac{5}{6} \end{aligned} \tag{15}$$

განვიხილოთ ფინანსური ბაზარი, ვთქვათ $N=2$ ე.ი $n=0,1,2$ და შესრულებულია (14) პირობები. დავუშვათ ინვესტორმა იყიდა (ემიტენტმა გაყიდა) ამერიკული ტიპის ყიდვის სტანდარტული ოფციონი გადახდის ფუნქციით

$$f = f_2 = f_2(S_2) = \max(S_2 - K, 0) \quad (16)$$

ჩვენი მიზანია გადავწყვიტოთ ოფციონის გათვლის ორნაბიჯიანი ამოცანა. ჩვენ მოვიტანთ ამ ამოცანის ამოხსნას აქციის შესაძლო ფასების მხოლოდ ერთი კონკრეტული შემთხვევისათვის.

პირველ რიგში ავაგოთ ორნაბიჯიანი ბინომური ხე

$$S_{2,0} = 36 \quad S_{2,1} = 96, \quad S_{2,2} = 256$$

$$f_{2,0} = 0 \quad f_{2,1} = 0 \quad f_{2,2} = 156$$

$$f_{1,0} = f(S_{1,0}) = \max(60 - 100.0) = 0$$

$$f_{1,1} = f(S_{1,1}) = \max(160 - 100.0) = 60$$

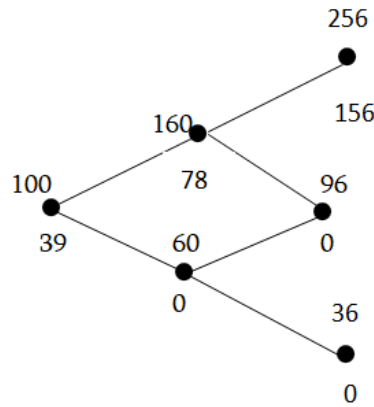
$$f_{0,0} = f(S_{0,0}) = f(S_0) = \max(60 - 100.0) = 0$$

$$C_{1,0}^A = \max\left\{f_{1,0}; (1+r)^{-1}[p^* f_{2,1} + (1-p^*) f_{2,0}]\right\} = \max\left\{0; \frac{5}{6} \cdot \left(\frac{3}{5} \cdot 0 + \frac{2}{5} \cdot 0\right)\right\} = \max\{0; 0\} = 0.$$

$$C_{1,1}^A = \max\left\{f_{1,1}; (1+r)^{-1}[p^* f_{2,2} + (1-p^*) f_{2,1}]\right\} = \max\left\{60; \frac{5}{6} \cdot \left(\frac{3}{5} \cdot 156 + \frac{2}{5} \cdot 0\right)\right\} = \max\{60; 78\} = 78. \quad \text{ამ}$$

$$C_2^A = \max\left\{f(S_0); (1+r)^{-1}[p^* C_{1,1}^A + (1-p^*) C_{1,0}^A]\right\} = \max\left\{0; \frac{5}{6} \cdot \left(\frac{3}{5} \cdot 78 + \frac{2}{5} \cdot 0\right)\right\} = \max\{0; 39\} = 39.$$

რიგად ორნაბიჯიან ბინომურ ხეს ექნება შემდეგი სახე:



დროის $n=0$ მომენტში მინიმალური ჰეჯის კომპონენტებია

$$\beta_1^* = \frac{\frac{8}{5} \cdot 0 - \frac{3}{5} \cdot 78}{\frac{6}{5} \cdot 1 \cdot 20} = -\frac{39}{20}, \quad \gamma_1^* = \frac{78 - 0}{1 \cdot 1000} = \frac{39}{50}$$

$S_0 \rightarrow S_{1,1}$ შემთხვევაში დროის $n=1$ მომენტში:

$$\beta_2^* = \frac{\frac{8}{5} \cdot 0 - \frac{3}{5} \cdot 156}{\frac{6}{5} \cdot 1 \cdot 24} = -\frac{13}{4}, \quad \gamma_2^* = \frac{156 - 0}{1 \cdot 160} = \frac{39}{40}$$

მრიგად, გვექნება

$$\pi_1^* = (\beta_1^*, \gamma_1^*) = \left(-\frac{39}{20}, \frac{39}{50} \right)$$

$$\pi_2^* = (\beta_2^*, \gamma_2^*) = \left(-\frac{13}{4}, \frac{39}{40} \right)$$

ადვილი საჩვენებელია, რომ აქციის შესაძლო ფასების ნებისმიერი ევოლუციისთვის და ოფციონის განაღდების ნებისმიერი შემთხვევითი მომენტისთვის აგებული მინიმალური ჰეჯის საშუალებით ემიტენტი შეასრულებს ოფციონური კონტრაქტით გათვალისწინებულ ვალდებულებას.

ახლა განვიხილოთ ოფციონის განაღდების τ^* რაციონალური მომენტის არჩევის საკითხი

$$S_0 \rightarrow S_{1,1} = 160, \text{ მაშინ } \tau^* = 2.$$

მართლაც, თუ ვიმყოფებით $S_{1,1}$ კვანძში, მაშინ გვაქვს, რომ გადახდის ფუნქციით გასამრჯელო დროის $n=1$ მომენტში ტოლია $\{f_1(S_1) = f(160) = 60\}$ სიდიდის, ხოლო მოსალოდნელი საშუალო გასამრჯელო დროის $n=2$ მომენტში ტოლია $C_{1,1}^A = 78$ სიდიდის. ამიტომ ოფციონის განაღდების რაციონალური მომენტია $\tau^* = 2$.

ლიტერატურა

1. პეტრე ბაბილუა, ბესარიონ დოჭვირი, ელიზბარ ნადარაია. სტოქასტური ფინანსური მათემატიკა I. დისკრეტული დრო.
2. ბესარიონ დოჭვირი. ფინანსური მათემატიკა, ალბათობა, სტატისტიკა.
3. ლაზრიევა ნ., მანია მ., მირზაშვილი გ., ტორონჯაძე თ., ლლონტი ო., ჯამბურია ლ. ფინანსური ანალიზის რაოდენობრივი მეთოდები. -თბილისი, ფონდი „ეკრაზია“, 1999.
4. Ширяев А. Основы стохастической финансовой математики, т. 1, 2. -Москва, Фазис, 1998.

SUMMARY

MODELING OF AMERICAN OPTION WITH ADDITIONAL COMPOUND INTEREST CONTRIBUTIONS

Makhashvili K.A., Tkemaladze G.Sh., Khechinashvili Z.J. and Dochviri B.M

Georgian Technical University

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

The problem of pricing an American-type option of popular securities is solved in the case of a multivariate binomial financial market consisting of a K -number bond and a single stock. It is assumed that the bond values are multiplied by the compound interest rate on the coupons - more than one number. The multivariate model is built on the risk-neutral probability recurrent formulas of the fair value American option in the n -step task, the binomial problem of the two-step problem, and the explicit formulas for calculating the minimum hedge. The formula for the rational moment of withdrawal of the American type option is also accepted.

Keywords: American type option, financial market, modeling.

ხელოვნური ინტელექტის ზოგიერთი რჩეული მახასიათებელი

ნამიჩიშვილი ო.მ., გოგიაშვილი ჟ.გ., რამაზაშვილი მ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი: კულტურა ასევე ახდენს გავლენას ადამიანის ინტელექტის რეაქციაზე, რომლის ნაწილი არაცნობიერია და, შესაძლებელია, არის კიდევ უფრო გაუცნობიერი განზომილებები, ვიდრე კულტურა. რამდენადაც ცნობილია, მრავალ ახალგაზრდა ცხოველს შეუძლია მტაცებლის ამოცნობა სხვა ცხოველში, რომელიც მას არასდროს უნახავს. ამიტომ ავტონომიური ხელოვნური ინტელექტის აჩრდილი, რომელიც საბოლოო ჯამში თავის კონტროლს დაუქვემდებარებს ადამიანს, უნდა იყოს გამორიცხული. ასეთი მოქმედება არ შეიძლება იყოს წმინდა ინტელექტის განვითარების მექანიკური შედეგი, იგი გულისხმობს მანქანის ნებისა და სურვილის არსებობას, მაგრამ დღეისთვის ამ მოტივების წყაროები გამოვლენილი არ არის და ამიტომ არც შეიძლება მივაწეროთ ისინი მანქანას. მანქანას შეიძლება გააჩნდეს მიზანი, რომელიც მას დაუსახა ადამიანმა, შეიძლება ეხმარებოდეს კიდევ ამ ადამიანს ძალაუფლების გაფართოებაში სხვებზე, მაგრამ მას არ შეუძლია აკეთოს ეს *motu proprio*, რაც ლათინურიდან ითარგმნება ფრაზით – „საკუთარი ინიციატივით“. ეს რომის პაპის განსაკუთრებული რესკრიპტია. ამ ფორმულას ხმარობენ პაპის ურთიერთობათა პრაქტიკაში უცხო სახელმწიფოებთან, როცა პაპი არ იძლევა პირდაპირ პასუხს მისთვის გაკეთებულ წინადადებაზე, მაგრამ საქმეს ამის შემდეგ წარმოადგენს როგორც სრულიად ახალს: თითქოს დღემდე მისთვის არავის შეუთავაზებია რაიმე პროექტი ან წინადადება მოცემულ საკითხზე. ისტორიიდან ისიც არის ცნობილი, რომ პირველი *motu proprio* გამოცემულია 1484 წელს რომის პაპის ინოკენტი მერვის (Innocentius VIII, 1432–1492) მიერ. ასე რომ ლაპარაკია ადამიანის დანამატზე, და არა მის ჩანაცვლებაზე, მაგრამ ევოლუციის ბოლოს ამ თვალსაზრისით ადამიანური ელემენტი, რომელიც არსებითაა თავის თავად, რისკის წინაშე დგება: ეს ისეთივე რისკია, რომ შეწყდება სულის აღქმა ადამიანში რაღაც განცალკევებულობად. ავსტრალიელი ფილოსოფოსის გენიალური დევიდ ჩალმერსის (David John Chalmers, 1966) მტკიცება იმის შესახებ, რომ მაცივრის თერმოსტატს ცნობიერება აქვს ისევე როგორც სიმბოლოთა ფიზიკური სისტემის ჰიპოთეზა, შესაძლოა, განსაკუთრებულ ადამიანთა აზროვნების მსოფლიო გაბედულ გაელვებად დარჩეს.

მაგალითები. ინფორმაციის მასობრივი საშუალებები და ექსპერტები ყოველდღიურად გვიკვირებენ, რომ ხელოვნური ინტელექტი მომდგარია კარს და სულ მალე ჩაგვანაცვლებს. მაგრამ ის ხელოვნური ინტელექტი, რომლის შესახებ გვესაუბრებიან, სინამდვილეში არ არსებობს. აქ ადგილი აქვს გაუგებრობას, რომელიც სათავეს იღებს ჯონ მაკარტის მიერ ამ ტერმინის შექმნის მომენტიდან 1956 წლის ცნობილ დარტმუტის კონფერენციაზე. ამ კონფერენციის შემდეგ ფრენკ როზენბლატმა 1957 წელს შექმნა სწავლების ალგორითმი, რომელიც პრეტენზიას აცხადებდა ნეირონის მუშაობის მაქსიმალურად შესაძლო მოდელირებაზე. თუ შეიძლება ნეირონის მოდელირება, მაშინ რატომ არ განვახორციელოთ ნეირონული ქსელის მოდელირება? ამრიგად, ჩვენ შევძლებთ ხელოვნური ინტელექტის შექმნას. ეს სულელური მსჯელობაა, რომელიც საფუძვლად უდევს იმას, რასაც დღეს ხელოვნური ინტელექტი ეწოდება.

თქვენ რომ დაგისვან კითხვა, რამდენი იქნება 1789+522, უკეთეს შემთხვევაში დაგჭირდებათ რამდენიმე წამი მაინც, რომ შედეგი გვითხრათ. და ამასთან ერთად, არის შანსი, რომ თქვენ ცდებოდეთ. მეორე მხრივ, მანქანას შეუძლია ამ გაანგარიშების შესრულება მყისიერად და შეცდომის რისკის გარეშე. პრობლემა მსოფლიო ისაა, რომ ეს ინტელექტი არ არის. ამას მოწმობს იმ კვლევათა უმეტესობა ფინალი, რომლებიც ჩატარდა დარტმუტის კონფერენციის შემდეგ. რა მოხდა 1960-იან წლებში? ასეთი მათემატიკური მიდგომის საფუძველზე განხორციელდა ბუნებრივი ენის მოდელირების მცდელობა. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ყველაზე რთული საქმე ამ ქვეყნად. შედეგი ნულოვანი აღმოჩნდა. ბუნებრივი ენის პრობლემის გადაწყვეტის ეს მცდელობა კომპიუტერის საშუალებით, წარუმატებელი აღმოჩნდა.

ამის შემდეგ დადგა ხელოვნური ინტელექტის ეგრეთ წოდებული „პირველი ზამთარი“: შეწყდა დაფინანსება და, ამრიგად, შეწყდა კვლევებიც. მოცემული იყო ზღაპრული დაპირებები, ისინი შეუსრულებელი დარჩა, კვლევებიც შეჩერდა. ეს პირქუში, ბნელი პერიოდი – ერთ-ერთი მიზეზია, რომელიც უნდა აიძულებდეს დღევანდელ მკვლევართ თავიანთ მოვალეობად ჩათვალონ კალმის აღება: უნდა გამოაშკარავდეს იმათი სიცრუე, ტყუილი, რომელსაც ისინი ავრცელებენ სისულელეთა სახით ხელოვნურ ინტელექტზე. და ეს აუცილებელია თუნდაც იმიტომ, რომ თავიდან ავიცილოთ კვლევათა ახალი შეწყვეტა. ცხადია, დიადი საქმეები შესაძლებელია, მაგრამ დაუშვებელია, რომ მკერდის კიბოს ან გზებზე სიკვდილიანობის საწინააღმდეგო საშუალებათა შექმნა დაზარალებს ხელოვნური ინტელექტის ახალი წინასწარმეტყველთა კვამლისა და სარკის გამო.

ხელოვნური ინტელექტის ამ პირველი ზამთრის მიუხედავად, 1970-იან წლებში ადამიანები განაგრძობდნენ ცეცხლის შენარჩუნებას საექსპერტო სისტემათა იდეის ჩამოყალიბებით და განვითარებით. ეს სისტემები ასევე ეფუძნება ლოგიკასა და მათემატიკას, იყენებს წესებს. ასეთი საექსპერტო სისტემების ძალიან კარგი მაგალითია ჭადრაკი. 1997 წელს Deep Blue სისტემამ მოუგო გარი კასპაროვს ჭადრაკში. კომპიუტერი გახდა უფრო ინტელექტუალური, ვიდრე ადამიანი. და განა ასე? სინამდვილეში საქმე მაინც არ არის ინტელექტში. ბოლოს და ბოლოს ეს მხოლოდ მანქანის სწავლებაა: იგი ეხება ჭადრაკის წესებს, რომლებიც ძალიან მარტივია მოდელირებისთვის, და მანქანის მეხსიერებაში რაც შეიძლება მეტი რაოდენობის პარტიათა შეყვანას (კანონიერი პოზიციების საერთო რიცხვი შეადგენს 10^{43} -დან 10^{50} -მდე) იმისათვის, რომ ასეთსა და ასეთ კონფიგურაციაში მანქანამ შეძლოს საუკეთესო სვლის პოვნა მონაცემთა თავის ბაზაში. ეს ხომ უხეში, ბრუტალური ძალის პროცესის გამოყენებაა? მანქანამ გაიმარჯვა, იმიტომ რომ თავისი მეხსიერების გამო მან შეძლო წინასწარ უფრო მეტი სვლის პროგნოზირება, ვიდრე კასპაროვმა.

1990-იანი წლების სხვა ტენდენცია დაკავშირებული იყო ნეირონულ ქსელებთან, რამაც მიგვიყვანა დღევანდელ *მანქანურ სწავლებამდე*. ამ კვლევითი პროგრამის ნიშანსვეტი ინტერნეტი გახდა. რატომ მოხდა ასე? იმიტომ, რომ ინტერნეტი – მონაცემთა ყველაზე დიდი ბაზაა, რომელიც კი შეიძლება წარმოიდგინოს დღეს ადამიანმა. ხოლო *მანქანური სწავლება* მოითხოვს მონაცემთა დიდ რაოდენობას. თუ *ღრმა სწავლების* განვითარება 2000-იან წლებში დაიწყო, ეს მხოლოდ ინტერნეტის წყალობით მოხდა.

ავილოთ ცნობილი მაგალითი, რომელიც კატებს ეხება. ყველგან ამ პლანეტაზე უამრავი ადამიანი ათავსებს თავისი კატის ფოტოსურათს ინტერნეტში. შედეგად, რამდენიმე წლის განმავლობაში შეიქმნა მონაცემთა განსაცვიფრებელი ბაზა კატების რამდენიმე მილიონი ფოტოსურათით, რაც მკვლევარებს მძლავრ ინსტრუმენტს აძლევს მათი მანქანების მოსამზადებლად ნიმუშების – ამ შემთხვევაში, კატების - ამოცნობისათვის. ამჟამად არის ისეთი ალგორითმების შექმნის შესაძლებლობა, რომლებიც გამოიყენებს კატათა 100 000 გამოსახულებას და შემდეგ ამოიცნობს კატას 98% სიზუსტით. ცხადია, ეს გარემოება შეიძლება შთამბეჭდავ ფაქტად მოგვეჩვენოს. სინამდვილეში კი ეს ძალიან ცუდი მახასიათებელია. კატის რამდენი გამოსახულება იქნება საჭირო ადამიანისთვის, რომ მან იგივე გააკეთოს? ორი ... სამართლიანობისთვის უნდა ვაღიაროთ, რომ ადამიანების შემთხვევაში ჩვენ ვლავარაკობთ კატის ორ ეგზემპლარზე (ცალზე), და არა უბრალოდ სახეზე. მაგრამ ეს ნიშნავს, რომ ჩვენი ინტელექტი მულტიმოდალურია: იგი იყენებს არა მხოლოდ იმას, რასაც თვალი ხედავს, არამედ გრძნობათა სხვა ორგანოსაც და მრავალ ისეთ რამეს, რომლის მოდელირება გამოსახულების მოდელირებაზე გაცილებით უფრო ძნელია. ეს იმას ნიშნავს, რომ ეგრეთ წოდებულ ხელოვნურ ინტელექტს და ადამიანის ინტელექტს ერთმანეთთან საერთო ცოტა რამ აქვს. მეორე მაგალითია თამაში «გო». 20 წლის შემდეგ Deep Blue ჭადრაკის მოთამაშე კომპიუტერის გამარჯვებიდან გარი კასპაროვზე, მსოფლიოს ჩემპიონი გოს თამაშში, 2016 წელს, დამაჯერებლად დამარცხდა ჭიდილში AlphaGo პროგრამასთან, რომელიც Google DeepMind-მა შექმნა. „გო“ ჭადრაკზე ბევრად უფრო რთული თამაშია იმ თვალსაზრისით, რომ აქ ნებადართულია დაახლოებით 10^{170} ლეგალური პოზიცია. ეს წარმოუდგენლად აღემატება შესაბამის რიცხვს ჭადრაკში. შეიძლება იმის თქმაც კი, რომ საქმე გვაქვს უსასრულობასთან. შედარებისათვის საკმარისი იქნებოდა თუნდაც იმის აღნიშვნა, რომ ამ

სამყაროში მოლეკულათა რაოდენობა მხოლოდ 10^{180} რიცხვს შეადგენს. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, არანაირი მესხიერების შესაძლებლობაშია ამოიციოს ყველა სავარაუდო სვლა ან თუნდაც მათი მიახლოებითი რაოდენობა ამ თამაშში. ამიტომ მანქანის პროგრამისტებმა სხვა სტრატეგია აირჩიეს: ნაცვლად იმისა, რომ მიეცათ პროგრამისტის სვლათა ბიბლიოთეკა, ასწავლეს მას შემოეფარგლა მოქმედება 30 000 თამაშის (პარტიის) ნაკრებზე. ეს ნაკრები ძალიან მცირეა შესაძლო თამაშთა რაოდენობის მიმართ, მაგრამ AlphaGo პროგრამამ, ამ რჩეული თამაშებისა და მათი ანალიზის წყალობით, შეიძინა უნარი, რომელმაც საშუალება მისცა მას არა მხოლოდ მოეგო მსოფლიოს ჩემპიონისთვის, არამედ შემოეთავაზებინა განსაცვიფრებელი სვლები. გოს რამდენიმე უდიდესი თანამედროვე მოთამაშე იმასაც კი ამბობს, რომ ამ სვლებმა შეცვალა კიდევ თამაშის მათი საკუთარი კონცეფცია.

წარმადობა, მართლაც, შთამბეჭდავია, მაგრამ ამ შედეგის მისაღებად Deep Mind კომპანიას მოუხდა ისეთი „წვრილმანის“ მობილიზება, როგორცაა 1 500 CPU (central processing unit, centraluri procesori), 300 GPU (graphics processing unit, გრაფიკული პროცესორი) და 30 TPU (tensor processing unit, ტენზორული პროცესორი). ორი ათასი პროცესორი და მათ შორის რამდენიმე ასეული მრავალბირთვიანი «ბეჭემოთი». ეს მონაცემთა დამუშავების ნამდვილი ცენტრია, რომელიც 440 kW·h (კვტ·სთ) „ელექტროენერჯიას მოიხმარს. ეს მეტია, ვიდრე ადამიანს ესაჭიროება, სახელობრ, მხოლოდ 20 W·h (ვტ·სთ)-დან 25 W·h (ვტ·სთ)-მდე. სხვა სიტყვებით, მანქანის შესაქმნელად, რომელიც დაამარცხებს ადამიანს გოს პარტიაში, – და მხოლოდ იმიტომ, რომ ეს კომპიუტერი ზესპეციალიზებულია – საჭიროა ენერჯიის კოლოსალური რაოდენობა, მაშინ როცა ადამიანი მხოლოდ რამდენიმე ვატ· საათს მოიხმარს.

მანქანური სწავლების დამოკიდებულება მონაცემებზე ასევე არის შეცდომათა ძირითადი წყარო. ალგორითმმა შეიძლება შეცდომა დაუშვას არა მხოლოდ ხარვეზების გამო დაპროგრამებაში, არამედ შეცდომათა მიზეზითაც მონაცემებში. 2016 წელს Microsoft კომპანიამ აამოქმედა *ჩატ-ბოტი* Tay (ფრაზის აკრონიმი: „Thinking About You“ – „შენზე ფიქრში“), რომელიც უნდა შესულიყო ურთიერთობებში მომხმარებლებთან და ხელი შეეწყო Microsoft-ის დამკვიდრებას Twitter-ში. გაჩნდა პრობლემა: სულ რაღაც თექვსმეტი საათის განმავლობაში თაყ გახდა ყველაზე ცუდი ტროლი-რასისტი, რომელიც კი უნახავთ ოდესმე ისტორიაში. კომპანიის „ტვინის ცენტრმა“ არა ერთი თვე მონადომა იმ რობოტის შექმნას, რომელიც ახლა სასწრაფოდ უნდა გაეთიშათ ქსელიდან მუშაობის დაწყებიდან სულ რამდენიმე საათის შემდეგ. რა მიზეზი აქვს ასეთ მარცხს? კორექტირების შეცდომა: *ჩატ-ბოტები* განკუთვნილია ინტეგრაციისათვის თავისი მიზნის განსახორციელებლად. მაგრამ აღმოჩნდა, რომ Twitter-ში ადამიანები შეურაცყოფას აყენებენ ერთმანეთს, ვრცელდება ქსენოფობიური კომენტარები, მრავალი მომხმარებელი დიდი სიამოვნებით უთმობს დროს Tay რობოტის „აღზრდას“. ეტყობა, რობოტის შეწყობადობის, შეგუებადობი სფაქტორი მოითხოვდა შემცირებას. მაგრამ შეცდომათა კიდევ ერთ წყაროს წარმოადგენს Tay რობოტის სწავლებისთვის შერჩეული მონაცემების ბაზა. ვინაიდან იმისათვის, რომ რობოტს შეასწავლო ურთიერთობა საუბრისა და აზრის გაცვლის ფორმით, მას უნდა ჩაუტარდეს ტრენინგი მრავალ ათას რეალურ საუბარზე ადამიანთა შორის. მოხდა ისე, რომ არსებობს მონაცემთა *Switchboard* ბაზა. რომელიც შეიცავს საუბრების გაშიფვრას კლიენტებსა და კოლ-ცენტრებს (ინგლ. call center – ზარების დამუშავების ცენტრი) შორის ამერიკის შეერთებულ შტატებში დაწყებული 1950 წლებიდან. ეს ფასდაუდებელი ინსტრუმენტია ლინგვისტებისთვის. იმის გამო, რომ მონაცემთა ბაზა ძალიან დიდია მისი მთლიანი მოცულობით გამოყენებისთვის, შეიძლება წარმოვიდგინოთ, რომ Tay რობოტის პროგრამისტებმა აირჩიეს მონაცემთა ამ ბაზის ქვესიმრავლე. ვივარაუდოთ, რომ ამ პროგრამისტებმა აიღეს ლექსიკოგრაფიულად პირველი შტატის პირველივე პერიოდის საუბრები. სხვა სიტყვებით, ალაბამა 1950-იან წლებში ... საძაგლობაა! მონაცემთა ცუდი არჩევა შეიძლება კატასტროფული არაობიექტურობის მიზეზი გახდეს.

ხელოვნური ინტელექტი – ეს არ არის ინტელექტი. ეს ასევე არ არის „მავი ყუთი“, რომელიც არ გვექვემდებარება. ხელოვნური ინტელექტი არის ის, რასაც მთლიანად ვაკონტროლებთ. თუ ჩნდება შეცდომები, ეს ხდება შეცდომათა გამო ალგორითმებში ან მონაცემებში. და ეს შეცდომები ყოველთვის შეიძლება იყოს ახსნილი.

თეორიულად ხელოვნურ ინტელექტში ყველაფერი ახსნადია. პრაქტიკულად კი ყველაფერი შეიძლება უფრო რთული აღმოჩნდეს. ჩვენ ვლაპარაკობთ მანქანებზე, რომლებიც აწარმოებს რამდენიმე მილიონ გამთვლას წამში. თუ მოგვიწევს უკან დაბრუნება და ყველა იმ გაანგარიშების გადახედვა, რომელიც მანქანამ გააკეთა, ესეც დაიკავებს რამდენიმე მილიონ წამს, რომელიც არ გვაქვს. ამიტომ შეიძლება ვილაპარაკოთ ამოუხსნადობის შესახებ, მაგრამ მხოლოდ პრაქტიკული მოსაზრებებიდან გამომდინარე. მათემატიკის თვალსაზრისით კი, ყველაფერი, რასაც აკეთებს ეგრეთ წოდებული ხელოვნური ინტელექტი, სავსებით ახსნადია.

2017 წელს დაიწყო ლაპარაკი იმის შესახებ, რომ ავტონომიური ავტომობილი სულ მალე გამოჩნდებოდა. ორი წლის შემდეგ ვრცელდებოდა აზრი, რომ ამისათვის 5 ან 10 წელი იქნება საჭირო და ეს აუცილებლად მოხდება. კიდევ ერთი წლის შემდეგ ავტოპილოტირებული ავტომობილის გამოჩენის თარიღი ოცი წლით გადაიდო. სინამდვილეში მეხუთე დონის ავტონომიური ავტომობილი, რომელიც თავად შეძლებს ნებისმიერ სიტუაციაში ყველაფრის გაკეთებას, არც ოცი, არც ასი, და არც ათასი წლის შემდეგ გაჩნდება: საერთოდ არასოდეს.

დავუშვათ, რომ ვართ პარიზში ავტომობილით შარლ დე გოლის მოედანზე (Place Charles de Gaulle), რომელიც ისტორიულად ცნობილია როგორც ვარსკვლავის მოედანი (Place de l'Étoile), და სადამოს ექვსი საათია. რაგინდ სიღრმისეულად უნდა იყოს თქვენი ავტომობილის მიერ შესწავლილი საგზაო მოძრაობის წესები, იგი თავს ვერ გაართმევს სიტუაციას, ვინაიდან ვარსკვლავის მოედანი ამ დროს – ეს არა მხოლოდ საგზაო მოძრაობის წესებია, არამედ სოციოლოგიაც და მოლაპარაკებებიც. ცხადია, რომ ერთი და მეორეც შეიძლება იყოს მოდელირებული, რაც, ვაღიაროთ (და ჩავეხედოთ სიმართლეს თვალეში), დიდ დროს წაგვართმევს. ახლა ჩავჯდეთ ჩვენს ავტომობილში, რომლის აწყობას მრავალი წელი მოვანდომეთ, და გავემზავროთ აზიის ყველაზე დინამიურად განვითარებად უმსხვილეს ქალაქ ბენგალურში (Bengaluru), რომელიც „ინდოეთის სილიკონის ველად მოიხსენიება“.

მრავალწლიანი მუშაობა იქნება საჭირო ისეთი ავტომობილის გასაკეთებლად, რომელიც შეძლებს გადარჩენას არა მხოლოდ პარიზის მოედანზე ტოილე, არამედ ბენგალურშიც, რომელიც, ხატოვნად რომ ვთქვათ, სულ სხვა სახელოს წყვილია. ადამიანის ინტელექტს შეუძლია ადაპტირება ახალ ვითარებასთან და გამომგონებლობის გამოჩენა ყოველგვარი სპეციალური მომზადების გარეშე ამა თუ იმ კონკრეტული სიტუაციისთვის. მანქანას კი, პირიქით, მსგავს შემთხვევაში მოქმედების გამოცდილება ადრე უნდა მიეღო. ბელოტის სახელწოდებით ცნობილ კარტის (ბანქოს) თამაშში, რომელიც ძალიან გავრცელებულია დასავლეთ ევროპაში (განსაკუთრებით, საფრანგეთში), გვხვდება ტერმინი *რებელოტი (Rebelote)* – *მევის ჩამოსვლა მისივე ფერისქალის* ჩამოსვლის შემდეგ. ფრანგულ ხალხურ მეტყველებაში ამ სიტყვას მეორე გაგებითაც ხმარობენ: ყველაფერი იგივე! სწორედ ამ გაგებით გვინდა ვიხმარო ეს სიტყვა აქ გადმოცემული აზრის დასახასიათებლად!

საილუსტრაციოდ მშვენიერი მაგალითი იქნება Google-ის ქვედანაყოფი Waymo LLC (Limited Liability Company – შეზღუდული პასუხისმგებლობის საზოგადოება), რომელიც დაკავებულია ავტომობილების ავტონომიური ტარების პრობლემით. 2020 წელს კომპანიამ გააფართოვა მოსახლეობის ხსენებული მომსახურება და ახლა ეს ერთადერთი კომერციული სერვისია უპილოტო ავტომობილებისთვის. იგი მუშაობს სარეზერვო მძღოლების გარეშე მანქანაში. საინტერესოა, რომ უკანასკნელი ათი წლის განმავლობაში Waymo-ს გავლილი აქვს ავტონომიურ ავტომობილებზე თვრამეტი მილიონი კილომეტრი. თუმცა, ამის მიუხედავად, მისმა გენერალურმა პრეზიდენტ-დირექტორმა დაუმაღლავად განაცხადა 2019 წლის მარტში, რომ მე-5 დონის ავტონომიური ავტომობილი არასოდეს იარსებებს. საინტერესოა, რომ მაშინვე ინტერნეტში ღია წვდომის უზრუნველყოფით მან განათავსა თავისი კომპანიის წვრთნის (ტრენინგების) ვიდეოჩანაწერები. ცხადია, რომ, თავისი სპეციფიკიდან გამომდინარე, ეს პროგრამა სახალისო ვერ იქნებოდა. იგი მოსაწყენი დარჩებოდა, რომ მასში განსაცვიფრებელი წვრილმანი არ აღმოჩენილიყო.

ამ ვიდეოში საქარე მინის (ინგლ. Windshield, ფრანგ. le pare-brise) უკან განთავსებული კამერა აჩვენებს იმას, რასაც ხედავს მძღოლი. ავტომობილი გადაადგილდება და შემდეგ უცებ ჩერდება. მალე იგი კვლავ იწყებს გადაადგილებას, მაგრამ ისევ

ჩერდება და ასე მრავალჯერ, ვიდრე ოპერატორი მიხვდებოდა თავად აელო ხელთსაჭე და ემართა მანქანა. რამ გამოიწვია ავტომობილის ასეთი უცნაური ქცევა? კადრების ყურადღებით შესწავლისას შეინიშნება ბორდიურზე მიმავალი ორი ადამიანი. ერთ-ერთს მხარზე გადაკიდებული აქვს ჩანთა, საიდანაც «სდექ» საგზაო ნიშნის თავია ამოყოფილი. როცა საჭესთან ადამიანია, მას ამ სურათზე რეაქცია არ ექნება და არც რაიმეს მოიმოქმედებს. მაგრამ მანქანას მსგავს სცენართან საქმე არასოდეს ჰქონია. ამიტომ იგი იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ იყო „სდექ“ საგზაო ნიშანი და გაჩერდა კიდევ. ცხადია, რომ მსგავსი სცენარები შეიძლება გავითვალისწინოთ, დავეგემოთ და მანქანას სათანადო სწავლება ჩავუტაროთ. მაგრამ, გარდა იმისა, რომ ეს პრობლემა ახალ თავსატეხს გაგვიჩენდა, უფრო მნიშვნელოვანი პრობლემა იმაში მდგომარეობს, რომ შეუძლებელია წინასწარ ყველა ანომალიის პროგნოზირება, რადგან მათი რაოდენობა პრაქტიკულად უსასრულო სიმრავლეს შეადგენს. ჩვენ, ადამიანებსაც, არ შეგვიძლია ყველა შემთხვევის წინასწარმეტყველება, მაგრამ უპრეცედენტო მოვლენასთან პირისპირ შეჯახებისას ადამიანის ინტელექტს გამომგონებლობის უნარი აქვს. ეს ხომ არ არის სტატისტიკაზე და ლოგიკაზე, წესებსა და მონაცემებზე დაფუძნებული ეგრეთ წოდებული „ხელოვნური ინტელექტი“?

კიდევ ერთი საინტერესო მაგალითი, რომლის შესახებ ინფორმაცია მოიპოვება, ეს არის Siri (Speech Interpretation and Recognition Interface – მეტყველების ინტერპრეტაციისა და ამოცნობის ინტერფეისი) – ღრუბლოვანი პერსონალური ასისტენტი და კითხვა-პასუხის სისტემა, პროგრამული კლიენტი, რომელიც Apple კომპანიის მრავალ პროდუქტში შედის. ხსენებული აპლიკაცია იყენებს ბუნებრივი მეტყველების დამუშავებას იმისათვის, რომ პასუხი გაეცეს კითხვებს და ჩამოყალიბდეს რეკომენდაციები. Siri სისტემას შეუძლია შეეწეოს, და შეეგუოს ყველა მომხმარებელს ინდივიდუალურად, შეისწავლოს მისი უპირატესობები ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ...

როცა 1997 წლიდან დაიწყო მუშობა სისტემაზე Siri, რაღაც მომენტში კონსტრუქტორთა შემოქმედებითი ჯგუფის წინაშე აღიმართა გადაულახავი ჯებირი: ხმის ამომცნობი ამუშავდა, მაგრამ მხოლოდ 80%-ით. შეიძლება მოგვეჩვენოს კიდევ, რომ ეს საკმარისია, მაგრამ სინამდვილეში მჩვენებელი დაბალია. მართლაც, ეს ხომ იმას ნიშნავს, რომ მარცხი, წარუმატებლობა 20%-ს შეადგენს – სამოც სიტყვას სამას სიტყვიან გვერდზე! როცა ასეთ ფაქტს წააწყდნენ, გადაწყდა „ღამის კლუბის პარადიგმა“ გამოყენება. საქმე ისაა, რომ ღამის კლუბში მუსიკა ფარავს თქვენი მეზობლის სიტყვებს. იგი, ალბათ, ნასვამია (გამორიცხული არ არის, თქვენც, სხვათა შორის). ამის შედეგად თქვენ თითქმის ვერაფერს იგებთ მის ნალაპარაკებიდან, მაგრამ ამას არ ამჟღავნებთ და პასუხობთ მას მეტ-ნაკლებად ბუნდოვნად, გაურკვეველად. ეს სწორედ ისაა, რისი გაკეთებაც მოხერხდა დამპროექტებლების მხრიდან: ისინი აზროვნებდნენ „ხელოვნური სისულელის“ და არა ინტელექტის ტერმინებში. რატომ? დამპროექტებლებმა დაიწყეს იმით, რომ Siri არც თუ ისე ჭკვიანია, ბევრი რამ არც ესმის, მაგრამ სავსებით მისაღებია საუბრის გასაგრძელებლად ხუმრობებით, სასაცილო ამბებით, ანეკდოტებით, შეკითხვებით... სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, დამპროექტებლებმა დაიწყეს საქმე ხელოვნური სისულელით, რომ პროგრამა ეფექტური გამხდარიყო.

ამიტომ, ხელოვნური ინტელექტის ნაცვლად, უკეთესია ვილაპარაკოთ *შეხებულ, ანუ კომპლემენტარულ ინტელექტზე* (CI - Complementary Intelligence). ეს ჯერ კიდევ AI ხელოვნური ინტელექტია, მაგრამ სხვანაირი: მეცნიერება არ აცხადებს პრეტენზიას ისეთი ავტონომიური სუბსტანციის შექმნაზე, რომელიც შეძლებს არსებობას ადამიანის გარეშე; მეცნიერება ქმნის ინსტრუმენტებს ადამიანის ინტელექტის ასამაღლებლად, რათა დაეხმაროს ადამიანს აკეთოს ის, რაც მას უკეთ გამოუდის.

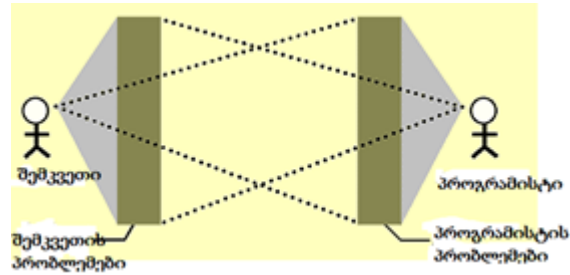
როგორც ნებისმიერი ინსტრუმენტის შემთხვევაში, ჩვენ შეგვიძლია ბოროტადაც გამოვიყენოთ ისინი. განა ჩაქუჩი არ შეიძლება გამოვიყენოთ არა მხოლოდ ღურსმნის ჩაჭედებისათვის, არამედ მეზობლის თავის გასატეხადაც? კანონები არეგულირებს გამოყენებათა ამ ფორმებს და მათ შორის ზოგიერთს საერთოდ კრძალავს. ცხადია, რომ ხელოვნური ინტელექტის რეგულირებაც უნდა ხდებოდეს ნებისმიერი სხვა ინსტრუმენტის მსგავსად, რომ თავიდან იყოს აცილებული მისი არასწორი მოხმარება. ამას დიდი მნიშვნელობა აქვს: გადაწყვეტილებას ხომ მხოლოდ ადამიანები იღებენ?! მხოლოდ ადამიანს აკისრია პასუხისმგებლობა ხელოვნური ინტელექტის არასწორ გამოყენებასთან დაკავშირებით და მხოლოდ მას შეუძლია გადაწყვეტილების

მიღება ასეთი გამოყენების რეგულირების თაობაზე. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ინტელექტუალურ ინსტრუმენტს არ აქვს შესაძლებლობა დამოუკიდებლად აკეთოს რაიმე. თუ ხელოვნური ინტელექტი აკეთებს რაიმე დასაგმობს, ეს მხოლოდ იმიტომ, რომ ამის დავალება ადამიანისგან მიიღო. სიტუაციას აკონტროლებს ადამიანი და მის გარეშე არაფერი ხდება. ჩვენი გონება უსასრულოა: შეგვიძლია ორიენტირება იმაში, რაც ჯერ არ არსებობს, მაგრამ უახლოეს წლებში გაჩნდება; შეგვიძლია ორიენტირება იმაშიც, რის გამოგონებასაც მოვახერხებთ. სწორია, რომ ჭადრაკში მანქანა ჩვენზე ძლიერია, მაგრამ ნაკლებად სწორი იქნება ასეთი შეფასება გოსთან მიმართებაში, ხელოვნური ინტელექტის პრობლემების გადაწყვეტით დაკავებული Deep Mind ბრიტანული კომპანიის ტრიუმფის მიუხედავად, თუ ჩვენ გავითვალისწინებთ ენერჯის დანახარჯს. მოიხმარო 440 კვტ-სთ თამაშის ერთ პარტიაში ადამიანის დასამარცხებლად, რომელსაც მხოლოდ 25 კვტ-სთ ელექტროენერგია ესაჭიროება, ესოდენ საინტერესოა? ხოლო ისეთი პრობლემისათვის, როგორც ავტომობილის ტარებაა, არც ერთი პროგრამა არასდროს იქნება მთლიანად ავტონომიური.

ცხადია, ამჟამინდელი ტექნოლოგიური მიღწევები ძალზე საინტერესოა. მაგრამ რამდენად სწორია ლაპარაკი „ხელოვნური ინტელექტზე“ ამ მიღწევებისათვის კვალიფიკაციის მიცემისას? საზიანოა, უარყოფითი შედეგის მომტანია ლაპარაკი მთლიანად ავტომატურ მანქანებზე, რომლებმაც ოდესღაც (ეს ოცნებაა, თუ საშინელი სიზმარი?) უნდა ჩაანაცვლოს ერთადერთი ორფეხა პრიმატის – ადამიანის – ჯილაგი...

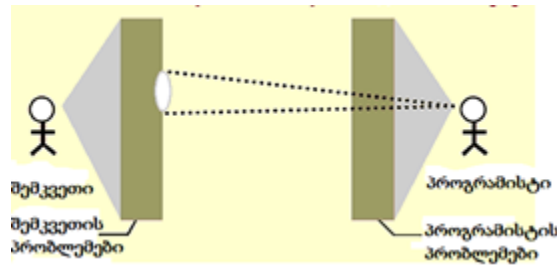
მესუთე დონის თვითმართვადი ავტომობილი, როგორც ვთქვით, არასოდეს ივლის, მაგრამ მეოთხე დონის ავტომობილი ერთხელ გაჩნდება და ეს წინგადადგმული ნაბიჯი იქნება: იგი არ სვამს, სიგარეტსაც არ ეწევა, ყურადღებასაც არ აღუწებს, ფოკუსირდება მხოლოდ იმაზე, რაც უნდა აკეთოს. ამას კი შეუძლია მნიშვნელოვნად შეამციროს სიკვდილიანობა გზებზე საავტომობილო კატასტროფებში. ამ მიმართულებით კვლევათა გაგრძელება აუცილებელია. მაგრამ ხელოვნური ინტელექტის მირაჟმა არ უნდა ავგაცდინოს გზას, როგორც ეს ხდება ზოგჯერ. მაგალითად, ჟურნალ Nature-ში 2019 წლის 7 ნოემბერს გამოქვეყნებულ პრეს-რელიზში საუბარია იმაზე, რომ «*ნეირონული ქსელები შეიძლება იყოს გამოყენებული ფიზიკური კონცეფციების აღმოსაჩენად ყოველგვარი წინასწარი ცოდნის გარეშე*». ეს ინფორმაცია ღიმილს იწვევს, ვინაიდან გელიოცენტრიზმის პრინციპი ცნობილია ჯერ კიდევ სანყაროს გელიოცენტრული სისტემის - (პირველი სამეცნიერო რევოლუციის გარიჟრაჟის!) – ავტორის, გერმანელი ასტრონომის, მათემატიკოსის, მექანიკოსისა და ეკონომისტის ნიკლას კოპერნიკის (გერმ. Niklas Koppernigk, 1473-1543) დროიდან ექსპერიმენტული მონაცემების წყალობით, ესე იგი მარტივი ობიექტური დაკვირვებების საფუძველზე: მზე უნდა იყოს განთავსებული მზის სისტემის ცენტრში ვარსკვლავისა და პლანეტა მარსის მოძრაობის შესაბამისად, როგორც ეს დედამიწიდან ჩანს. ავტორების აზრით, Physical Review Letters ჟურნალში გამოსაქვეყნებლად მომზადებული ამ კვლევის მნიშვნელობა ისაა, რომ მსგავსი ხელოვნური ინტელექტი – ადამიანებზე გაცილებით უფრო ადრე – შეძლებს მომავალში ფიზიკის ახალი კანონების აღმოჩენას, განსაკუთრებით კვანტურ მექანიკაში, რომელიც ახლა მრავალ წინააღმდეგობას აწყდება. სინამდვილეში კი, რაკი ნებისმიერი ასეთი „ხელოვნური ინტელექტი“ ადამიანის მიერ შექმნილ მხოლოდ ინსტრუმენტს წარმოადგენს, ეს სავარაუდოდ აღმოჩენები უფრო ზუსტად იქნებოდა ჩამოყალიბებული სწორედ ადამიანების მიერ, მათივე სრულყოფილი ინსტრუმენტების დახმარებით.

ტიუგუს დიპოლი (ორპოლუსა). ხელოვნური ინტელექტის სისტემათა შექმნისას ჩნდება დამახინჯება, რომლის წყაროს ზედმიწევნით მარტივი, მაგრამ ძალიან სასარგებლო, მოდელი აღწერს. პირველად იგი ააგო ესტონელმა მათემატიკოსმა ენ ტიუგუმ (ესტ. Enn Tõugu, 1935–2020). ამ მოდელს „ტიუგუს დიპოლი“ („ტიუგუს ორპოლუსა“) ეწოდება და იგი ნახ. 1-ის შესაბამისად გამოიყურება.



ნახ.1 ტიუგუს დიპოლის (ორპოლუსას) პირველი ვარიანტი

მოცემულ ვარიანტში დიპოლი გვიჩვენებს, რატომ მახინჯდება „ინტელექტუალური“ სისტემის დაპროექტებისას ამ პროცესის ორი მონაწილის აღქმა: „დამკვეთის“ და „პროგრამისტის“ მიზეზი ისაა, რომ თითოეული მათგანი მეორე მონაწილის პრობლემებს აკვირდება „შორიდან“, როცა ეს უცხო, სხვისი სუბსტანცია ძალიან მცირდება და გარკვევით მხოლოდ საკუთარი პრობლემის დეტალები იკვეთება.



ნახ.2 ტიუგუს დიპოლის (ორპოლუსას) მეორე ვარიანტი

დამახინჯებათა კიდევ უფრო ტიპური სიტუაციისათვის ტიუგუს დიპოლის მოდელის სხვა ვარიანტი ნაჩვენებია ნახ. 2-ზე. ამ ვარიანტში პროგრამისტი იმდენად ზღუდავს თავისი „გარე“ მიმოხილვის არეს, რომ დამკვეთის ყველა პრობლემიდან ხედავს მხოლოდ იმას, რაც ადვილად გაეგება და რისთვისაც თავადაც უნდა პროგრამის დაწერა.

რა გასაკვირია, რომ ასეთი მიდგომის შედეგად მიღებული „ნაკეთობა“ – ინტელექტუალური სისტემა, ინსტრუმენტი – ან უარყოფილი იქნება, ან ხანგრძლივი ტანჯვის საგანი გახდება.

ლიტერატურა

1. Pope Francis: «Let yourselves be amazed by message of Christmas»,ROME REPORTS, <https://www.romereports.com/en/2020/12/23/pope-francis-let-yourselves-de-amazed-by-the-message-of-christmas/>
2. Luc Julia «L'intelligence artificielle n'existe pas», Kindle Edition, 2019, 200 p.
3. Sous la direction de Boris Barraud L'intelligence artificielle – Dans toutes ses dimensions, L'Harmattan, 2020, 308 p.
4. Giovanni Bruner «No, Artificial Intelligence doesn't exist (yet)»,Towards Data Science, 12.28.2020,<https://towardsdatascience.com/no-artificial-intelligence-doesnt-exist-yet-3318d83fdfe8>

SUMMARY

SOME SELECTED EXAMPLES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Namicheishvili O.M., Gogiashvili J.G. and Pamazashvili M.T.

Georgian Technical University

The authors show by numerous examples that artificial intelligence does not exist or rather, artificial Intelligence doesn't exist (yet). Much of what is pictured as A.I. is just Statistics and advanced Machine Learning. The purpose of this work is to twist the neck of the preconceived ideas and fantasies that surround AI today.

Keywords: artificial intelligence, Chalmers thermostat, Turing test, Searle'schinese room, Enn Tōugu dipole.

CHARACTERISTICS OF PIN PHOTODIODES FABRICATED ON InGaAs/InP EPITAXIAL STRUCTURES OF VARIOUS TYPES

Khuchua N.P., Tutunjan A.A., Dolidze N.D., Sakharova T.B., Melkadze R.G., Sanikidze L.P., Ksaverieva M.V., Melikyan M.N., Gogorishvili I.G.

LEPL Institute of Micro and Nanoelectronics

Institute of Applied Semiconductor Technology of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Abstract: The properties of InGaAs/InP p-i-n photodiodes, fabricated on four type epitaxial structures are studied. In each case, the parameters of layers were altered and either n^+ - or i- InP substrates were used. p-i-n diode technology was elaborated and constantly improved in the process of investigation. Based on measurement data of the diode's electrical and optical properties, the advantages and disadvantages of the material were assessed.

Keywords: InGaAs/InP p-i-n diodes, a dark current, capacity, spectral photosensitivity, sensitivity (A/W), quantum efficiency.

1. Introduction

The shortwave infrared (SWIR) range of radiation is of great interest from the standpoint of photoelectronics development [1]. Predominant fields of application are the systems of night vision, security, fire detection, etc. [2-4]. Among the materials operational in the SWIR range, ternary-alloy compounds of InGaAs are notable for their unique characteristics. Among these, a most needed and well-studied compound is $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, grown on an InP substrate. For $x=0.53$ the structure is lattice-matched with InP substrates, and this alloy is denominated for some time as a standard InGaAs. According to various sources, the band gap is 0.74 – 0.75 eV, and its photoresponse covers the range from 0.95 to 1.7 μm (see e.g. [2, 5-7]).

In fact, layer architecture such as sequence and parameters of the standard InGaAs/InP heterostructures described in publications are extremely diverse: the thickness and carrier concentration varies from 1 to 5 μm and from $1 \cdot 10^{14}$ to $5 \cdot 10^{17} \text{cm}^{-3}$, respectively, as well as contact layers of both sides of the absorber. The latter is especially important for the upper p^+ - contact due to the difficulties to obtain an ohmic contact.

p-i-n diodes are created in the form of mesa-structures or by means of planar technology and are used either as single photodiodes or IR matrices [2].

The functional capabilities of the product are assessed by the whole set of electrical and optical parameters.

2. The main goals and approaches. Material

Carrying out multifaceted research, especially with the goal of its further practical application, it seems reasonable to acquire one's own technology that ensures the opportunity to flexibly vary the parameters of the product *in situ*.

In the present work, the approach was chosen where the architecture was gradually complicated. Epitaxial structures were selected based on the analysis of the published data and also the capabilities of our own technology. At the same time, a number of novel processes were explored and further developed. Thus, the goal was to maximally reveal the initial material's possible capabilities and then introduce new technological methods, as required for parameter optimization of the p-i-n diode.

In each case, the structure, containing an absorber of undoped InGaAs with p^+ - and n^+ - contact layers, was defined and the type of the substrate also varied (i- or n^+ -InP $\varnothing 2$). Materials also included auxiliary epitaxial layers such as “stop-layer” for high-precision mesa etching and a buffer layer.

Structures were manufactured according to our architecture by XIAMEN POWER WAY Adv. Mat. Ltd (China). The most widespread method CV – metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD) was used. Upper layers were doped with Zn in the process of growing.

Some types of investigated p-i-n photodiodes are shown in Fig. 1.

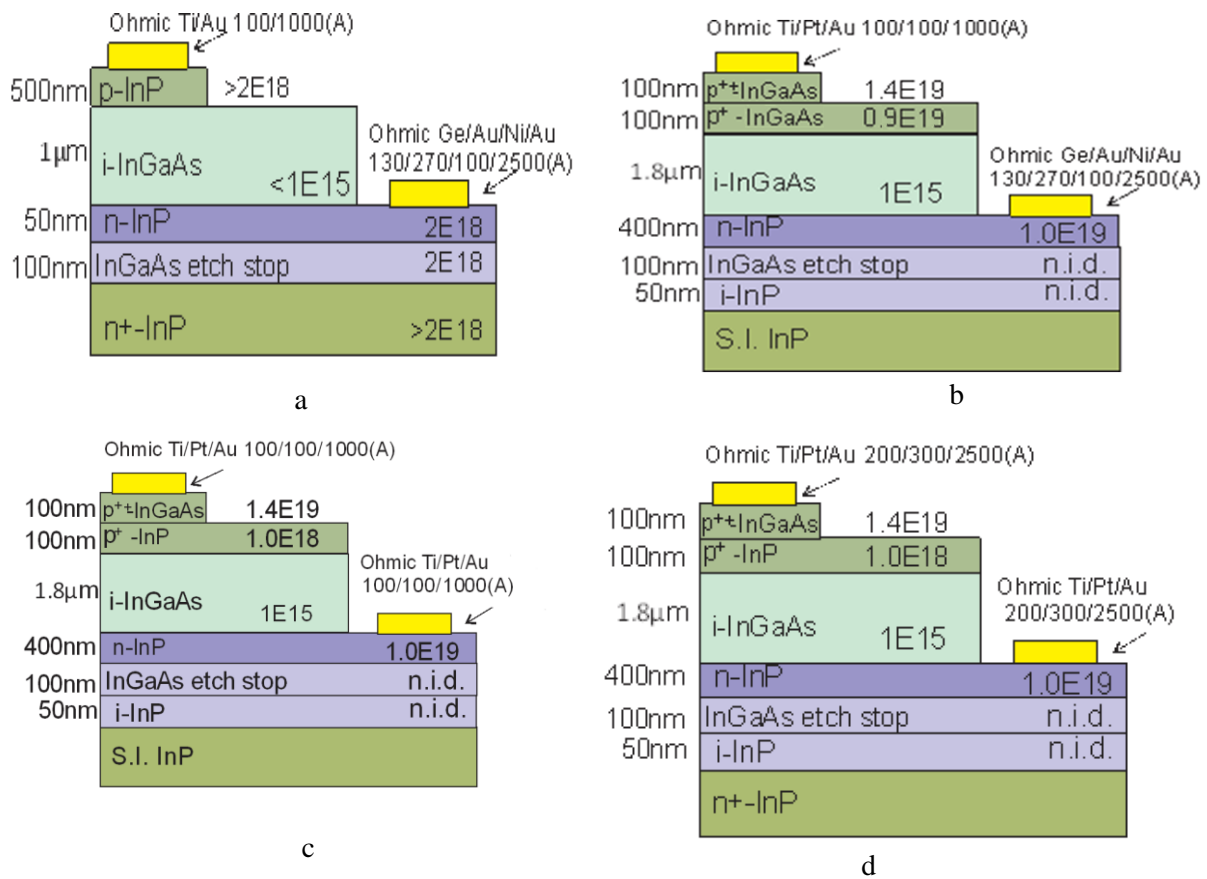


Fig.1 Schematic view of p-i-n diodes on epitaxial InGaAs/InP structures with different architecture and ohmic contact technology.

The figure shows that the p-i-n (I, III, IV) contains a heterojunction, while the p-i-n (II)-structure has one homojunction. Each of the structures has its own advantages. Being transparent at $\lambda > 1.0 \mu\text{m}$, the p-i-n (II)-diode has a high degree of lattice matching as both contacting and absorbing layers are grown from the same material. The surface states in the p-n junction are minimized and its quality is better from metallurgical and electrical viewpoints. The advantages of the structures with a heterojunction are induced by the presence of a wide-gap window and a sharper boundary of the p-n junction. Moreover, the contact p^{++} -InGaAs layer could be etched more precisely. Undesirable boundary effects in such structures are minimized by means of a sufficiently high degree of doping of the material on both sides of the absorber [5,6]. The main difference among structures consists in consecutive complications of the upper p^{+} -contacts both by composition as well as the width. The thickness of the i-InGaAs absorber also varies.

X-ray diffractometry data, unitary photoluminescence spectra, and concentration profiles received from XIAMEN indicate the high quality of the material and compliance of its characteristics with the required ones.

3. InGaAs p-i-n photodiode technology

InGaAs p-i-n photodiodes technology was carried out by means of two sets of photo masks. In the case of p-i-n (I) and (II) structures, the set earlier designed for solar cells was used, which had so-called “comb-in-comb” (interdigitated) geometry [8]. As the technology developed, a special test set was elaborated where the topology of the chips contained circular configuration photodiodes with diameters of 50, 100, 150, 500, and 2500 μm (Fig. 2a). Both sets included a group of test elements for post-operational control of the technological process quality. Fig. 2b represents a finished chip fragment.

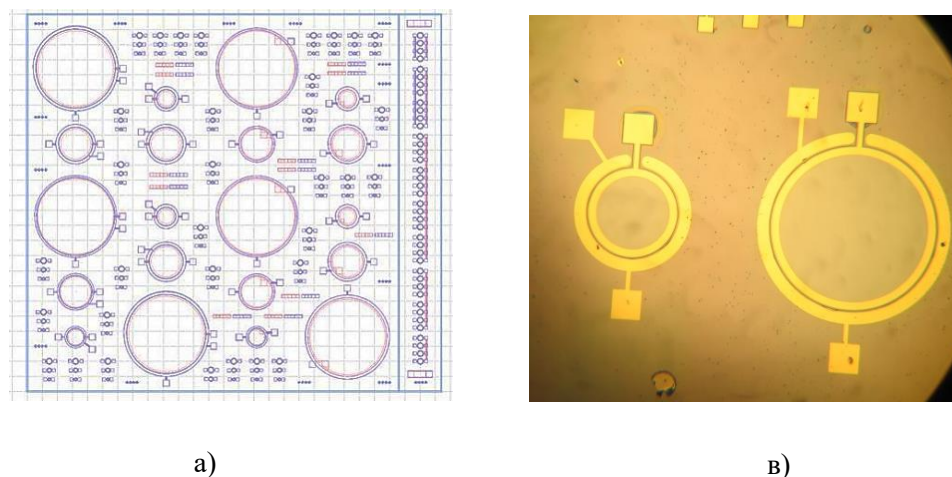


Fig. 2. General view of the topology of the chip from the test crystal (a) and a finished chip fragment (b) with p-i-n diodes of circular configuration

The technological cycle consisted of the following main operations: lift-off photolithography on EM-626 equipment; deposition of different metal compositions by electron-beam evaporation using the TEMESCAL-FC1800 device with following rapid annealing by means of Heatpulse 240 equipment; high precision selective liquid etching; cutting of the wafers and mounting of the diodes in the specially developed conditional housing.

4. Methods of measurement

Electrical characteristics which arouse the most vivid attention of the researchers and developers are as follows:

- the dark current $I_d = I_{per} + I_a$ – the sum of the perimeter depended (surface), I_{per} and area-depended (bulk), I_a leakage currents under different values of the reverse bias, which defines such parameter as detectivity;
- the capacity under zero and reverse bias, that defines the performance of the photodiode.

Through careful investigation of I-V and C-V characteristics of the diodes with different configurations was carried out on the wafer by the probe method before prior chipping. To estimate electrical parameters Semiconductor Parameter Analyzer L2-56 as well as Agilent 4284 Precision LCR Meter with software-based programming were used. The following optical characteristics were estimated in the present paper:

- spectral sensitivity, $S_{sp} = \frac{S_i}{S_{max}}$ (a.u.), where S_i at the fixed wavelength λ_i and S_{max} is maximum sensitivity under exposure to monochromatic illumination;
- sensitivity S as the ratio of electric signal I(A) at the detector output to the radiation flux power P(W);
- absolute (external) quantum efficiency $\eta(\%)$ – a ratio of the number of photons generating minority carriers to the total number of absorbed photons (hereafter referred to as quantum efficiency);
- photosensitivity wavelength range $\Delta\lambda$ with its long wave (red) λ_C and shortwave λ_B boundaries, as well as λ_{max} , where S_{max} is fixed.
- Measurements of the optical (photoelectrical) characteristics of the p-i-n diodes were realized by means of an MDR-2 monochromator in the wavelength range of 1.0 – 2.4 μ m. Measurements were carried out with front and back illumination and at temperatures 300 and 77K.

To obtain quantitative information on sensitivity $S=(A/W)$ and quantum efficiency $\eta(\%)$ reference IR FD10D and G12183-10K diodes were used, manufactured by the firms THORLAB (USA) and HAMAMATSU (Japan), respectively. The values of S and η were calculated as

$$S = \frac{I_1 S_k}{I_2} \quad \text{and} \quad \eta = \frac{S \cdot 1.24}{\lambda_i}$$

Here I_1 and I_2 are photocurrents of the investigated and reference diodes respectively, S_k is a sensitivity of a reference photodiode (A/W) and λ_i is a wavelength fixed at the point of measurement.

All the quantitative data, submitted in the paper, were obtained as a result of multiple measurements and chosen on the bases of the greatest reiteration principle (no less than 55%).

5. Results and discussion

Results of the investigation are filed in Tab. 1 and 2 and presented in Fig. 3-6.

Table 1. Electrical parameters of the InGaAs/InP p-i-n diodes

Structure type	Diode configuration (area A, mm ² / diameter D, mm)	Contact resistance, Ohm. mm	Dark current I _d , μ A		Capacity at zero bias C, pF
			at -0,2V	at -1,0V	
p-i-n (I)	«Comb-in-comb» A=5,7	Contact to p ⁺ -layer rectifying	–	–	–
p-i-n (II)	«Comb-in-comb» A=5,7	4,0	55–90	550– 600	–
p-i-n (III)	Circular D =2,5 D =1,0 D = 0,5	0,1	2,0–2,5 0,15–0,20 0,10–0,15	10–15 0,25–0,30 0,20–0,30	600–610 120–125 50–60
p-i-n (IV)	Circular D =2,5 D =1,0 D = 0,5	0,4	10,0–10,2 1,0–3,0 0,5–1,0	50–52 35–40 2,0–2,5	700–730 140–145 50–80

From Tab. I, it follows that the contacts to the p⁺-layer for p-i-n (I) are rectifying ones. Predominantly, it should be connected with a low-level concentration of carriers and the high thickness of the layer. Therefore, in subsequent structures carrier concentration was increased to 1.4E19 while the thickness was reduced to 100μm. At the same time the metal composition for the contacts to p⁺- and n⁺-layers was also optimized (Fig. 1). Somewhat increased values of the contact resistance for p-i-n (II) are related to the diode configuration. The same equally applies to the dark currents.

By electrical characteristics, p-i-n (III) somehow exceeds that of p-i-n (IV) structures. Taking into account that all these structures were produced in a single technological cycle, the difference could be explained by a considerable amount of growth defects able to reach the surface.

Fig. 3 illustrates dependence of the dark current density on the diode geometry.

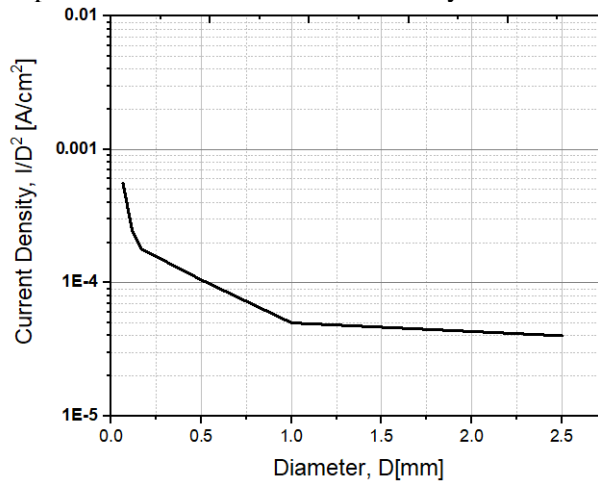


Fig. 3. The dark current density vs. the diode diameter at fixed V = - 0.2V for a p-i-n (III) – type.

In our case, the mesa is deep enough which leads to a considerable increase of surface leakage currents with decreased mesa perimeter, compared with the volume component which is dependent on the area of the diode absorbing surface [9, 10]. For larger diameters, the dependence is quasi-linear and the current density is weakly dependent on the mesa perimeter. Besides, I_{per} and I_a obtain close values [11].

p-i-n (III) structures are characterized by the minimum values of dark currents. As long as there does not exist any univocal solution to optimize such a significant parameter, additional experimental investigation, quantitative estimation, as well as identification of the dark current physical mechanisms are needed and only after that, technological methods could be substantiated and realized for their reduction.

The dependence of the capacity C on the reverse bias of the diodes with diameters 2.5, 1.0, and 0.5mm is shown in Fig. 4 and Tab. 1.

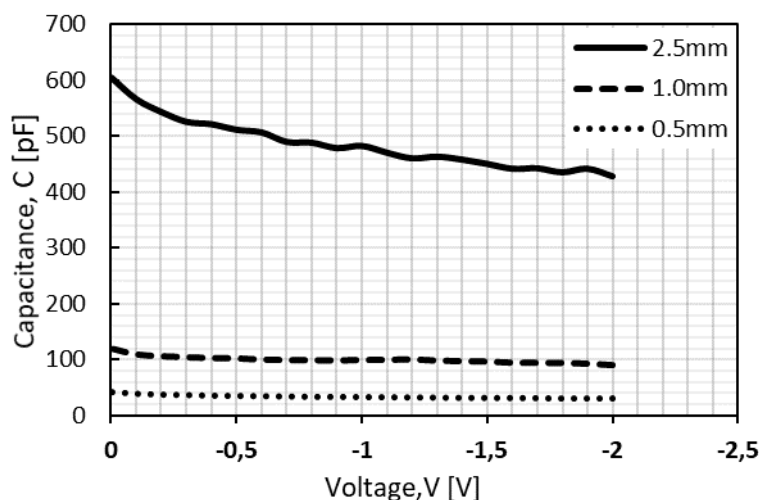


Fig.4. Dependence of the capacity C vs. reverse voltage V for the p-i-n diode with different diameters of photosensitive range.

Obtained C-V dependencies correspond to other publication data and their values are perfectly acceptable.

Photoelectric parameters of the p-i-n diodes are presented in Tab. 2 and Fig. 5 and 6.

Table 2. Photoelectric parameters of the InGaAs/InP p-i-n diodes

Structure type	Diode configuration (area A, mm ² / diameter D, mm)	Photoresponse range boundaries		The wavelength at the peak λ_{max} , μm	Maximum photoresponse S_{max} , A/W	Quantum efficiency η , %
		λ_B , μm	λ_C , μm			
p-i-n (I)	“Comb- in- comb”, A=5,7	≤ 1	1,68	1,2 – 1,3	–	–
p-i-n (II)	“Comb-in-comb”, A=5,7	≤ 1	1,67	1,60 – 1,61	–	–
p-i-n (III)	Circular D=2,5 D=1,0	≤ 1	1,67	1,58	0,89 – 0,99	72 – 78
				1,58		
p-i-n (IV)	Circular D=2,5 D=1,0	≤ 1	1.62	1,57	0,70 – 0,72	58 – 62
				1,56		

From the table data, it is evident that the red boundary λ_c is about $1.7\mu\text{m}$. The wavelength range $\Delta\lambda$ could be estimated at the average of ≤ 1.0 to $1.7\mu\text{m}$. The value is characteristic exactly for InGaAs/InP.

The basic aspect of photodiode performance is spectral photoresponse. [5,6]. This is conveniently characterized by the dependence $\eta(\lambda)$. The spectral response is dominated by the absorption coefficient which increases with increasing photon energy near the bandgap. The photodiode response replicates this behavior near the bandgap energy. At higher photon energies, the absorption coefficient $\alpha(\lambda)$ increases more slowly above the characteristic knee at the bandgap where $\alpha=10^4\text{cm}^{-1}$ [13]. Above this energy, the majority of photons are absorbed within a diffusion length of the diode surface. Thus, as the photon energy increases, so does the probability that minority carriers generated by the absorption of light will recombine at the surface. While the absorption continues to rise, the number of minority carriers that reach the junction and contribute to the photocurrent declines [13,14].

Fig. 5 illustrates the influence of external conditions (illumination, temperature) on the optical characteristics of the photodiodes.

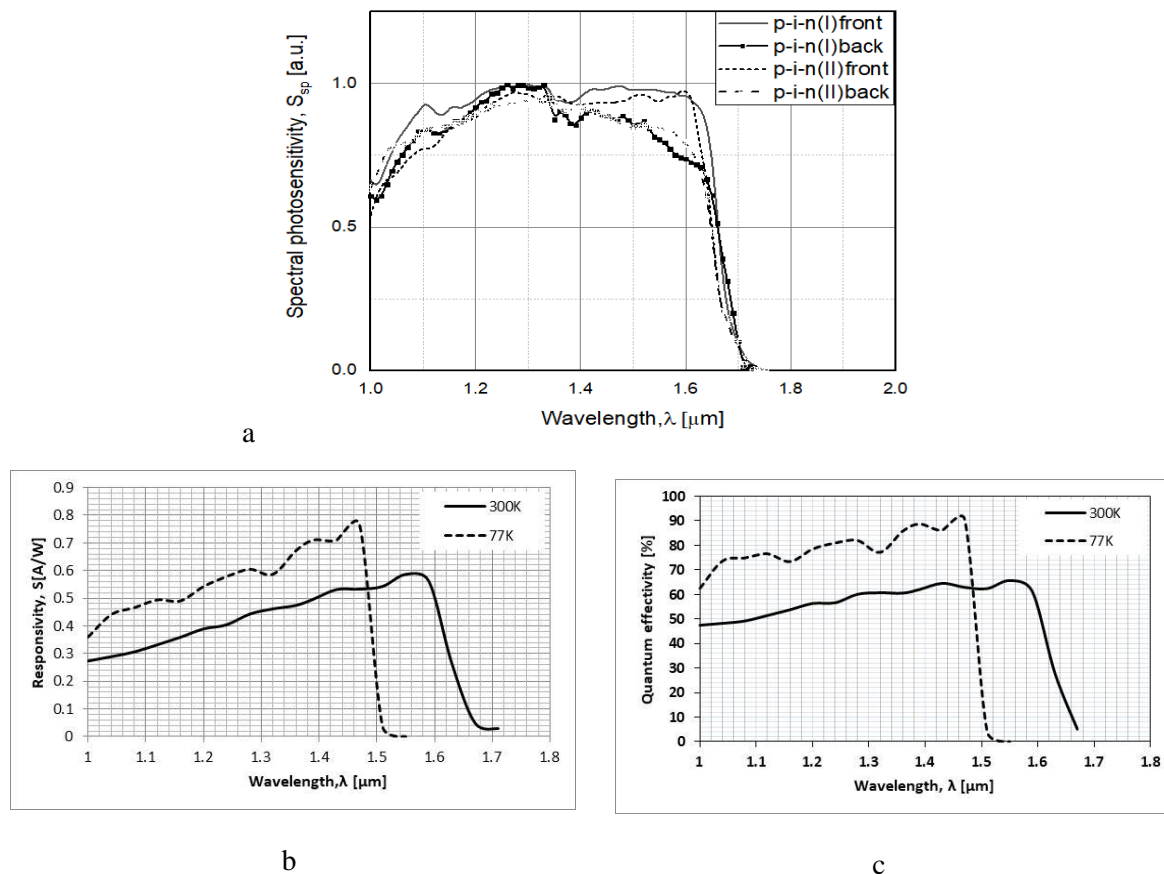


Fig. 5. a) – dependence of S_{sp} and λ under the front and back illumination of p-i-n (I) and p-i-n (II) diodes; b) – S and c) – η vs. λ for p-i-n (IV) diodes at 300 and 77K.

It is seen from Fig. 5a that under the front illumination dependencies of S_{ph} markedly differ in the range of wavelength $1.2 - 1.7\mu\text{m}$. The p-i-n (II) diode has its maximum at $\lambda \sim 1.6\mu\text{m}$ due to the sharp increase of $\alpha(\lambda)$. Both curves have broad maximums in the range of $1.3\mu\text{m}$. Under the back illumination, $S_{ph} = f(\lambda)$ behavior is identical: sensitivity increase from 1.65 to $1.38\mu\text{m}$, then maximum at $\sim 1.3\mu\text{m}$, followed by a sharp decrease.

Due to the significant decrease of the surface recombination under the back illumination, it could be concluded that such kind of dependencies is most likely connected with intrinsic absorption $\alpha(\lambda)$.

On the whole, the presented as well as similar data [2, 5, 6] enable us to choose a necessary mode of front or back illumination.

Fig.5.b) and c) illustrate a typical example of photosensitivity S and quantum efficiency η at different temperatures – 300 and 77K for p-i-n (IV) diodes. Such characteristics enable us to numerically estimate the sharp shift of the upper red boundary λ_c (from 1.7 to 1.5 μm) and the double increase of S and η at 77K compared to their values at 300K. These data are consistent with the results of experimental and theoretical research of the intrinsic absorption coefficient at different temperatures [13].

Fig.6 shows a typical example of sensitivity (a) and quantum efficiency (b) spectra for p-i-n (III) photodiodes with \varnothing 1.0mm.

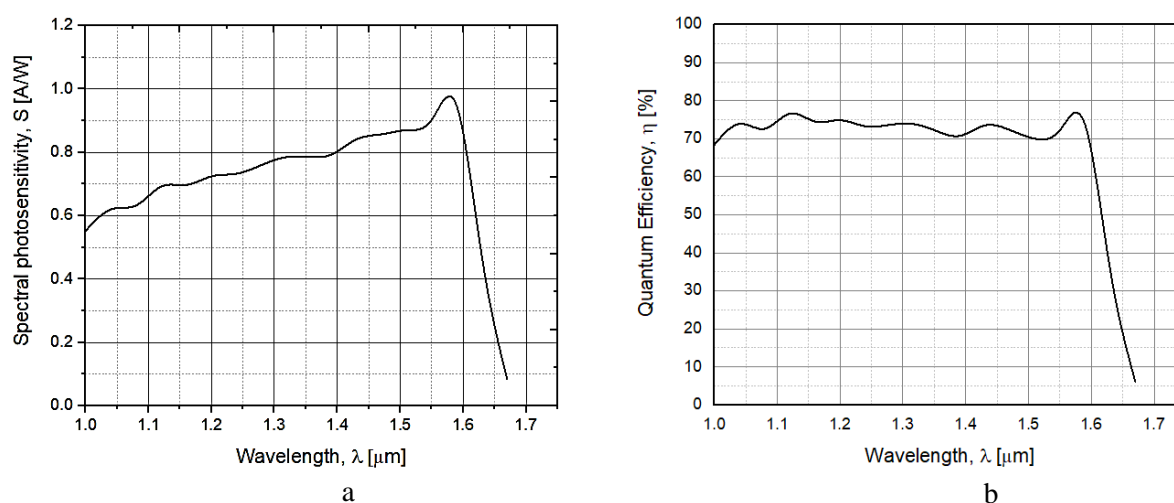


Fig.6. Sensitivity a) and quantum efficiency b) spectra for p-i-n (III) photodiodes with \varnothing 1.0mm.

It is evident from the figure that the character of spectra, as well as optical parameters of the material in the wavelength range 1.0 – 1.7 μm could be considered as more than satisfactory for such kind of diodes [15].

And finally, the data of Tab. I and II demonstrate that by a number of important electrical and optical parameters of InGaAs/InP photodiodes, the most interesting turned out to be p-i-n (III) type diodes, which even in the absence of antireflection coating are characterized by high values of S and η . However, that does not mean that for certain applications using p-i-n (II) or p-i-n (IV) technology would be inappropriate.

6. Conclusion

In accordance with the assigned task and suggested approaches, the performance capabilities of different types of InGaAs/InP epitaxial structures were investigated, as a material for p-i-n photodiodes.

1. Four structures were chosen with different architecture, InGaAs absorber thickness, and substrate types.

2. Mesa technology was gradually developed for the p-i-n photodiodes with different “comb-in-comb” or circular configurations.

3. A reliable technique for measuring the main electrical and optical parameters of photodiodes was elaborated.

4. Results of p-i-n photodiode investigation showed that:

- structures, manufactured by XIAMEN company correspond to the specified ones;
- electrical characteristics (dark currents, capacities) demonstrated evident dependence on material and diode configuration;

• to explain the obtained optical characteristics in one or another intervals of the 1.0 – 1.7 μ m range, including various external conditions, and different physical mechanisms of the diode photosensitivity were involved.

5. The best values of sensitivity $S=0.88 -0.99$ A/W and quantum efficiency $\eta=72-76\%$ were obtained for p-i-n (III) type diodes even without antireflection coating.

6. Being aware of the material ability it seems reasonable to apply further efforts to the choice and realization of technological methods intended for dark current reduction and obtaining antireflection coating. It seems also promising to investigate such a parameter as detectivity D^* e.t.c.

REFERENCES

1. A. Rogalski. Infrared Physics & Technology, 2002, **43**, pp.178-210.
2. I.D. Burlakov, L.I Grinchenko, A.D.Dirochka, N.B. Zaletaev, Uspechi prikladnoi fiziki, 2014, **2**, N2, pp.131-162.
3. M.P. Hansen, D.S. Malacher, Proc. of SPIE, 2008, **6939**.
4. J. Battaglia, R. Brubaker, M. Ettenberg, D. Malchow, Proc.of SPIE, 2007, **16541**.
5. T.P. Pearsall, M. Papuchon. Applied Physics Letters **33**, 1978, pp.640.
6. T.P. Pearsall, M.A. Pollack, Semiconductors and Semimetals, **22D**, 1985, pp.173.
7. https://www.hamamatsu.com/.../compound_kird9004e.pdf
8. R. Melkadze, G. Peradze, T. Makalatia, N.Khuchua, ISPM International Workshop of Renewable Energy Sources, Abstracts, 2001, p.13.
9. J.F. Klem, J.K.Klim, M.J.Cich, G.A.Keeler, S.D. Hankuns, T.R.Fortune, Applied Physics Letters **95**, 2009, 031112.
10. И.А.Андреев, О.Ю. Серебренникова, Н.Д.Ильинская, А.А. Пивоварова, Г.Г. Коновалов, Е.В.Куницына, В.В.Шерстнев, Ю.П.Яковлев. Физика и техника полупроводников, 2015, **40**, вып.12, сс.1720-1726).
11. B. M.Onat, X.Jiang, M.Itzler, Proc. Of IEEE LEOS Annual Meeting Conference, pp.231-232 (2009).
12. N. Khuchua, R. Melkadze, A. Tutunjyan, N. Dolidze, T.Sakharova, L.Sanikidze, M..Ksaverieva, R.Gulyaev. Proc. of 4th International Conference IMS, 2021, pp.197-200.
13. F.R. Bacher, J.S. Blakemore, J.T. Ebner, J.R. Arthur, Physical Review B, 1988, **37**, Number 5, pp.2551-2557.
14. A.F. Monte, S. W. daSilva, J.M.R. Cruz, P.C. Morais, H.M. Cox, Journal of Applied Physics, 1999, Vol. **85**, N.5, pp.2866-2869.
15. https://www.hamamatsu.com/content/dam/hamamatsu-photonics/.../g8370-81_etc_kird1064e.pdf

რეზიუმე

ელექტრონი და ოპტიკური მახასიათებლების კვლევა სხვადასხვა ტიპის InGaAs/InP სტრუქტურების ბაზაზე დამზადებულ PIN ფოტოდიოდებში

სუჭუა ნ.პ., ტუტუნჯიანი ა.ა., დოლიძე ნ.დ., სახაროვა ტ.პ., მელქაძე რ.გ., სანიკიძე ლ.პ., ქსავერიევა მ.გ., შელიქიანი მ.ნ., გოგორიშვილი ი.გ.

სსიპ მიკრო და ნანოელექტრონიკის ინსტიტუტი

ივჯავახიშვილის თბილისი სახელმწიფო უნივერსიტეტი, გამოყენებითი ნახევარგამტარული ტექნოლოგიების სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი

ნაშრომში შესწავლილია, ოთხი ტიპის ეპიტაქსიურ სტრუქტურებზე დამზადებული InGaAs/InP-ის p-i-n ფოტოდიოდები. სტრუქტურები გაზრდილია მეტალოორგანული ნაერთების ორთქლიდან ქიმიური დალექვის მეთოდით ჩინეთის ფირმა XIAMEN POWER WAY Adv.Mat.Ltd.-ში. ყველა შემთხვევაში იცვლებოდა ფენების პარამეტრები, ამასთან გამოყენებულია n+ -, ან i - InP საფენები. დამუშავდა p-i-n დიოდების ტექნოლოგია, რომელიც კვლევის პროცესში უმჯობესდებოდა. დიოდების ელექტრული და ოპტიკური თვისებების კვლევის შედეგების საფუძველზე შეფასებულ იქნა ამა თუ იმ მასალის უპირატესობები და ნაკლოვანებები. დიოდების ოპტიკური მახასიათებლების კვლევის შედეგების ახსნისას გათვალისწინებულია საკუთარი შთანთქმის კოეფიციენტი და ზედაპირული რეკომბინაციის სიჩქარე.

საკვანძო სიტყვები: InGaAs/InP-ის p-i-n ფოტოდიოდები, ელექტრული და ოპტიკური მახასიათებლები

დედამიწის ძირძის ფორმირება

მესხი გ.გ., ზედგინიძე რ.შ.

სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

დედამიწის სტრუქტურის შესწავლა მრავალ სირთულეთანაა დაკავშირებული. თანამედროვე ეტაპზე დედამიწის შინაგანი სტრუქტურის კვლევის პირდაპირ მეთოდად ითვლება ჭაბურღილის და მადაროს მეთოდი, ხოლო არაპირდაპირად – სეისმოლოგია [1].

დედამიწის წიაღში შეღწევა თანამედროვე ტექნიკური შესაძლებლობით, მადაროებისა და ჭაბურღილების მეშვეობით 10–20 კმ-მდეა შესაძლებელი, რაც ჩვენი პლანეტის რადიუსის დაახლოებით 0,31 % შეადგენს [2]. დღეისათვის, კვლევის პირდაპირი მადაროებისა და ჭაბურღილების მეთოდების მეშვეობით დედამიწის წიაღში შეღწევა მისი რთული აღნაგობიდან გამომდინარე, ტექნიკურად მხოლოდ 10–15 კმ-მდე გახდა შესაძლებელი. კოლის ჭაბურღილმა მიაღწია რეკორდულ 12 კმ-ს და 1994 წელს ბურღვა შეჩერდა, თუმცა გრანიტის ფენას ვერ გაცდა. 2017 წლის მონაცემებით რეკორდულია სახალინის ჭაბურღილი 15 კმ სიღრმით [2].

კვლევის პირდაპირი მეთოდების სირთულიდან გამომდინარე, დედამიწის ღრმა ფენების სტრუქტურის შესახებ ინფორმაციის მისაღებად არსებობს აგრეთვე კვლევების სხვადასხვა, არაპირდაპირი მეთოდები. ამ მეთოდებიდან, დღეისათვის განსაკუთრებით აქტუალურია სეისმოლოგია, რომელიც ემყარება ქანების დრეკად თვისებებს და მასში სეისმური ტალღების გავრცელების პრინციპს. დედამიწის შიდა სტრუქტურის და ქერქის შესახებ ინფორმაციის მისაღებად სარგებლობენ მეთოდით, რომელიც ემყარება დედამიწის ქანების დრეკად თვისებებს. რაიმე ხელოვნური აფეთქებისას, ან მიწისძვრების დროს, დედამიწის შემადგენელი ნივთიერებების ნაწილაკებში აღიძვრება დრეკადი რხევები და შესაბამისად რხევა ვრცელდება დედამიწის შიგნით და წარმოიქმნება დრეკადი, ანუ სეისმური ტალღები, რომლებიც ვრცელდება ყველა მიმართულებით [2]. სეისმოლოგიის მეთოდის მიხედვით დედამიწის ზედაპირიდან ხდება სეისმური ტალღების გავრცელება და უკან, ზედაპირზე დაბრუნებული, არეკლილი ტალღების დაფიქსირება და ჩაწერა ხორციელდება შესაბამისი დანადგარით – სეისმოგრაფით. დედამიწის კვლევისათვის სეისმურ ტალღებს დედამიწის რენტგენის სხივებს ადარებენ, რადგან ისინი მისი შინაგანი აგებულების გამოვლინების და შესწავლის საშუალებას იძლევა [2]. სეისმური მეთოდით, დედამიწის სტრუქტურაში სეისმური ტალღების არაერთგვაროვანმა გავრცელებამ და მათი გავრცელების სიჩქარემ აღმოაჩინა, რომ დედამიწის სტრუქტურა სხვადასხვა შრეებისაგან შედგება და იგი არაერთგვაროვანია [2,3].

წარმოდგენილი კვლევებისათვის, გამოიყენება მოცულობითი და ზედაპირული სეისმური ტალღები [4]. თანამედროვე კვლევებისათვის აქტუალურია მოცულობითი ტალღები, რომელიც ორი სახისაა: სიგრძივი და განივი. სიგრძივი ტალღების გავრცელების სიჩქარე დედამიწის ქანებში 1,7-ჯერ მეტია, ვიდრე განივი, შესაბამისად სიგრძივი ტალღები სეისმოგრამაზე უფრო ადრე ჩაიწერება [2]. სიგრძივი ტალღები წარმოიქმნება ნივთიერების სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში მყოფ ნაწილაკებში და იგი შესაბამისად ნაწილაკების სათანადო რეაქციაა მოცულობის ცვლილებისადმი. განივი სეისმური ტალღები მხოლოდ მყარი ნივთიერების ნაწილაკების გარემოში წარმოიქმნება. თუ დაუშვებთ, რომ დედამიწის ზედაპირიდან ცენტრამდე გარემო ერთგვაროვანია მაშინ სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარე არ უნდა იცვლებოდეს, მაგრამ სურათი საპირისპიროა [2,3].

დედამიწის ჭრილში სეისმური ტალღების გავრცელების არაერთგვაროვანი სიჩქარე მიუთითებს, რომ დედამიწის სტრუქტურა არაერთგვაროვანია და მას გააჩნია შრეები. პირველი გარსია – დედამიწის ქერქი. იგი დედამიწის მთელი მოცულობის 1,2 %-ია, ხოლო მისი მასის – 0,4 %. ტემპერატურა ქერქის ქვედა საზღვართან 1200-ია, რასაც ადასტურებს დედამიწის ზედაპირზე ამოღვრილი ვულკანური ლავა. ქერქის სიმკვირვე იცვლება 2,7-დან 7,2 გ/სმ³-მდე [2].

დედამიწის ფორმირების მუდმივ პროცესში ქერქი, ისევე როგორც დედამიწის მთელი სტრუქტურა მნიშვნელოვან მეტამორფოზას განიცდის. ციური სხეულების

მსგავსად, საწყის პერიოდში, დედამიწის წარმოშობა და მასზე მიმდინარე პროცესები გრაფიტაციულ ურთიერთქმედებას უკავშირდება [5]. ითვლება, რომ დასაწყისში დედამიწა წარმოადგენდა გაზურ სფეროს. გრაფიტაციული ევოლუციის საწყისი პერიოდი განსაკუთრებით მძაფრი და მასშტაბური იყო მისი წარმოშობის პირველ ეტაპზე. გრაფიტაციის შედეგად, ძირითადი ელემენტები, როგორებიცაა რკინა, ნიკელი და სხვა გაადგილდებოდა დედამიწის ცენტრისაკენ და შედეგად იქ იზრდებოდა სიმკვრივე. შესაბამისად, მსუბუქი ელემენტები „გამოიდევენებოდა და ამოტივტივდებოდა“ ქერქზე, ცივდებოდა და მყარდებოდა. ამიტომაც, დედამიწის ქერქი მსუბუქია და მას „სიაიელ“ (Si, Al) უწოდებენ. ასეთ დიფუზიას დედამიწის სტრუქტურა განიცდის მუდამ და ჰიპოთეზის თანახმად, იგი ითვლება მის სიღრმეში მაღალი ტემპერატურის წარმოშობის წყაროდ [6].

სამყაროს წარმოშობის საწყის ეტაპზე, დედამიწის ახლად ჩამოყალიბებულ სტრუქტურაში ხდებოდა მასშტაბური პროცესები და დედამიწა იყო ძალიან ცხელი და ხდებოდა სწრაფი, მასშტაბური დინამიური პროცესები, რასაც თან სდევდა ძლიერი მიწისძვრები და მძლავრი ვულკანური ამოფრქვევა. სწორედ, ვულკანური ამოფრქვევის შედეგია დედამიწის ლანდშაფტის ფორმირება და დადგენილი ფაქტია, რომ ვულკანური წარმოშობისაა დედამიწის ქერქი. დედამიწის არსებობის მეორე პერიოდი უკავშირდება პროცესების აქტიუბების მნიშვნელოვნად შემცირებას, ტემპერატურის კლებას, შესაბამისად წარმოიქმნა ჰიდროსფერო და ატმოსფერო და გაჩნდა პირობები ბიოსამყაროს წარმოშობისათვის [5,6]. ლითოსფერო ითვლება დედამიწის ქერქის ჟამთაღმწერად, რომელშიც ასახულია გეოგრაფიული გარსის ჩამოყალიბება-შექმნა და განვითარება. მილიარდობით წლების განმავლობაში, დედამიწის ხანგრძლივი განვითარების შედეგად წარმოქმნილი გეოგრაფიული გარსი თავისი შედგენილობისა და აგებულების მნიშვნელოვანი სირთულით გამოირჩევა. მას გააჩნია გარე, პერიფერიული ფენა – დედამიწის ქერქი, სადაც ერთმანეთს უკავშირდება და განიცდის ძლიერ ურთიერთქმედებებს, სრულიად განსხვავებული აღნაგობის ოთხი სფერო: ლითოსფერო, ჰიდროსფერო, ატმოსფერო და მათი არსებობის საფუძველზე წარმოქმნილი ბიოსფერო [2,6].

დედამიწის ზედაპირის მნიშვნელოვანი ნაწილი ჰიდროსფეროს უჭირავს (71 %), ხოლო კონტინენტურია (29 %). დედამიწის ქერქის მასა დაახლოებით 3 1022 კგ, (დედამიწის მასის 0,47 %,) მასში კონტინენტური ქერქის მასა 79 %-ია, ოკეანის კი 21 %. კონტინენტური ქერქის სისქე (35–50) კმ, ოკეანის – (6–15) კმ. ქერქი მყარია, თხევადი და აიროვანია, იგი მთლიანი სახით წარმოიქმნა 3,5 მილიარდი წლის წინ [1,6]. საგულისხმო ფაქტია, რომ კონტინენტური და ოკეანური ქერქის ქანები აგრეთვე ასაკობრივადაც განსხვავდება ერთმანეთისაგან. კონტინენტური ქერქის ყველაზე ძველი სახეობის ქანები დათარიღებულია 4 მილიარდზე მეტი წლით, ამ ფაქტს ადასტურებს ავსტრალიის ქალაქ პერტასთან ნაპოვნი ცირკონის კრისტალები, რომელთა ასაკი 4,3 მილიარდი წლისაა, ხოლო ოკეანური ქერქის ასაკი მხოლოდ – 180 მლნ [2,6]. დღეისათვის გავრცელებულია ცნება – „დედამიწის ქერქი“ და „ლითოსფერო“. ლითოსფერო (ქვის სფერა) დედამიწის ქვიანი გარსია, იგი მოიცავს მთლიანად დედამიწის ქერქს და ზედა მანტიის მცირე ნაწილს და მისი სისქე დაახლოებით (150–200) კმ-ია, ლითოსფერო ქვემოდან შემოსაზღვრულია გავარვარებული ასტენოსფეროთი [6]. საგულისხმოა, რომ დაწყებული 20–30 მეტრიდან, დედამიწის ქერქში ტემპერატურა დაახლოებით 3 °C იზრდება ყოველ 100 მ სიღრმეზე [7].

კონტინენტური ქერქი შედგება დანალექი, გრანიტის და ბაზალტის ფენებისაგან, ოკეანის ქერქი კი მხოლოდ დანალექი და ბაზალტია. ამ ფენების განლაგება და შინაგანი სტრუქტურა ადასტურებს მათ სხვადასხვა დროში წარმოშობას: ჯერ ბაზალტის ფენა, შემდეგ გრანიტის, ხოლო დანალექი ფენის ფორმირება გრძელდება დღესაც. ქერქის თითოეული ფენის ჩამოყალიბება გეოლოგიური დროის თვალსაზრისით დიდხანს გრძელდებოდა. გრანიტისა და ბაზალტის ფენა დაერქვათ იმის გამო, რომ ისინი ემსგავსებიან მთის ქანებს გრანიტსა და ბაზალტს. ლითოსფერო და შესაბამისად ქერქიც შედგება მაგმატიკური ამოფრქვეული ქანებისაგან (95%), რომელიც მაგმის გაციების შედეგად წარმოიქმნა, ამიტომაც კონტინენტზეა გრანიტი და ბაზალტი, ოკეანეში – მხოლოდ ბაზალტი. კონტინენტური ქერქის მთელი მასის დაახლოებით ნახევარი ჟანგბადია, 25% – Si, 8% Al, 5% – Fe, 4% – Ca, ნატრიუმი, კალიუმი და

მაგნიუმი 2–2 პროცენტია, ხოლო ნაერთები: SiO_2 – 59,7%; Al_2O_3 – 15,4%; CaO – 4,9%; MgO – 4,4%; Na_2O – 3,6%; FeO – 3,5%.

დედამიწის ზედაპირის დანალექი ფენის ფორმირება მოხდა გარე ძალების ზემოქმედებით, რომლის წარმოქმნა განხორციელდა დანალექი და ვულკანოგენური ქანებისგან, სადაც სჭარბობს თიხები და თიხიანი ფიქლები, აგრეთვე ფართოდაა წარმოდგენილი ქვიშაქვები, კარბონატული და ვულკანოგენური ქანები [1,2]. დედამიწის სტრუქტურულიდან განპირობებული შიდა ძალებთან ერთად მნიშვნელოვანია გარე ძალები – ქარები, მდინარეები, ტემპერატურის ცვლილება, მცენარეთა და ცხოველთა ზემოქმედება ცვლის დედამიწის ზედაპირის სტრუქტურას. მთის ქანები იშლებიან, ნაშალი ქუცმაცდება და გადაადგილდება. მდინარეები ქმნიან კალაპოტებს, თავიანთ ხეობებს. ქარებს გადააქვთ პატარა ნაწილაკები, ქმნიან ქვიშის უდაბნოებს. ადამიანი, თავისი მრავალფეროვანი შემოქმედებით, მნიშვნელოვანი გარე მოქმედი ძალაა.

ლითოსფერო, ჰიდროსფერო და ატმოსფერო – ნივთიერებათა სამი აგრეგატული მდგომარეობა წარმოდგენილი დედამიწაზე, როგორც აუცილებელი პირობა ბიოსამყაროს არსებობისათვის ურთიერთშემხები და ურთიერთქმედი ზონებია. დედამიწის ქერქის დანალექი ფენა – ნიადაგი არის ძალიან თხელი, რამდენიმე სანტიმეტრი, ან იშვიათად 2–3 მეტრი სადაც კრიტიკულად ისახება ყოველივე ის, რაც ხდება დედამიწის ზედაპირზე. თანამედროვე ტექტონიკა ნაკლებად აისახება დედამიწის ქერქის ფორმირებაზე, ამდენად დღეისათვის განმსახლვრელია, მზარდი გარე და ადამიანური ფაქტორები, რომლებიც სასიკეთოდ არ ცვლიან დანალექი ფენას – ნიადაგს [6,7].

კვლევების თანამედროვე მონაცემების მიხედვით დედამიწის ქერქი განიცდის მნიშვნელოვან ცვლილებას [7]: დედამიწის ზედაპირის 1/3-ზე, ანუ 36%-ზე არ წარმოებს მიწათმოქმედება, არ იქმნება ბიოპროდუქცია, იგი დაკავებულია ინფრასტრუქტურით, ნაგებობებით, გზებით, და ა.შ. განვითარებულ ქვეყნებში ქალაქებს უჭირავს ქვეყნის ტერიტორიის 7–10 %. თუ მეგაპოლისებში საშუალოდ მოსახლეობის 40 % ცხოვრობს, მაშინ ეს მაჩვენებელი უფრო მნიშვნელოვანია და 70–80%-ს აღწევს.

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ დინამიკურად ცვლადი გეოგრაფიული გარსი, დედამიწის ქერქი არის ერთიანი მატერიალური სისტემა, წარმოქმნილი ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს, ლითოსფეროს და ბიოსფეროს ბაზაზე მათი ხანგრძლივი ურთიერთქმედების შედეგად. თანამედროვე ეტაპზე დედამიწის რთული შიდა სტრუქტურის და განსაკუთრებით აქტუალური, დედამიწის ქერქის კვლევები და არსებული მონაცემები არასაკმარისია და ამდენად იგი მოითხოვს ახალ, პირდაპირ და არაპირდაპირ კვლევის მეთოდების შექმნას, რომლებსაც ექნებათ მაღალი მგრძობიარობა და დიდი გარჩევისუნარიანობა.

ლიტერატურა

1. გურამ ღონდაძე, მარიამ ახალკაციშვილი. გეოლოგიის საფუძვლები. თბილისის ივ. ჯავახიშვილის სახ. უნივერსიტეტი, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2018, 332 გვ.
2. რამინ გობეჯიშვილი, ემილ წერეთელი, ცეცილია ღონაძე, ვაჟა ტრაპაიძე, გიორგი დვალაშვილი, ლამხირა ლაღიძე, თინათინ ნანობაშვილი, თეონა თიგვიშვილი. ზოგადი დედამიწისმცოდნეობა. თბილისის ივ.ჯავახიშვილის სახ.უნივერსიტეტი, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2012, 181 გვ.
3. Ермолов В.А., Ларичев Л.Н., Мосейкин В.В. Основы геологии. -Москва, изд-во МГУ Москва, 2012, 598 с.
4. Попов Ю.В. Основы геологии, Москва, Кнорус, 2022, 366 с.
5. Plummer Charles C., Mc Geary Dawid., Physical Geology. WCB/McGraw-Hill, 1998, 542 p.
6. Steven Earle. Physical Geology. Vancouver Island University, 2022.
7. Chris Johnson, Matthew D. Affolter, Paul Inkenbrandt, Cam Mosher. An Introduction to Geology, Licensed under CC BY-NC-SA 4.0, 2022.

SUMMARY

THE FORMATION OF THE EARTH'S CRUST

Meski G.G. and Zedginidze R.Sh.

Samtskhe-Javakheti State University

The work represents the modern view of the Earth's crust as a dynamically changing geographic shell, a unified system, the formation and structure of the atmosphere, hydrosphere, lithosphere, and biosphere as a result of long-term interaction, direct and indirect methods of crust research are given.

Keywords: earth, the Earth's crust, seismology.

შპრავი კრისტალიზატორის სქემით საჭირო ღენის ბანაბარიშება ლითონების ელექტროწიღური გადადნობისათვის

სილაგაძე ს.რ., ზიგზიგაძე ლ.ბ., შალამბერიძე მ.შ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

გამოკვლევების შედეგად მიღებულია, რომ წიღის აბაზანიდან გამოსხივებული სითბო შედარებით მცირეა. ამიტომ, ზოგადი სახით, თბური ბალანსის განტოლება შემდეგნაირად ჩაიწერება: [1]

$$Q_x^v = Q_{sb} + Q_g^x + Q_v^{st} \quad (1)$$

სადაც, Q_x^v – წიღის აბაზანაში, ღენის გავლით გამოყოფილი სრული სითბოა; Q_{sb} – სხმულს გადაცემული სითბო; Q_g^x – ელექტროდში თბური დანაკარგები; Q_v^{st} – კრისტალიზატორის კედლის მიერ წიღის აბაზანიდან ართმეული სითბო.

თუ ცნობილია წიღის აბაზანაში გამავალი ღენი, მაშინ წიღის აბაზანაში გამოყოფილი სითბოს განსაზღვრა შეიძლება შემდეგნაირად:

$$Q_x^v = 0,24I^2R_v' \quad (2)$$

გამოსახულება (2)-ის მიხედვით, თუ ცნობილი იქნება წიღის აბაზანაში დროის ერთეულში გამოყოფილი სითბო და თხევად მდგომარეობაში წიღის წინაღობა R_v' , მაშინ შესაძლებელი იქნება განისაზღვროს ელექტროწიღური გადადნობისათვის საჭირო ღენი შემდეგნაირად:

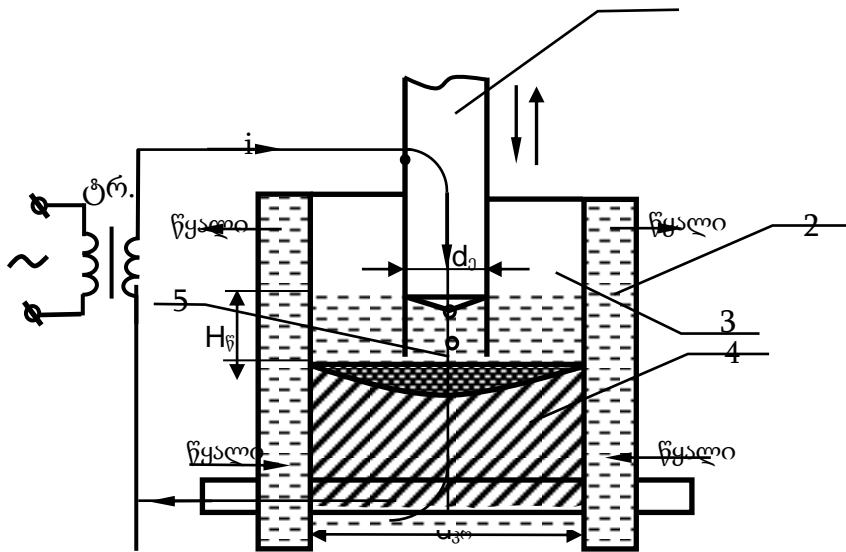
$$I = \sqrt{\frac{Q_x^v}{0,24R_v'}} \quad (3)$$

ელექტროწიღური გადადნობისას წიღის აბაზანაში გამოყოფილი Q_x^v სითბოს განსაზღვრა დაკავშირებულია (1) გამოსახულებაში შემავალი თითოეული კომპონენტის: სხმულის მიერ გაცემული Q_{sb} სითბოს, ელექტროდში თბური დანაკარგებისა და კრისტალიზატორის შიგა კედლის მიერ წიღის აბაზანიდან ართმეული Q_v^{st} სითბოს განსაზღვრასთან. აღნიშნული რთული პროცესია და დაკავშირებულია კონკრეტული სახეობისა და მოცულობის ლითონის ელექტროწიღური გადადნობის დანადგარის შემადგენლობაში შემავალი კრისტალიზატორისათვის, მთელი რიგი ექსპერიმენტების განმეორებასთან.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია წიღის აბაზანაში გამოყოფილი სითბოს გაანგარიშების შედარებით მარტივი, ორიგინალური მეთოდი, რომელიც გამოყენებულია რომელიმე სხეულის T_1 და T_2 ტემპერატურამდე გაცხელებისათვის საჭირო სითბოს რაოდენობის განსაზღვრისათვის.

$$Q = cm(T_2 - T_1) \quad (4)$$

სადაც: c – გასაცხელებელი სხეულის მასალის სითბოტევადობაა; m – გასაცხელებელი სხეულის მასაა; T_1 – გარემოს ტემპერატურაა ($^{\circ}\text{K}$); T_2 – სხეულის გაცხელების საბოლოო ტემპერატურაა ($^{\circ}\text{K}$);



ნახ.1. ლითონების ელექტროწიფური გადადნობის კრისტალური სქემა.

1 – გადასადნობი ლითონის ელექტროდი; 2 – კრისტალიზატორი; 3 – თხევადი წიფის აბაზანა; 4 – გადადნობილი ლითონის სხმული; $d_{გა}$ – გადასადნობი ელექტროდის დიამეტრი; $d_{კრ}$ – კრისტალიზატორის დიამეტრი.

წრიული ფორმის კრისტალიზატორისათვის (ნახ.1) კრისტალიზატორის ფორმის კოეფიციენტის, წიფის აბაზანის სიმაღლე $h_{წი}$, კრისტალიზატორის დიამეტრის $d_{კრ}$, თხევადი წიფის სითბოტევადობის $c_{წი}$, მისი სიმკვრივის $\gamma_{წი}$ და გაცხელების საბოლოო ტემპერატურის $T_{დწ}^{წი}$ გათვალისწინებით მიღებულ იქნა, წიფის აბაზანაში გამოყოფილი სრული სითბოს საანგარიშო ფორმულა:

$$Q_{წი}^{წი} = K\pi(d_{კრ})^2 / 4 \cdot h_{წი} \cdot c_{წი} \cdot \gamma_{წი} \cdot T_{დწ}^{წი} \quad (5)$$

გამოსახულება (5)-ში შემავალი ცალკეული წევრების სიდიდეების დადგენისას, აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას, უძრავი კრისტალიზატორის სქემით, ლითონების ელექტროწიფური გადადნობის თავისებურებები:

1. მოცემული კონკრეტული ზომების კრისტალიზატორის ფორმის კოეფიციენტი დამოკიდებულია გადასადნობი ელექტროდის დიამეტრზე:

$$K = \frac{d_{გა}}{d_{კრ}} < 1,0 \quad (6)$$

ამავე დროს, გადასადნობი ელექტროდის დიამეტრი ორმაგ მოქმედებას ახდენს $Q_{წი}^{წი}$ სითბოს სიდიდეზე:

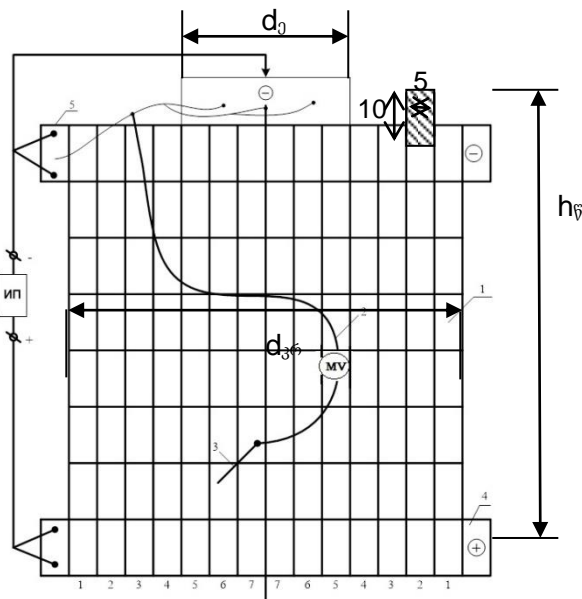
– მასზე დამოკიდებულია ელექტროდსა და გამდნარი ლითონის აბაზანას შორის წიფის აბაზანაში გამავალი დენის შემომსაზღვრელი ცილინდრის დიამეტრი $d'_{კრ}$, რომელიც ცხადია მოქმედებს წიფის აბაზანაში დენის სიმკვრივესა და აქედან გამომდინარე $Q_{წი}^{წი}$ -სითბოს რაოდენობაზე.

– კრისტალიზატორის შიგა კედელსა და დენგამტარ ცილინდრს შორის ე.წ. დრუ ცილინდრის ზომები, კედელზე მოქმედი გაგრილების სისტემის გამო, მოქმედებს კრისტალიზატორის კედელზე წარმოქმნილი გარნისაუის სისქესა და დრუ ცილინდრით შემოფარგლული წიფის წინაღობაზე.

ორივე ფაქტორის მოქმედებითაა განპირობებული, რომ მრავალი მკვლევარის [2] მიერ რეკომენდირებულია, კრისტალიზატორის ფორმის კოეფიციენტის $K = 0,5 \div 0,7$ ოპტიმალური მნიშვნელობა.

2. წილის აბაზანაში დენგამტარი ცილინდრის დიამეტრი $d_c > d_j$ მეტია, ვიდრე გადასადნობი ელექტროდის დიამეტრი. იგი დამოკიდებულია წილის აბაზანაში მოქმედი ელექტრომაგნიტურ ველზე და ამ ცილინდრიდან დენის გადინებაზე. რაც მეტია გადასადნობი ელექტროდის დიამეტრი d_j , მით მეტია წილის აბაზანაში დენის განდინების გამო ცილინდრის დიამეტრი. ამ უკანასკნელის კონკრეტული მნიშვნელობის დადგენისათვის, შესწავლილ იქნა წილის აბაზანაში მოქმედი ელექტრული ველი, ფიზიკური მოდელირების გზით.

წილის აბაზანის მოცემულ მოცულობაში ელექტრული ველის დროსა და სივრცეში ცვლილების სურათის წარმოდგენა დიდ სირთულეებთანაა დაკავშირებული. ამიტომ, ფიზიკური მოდელის საშუალებით, მიზნად იქნა დასახული, წილის აბაზანის ერთ-ერთ დიამეტრის გასწვრივ წარმოდგენილ სიბრტყეში, დროის მოცემული მომენტისათვის, წარმოგვედგინა ელექტრული პოტენციალის სახით ელექტრული ველი. ამისათვის, წილის აბაზანის საკვლევი სიბრტყე წარმოდგენილ იქნა 0,1 მმ სისქის X18H9T ფოლადისაგან დამზადებული ფურცლის სახით. მისი დანარჩენი ზომები, მასშტაბით 1:2, აღებული იყო ერთ-ერთი კრისტალიზატორის დიამეტრისა და წილის აბაზანის სიმაღლის შესაბამისად. ექსპერიმენტის დროს, დენის წყაროს მომჭერებიდან, პოტენციალები მოღებული იყო ნახ.2-ის შესაბამისად. ლითონის ფურცელი დაყოფილი იყო 0,5x10 მმ-ის ზომის უჯრების სახით, ხოლო მის ცენტრებში ნემსის წვერითა და მილივოლტმეტრით ვაფიქსირებდით პოტენციალების მნიშვნელობებს. ერთნაირი პოტენციალების ერთმანეთთან შეერთებით აგებული იყო ექვიპოტენციალური ხაზები და მისი საშუალებით გავლებულ იქნა დენის ხაზები (ნახ.3). წარმოდგენილი სურათის მიხედვით გამოსახულია დნობადი ელექტროდის დენის განდენების ცილინდრის დიამეტრის d_c შეფარდება ელექტროდის დიამეტრთან $d_c / d_j \approx 1,4$. დიამეტრების ეს შეფარდება, პრაქტიკულად, უცვლელი რჩებოდა ცილინდრული კრისტალიზატორებისათვის ერთნაირი ფორმის კოეფიციენტის შემთხვევაში.



სურ. 2. ელექტროწიდური გადადნობის ფიზიკური მოდელი.

1 – ლეგირებული ფოლადის X18H9T 0,5 მილიმეტრი სისქის ფურცელი; 2 – დენმიმყვანი სადენები; 3 – პოტენციალის გაზომვისათვის ნემსი; 4,5 – ქვედა და ზედა დენმიმყვანები; ИП – დენის წყარო; mV – მილივოლტმეტრი.

შესაბამისად მიღებული იყო, რომ (5) გამოსახულებაში დენგამტარი ცილინდრის დიამეტრი წილის აბაზანაში $d_{\text{ც}} = 1,4d_{\text{კ}}$. ამ უკანასკნელისა და კრისტალიზატორის ფორმის კოეფიციენტის გათვალისწინებით (5) გამოსახულება მიიღებს შემდეგ სახეს:

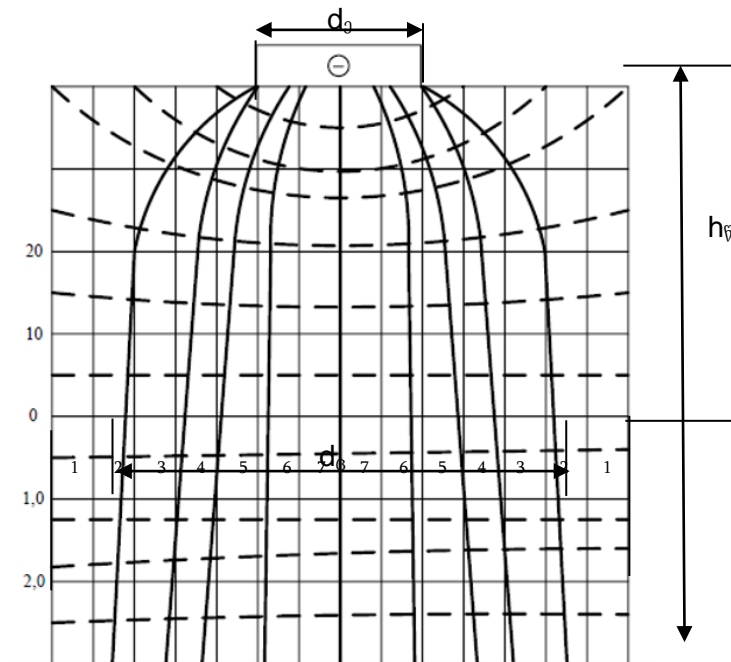
$$Q_{\text{წ}}^{\text{წ}} = K\pi(d_{\text{ც}})^2 / 4 \cdot h_{\text{წ}} \cdot c_{\text{წ}} \cdot \gamma_{\text{წ}} \cdot T_{\text{ღწ}} \quad (7)$$

3. წილის აბაზანის სიმაღლეზე, როგორც კვლევები აჩვენებს, დამოკიდებულია წილის ელექტროდის ფორმა და გამდნარი ლითონის წვეთების წილის აბაზანაში გადატანის პირობები. აგრეთვე, აბაზანის სიმაღლე ისე უნდა იყოს შერჩეული, რომ ადგილი არ უნდა ჰქონდეს გამდნარი ლითონის აბაზანასა და ელექტროდის წიდასთან შეხების ადგილას რკალურ პროცესებს (ელექტრული რკალის წარმოქმნას). მიიხნევა, რომ წილის აბაზანის ოპტიმალური სიდიდეა $h_{\text{წ}} \approx d_{\text{კ}}$, შესაბამისად, (7) გამოსახულება მიიღებს სახეს:

$$Q_{\text{წ}}^{\text{წ}} = K\pi(d_{\text{ც}})^2 / 4 \cdot d_{\text{კ}} \cdot c_{\text{წ}} \cdot \gamma_{\text{წ}} \cdot T_{\text{ღწ}} \quad (8)$$

ნახ. 3-ზე წარმოდგენილი ელექტრული ველის კვლევის მოდელში წილის აბაზანის სიმაღლე უფრო დიდი სიდიდითაა აღებული იმისათვის, რომ გამოკვეთილი იყოს წილის აბაზანაში დენგამტარ ცილინდრში დენის განაწილების სურათი.

4. წილის აბაზანის ტემპერატურა მის დენგამტარ ნაწილში აიღება გადასადნობი ელექტროდის მასალის დნობის ტემპერატურის ტოლი სიდიდით $T_{\text{ღწ}}^{\text{წ}} \text{ } ^{\circ}\text{K}$.



ნახ. 3. წილის აბაზანისათვის მოდელირებით მიღებული ელექტრული ველის სურათი.

1 – დნობადი ელექტროდი; 2 – დენის ხაზები; 3 – ეკვიპოტენციალური ხაზები; $h_{\text{წ}}$ – წილის აბაზანის სიმაღლე; $d_{\text{კ}}$ – კრისტალიზატორის შიგა დიამეტრი; $d_{\text{ც}}$ – ელექტროდიდან დენის განდინების ცილინდრის დიამეტრი; $d_{\text{კ}}$ – გადასადნობი ელექტროდის დიამეტრი.

ქვემოთ განხილულია წილის აბაზანაში დენის გავლით გამოყოფილი სრული სითბოს $Q_{\text{წ}}^{\text{წ}}$ გაანგარიშების მაგალითი. ჩვენი შემოთავაზებული მეთოდის მიხედვით, კრისტალიზატორისათვის, რომლის დიამეტრია $d_{\text{კრ}} = 25,4 \text{ სმ} = 0,254 \text{ მ}$, ხოლო გადასადნობი ელექტროდის დიამეტრი $d_{\text{კ}} = 12,7 \text{ სმ} = 0,127 \text{ მ}$. გადასადნობი ელექტროდის

მასალაა ქრომი-ნიკელ-კობალტის სისტემის ლეგირებული ფოლადი. წილის შემადგენლობაა $50\%CuF_2+20\%CaO+30\%Al_2O_3$,

დანარჩენი პარამეტრები (5) გამოსახულებისათვის აიღება:

– კრისტალიზატორის ფორმის კოეფიციენტი $K=0,6$;

– წილის აბაზანაში დენგამტარი ცილინდრის დიამეტრიც

$$d_{\text{ც}} = \frac{1}{2} d_{\text{კრ}} \cdot 1,4 = 0,17778 \text{ მ};$$

– წილის აბაზანის სიმაღლე $h_{\text{წ}} = 0,18 \text{ მ}$;

– წილის აბაზანის სითბოტევადობა $c_{\text{წ}} = 0,78 \text{ კჯ/კგ } ^\circ\text{K}$;

– გადამდნარი წილის სიმკვრივე $\gamma_{\text{წ}} = 2700 \text{ კგ/მ}^3$;

– წილის აბაზანის ტემპერატურა $T_{\text{ღწ}} = 1773 \text{ } ^\circ\text{K}$;

ამ მონაცემების გათვალისწინებით, წილის აბაზანაში გამოყოფილი სრული სითბო

$$Q_{\text{წ}}^{\text{წ}} = \frac{0,6\pi(0,1778)^2}{4} \cdot 0,18 \cdot 1,78 \cdot 2700 \cdot 1773 \approx 22785 \text{ კჯ}$$

ელექტროდის ელექტროწილური გადადნობისათვის გამოყენებული შემადგენლობის წილის წინაღობა წილის აბაზანის $1773 \text{ } ^\circ\text{K}$ ტემპერატურაზე $R_{\text{წ}} = 3 \cdot 10^{-3}$ ომი, გამოსახულების (3) მიხედვით, შესაძლებელია მოცემული შემთხვევისათვის განსაზღვრულ იქნას ელექტროწილური გადადნობისათვის საჭირო დენი:

$$I = \sqrt{\frac{22785}{0,24 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}} = 5,625 \text{ კა}$$

ცხრილი 1. ექსპერიმენტის მონაცემები და გაანგარიშების შედეგები

	კრისტალიზატორის შიგა დიამეტრი, სმ	გადასადნობი ელექტროდის დიამეტრი, სმ	გადადნობისათვის საჭირო დენის გაანგარიშებული მნიშვნელობები, კა	გადადნობისათვის საჭირო დენის ექსპერიმენტული მნიშვნელობები, კა	ელექტროწილური გადადნობისას, წილის აბაზანაში გამოყოფილი სითბო, კჯ
1	25,4	12,7	5,625	5,8	22785
2	32	16	6,477	6,5	30206
3	36	18	7,226	7,2	38229
4	48	24	9,715	8,9	67963
5	20x20	11,8x11,8	6,228	6,4	27933*
6	22,5x22,5	16x16	7,800	7,6	43886*

მიღებული (8) გამოსახულებით გაანგარიშებდა გადადნობისათვის საჭირო დენის მნიშვნელობები სხვადასხვა ფორმისა და ზომის კრისტალიზატორისათვის (ცხრ. 1). ისინი შედარებულ იქნა ამავე ცხრილში მოცემულ მათი შესაბამისი დენების ექსპერიმენტულ მონაცემებთან. ცხრ. 2-ის მონაცემების მიხედვით განსაზღვრული იქნა:

აბსოლუტური ცდომილება

$$\xi = [I_i - (I_i)_{\text{საანგარიშო}}]$$

საშუალო აბსოლუტური ცდომილება

$$\xi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [I_i - (I_i)_{\text{საანგარიშო}}]$$

ფარდობითი ცდომილება

$$\varepsilon_i = \frac{I_i - (I_i)_{\text{საანგარიშო}}}{I_i} \cdot 100 \%$$

საშუალო ფარდობითი ცდომილება

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{I_i - (I_i)_{\text{საანგარიშო}}}{I_i} \cdot 100 \%$$

ცხრ. 1-ში I_i გადადნობისათვის საჭირო დენის მნიშვნელობებია გაზომილი ელექტროწიდური გადადნობის რეალურ პირობებში; ხოლო $(I_i)_{\text{საანგარიშო}}$ შემოთავაზებული გაანგარიშების მეთოდით განსაზღვრული დენის მნიშვნელობებია;

I_i ექსპერიმენტის რიცხვები $i=1;2; \dots n;(n=6)$.

ცხრილი 2. შემოთავაზებული სქემით ელექტროწიდური გადადნობისათვის საჭირო დენების გაანგარიშებული ცდომილებები

	I_i , კა	$(I_i)_{\text{საანგარიშო}}$, კა	ξ	$\bar{\xi}$	ε_i	$\bar{\varepsilon}_i$, %
1	5,625	5,800	0,175		0,0311	
2	6,477	6,500	0,023		0,0036	
3	7,226	7,200	0,026	0,235	0,00408	2,9
4	9,715	8,900	0,815		0,0839	
5	6,228	6,400	0,172		0,0276	
6	7,800	7,60	0,200		0,0256	
Σ			1,411		0,1759	

გაზომვისა და გაანგარიშებების შედეგები მოცემულია ცხრ. 2-ში, სადაც ექსპერიმენტებში გაზომილი დენები მიჩნეულია მათ რეალურ მნიშვნელობად. ასეთი დაბალი ცდომილება მიუთითებს იმაზე, რომ ელექტროწიდური გადადნობის დენის შემოთავაზებული საანგარიშო მეთოდი, შეიძლება გამოყენებული იქნას კონკრეტული მასის ელექტროდის ელექტროწიდური გადადნობის ტექნოლოგიის დამუშავებისას, დანადგარის შერჩევისა და სხვა ამოცანების გადასაწყვეტად.

ლიტერატურა

1. Б.И. Медовар, В.Л. Шевцов, Г.С. Маринский и др. Тепловые процессы при электрошлаковом переплаве / Под ред. Б.И.Медовара. -Киев: Наук. думка, 1978, 304 с.
2. Электрошлаковый переплав. Материалы IV международного симпозиума по процессам электрошлакового переплава (Токио Япония). -Киев, Изд: Наукова думка, 1975, 373 с.
3. Б.Д. Орлов, А.А. Чакалев, Ю.В. Дмитриев и др. Технология и оборудование контактной сварки. -Москва, Машиностроение, 1986, 350 с.

SUMMARY

CALCULATION OF THE CURRENT BALANCE REQUIRED FOR ELECTRO-SLAG MELTING OF METALS ACCORDING TO THE SCHEME OF AN IMMOVABLE CRYSTALLIZER

Silagadze S.R., Zivivadze L.B. and Shalamberidze M.Sh.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

A mathematical expression has been obtained, which connects the so-called Joule heat released by the current passing through the slag bath with the parameters of this bath, such as crystallizer shape factor, crystallizer and melted electrode diameters, slag bath height, its heat capacity, specific weight, and bath heating temperature. According to the heat released in the slag bath, the currents required for melting for different crystallizers have been calculated, the average relative error of which does not exceed 3%.

Keywords: slag, electro-slag facing, fusible electrode, slag bath, metal bath, cast, crystallizer.

საშეშე მერქნის წვის პროცესი და საყოფაცხოვრებო შეშის
ღუმელების ენერგოეფექტურობა

ქევიშვილი ნ.ა., ჯიშკარიანი თ.ს., არაბიძე ხ.თ., ჯავშანაშვილი ნ.ბ., ყვავიაშვილი თ.მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საშეშე მერქნის წვა წარმოადგენს რთულ ჰეტეროგენურ ფიზიკურ-ქიმიურ პროცესს, რომელიც რამდენიმე სტადიისაგან შედგება. ეს სტადიებია: მერქნის შეთბობა, მისი შეშრობა ანუ ტენის აორთქლება, აქროლად ნივთიერებათა გამოსვლა, კოქსის წარმოქმნა, აქროლად ნივთიერებათა წვა და ბოლოს კოქსის ნარჩენების წვა.

საშეშე მერქნის 100–105°C-მდე შეთბობის დროს მისი ზედაპირიდან იწყება ტენის აორთქლება. 150°C-ზე ტენის ნარჩენი ბოლომდე ორთქლდება და იწყება პიროლიზის სტადია, ანუ საშეშე მერქნიდან აქროლად ნივთიერებათა (პიროლიზური აირების) გამოყოფა. 250–350°C-ზე პიროლიზის სტადია გადადის აქტიურ ფაზაში - მერქნის თერმული დაშლის პროცესის გაძლიერების შედეგად პიროლიზური აირების კონცენტრაცია აღწევს კრიტიკულ ნიშნულს და ხდება მათი ჯერ ანთება, შემდეგ აალება დია-ყვითელი ალის წარმოქმნით [1].

პიროლიზური აირების აალების შედეგად გამოყოფილი სითბოს ხარჯზე ტემპერატურა მკვეთრად იზრდება და ჩნდება უშუალოდ მერქნის აალების პროცესის დაწყების თეორიული შესაძლებლობა (გაზიფიკაცია). 450–620°C ტემპერატურათა ფარგლებში ალი მთლიანად ფარავს მერქნის დანახშირებულ ნაწილს, რასაც მოსდევს წვის თერმოქიმიური პროცესის მკვეთრი აჩქარება და მერქნის აალების პროცესის გადასვლა მისი წვის საწყის სტადიაში [2].

მერქნის წვის საწყის სტადიაში მის გარშემო შექმნილი პიროლიზური აირების გარსი ხელს უშლის ატმოსფერული ჟანგბადის წვდომას პიროლიზის მყარი ნარჩენის (კოქსის) ზედაპირთან. პიროლიზური აირების საბოლოო დაწვის თანავე ვითარდება კოქსის საბოლოო წვის პროცესი, რომელიც წარმოადგენილია ცეცხლმოკიდებული გავარვარებული ნაწილების – ნაკვერჩხლების სახით. საშეშე მერქნის წვის პროცესის სტადიები მოცემულია სურ. 1-ზე.

როგორც ვხედავთ, საშეშე მერქნის წვის პროცესის ცალკეული სტადიები ერთმანეთისაგან ტემპერატურული დონის სხვადასხვაობით გამოირჩევიან. ეს იმას ნიშნავს, რომ წვის რეაქციის სიჩქარე, რომელიც ტემპერატურაზეა დამოკიდებული, სხვადასხვა სტადიაში სხვადასხვაა. შესაბამისად, სხვადასხვა იქნება ცალკეულ სტადიაში გამოყოფილი სითბოს რაოდენობაც და წვის პროცესის ეფექტურობაც.

რამდენადაც საყოფაცხოვრებო შეშის ღუმელის ენერგოეფექტურობა უშუალოდ არის დაკავშირებული სათბობის მიერ წვის პროცესში გამოყოფილ სითბოს მთლიან რაოდენობასთან და წვის პროცესის ცალკეულ სტადიაში გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა სხვადასხვაა, განასხვავებენ შეშის ღუმელის მქ კოეფიციენტის ორ სახეს – ინტეგრალურს, ანუ საერთოს, დროის $\Delta t = t_2 - t_1$ მონაკვეთისათვის და მიმდინარეს, დროის გარკვეული t მომენტისათვის [3].

ღუმელში ჩატვირთული კონკრეტული რაოდენობის საშეშე მერქნის წვის პროცესის დამთავრებამდე მიმდინარე მქ კოეფიციენტის მნიშვნელობა დროის სხვადასხვა მომენტში შეიძლება ფართო დიაპაზონში შეიცვალოს, ამიტომ მიმდინარე მქ კოეფიციენტის გასაშუალებული მნიშვნელობის გამოყენება შეშის ღუმელის ენერგოეფექტურობის შეფასების დროს არასწორი და მიუღებელია.



შრობა



პიროლიზი



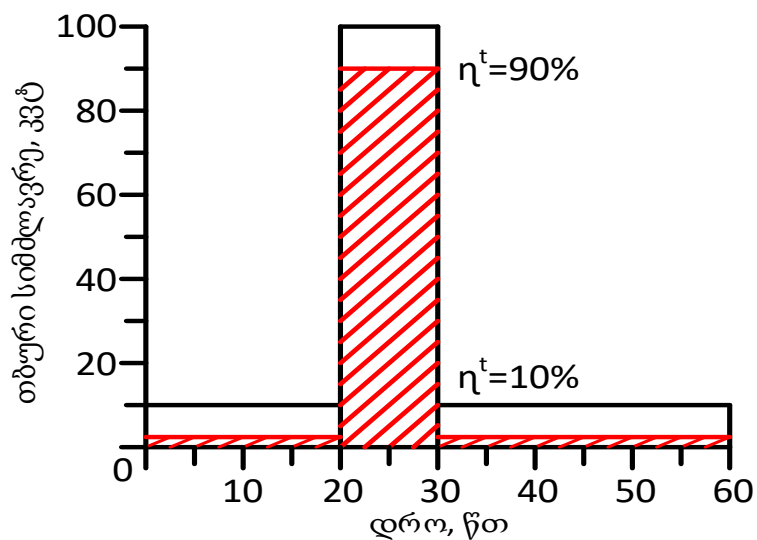
გაზიფიკაცია



ნაკვერჩხალი

სურ.1. საშეშე მერქნის წვის პროცესის სტადიები

საილუსტრაციოდ შეიძლება განვიხილოთ სურ. 2-ზე მოცემული დიაგრამა, სადაც წრფივი ხაზით ნაჩვენებია საშეშე მერქნის წვის შედეგად მიღებული სიმძლავრე, ხოლო დაშტრიხული ფართობით – შეშის ღუმელის გაცხელებაზე დახარჯული სასარგებლო სიმძლავრე.



სურ. 2. ინტეგრალური და მიმდინარე მქ კოეფიციენტების მნიშვნელობების შედარება

ცხადია, რომ ჰიპოტეტური შეშის ღუმელის ინტეგრალური მქ კოეფიციენტი ამ ხაზების ქვეშ მოთავსებული ფართობების ფარდობის ტოლი იქნება:

$$\eta_{რეალური} = [(1*20)+(90*10)+(1*30)/(10*20)+(100*10)+(10*30)]*100=63,3\%.$$

ამავე დიაგრამაზე ნაჩვენებია, რომ ჰიპოტეტური შეშის ღუმელის მიმდინარე მქ კოეფიციენტი საშუალო მერქნის წვის პროცესში 90-დან 10%-მდე იცვლება. დროის მიხედვით მათი გასაშუალებით მიღებული მნიშვნელობა ტოლი იქნება:

$$\eta_{საშუალო} = [(10*20)+(90*10)+(10*30)]/60 = 23,3\%$$

მამასადამე, ჰიპოტეტური შეშის ღუმელის მიმდინარე მქ კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობა 23,3%-ის ტოლია, მაშინ როდესაც მქ კოეფიციენტის ინტეგრალური ანუ რეალური სიდიდე 63,3%-ს აღწევს. ყოველივე ეს იმაზე მეტყველებს, რომ საყოფაცხოვრებო შეშის ღუმელის, როგორც გამათბობელი დანადგარის, ენერგოეფექტურობის შეფასების დროს უნდა განისაზღვროს არა მიმდინარე, არამედ ინტეგრალური მქ კოეფიციენტი.

ინტეგრალური და მიმდინარე მქ კოეფიციენტების მნიშვნელობები მხოლოდ იმ შემთხვევაში შეიძლება დაემთხვეს ერთმანეთს, თუ სათბობის წვის თბური სიმძლავრე დროის მიხედვით არ იცვლება (მაგ. უწყვეტი ქმედების ენერგეტიკულ ან სამრეწველო თბოგენერატორებში).

ყურადღების გამახვილება ამ ფაქტზე მნიშვნელოვანია იმიტომ, რომ გარკვეული სიფრთხილით მოვეკიდოთ ღუმელების ცალკეული მწარმოებლების მონაცემებს, სადაც ემისიები და საყოფაცხოვრებო შეშის ღუმელები ენერგოეფექტურობა არარეალური სიდიდეებით არის წარმოდგენილი [4].

ენერგოეფექტური საყოფაცხოვრებო შეშის ღუმელების ფართომასშტაბიანი დანერგვის აუცილებლობის გათვალისწინებით, საქართველოს სტანდარტების, ტექნიკური რეგლამენტების და მეტროლოგიის ეროვნული სააგენტოს მიერ დამტკიცებული და სამოქმედოდ შემოდებულია ევროპული სტანდარტი EN13240, რომელიც რეგისტრირებულია რეესტრში 2010 წლის 17 მარტს, 268-13-4050 ნომრით. სწორედ ეს სტანდარტი განსაზღვრავს იმ მოთხოვნებს, რომელითაც უნდა განხორციელდეს შეშის ღუმელების დიზაინი, პროექტირება, წარმოება და მუშა მახასიათებლების მარკირება.

ამასთან ერთად, სტანდარტი ითვალისწინებს ტესტირების სპეციფიკურ პროცედურებს, რომლებიც მიზნად ისახავს როგორც გამათბობელი მოწყობილობების ენერგოეფექტურობისა და მინიმალური ემისიის უზრუნველყოფას, ასევე მათ უსაფრთხო მუშაობას საბოლოო მომხმარებლისთვის. პროდუქციის ბაზარზე გატანამდე შეშის ღუმელის თითოეული სახეობის ტესტირება სავალდებულოა.

მაგრამ, შეშის ღუმელების EN13240 სტანდარტით განსაზღვრული ტიპური ტესტირების ეს პროცედურა აფასებს შეშის ღუმელის თერმული ეფექტურობას და ემისიებს მხოლოდ მკაფიოდ შეზღუდული პირობებისათვის, კერძოდ ღუმელის ნომინალურ დატვირთვაზე, ანუ მისი სტაბილური მუშაობის რეჟიმში და წვის პროცესის თერმული წონასწორობის პირობებში.

ეს ყველაფერი, მართალია, იძლევა ტესტის მონაცემებს დაბალი ემისიებით და მაღალ თერმული ეფექტურობით, მაგრამ ეს შედეგები, როგორც წესი, არასოდეს არ მიიღწევა რეალურ ცხოვრებაში, რადგან აქ არ არის გათვალისწინებული და არაფერია ნათქვამი იმ ცვლილებებზე, რომელიც თან სდევს საშუალო მერქნის წვის პროცესის თითოეულ სტადიას, რაც, თავის მხრივ, გადამწყვეტ გავლენას ახდენს ღუმელის მიერ ათვისებულ სითბოს რაოდენობაზე და მისი მუშაობის ეფექტურობაზე.

შესაბამისად, როგორც მწარმოებელს, ისე მომხმარებელს არ აქვთ სრული ინფორმაცია ღუმელის ენერგოეფექტურობის შესახებ, რაც მათ გაურთულებს გადაწყვეტილების მიღების შესაძლებლობას, შესაბამისად, პროდუქციის რეალიზაციის და შექმნის დროს. გარდა ამისა, ადგილობრივი იურიდიული ორგანოები ვერ შეძლებენ

უზრუნველყონ შემცირებული ემისიებისა და გაზრდილი ეფექტურობის სასურველი შედეგები ემისიის ზღვრული მნიშვნელობების გამკაცრების ხარჯზე [5].

აღნიშნული პრობლემის გადაჭრის მიზნით, გერმანიის ქალაქ ლანგენბრუკის ეკოცენტრის მდგრადი ენერგოსისტემების ლაბორატორიაში, ენერჯის ფედერალური სამსახურის დაკვეთით, ჯერ კიდევ 1999 წელს, განხორციელდა საერთაშორისო სტანდარტების შედარებითი შესწავლა. მიღებული შედეგების საფუძველზე შემის ღუმელების ენერგოეფექტურობის დასადგენად შემუშავდა და დღეს მოქმედებაშია ტესტირების მეთოდის ორი სტანდარტი. იმის მიუხედავად, რომ ეს სტანდარტები მოიცავენ ერთიანი მათე სფეროს, მათი ტესტირების კონცეფცია მაინც ძალიან განსხვავდება ერთმანეთისგან.

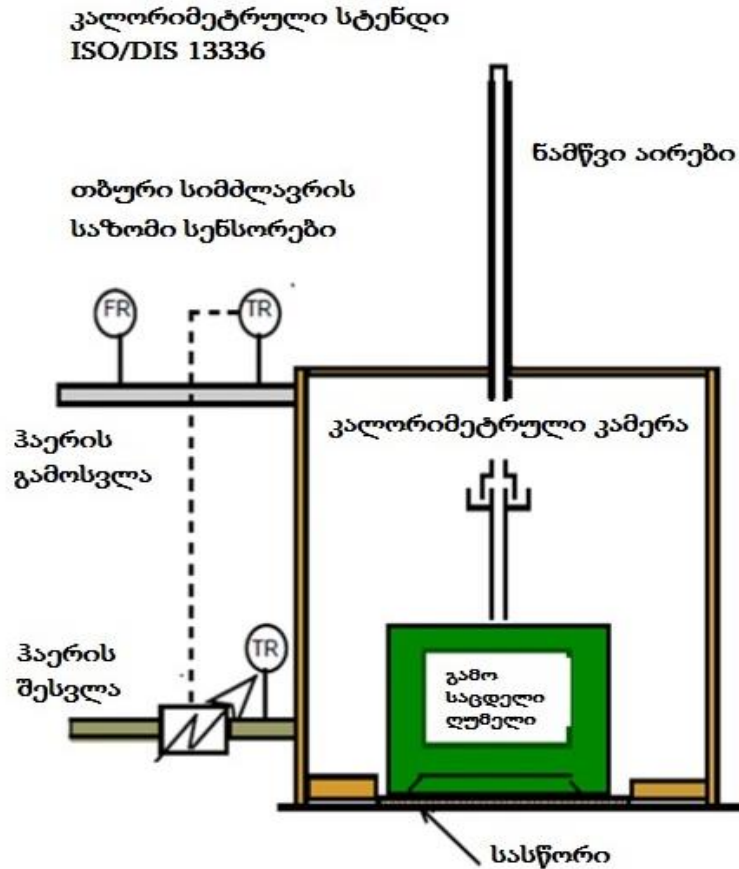
სტანდარტიზაციის ევროკომიტეტის (European Committee for Standardization – CEN) EN13240 სტანდარტის ტესტირების მეთოდი შემის ღუმელის ენერგოეფექტურობას ადგენს ე.წ. „ირიბი მეთოდით“ შეზღუდული პირობებისათვის, ხოლო სტანდარტიზაციის საერთაშორისო ორგანიზაციის (International Organization for Standardization – ISO) ISO/DIS 13336 სტანდარტის ტესტირების მეთოდი ითვალისწინებს შემის ღუმელის სიმძლავრის, მთლიანად გაცემული სითბოს რაოდენობისა და სათბობის წვის პროცესის ეფექტურობის პირდაპირი წესით გაზომვას ე.წ. კალორიმეტრულ კამერაში.

ამავე ლაბორატორიაში, საერთაშორისო სტანდარტების შედარებითი შესწავლის დროს, ემისიებისა და ენერგოეფექტურობის ტესტირების მეთოდების ექვივალენტურობის დასადგენად და CEN/EN და ISO/DIS სტანდარტებით გათვალისწინებული ტესტირების ორი სხვადასხვა მეთოდის ექვივალენტურობის შესადარებლად გამოყენებულ იქნა შემის უწყვეტი წვის დანადგარი და ტესტირება განხორციელდა ერთდროულად ორივე სტანდარტის მიხედვით. შედარებითი ტესტირების შედეგებისთვის ჰარმონიზებულ იქნა ტესტირების შემდეგი პროცედურა: სათბობის ჩატვირთვა, წვის ინტენსივობა და ტესტირების ციკლების რაოდენობა.

შედარებამ ეფექტურობის და ემისიების ერთნაირი შედეგები აჩვენა. კერძოდ, აბსოლუტური გადახრა ემისიებისთვის იყო 2,2–6,7%-ის ფარგლებში, ხოლო ეფექტურობისთვის 2,8–3,8%-ის ფარგლებში. ტესტირების მეთოდების ექვივალენტურობა აადვილებს სტანდარტების ურთიერთადიარებას, რაც მწარმოებლების და მომხმარებლების ინტერესებსაც ითვალისწინებს.

შედარებითი კვლევების შედეგად უპირატესობა მიენიჭა ISO/DIS 13336 სტანდარტით განსაზღვრულ ტიპური ტესტირების პროცედურას, რომელიც შემის ღუმელის მუშაობას აფასებს არა მხოლოდ ექსპერიმენტულ სტენდზე კარგად კონტროლირებად სტაციონალურ პირობებში, არამედ გათბობის ყოველდღიური რეჟიმის რეალური პირობებისთვისაც საშეშე მერქნის წვის პროცესის თითოეულ სტადიის გათვალისწინებით. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ტესტირება ISO/DIS 13336 სტანდარტის მიხედვით თითქმის ორჯერ მეტი ღირს, ვიდრე ტესტირება CEN/EN 13240 სტანდარტით [6].

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სტანდარტი ISO/DIS 13336 ტესტირების პროცესი ითვალისწინებს კალორიმეტრული კამერის გამოყენებას, სადაც, გარემოსაგან იზოლირებულად მოთავსებულია საკვლევი ღუმელი. ღუმელი, საწვავთან ერთად, იდგმება სასწორზე, რაც საშუალებას გვაძლევს გაიზომოს საწვავის ხარჯი დროის ნებისმიერი მომენტისათვის. წვისათვის საჭირო ჰაერი ღუმელში მიეწოდება იზოლირებულად, ისევე როგორც ნამწვი აირები ტოვებენ მას კალორიმეტრულ კამერაში ჰაერთან კონტაქტის გარეშე. ღუმელის მიერ გამოყოფილი სითბოს რაოდენობის შესაფასებლად კალორიმეტრულ კამერაში შემსვლელი და გამომსვლელი მილების გამოყენებით ცირკულირებს ატმოსფერული ჰაერი მუდმივი ხარჯით (სურ.3).



სურ. 3. კალორიმეტრული სტენდი, რომელიც შეესაბამება ISO/DIS 13336-ის სტანდარტს

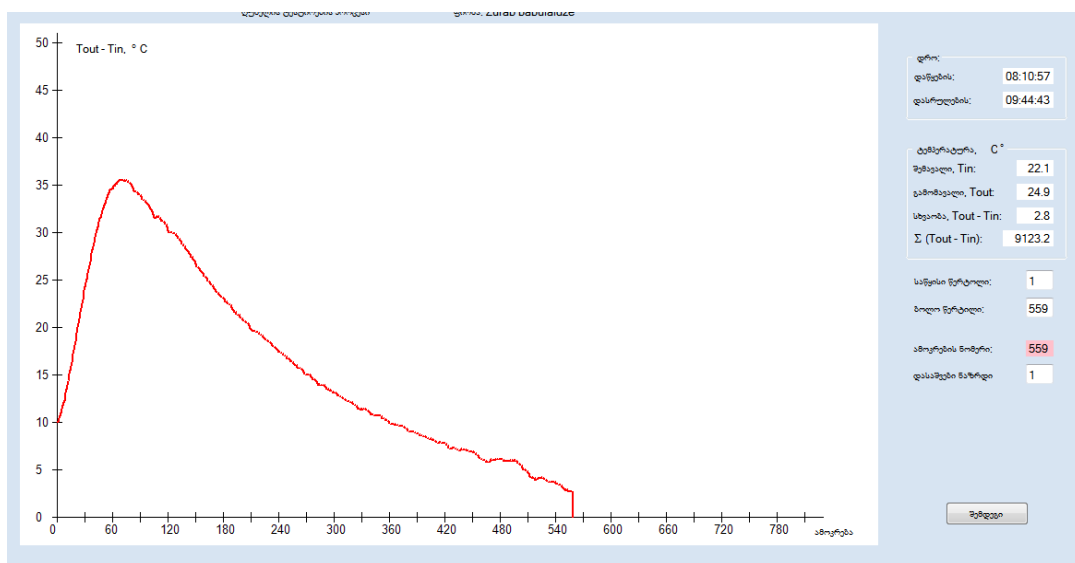
მიუხედავად სამოქმედოდ შემოღებული ევროპული CEN/EN 13240 სტანდარტისა საქართველოში დღემდე არ არსებობდა შეშის ღუმელების ენერგოეფექტურობის შესამოწმებელი ოფიციალური ლაბორატორია, ექსპერტთა აკრედიტებული ჯგუფი, მეცნიერული პროგრამა და თბოტექნიკური გაანგარიშების ეროვნული მეთოდოლოგია და ღუმელების ეფექტურობის დასადატურებლად არანაირი ტესტირება არ ტარდებოდა.



სურ. 4. ღუმელების გამოსაცდელი კალორიმეტრული კამერა

ამ ხარვეზის აღმოსაფხვრელად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის (სტუ) ენერგეტიკის ფაკულტეტთან არსებულ „მაღალტემპერატურული თბოფიზიკური პროცესების სამეცნიერო-საინჟინრო ცენტრში“, საერთაშორისო ISO/DIS 13336 და ევროპული CEN/EN 13240 სტანდარტების საფუძველზე შემუშავდა შეშის ღუმელების ტესტირების მეთოდოლოგია და შეიქმნა ISO/DIS 13336 სტანდარტის შესაბამისი კალორიმეტრული კამერა (სურ. 4). აღსანიშნავია, რომ ამ წამოწყებას საფუძველად დაედო გერმანიის საერთაშორისო თანამშრომლობის საზოგადოებასა (GIZ) და საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს შორის დადებული საგრანტო ხელშეკრულება.

ტესტირებისათვის წარმოდგენილ იქნა ოთხი მწარმოელის მიერ დამზადებული 7 ღუმელი. შეიდივე ღუმელი გამოიცადა პირდაპირი გაზომვის მეთოდით. გაზომვების ჩაწერისა და შედეგების დამუშავებისთვის შეიქმნა შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფა. შეშის ღუმელის თბური სიმძლავრის ცვლილების ტიპური გრაფიკი მოცემულია სურ. 5-ზე.



ნახ. 5. თბური სიმძლავრის ცვლილების ტიპური გრაფიკი

შეშის წვის პროცესში გამოყოფილი თბური ენერჯია გრაფიკულად ტოლია იმ ფართობისა, რომელიც მოთახებულია გრაფიკის მრუდსა და აბსცისათა ღერძს შორის. გარდა ენერგოეფექტურობისა, ღუმელების შესაფასებლად გამოყენებულ იქნა რამდენიმე კრიტერიუმი (მათი სიმძლავრე, ცხობის საშუალება, საცეცხლე კამერის ზომები, მათი წარმოების განვითარებისა და უსაფრთხო ექსპლუატაციის შესაძლებლობები). წარმოდგენილი ღუმელების ენერგოეფექტურობა 70%-დან 85%-მდე იცვლება [7].

ევროპული CEN/EN 13240 სტანდარტის მიხედვით შეშის ღუმელების სერთიფიცირება შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მათი ენერგოეფექტურობა დადასტურებულია რეალური გამოკვლევებით (ტესტირებით) სათანადო ლაბორატორიებში, რომლებსაც, თავის მხრივ, გავლილი უნდა ჰქონდეთ აკრედიტაცია შესაბამისი უფლებამოსილი ორგანოს მიერ. ამ პირობების არ არსებობის გამო ევროპული შესაბამისობის სერთიფიკატის გაცემა საქართველოში დღესდღეობით შეუძლებელია.

ამის გამო, მიუხედავად მაღალი ენერგოეფექტურობისა, ტესტირებაზე წარმოდგენილი ღუმელების მწარმოებელი კომპანიების შესვლა ევროპულ ბაზარზე ევროპული შესაბამისობის სერთიფიკატის (CE სერთიფიკატის) გარეშე შეუძლებელია, რამდენადაც სწორედ CE სერთიფიკატი ადასტურებს, რომ შეშის ღუმელი ნამდვილად აკმაყოფილებს ევროკავშირის დირექტივებისა და ტექნიკური რეგლამენტით დადგენილი სტანდარტების ყველა მოთხოვნას.

აღსანიშნავია, რომ ევროპული კომპანიების სარეკლამო განცხადებებში მათ მიერ წარმოებული პროდუქციის დახასიათება იწვება არა ღუმელების ტექნიკური მონაცემებით, არამედ იმ ფაქტის ხაზგასმით, რომ ამ პროდუქციას გააჩნია CE სერთიფიკატი. მაგალითად, ესპანური კომპანია PANADERO, რომელიც შეშის ღუმელების წარმოების ოჯახური ტრადიციის 50 წელზე მეტს ითვლის, მათ მიერ დამზადებული ღუმელების უპირატესობას იმით ამტკიცებს, რომ ღუმელების ყველა მოდელს მირებული აქვს ხარისხის ევროპული სერთიფიკატი ISO 9001:2000. ხოლო, ღუმელების დამუშავებისა და წარმოებისას, ასევე შემდგომი გადამოწმების დროს, კომპანია მკაცრად იცავს ევროპულ სტანდარტს CEN/EN 13240, რაც უზრუნველყოფს მათ ეკოლოგიურობას, უსაფრთხოებას და გამძლეობას. მხოლოდ ამის შემდეგ არის ჩამოთვლილი ღუმელების ტექნიკური მონაცემები: ღუმელის ნომინალური სიმძლავრე, ღუმელის ეფექტურობა, CO-ს ემისია, შენობის გასათბობი მოცულობა, ღუმელის წონა, საკვამლე მილის დიამეტრი და ღუმელის გაბარიტული ზომები [8].

საქართველოში არსებობს აკრედიტაციის ერთიანი ეროვნული ორგანო – საქართველოს აკრედიტაციის ცენტრი და საქართველოს მთავრობის მიერ დამტკიცებული აკრედიტაციის სისტემა. აკრედიტაცია გაიცემა 4 წლის ვადით, იმ პირობით, რომ ლაბორატორიამ ყოველწლიურად უნდა გაიაროს შემოწმება აკრედიტაციის ეროვნული ცენტრში, რაც სოლიდურ ხარჯებთან არის დაკავშირებული. კიდევ უფრო სოლიდურ (თითქმის ორმაგ) ხარჯებს მოითხოვს შეშის ღუმელების გაზაზვანა საზღვარგარეთ და მათი ტესტირება თურქეთის ან ევროკავშირის რომელიმე ქვეყნის აკრედიტებულ ლაბორატორიებში.

სათანადო ფინანსური უზრუნველყოფის შემთხვევაში, რომელიც საჭიროა აკრედიტაციის პროცედურებისათვის, პერსონალის სახელფასო ანაზღაურებისა და მიმდინარე ხარჯების დაფარვისათვის, „მაღალტექნოლოგიური თბოფიზიკური პროცესების სამეცნიერო-საინჟინრო ცენტრი“, თავისი ინფრასტრუქტურით და ტექნიკური აღჭურვილობით, მზადაა საერთაშორისო ISO/DIS 13336 და ევროპული CEN/EN 13240 სტანდარტების მოთხოვნილებათა საფუძველზე ჩაატაროს შეშის ღუმელების თითოეული მოდელის ტესტირება და გასცეს ხარისხის ევროპული სერთიფიკატის ISO 9001:2000 შესაბამისი დასაბუთებული დასკვნები, რომელიც ითვალისწინებს სერთიფიკატის გაცემას არა ერთჯერადად, არამედ მის განახლებას რეგულარული ინტერვალებით – ჩვეულებრივ სამ წელიწადში ერთხელ [9].

საყოფაცხოვრებო შეშის ღუმელების ტესტირების ISO/DIS 13336 და CEN/EN 13240 სტანდარტების შემოღება და ტყის სექტორის რეფორმის ფარგლებში ახალი ტყის კოდექსის მიღება, სტიმულს მისცემს და წაახალისებს ადგილობრივ მწარმოებლებს, დაამზადონ უკეთესი ხარისხის და უფრო მაღალი ენერგოეფექტურობის შეშის ღუმელები და მათი ენერგოეფექტურობის დასადგენად და კონკურენტუნარიანობის გამოსავლენად მიმართონ შესაბამის სამსახურებს მათ მიერ წარმოებული ღუმელების თბოტექნიკური გამოცდის პროცედურების ჩატარების (ტესტირებას) მიზნით. ხოლო, მოსახლეობა მაღე გაითავისებს, რომ ენერგოეფექტური ღუმელების შექმნით, კარგად გამომშრალი საშეშე მერქნის გამოყენებით და შენობის დათბუნების მარტივი დონისიძიებების გატარებით, შეძლებენ იცხოვრონ უფრო კომფორტულად და მნიშვნელოვნად შეამცირონ დანახარჯები გათბობასა და საკვების მომზადებაზე.

ლიტერატურა

1. https://www.google.com/search?q=stages+of+firewood+burning&rlz=1C1CHBD_enGE931GE931&oq=stages+of+firewood+burning&aqs=chrome..69i57j33i160.3780j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8; (+)
2. [https://www.chimneychampions.com/blog/stages-of-wood-combustion/;](https://www.chimneychampions.com/blog/stages-of-wood-combustion/)
3. ნ. ლაზაშვილი, ო. კილურაძე, თ. ჯიშკარიანი. საშეშე მერქნის ძირითადი თბოტექნიკური მახასიათებლების განსაზღვრა. //ენერჯია. 2012, №1(61), გვ.65-69.
4. [https://kirpichiki.pro/heat_losses_full.html;](https://kirpichiki.pro/heat_losses_full.html)
5. Advanced Test Methods for Firewood Stoves. Report on consequences of real-life operation on stove performance. IEA Bioenergy Task 32: September 2018.
6. <https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=64584&Load=true> .

7. ნ. ქეხიშვილი, თ. კილურაძე, ნ.ინვია, ნ.ჯავშანაშვილი. თ.ჯიშკარიანი. ენერგოაუდიტი საქართველოს რეგიონების საყოფაცხოვრებო სექტორში. მონოგრაფია, ISBN 978-9941-8-3889-7, - თბილისი, 2021, 164 გვ.

8. <https://www.evrokamin.ru/info/brands/panadero/>

9. https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TCS-53_CD/BAS/content/19.html

SUMMARY

COMBUSTION PROCESS OF FUELWOOD AND ENERGY EFFICIENCY OF HOUSEHOLD FUELWOOD-STOVES

**Kevkhishvili N.A., Jishkariani T.S., Arabidze Kh.T., Javshanashvili N.B. and Kvaviashvili T.M.
Georgian Technical University**

The large-scale introduction of energy-efficient household fuelwood stoves in Georgia will significantly reduce the demand on fuelwood and will play a major role in the correct regulation of the multi-purpose function of the forest, rational use of timber resources, and forest preservation and strengthening. However, the large-scale introduction of fuelwood stoves and their certification will be available if their energy efficiency is confirmed based on the test results provided by the appropriate laboratories, which must be accredited by the relevant authorities. Despite the enacted European EN13240 Standard and because of the absence of these conditions, the issuance of the European conformity certificate in Georgia and the entry of stove manufacturing companies on the European market is currently impossible. There is a presented in the article impact of each different stage of the fuelwood combustion process on the energy efficiency of a fuelwood-stove; provided a comparative analysis of international standards for testing of fuelwood-stoves, and discussed problems related to the creation of an accredited laboratory in Georgia.

Keywords: Energy efficiency, pyrolytic gases, integral efficiency, actual efficiency, testing.

მადანთერმული ელექტრორკალური ღუმელის ტემპერატურული რეჟიმი

ჯულუსიძე ა.გ., ჭუმბაძე მ.თ., სიგუა ლ.რ.

სსიპ ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი

მეტალურგიულ ღუმელების ჩამონათვალთა შორის მადანთერმული ელექტრორკალური ღუმელი ერთადერთია, რომლის ტემპერატურულ რეჟიმს მომსახურე პერსონალი ვერ აკონტროლებს. ტემპერატურული რეჟიმის შესწავლის მიზნით ჩატარდა ექსპერიმენტი 1000 კვა სიმძლავრის ერთფაზიან ღუმელზე, რომელიც აღნობდა მაღალსილიციუმთან ალუმინ – მანგანუმ – სილიციუმთან (AMC) შენადნობს უწილო პროცესით, ძაბვა – 49 ვოლტი, დენის ძალა – 16 კილოამპერი. ოპტიკური პირობებით ვზომავდით ღუმელის გამოსაშვები ხვრელიდან გამომავალი ლითონის ტემპერატურას და ვთვლიდით, რომ ეს იყო ღუმელის რეაქციული ზონის ტემპერატურა.

როდესაც ღუმელი გადადის სამუშაო რეჟიმში, რეაქციული ზონა მიაღწევს რა განსაზღვრულ ნიშნულს, მყარდება ტემპერატურული წონასწორობა, არ ხდება ღუმელის რეაქციული ზონის ტემპერატურის მატება და მთელი მიწოდებული ენერგია ხმარდება ჟანგეულების აღდგენის ენდოთერმულ რეაქციებს.

ექსპერიმენტის ჩატარების მიზნით გავზარდეთ ღუმელის სიმძლავრე. 24 საათის განმავლობაში 16 კილოამპერის ნაცვლად ვმუშაობდით 20 კილოამპერზე. მიუხედავად სიმძლავრის გაზრდისა, ღუმელის რეაქციული ზონის ტემპერატურა არ გაზრდილა – არ დარღვეულა ტემპერატურული წონასწორობა, გაიზარდა მიღებული ლითონის რაოდენობა. ე.ი. მთელი ჭარბი ენერგია მოხმარდა ჟანგეულების აღდგენის ენდოთერმული რეაქციების ინტენსიობის გაზრდას.

ექსპერიმენტის შემდეგ ეტაპზე შევცვალეთ კაზმი: გავზარდეთ ძნელად აღსადგენი Al_2O_3 -ის რაოდენობა და, შესაბამისად, შევამცირეთ ადვილად აღსადგენი MnO – რაოდენობა. შედეგად შემცირდა მიღებული ლითონის რაოდენობა და დაირღვა ტემპერატურული წონასწორობა – დაიწყო ღუმელის რეაქციული ზონის ტემპერატურის მატება. მიაღწია რა ტემპერატურამ გარკვეულ ნიშნულს, კვლავ დამყარდა ტემპერატურული წონასწორობა და გაიზარდა მიღებული ლითონის რაოდენობა. ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა ცხადყო, რომ მადანთერმულ ელექტრორკალური ღუმელების რეაქციული ზონის ტემპერატურას განსაზღვრავს აღსადგენი ჟანგეულების ნახშირბადით აღდგენის საწყისი ტემპერატურა.

აღსადგენი ჟანგეულების ნახშირბადით აღდგენის პროცესი იწყება იმ ტემპერატურაზე, როცა ამ ჟანგეულების წარმოქმნის რეაქციის თავისუფალი ენერგია უტოლდება ნახშირჟანგის წარმოქმნის რეაქციის თავისუფალ ენერგიას, ანუ $\Delta Z_{CO} = \Delta Z_X$ (ΔZ_X არის ზოგადად აღსადგენი ჟანგეულების წარმოქმნის რეაქციის თავისუფალი ენერგია) [1,2].

შენადნობები უმეტესად შედგება ორი ან მეტი კომპონენტისაგან, რომელთა ჟანგეულების ნახშირბადით აღდგენის საწყისი ტემპერატურა განსახვავებულია, როგორც ამას გვიჩვენებს მითითებული ლიტერატურა. ამ ჟანგეულების ნახშირბადით ერთობლივი აღდგენის საწყისი ტემპერატურა შესაძლებელია გამოვთვალოთ ასეთი ფორმულით:

$$T = \frac{C_1 T_1 + C_2 T_2 + C_3 T_3 + \dots}{C_1 + C_2 + C_3 + \dots}$$

სადაც: C_1, C_2, C_3, \dots კომპონენტების პროცენტული რაოდენობა შენადნობში, %; t_1, t_2, t_3, \dots თითოეული კომპონენტის ნახშირბადით აღდგენის საწყისი ტემპერატურა, $^{\circ}C$.

როგორც ფორმულიდან ჩანს ჟანგეულების ნახშირბადით აღდგენის საწყისი ტემპერატურა დამოკიდებულია ლითონში შემავალი კომპონენტების პროცენტულ რაოდენობაზე.

ამის შემდეგ ექსპერიმენტი გავრძელდა ასეთი მიმართულებით, ლითონის ყოველი გამოშვების დროს ვზომავდით მის ტემპერატურას. ე.ი. ვაფიქსირებდით ღუმელის რეაქციული ზონის წონასწორულ ტემპერატურას. ლითონის ქიმიური ანა-

ლიზის მიღების შემდეგ მოცემული ფორმულით ვითვლიდით ამ შემადგენლობის ლითონის ნახშირბადით აღდგენის საწყის ტემპერატურას. ამ ექსპერიმენტის მრავალჯერ გამეორებამ გვიჩვენა, რომ წონასწორულ ტემპერატურასა და ჟანგეულების ნახშირბადით აღდგენის საწყის ტემპერატურას შორის სხვაობა ყოველთვის იყო $100^{\circ}+10^{\circ}C$. $10^{\circ}C$ ცდომილება შეიძლება გამოწვეული იყოს ოპტიკური პირობებით ტემპერატურის გაზომვისა ან ქიმიური ანალიზის უზუსტობით. $100^{\circ}+10^{\circ}C$ არის სხვაობა ღუმელის რეაქციული ზონის წონასწორულ ტემპერატურასა და ჟანგეულების ნახშირბადით აღდგენის საწყის ტემპერატურას შორის და წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს.

ჟანგეულების ნახშირბადით აღდგენის საწყის ტემპერატურაზე აღდგენის ინტენსივობა მინიმალურია, მაგრამ ღუმელის რეაქციულ ზონაში ჯერ კიდევ არ არის დამყარებული ტემპერატურული წინასწრობა. ტემპერატურა კვლავ იზრდება, ეს იწვევს ჟანგეულების აღდგენის ინტენსიობის გაზრდას. როცა ღუმელის რეაქციული ზონის ტემპერატურა მიაღწევს გარკვეულ ნიშნულს და გაწონასწორდება, მაშინ მიწოდებული ენერჯია მთლიანად მოხმარდება ჟანგეულების აღდგენას და ის მიაღწევს მაქსიმალურ ინტენსიობას, ღუმელი გადადის სამუშაო რეჟიმში. რეაქციული ზონის წონასწორული ტემპერატურა შეიძლება გამოვსახოთ ფორმულით:

$$T = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + C_3 t_3 + \dots}{C_1 + C_2 + C_3 + \dots} + 100^{\circ}C$$

ფორმულა შედგება ორი შესაკრებისაგან. პირველი გამოხატავს ჟანგეულების ნახშირბადით აღდგენის საწყის ტემპერატურას და იცვლება შენადნობის კომპონენტების პროცენტული რაოდენობის შესაბამისად. მეორე შესაკრები მუდმივი სიდიდეა და წარმოადგენს წონასწორული და ჟანგეულების ნახშირბადით აღდგენის საწყის ტემპერატურების სხვაობას. t_1, t_2, t_3, \dots არის შენადნობის ცალკეული კომპონენტების ნახშირბადით აღდგენის საწყისი ტემპერატურა, რომელიც შეიძლება მოძიებული იქნას მითითებულ ლიტერატურაში.

ფორმულა საშუალებას გვაძლევს შენადნობის ქიმიური შემადგენლობის გამოყენებით გამოვთვალოთ ღუმელის რეაქციული ზონის ტემპერატურა.

მსგავსი გამოთვლის ჩატარება შეიძლება მხოლოდ მაღალსილიციუმისანი შენადნობებისთვის, რომლებიც მიიღებიან ე.წ. უწილო პროცესით, როგორცაა ფეროსილიციუმი, სილიკოკალციუმი, სილიკოალუმინი, AMC, KMK და სხვა. რადგანაც წილური პროცესის დროს ღუმელის რეაქციული ზონის ტემპერატურაზე მოქმედებს კიდევ ერთი დამატებითი ფაქტორი, როგორცაა წილის ფორმირების ტემპერატურა. ამ ფაქტორის გათვალისწინება ფორმულაში შეუძლებელია.

მაღალსილიციუმისანი შენადნობებში ძირითად კომპონენტებთან ერთად შეიძლება იყოს მინარეგები მცირე რაოდენობით, როგორცაა ალუმინი, კალციუმი, მანგანუმი, ქრომი, მაგნიუმი, ტიტანი და სხვა. თუ ტემპერატურის გამოთვლის დროს მხედველობაში მივიღებთ ამ მინარეგებსაც, მაშინ ფორმულით გამოთვლილი ტემპერატურა უფრო მიუახლოვდება ღუმელის რეაქციული ზონის ტემპერატურას.

ლიტერატურა

1. В.П. Елютин, Ю.А. Павлов, Б.Е. Левин, Е.М. Алексеев. Производство ферросплавов. -Москва, 1957, ст.13.
2. Ф.П. Еднерал. Производство стали и ферросплавов. -Москва, 1963, 464 с.

SUMMARY

TEMPERATURE REGIME OF ORE-THERMAL ELECTRIC ARC FURNACE

Julukhidze A.G., Chumbadze M.T. and Sigua L.R.

F. Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science

With the mathematical formula presents in this article and knowing the chemical composition of the alloy, we can determine the temperature of the reaction zone of an electric arc furnace at the time of melting. A slag-free method was used to melt a high-silicon alloy (AMS) in this study.

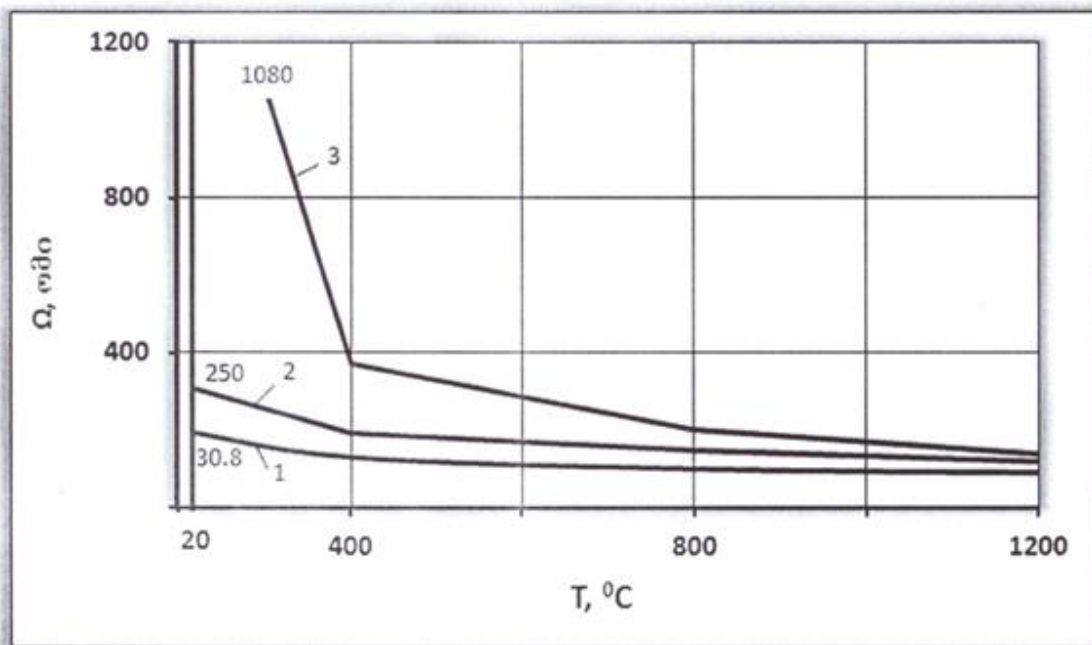
Keywords: smelting furnace, fire point, temperature regime, equilibrium temperature, high silicon alloy.

სილიკომანგანუმის კაზმების ელექტროწინაღობა

ჯულუხიძე ა.გ., ნიკოლაიშვილი გ.უ., ჭუმბაძე მ.თ.

სსიპ ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი

რუსთავის მეტალურგიული ქარხნის გახერების შემდეგ საქართველოში შეწყდა კოქსის წარმოება. მანგანუმიანი ფეროშენადნობების დნობა გადავიდა უცხოეთიდან შემოტანილი კოქსის გამოყენებაზე. დღის წესრიგში დადგა კოქსის შეცვლა რომელიმე სამამულო ნახშირბადიანი აღმდგენელით, როგორც არის ტყიბულის ნახშირი. ცნობილია რომ ტყიბულის ნახშირი არის არაკოქსვადი და ხასიათდება ნაცრისა და აირების მაღალი შემცველობით. საჭირო გახდა ტყიბულის ნახშირის მეტალურგიული თვისებების შესწავლა. ელექტროწინაღობა არის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანისი პარამეტრი, რაც განსაზღვრავს მასალის მეტალურგიულ ვარგისიანობას. შედგენილი იქნა სილიკომანგანუმის კაზმები, გაზომილი იქნა მათი ელექტროწინაღობა ოთახის ტემპერატურიდან გარბილამამდე და წარმოდგენილი იქნა დიაგრამის სახით (ნახ. 1).



ნახ. 1. სილიკომანგანუმის კაზმების ელექტროწინაღობა

- 1 – აღმდგენელად გამოყენებული კოქსი, 2 – თერმულად დაუმუშავებული ტყიბულის ნახშირი, 3 – თერმულად დაუმუშავებული ტყიბულის ნახშირი.

დიაგრამაზე წარმოდგენილია სილიკომანგანუმის კაზმები სხვადასხვა ნახშირბადიანი აღმდგენლების გამოყენებით: პირველ კაზმში აღმდგენლად გამოყენებულია კოქსი, მეორეში – თერმულად დაუმუშავებული ტყიბულის ნახშირი, მესამეში თერმულად დაუმუშავებული ტყიბულის ნახშირი.

როგორც გაზომვებმა გვიჩვენა, ძალიან დაბალი ელექტროწინაღობით ხასიათდება პირველი კაზმი, სადაც აღმდგენლად გამოყენებულია კოქსი – ოთახის ტემპერატურაზე წინაღობა უტოლდება 30,8 ომ. სმ-ს. ტემპერატურის გაზრდით წინაღობა მცირდება. ყველაზე მაღალი ელექტროწინაღობით ხასიათდება მესამე კაზმი, სადაც აღმდგენლად გამოყენებულია თერმულად დაუმუშავებული ტყიბულის ნახშირი. 350 °C-მდე ეს კაზმი არის იზოლატორი, ამის შემდეგ ის იწყებს დენის გატარებას,

მაგრამ მისი წინაღობა არის ძალიან მაღალი და უტოლდება 1080 ომ. სმ-ს. მესამე კაზმის ასეთი მაღალი ელექტროწინაღობა აიხსნება ტყიბულის ნახშირში ნაცრისა და აირების მაღალი შემცველობით. ტემპერატურის გაზრდით მესამე კაზმის წინაღობა მკვეთრად ეცემა. მეორე კაზმში აღმდგენლად გამოყენებულია თერმულად და-მუშავებული ტყიბულის ნახშირი. ის არ შეიცავს დიდი რაოდენობით აირებს, ხასიათდება მხოლოდ ნაცრის დიდი რაოდენობით, ამიტომ მეორე კაზმი იკავებს საშუალო მდგომარეობას პირველ და მესამე კაზმებს შორის. მიუხედავად ამისა მისი ელექტროწინაღობა მაინც მაღალია და უტოლდება 250 ომ. სმ-ს ოთახის ტემპერატურაზე.

850 °C-ის შემდეგ კაზმის მადნური ნაწილი იწვევს გარბილებას, მისი კომპონენტები თავად იძენენ ელექტროგამტარებლობის უნარს. ამან გამოიწვია ის, რომ სამივე კაზმის ელექტროგამტარებლობა გახდა თანაბრად მაღალი. სამივე კაზმის ელექტროგამტარებლობა მკვეთრად შემცირდა და გაუტოლდა 0,16, 0,27 და 0,33 ომ.სმ-ს შესაბამისად პირველი, მეორე და მესამე კაზმი.

კაზმის დაბალი ელექტროწინაღობა იწვევს დენის გაბნევას ღუმელის ზედა ჰორიზონტებში, კაზმი ცხელდება, და ჩნდება ხელსაყრელი ვითარება ე.წ. “თაღების” გაჩენის, რაც აფერხებს კაზმის თანაბარ და უწყვეტ გადაადგილებას საკერძოდან ღუმელის რეაქციულ ზონამდე. როცა კაზმის ელექტროწინაღობა მაღალია, არ ხდება დენის გაბნევა ღუმელის ზედა ნაწილში, მთელი თბური ენერგია კონცენტრირდება ღუმელის რეაქციულ ზონაში ან მის მახლობლად. ეს იწვევს ღუმელის რეაქციული ზონის ტემპერატურის აწევას, რაც არის წინაპირობა მანგანუმის და სილიციუმის უფრო ინტენსიური აღდგენისა. ცივი საკერძე და მაღალტემპერატურული რეაქციული ზონა – ეს არის მადანთერმული ღუმელის მუშაობის საუკეთესო რეჟიმი. ასეთი რეჟიმი ადვილი მისაღწევია მაღალი ელექტროწინაღობის კაზმზე მუშაობის დროს.

ლიტერატურა

1. Николаишвили Г.У., Кекелидзе М.А. Установка для одновременного определения электропроводности и размягчения рудных и нерудных материалов. Техническая информация. //Металлургия, №4, Груз. ИНТИП. Тбилиси, 1967.

SUMMARY

ELECTRICAL RESISTANCE OF SILICOMANGANESE CHARGE

Julukhidze A.G., Nikolaishvili G.U. and Chumbadze M.T.

F. Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science

In this work, we measured the electrical resistance of the silicomanganese charge from room temperature to softening temperature. The following carbonaceous reducing agents were used in the charge: coke, thermally treated, and thermally untreated Tkibuli coal. The measurements showed that the first charge (reductant - coke) has the lowest electrical resistance, and the third charge has the highest electrical resistance (reductant - thermally untreated Tkibuli coal). The research results were presented in the form of a diagram.

Keywords: resistance, metallurgical properties, silicomanganese, charge, carbon reductant.

ოპტიკური ინფორმაციის ჩაწერა ოპტიკურად აქტიურ ქოლესტერულ თხევადკრისტალურ ფენაში

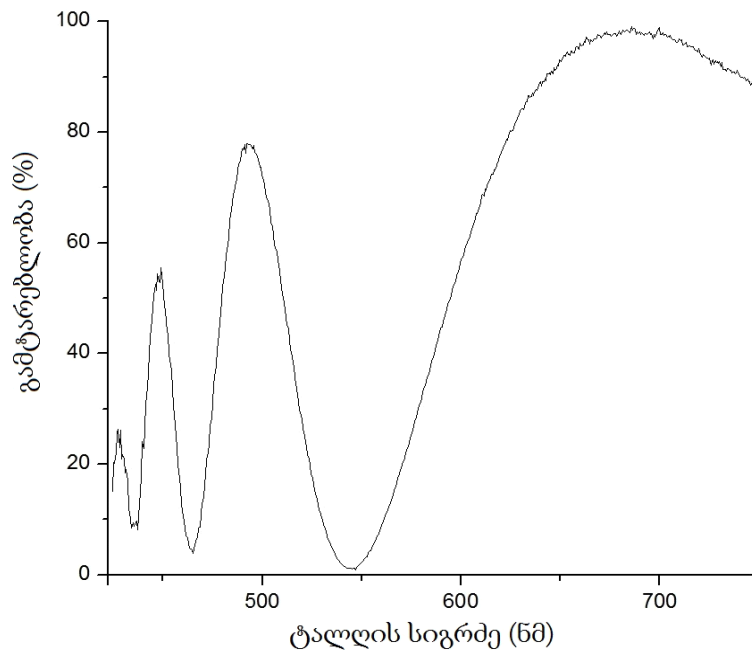
თავზარაშივილი ს.პ., არონიშიძე მ.ნ., ჩუბინიძე ქ.რ., პეტრიაშვილი გ.შ., ფონჯავიძე ნ.თ., ზურაბიშვილი ც.ი., ჭანიშვილი ა.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ვლადიმერ ჭავჭავანიძის სახელობის კიბერნეტიკის ინსტიტუტი

ინფორმაციის ჩაწერის იდეა ოპტიკური ფენის ოპტიკური აქტიურობის ფოტომოდულაციის საფუძველზე არსებობს ჯერ კიდევ წინა საუკუნის 80-ანი წლებიდან. ოპტიკური პარამეტრი, რომელიც იცვლება ჩამწერი სხივის ზემოქმედებით, ამ შემთხვევაში არის ფენაში გამსვლელი სინათლის პოლარიზაციის სიბრტყის ბრუნვის კუთხე. ლიტერატურული მონაცემების თანახმად ამ მიზნისათვის საკმაოდ გამოსადეგ მასალად მიჩნეული იყო ვისმუტის სილიკატის კრისტალი (BSO) [1,2]. მაგრამ კუთრი ბრუნვის უმნიშვნელო სიდიდემ (22 გრად/მმ) განსაზღვრა აუცილებლობა რამდენიმე მილიმეტრის სისქის მქონე ოპტიკური ფენის გამოყენებისა, რაც საკმაოდ ბევრი იყო გასული საუკუნის ბოლოსთვისაც კი. გარდა ამისა, კრისტალს გააჩნდა მნიშვნელოვანი ორმაგ სხივთაცხა. უფრო ხელსაყრელი მასალის არარსებობამ შემუშავებლები აიძულა უარი ეთქვათ შემდგომ კვლევებზე.

ამ სტატიაში ნაჩვენებია ინფორმაციის ჩაწერის შესაძლებლობა ფოტომგრძობიარე ქოლესტერული თხევადი კრისტალის (ქთკ) ფენაში, რომელსაც გააჩნია ძალიან მაღალი კუთრი ბრუნვა (10^4 გრად/მმ). ამასთანავე ხილულ დიაპაზონში ფენის სინათლის გაბნევა, შთანთქმა და ოპტიკური ანიზოტროპია პრაქტიკულად უმნიშვნელოა.

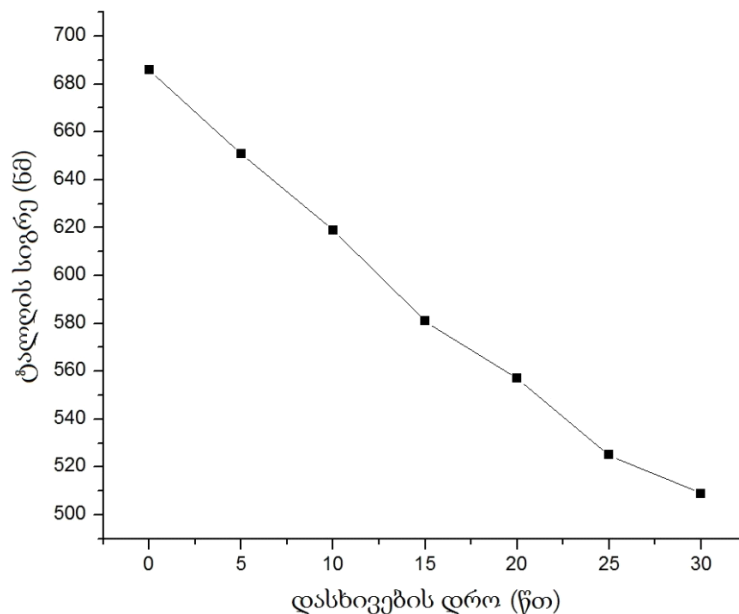
ავტორების მიერ ადრე იყო შემოთავაზებული ელექტროოპტიკური ეფექტი ოპტიკურად აქტიურ ქთკ სტრუქტურებში, სადაც სინათლის პოლარიზაციის სიბრტყის ბრუნვის კუთხე 90 გრადუსი მიღწეული იქნა რამდენიმე მიკრონის სისქის ფენებში [3-5]. ელექტროოპტიკურ ეფექტში ბრუნვის კუთხის მოდულაცია 90-დან 0 გრადუსამდე მიღწეული იქნა ელექტრული ველის ზემოქმედებით, ამ კვლევაში კი მოდულაცია რეალიზებულია სინათლის მეშვეობით.



ნახ. 1. ოპტიკურად აქტიური ფენის გამტარებლობის სპექტრი შეჯვარებულ პოლარიზაციებს შორის.

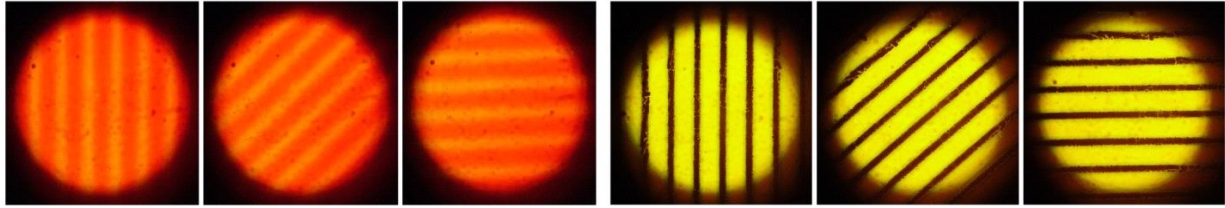
ქოკ ნარევის ფოტომგრძობიარე კომპონენტად გამოყენებულ იქნა ნემატიკი ЖК-440 (НЮПНК, მოსკოვი) [6, 7], ხოლო ოპტიკურად აქტიურ დანამატად - MLC-6248 (Merck). სპირალის ბიჯი განისაზღვრა 1,7 მიკრონი, რამაც უზრუნველყო მაღალი ოპტიკური აქტივობა და განსხვავებით კარგად ცნობილი ტალღამტარი რეჟიმისაგან ფენის ორმაგსხივტების არარსებობა („სუფთა“ ოპტიკური ბრუნვის რეჟიმი [3–5]). პლანარულად ორიენტირებული ფენა 7 მიკრონის სისქით აბრუნებს გამავალი სინათლის პოლარიზაციის სიბრტყეს 90 გრადუსით, როდესაც ტალღის სიგრძეა 682 ნმ. ბრუნვის კუთხის ძლიერი დისპერსია იწვევს ფენის გამტარიანობის ტალღისებრ მრუდს შეჯვარებულ პოლარიდებს შორის (ნახ.1). შემდგომში, უმეტესწილად გრძელტალღოვანი მაქსიმუმში, რომელიც შეესაბამება ბრუნვის 90 გრადუსს, არჩეულია ფოტომოდულაციისათვის ინფორმაციის ჩაწერისას, ხოლო ყველა დანარჩენი პიკი ჩამოჭრილია ფილტრის მეშვეობით.

ულტრაიისფერი სინათლით დასხივებისას ადგილი აქვს ფენის ოპტიკური აქტივობის შემცირებას, რის შედეგად ვლტებულობთ გამტარებლობის სპექტრის მდორე წანაცვლებას მოკლტალღოვან უბანში (ნახ. 2). შემდგომ დასხივებას მოსდევს ფაზური გადასვლა იზოტროპულ სითხეში, შეჯვარებულ პოლარიდებში დასხივებული არე შავდება.



ნახ. 2. შეჯვარებულ პოლარიდებს შორის სინათლის გამტარებლობის მაქსიმუმის ტალღის სიგრძის წანაცვლება ულტრაიისფერი სინათლით დასხივებისას.

ინფორმაციის ჩასაწერად გამოყენებული იყო ამპლიტუდური შაბლონის მეტოდი. შაბლონი თავსდებოდა ქოკ უჯრედის ზედა შუშაზე. მანძილი შაბლონსა და თკ ფენსა შორის – 1,2 მმ, შაბლონის პერიოდი - 0,6 მმ. დასხივება ხორციელდებოდა სუსტი ულტრაიისფერი 366 ნმ ტალღის სიგრძის მქონე გამოსხივების წყაროთი. სინათლის გამტარებლობის სპექტრის დამოკიდებულებამ დასხივების ხანგრძლივობაზე საშუალება მოგვცა ჩაგვეწერა ორფერიანი მესერი გამტარებლობის მაქსიმუმის წანაცვლების საფუძველზე წითელი არიდან ყვითელში (ნახ. 3, მარცხენა ნაწილი). ხოლო ფაზური გადასვლის მესერი ქოკ – იზოტროპული სითხე ნაჩვენებია ნახ. 3 მარჯვნივ. ორივე შემთხვევაში ფოტოები შესრულებულია პოლარიზაციულ მიკროსკოპში სამ მდგომარეობაში ქოკ უჯრედის მოთავსებისას პოლარიდებს შორის, რათა დემონსტრირებული იქნას ოპტიკურად აქტიური ქოკ ფენის მნიშვნელოვანი დახასიათება (თვისება) – ის ოპტიკურად იზოტროპულია.



ნახ. 3. ჩაწერილი მესერების ორი ტიპი - სინათლის გამტარებლობის მაქსიმუმის წანაცვლებისა (მარცხენა) და ფაზური გადასვლის საფუძველზე (მარჯვენა).

ტრანს-ციზ-ფოტოიზომერიზებადი ЖК-440-ის გამოყენება არ არის პრინციპული. ეფექტი საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ ასევე სხვა ფოტომგრძობიარე მასალები, რომლებზეც დამოკიდებულია ჩაწერის პროცესის შექცევადობა ან შეუქცევადობა.

ლიტერატურა

1. V.V. Shepelevich. Distinctive features of the formation of holographic gratings in an optically active medium. //Journal of Applied Spectroscopy, 1980, v.32, N.1, pp. 6-9.
2. V.V. Shepelevich, N.N. Egorov and Victor Shepelevich. Orientation and polarization effects of two-beam coupling in a cubic optically active photorefractive piezoelectric BSO crystal. /JOSA B, 1994, vol. 11, Issue 8, pp. 1394-1402.
3. A.Chanishvili, G.Chilaya and D.Sikharulidze. Electrooptic effect in an optically active nematic chiral structure. Appl. Optics, 1994, v.33, pp. 3482-3485.
4. U.Behrens, H.-S. Kitzerow and G.Chilaya. Electrooptic effect in polymerdispersed cholesteric liquid crystals with medium chirality. Liq. Cryst., 1994, v.17, pp. 597-603.
5. A.Chanishvili, D.Sikharulidze, G.Chilaya, G.Petriashvili. Electrooptics of "amorphous" cholesteric structure with intermediate chirality. /Mol.Materials, 1997, v.8, pp. 295-299.
6. A.Chanishvili, G. Chilaya, G.Petriashvili, R.Barberi, R.Bartolino, M.P. De Santo. Cholesteric liquid crystal mixtures sensitive to different ranges of solar UV irradiation. / Mol.Cryst.Liq.Cryst., 2005, v434, pp. 353-366.
7. D. Aronson, E. P. Levy, P.J. Collings, A. Chanishvili, G. Chilaya, G. Petriashvili. *Trans-cis* isomerization of an azoxybenzene liquid crystal. Liq. Cryst., 2007, 34, pp. 707-718.

SUMMARY

OPTICAL INFORMATION RECORDING IN AN OPTICALLY ACTIVE CHOLESTERIC LIQUID CRYSTAL LAYER

Tavzarashvili S.P., Aronishidze M.N., Chubinidze K.R., Petriashvili G.Sh., Ponjavidze N.T., Zurabishvili Ts.I. and Chanishvili A.G.

V.Chavchanidze Institute of Cybernetics of Georgian Technical University

A thin layer of a photosensitive cholesteric liquid crystal possessing a high value of optical activity is studied. A few microns thick layers rotates the polarization plane of visible light by not less than 90 degrees. At the same time, scattering, absorption, and optical anisotropy are insignificant. The behavior of this structure under exposure to UV is investigated. A smooth decrease in optical activity resulting in a change in the color of the structure between crossed polarizers is obtained. The process ends with a phase transition into the isotropic state in which the polarization plane rotation is absent (the structure becomes black). On the basis of the obtained results, two methods of optical information recording in such a layer have been demonstrated.

Keywords: optical information recording, optical activity, cholesteric liquid crystal.

ახალი შედგენილობის ფხვნილებულა მავთულით ცვეთა და კოროზიამედეგი დანაფარების მიღება

მირიჯანაშვილი ზ.მ., დადიანიძე გ.ა., მიქაბერიძე მ.პ., შარაშენიძე ჯ.ა., გაბუნია გ.გ., უკლება ქ.ზ.

ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი

ექსპლოატაციის პროცესში მანქანა-დანადგარების დეტალების მუშაობის ხანგრძლივობა შეზღუდულია მათი მუშა ზედაპირების ცვეთის, დარტყმითი დატვირთვების, კოროზიის და სხვა მიზეზებით. ამ დროს იცვლება მათი ზომები და ფორმა. ნაკეთობათა გაცვეთილი ზედაპირების აღსადგენად და მისი ზედაპირის საექსპლოატაციო მახასიათებლების ასამაღლებად, აუცილებელია მათი დაფარვა ცვეთა ან კოროზია მედეგი დანაფარებით. ერთ-ერთი პრობლემური მიმართულებაა დამცავი დანაფარების დატანა მიწისმთხრელი დანადგარების, სოფლის მეურნეობის ტექნიკის, სასარგებლო წიაღისეულის მოსაპოვებელ, ქვის სამტვრევი მანქანების და სხვა გაცვეთილი დეტალების ზედაპირებზე, რომელიც გააუმჯობესებს მის ექსპლოატაციურ თვისებებს და შექმნის აგრეგატის მრავალჯერადი გამოყენების პირობებს [1-3].

ცნობილია დანაფარების დატანის რამდენიმე მეთოდი, რომელთა უმეტესობაც ხასიათდება დაბალი წარმადობით და წარმოადგენენ ძვირადღირებულ ტექნოლოგიურ პროცესებს. ელექტრორკალური მეთოდით ფხვნილგულა მავთულით დადულების უპირატესობებია: მაღალი მწარმოებლობა, პროცესის სიმარტივე, ავტომატიზაცია და მექანიზაცია [4-6].

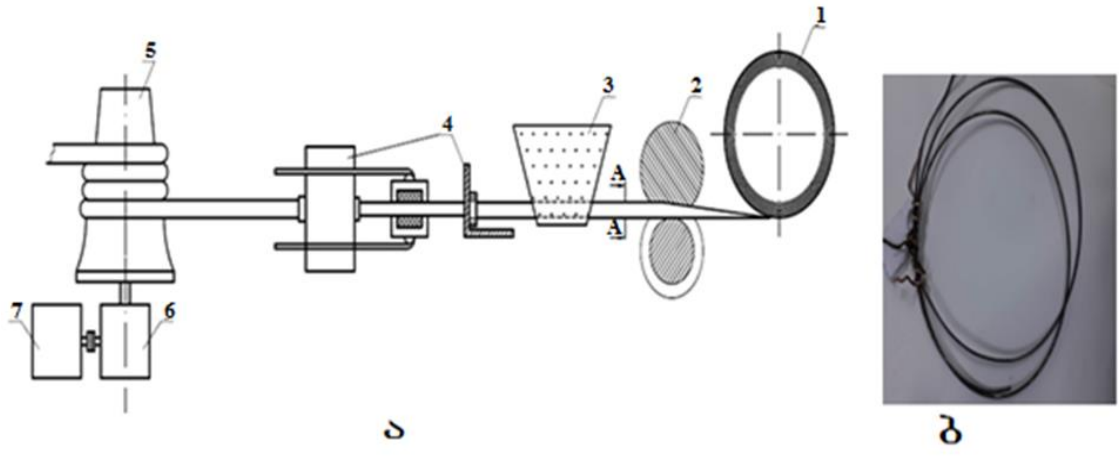
ფხვნილგულა მავთული დამზადდა სახ: სტ: 26101-84-ის მოთხოვნების შესაბამისად, რომელთა გარსაცმად გამოყენებულია დაბალნახშირბადიანი 08KII მარკის ფოლადის ლენტა შემდეგი ქიმიური შედგენლობით (%): 0,05–0,11 – C; 25–0,5 – Mn0; 0,03 – Si; 0,04 – S და P.

წარმოდგენილ სამუშაოში ფხვნილგულა მავთულის გარსაცმად პირველად იქნა გამოყენებული 15 მმ სიგანის და 0,5 მმ სისქის ნიქრომის ლენტა (X20H80-H სოსტ 12766.2-90), ქიმიური შედგენილობით (%): 80 – Ni; 18–20 – Cr; 0,4 – Si; 0,8 – Mn; 0,3 – Fe. სისალისა და ცვეთამედეგობის გაზრდის მიზნით ფხვნილგულა მავთულის შიგთავსად, ასევე პირველად იქნა გამოყენებული სერიული წარმოების ქრომის კარბიდი Cr₃C₂, რომლის მასური წილი ფხვნილგულა მავთულის შიგთავსში შეადგენს 30–32%. ახალი შედგენილობის ფხვნილგულა მავთულის საცდელი პარტიები დამზადდა არასტანდარტულ ლაბორატორიულ დანადგარზე (სურ. 1 ა, ბ). ფხვნილგულა მავთულის გარსაცმად გამოყენებული იქნა როგორც ნიქრომის ასევე ფოლადის 08KII მარკის ლენტები, ხოლო შიგთავსად – ქრომის კარბიდი. ელექტრორკალური მეთოდით ხელით დადულებისას დაფენილი შრის ხარისხი დამოკიდებულია შემდულებლის კვალიფიკაციაზე, თუმცა მიღებული შედეგების შეჯერებით შესაძლებელია ვიმსჯელოთ მიღებული დანაფარების დადებით და უარყოფი მხარეებზე, რაც შეეხება ფხვნილგულა მავთულით დანაფარის მიღებას ნახევრად ავტომატურ ან ავტომატურ რეჟიმში კვლევის ცალკე საკითხია დადულების პროცესში, რომელიც მიმდინარეობდა დამცავი აირის – არგონის ქვეშ, დანადგარის სტრუქტურის გაუმჯობესების და ბზარების წარმოქმნის გამორიცხვის მიზნით, შიგთავსს დაემატა კომპონენტები: რუტილი 30,0%; კალციუმის ფტორიდი 20,0–21,0%; ფეროვანადიუმი 0,35–0,5%; ფეროტიტანი 0,8–1,0%; ბორის კარბიდი 1,0–1,5%; ნატრიუმის სილიციუმ ფტორიდი 1,5–2,0%; მარმარილო 11,0–12,0%; აზოტირებული ფერომანგანუმი 0,3–0,5%; სპილენძი 1,0–1,5%; ალუმინი 1,0–1,5%; კობალტი 1,0–1,5%; გრაფიტი 1,0–1,5%; ცერიუმის ჯგუფის იშვიათ მიწათა ლითონების ფტორიდები (CeF₃, LaF₃, NdF₃, PrF₃, YF₃) 0,5-1%.

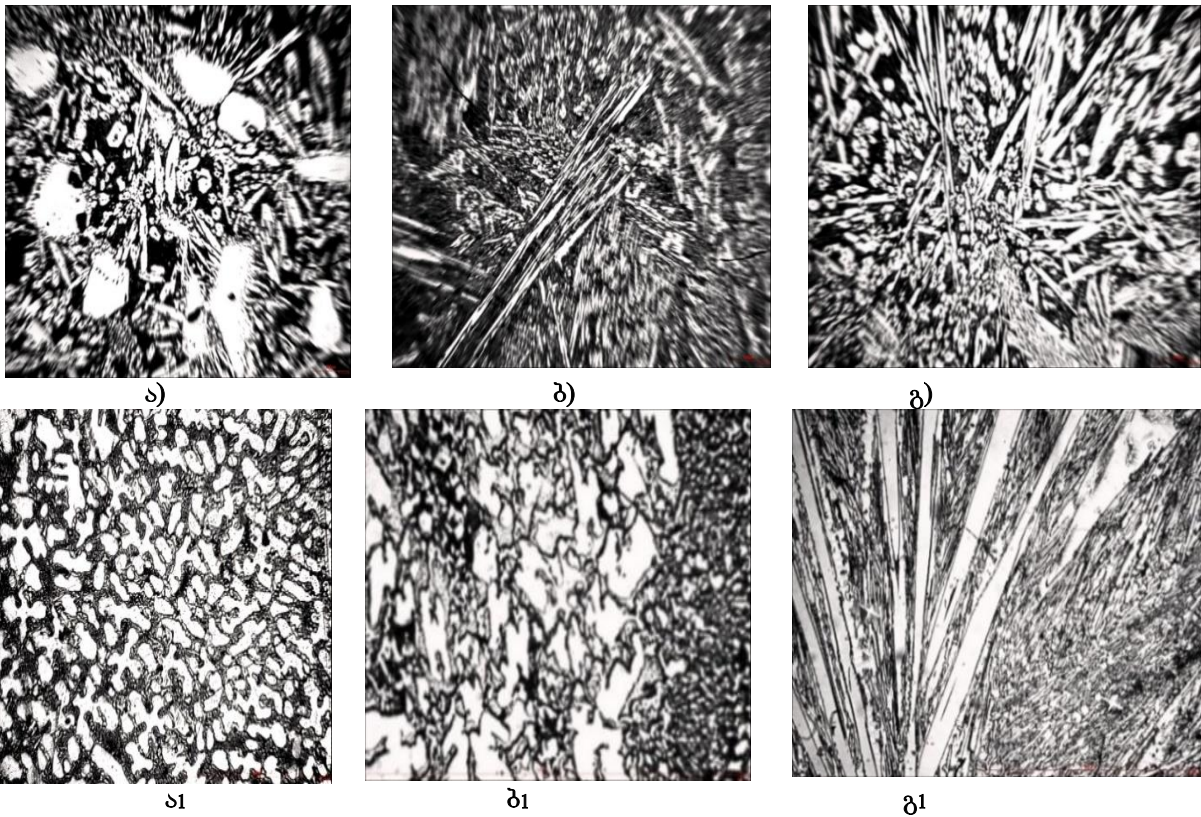
დანადგარი ფენების კვლევისათვის, ფოლად 20 მარკის მასალისგან, დამზადდა 1–1,5 სმ მოცულობის ნიმუშები, რომლის ექვსივე გვერდზე ფხვნილ-გულა მავთულის ზემოქმედებით მიიღებოდა ერთ, ორ ან სამ შრიანი დანაფარები (კომპაქტური ნიმუში). თითოეული შრის სისქე შეადგენდა 1–1,2 მმ. დანადგარი ფენების მეტალოგრაფიულმა კვლევამ (მიკროსკოპ NEOFOT- 32-ზე) გვიჩვენა, რომ ერთ, ორ და სამშრიანი ფენების

მიკროსტრუქტურა ერთმანეთისგან განსხვავდებიან კარბიდული ჩანართების ფორმით, ზომებით და ურთიერთ განლაგებით (სურ. 2 ა-ა1, ბ-ბ1, გ-გ1).

დადგინდა, რომ 1200-დან 1400 მეტრამდე გავლის შემდეგ ხახუნის კოე-ფიციენტი თითქმის თანაბარია. დადუღებული ნიმუშის ზედაპირი სტაბილურია და შესაბამისად ცვეთამდეგობაზე მნიშვნელოვნად არ იმოქმედებს. 1200-დან 1350 მეტრამდე გავლის შემდეგ გარკვეულ მონაკვეთზე განიცდის მცირედ ჩავარდნას, რაც აისახება მასური წონის დანაკარგზედაც და შესაბამისად ცვეთამდეგობაზე მნიშვნელოვნად არ მოქმედებს.



სურათი 1. ა) ფხვნილგულა მავთულის დამზადების სქემა: 1-ლენტის ხვია; 2-მდუნავი გორგოლაჭები; 3-ფხვნილის ბუნკერი; 4-ადიდვა; 5-დამხვევი დოლი; 6-რედუქტორი; 7-ელ.ძრავი; ბ) ფხვნილგულა მავთული



სურათი 2. ფხვნილგულა მავთულების ზემოქმედებით, დანაფარი ნიმუშების ზედაპირების მიკროსტრუქტურა:

NiCr-Cr₃C₂ (ნიმუში №1), (ა - ერთშრიანი; ბ - ორშრიანი; გ - სამშრიანი);
08KП ფოლადი - Cr₃C₂ (ნიმუში № 2), (ა1 - ერთშრიანი; ბ1 - ორშრიანი; გ1 - სამშრიანი).

ერთშირან დანადული ფენის ნიმუშზე კარბიდული ჩანართები მსხვილ მარცვლოვანია. ორ და სამშირან დანადული ფენის ნიმუშებზე კარბიდები შედარებით უფრო წვრილმარცვლოვანია. მიკროსისალის გაზომვის შედეგად ნახვენებია, რომ მიკროსტრუქტურაზე თეთრი უბნები შეესაბამება კარბიდულ ფაზებს და მისი მიკროსისალის საშუალო მაჩვენებელი 7281.4 მკპა ტოლია. ორ და სამშირან ფენებში კარბიდული ჩანარები წაგრძელებული ფორმისაა და შედარებით თანაბრადაა განაწილებული. შეინიშნება ასევე წვრილი და ნებისმიერად ორიენტირებული კარბიდული ჩანართები. სამშირედ დადულებულ ნიმუშზე (სურ. 2გ-გ1) ფიქსირდება კარბიდული ლიკვაციის ზონები. მიკროსტრუქტურაზე მუქი უბნები შეესაბამება ლითონურ ფაზებს, რომლებიც წარმოიქმნება დადულების პროცესში მისი ნაწილობრივი ლეგირებით. მიკროსისალის საშუალო მაჩვენებელი შეესაბამება 5188 მკპა.

NiCr გარსაცმის და Cr₃C₂ შიგთავის ფხვნილგულ მავთულის ზემოქმედებით მიღებული სამშირანი დანადული ფენის ქიმიური შედგენილობა (%): 2,72 – C; 8–10 – Si; 0,5 – Al; 1,2 – Mg; 24,5 – Ca; 1,2 – Mn; 42,5 – Ni; 15,2 – Cr; 0,6 – Ti; 0,002 – Cu. დანადული შრის ფენის მატებით იზრდება ზედაპირის სისაღეც. მაგალითად, NiCr – Cr₃C₂ ფხვნილგულა მავთულით ერთფენიანი შრის ზედაპირის საშუალო სისაღე შეადგენს 44.5 HRC, ორფენიანის 48HRC, ხოლო სამფენიანის 60 HRC. 08KII ფოლადი – Cr₃C₂ ფხვნილგულა მავთულით მიღებული ერთფენიანი შრის ზედაპირის საშუალო სისაღე შეადგენს 46.5 HRC, ორფენიანის 51HRC, ხოლო სამფენიანის 62 HRC. შემდგომი ფენის შრის მატება პრაქტიკულად არ მოქმედებს დანადული ზედაპირის სისაღეზე. ელექტრონულ მიკროსკოპზე HITACHI ჩატარებული NiCr – Cr₃C₂ სამშირანი დანაფარის ზედაპირის რამდენიმე სეგმენტის კვლევის შედეგად დაგენილია ნიკელის, ქრომის, ნახშირბადის, სილიციუმის და სხვ. ელემენტების არათანაბარი განაწილება.

ნიქრომის დანადული ნიმუშის და NiCrC სამშირანი დანაფარის შედარებითი რენტგენოსტრუქტურული და ფაზური ანალიზის შედეგად DRON - 3 ანალიზატორით (ძაბვა – 40 kV, დენის ძალა – 20 mA). ორივე ზედაპირზე აღინიშნება ნიქრომის ტექსტურა. დანაფარის მესრის პარამეტრი (ნიქრომის) უფრო ნაკლებია, ვიდრე დანადულის. სავარაუდოდ ქრომის რაოდენობა დანაფარში ნაკლებია დანადულთან შედარებით. დანაფარში პროპორციულად შეცვლილია ქრომის და ნიკელის შემადგენლობა.

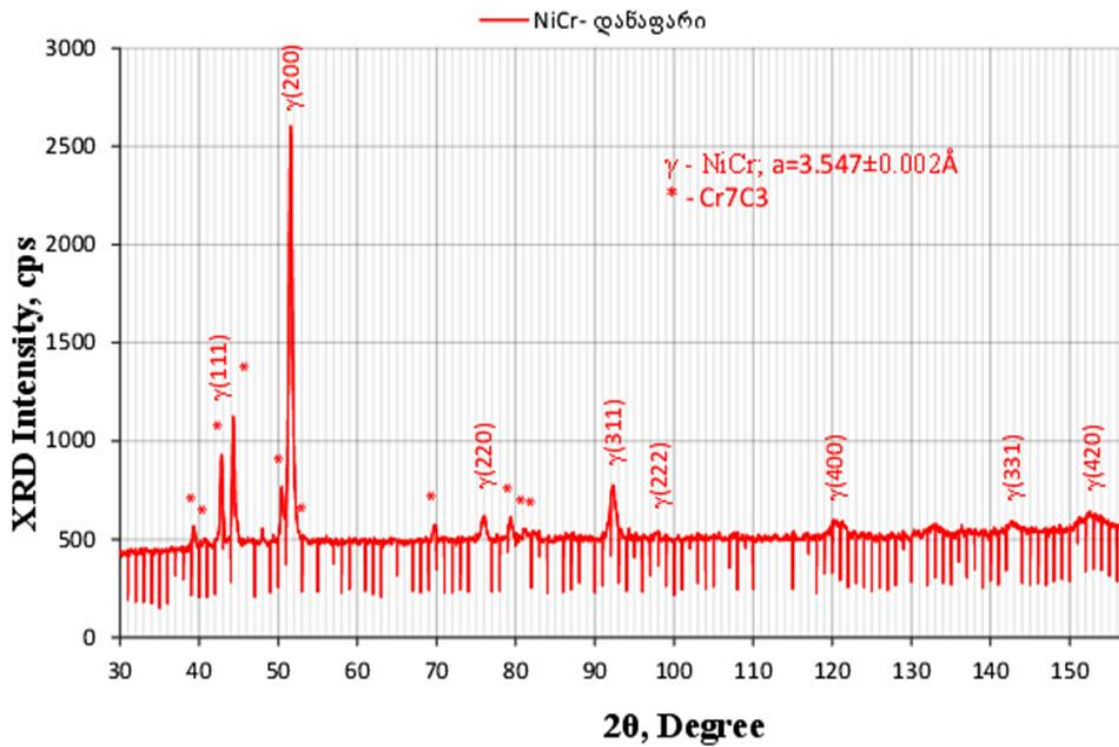
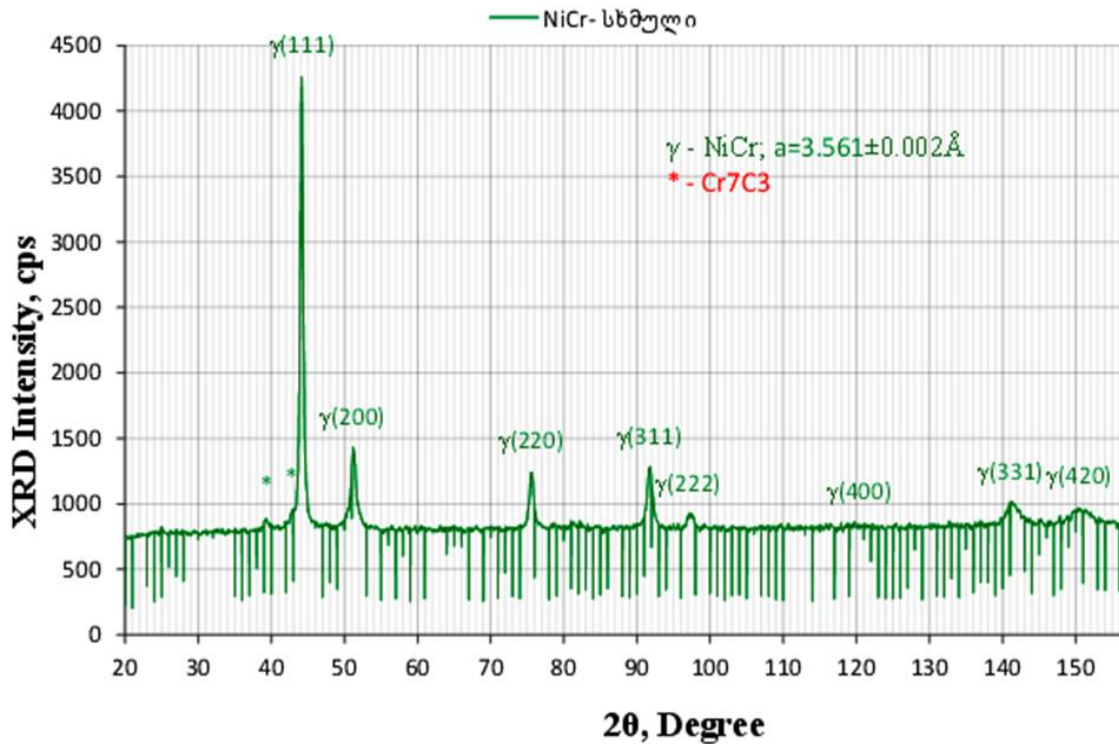
ორივე ნიმუშში ფიქსირდება Cr₇C₃ ქრომის კარბიდი, თუმცა დანადულში მისი რაოდენობა ბევრად ნაკლებია, ვიდრე დანაფარში (სურ. 3).

ფხვნილგულა მავთულებით ელექტრორკალური დადულებით მიღებული NiCr – Cr₃C₂ (ნიმუში №1) და ფოლად 08 KII-Cr₃C₂ (ნიმუში № 2) დანაფარების კოროზიული მედეგობა შესწავლილია 10% NaCl, NaOH და HCl ხსნარებში.

ნატრიუმის ქლორიდის და ჰიდროქსიდის ხსნარებში №1 ნიმუშის 170 საათიანი გამოცდით დადგენილია მისი კოროზიამედეგობა. ნიმუშის ზედაპირი უცვლელია, შენარჩუნებული აქვს ბზინვარება, ქლორიდების სახით ხსნარში გადასული Ni და Cr იონების რაოდენობა არ აღემატება 1%-ს. კოროზიის სიჩქარე შეადგენს 0,0050 გ/მ²სთ, რაც შეესაბამება კოროზიული მედეგობის 10 ბალიანი შკალის 1 ბალს, ხოლო მარილმუხავაში გამოცდის შემდეგ კოროზიის სიჩქარე უტოლდება 0,1162 გ/მ²სთ, რაც შეესაბამება ნიმუშის კოროზიამედეგობის მე-6 ბალს.

NaCl, NaOH - 10% -იან ხსნარებში № 2 ნიმუშის გამოცდის შედეგად 170 საათის შემდეგ ხსნარი შეიფერა მოწითალო აგურისფრად და შეიმჩნევა მოყავისფრო რკინის ჟანგეულების ფენა, რომელიც ზედაპირთან არ არის შეჭიდული და ხსნარიდან ამოღებისთანავე შორდება. ჟანგეულების წარმოქმნა განპირობებულია, როგორც შედულების პროცესში წარმოქმნილი მიკრობზარებით, ასევე ფხვნილგულა მავთულის გარსაცმად ფოლად 08KII გამოყენებით. კოროზიის სიჩქარე შეადგენს 0.4507 გ/მ²სთ, რაც შეესაბამება საშუალო მედეგობას (მე-6 ბალი № 2 ნიმუშის 10% მარილმუხავას ხსნარში მოთავსებიდან 48 საათში, კოროზიული პროცესების წარმართვის შედეგად, ხსნარი შეიფერა ყვითლად. ასევე წარმოიქმნა წითელი ფერის რკინის ჟანგეულები და ზედაპირთან მტკიცედ შეჭიდული შავი ფურჩი - Fe₃O₄. ხსნარში ძირითადად (90%)

რკინის იონების გადასვლა განპირობებულია დანაფარ ზედაპირზე FeCrC_2 ფაზის არსებობით. კოროზიის სიჩქარემ შეადგინა $0,7671$ გ/მ²სთ. (7ბალი).

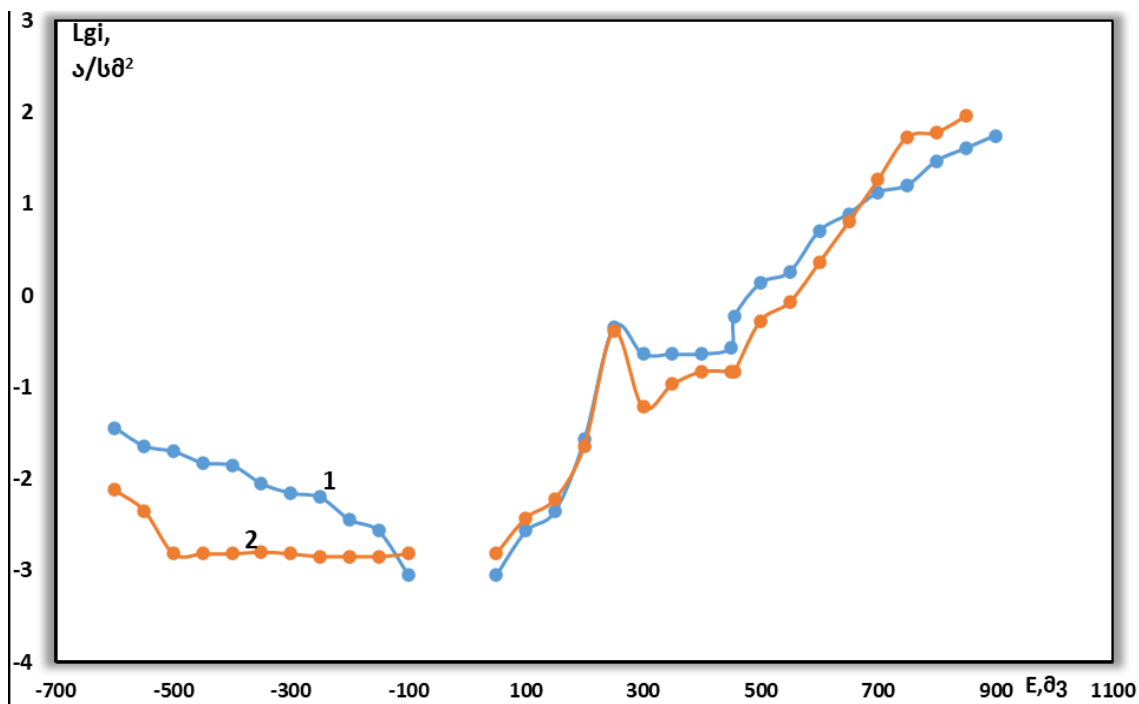


სურათი 3. NiCrC დანადგული ნიმუშის და სამმაგი დანაფარის რენტგენოსტრუქტურული და ფაზური ანალიზი

ნატრიუმის ქლორიდის 3% ხსნარში შესწავლილია ფხვნილგულა მავთულით მიღებული NiCr-Cr₃C₂ დანადგულის (ნიმუში №1) და ფოლადზე მიღებული სამშრიანი დანაფარის ელექტროქიმიური მახასიათებლები. პოტენციოდინამიკური მრუდები გადაღებულია 24 მვ/წთ. სიჩქარით, როგორც ნახაზიდან ჩანს, დანადგულის და ფოლადზე მიღებული სამმაგი დანაფარის პოტენციოდინამიკური მრუდები თითქმის ემთხვევა ერთმანეთს.

პოტენციოდინამიკურ მრუდებზე აღინიშნება დენის სიმკვრივის უმნიშვნელო ცვლილება სტაციონალური პოტენციალის უბანთან. რის შემდეგ ორივე მრუდზე ფიქსირდება აქტიური გახსნის და პასივაციის უბნები 300–500 მილივოლტის ფარგლებში კვლევის შედეგად დადგენილია დანაფარის მაღალი კოროზიული მედეგობა 3% NaCl ხსნარში (სურ.3).

№2 ნიმუშის პოტენციოდინამიკური მრუდების გადაღება ვერ მოხერხდა ნიმუშის აქტიური გახსნის გამო. ნიმუშზე შერჩევითი გახსნის შედეგად გამოიყოფა შავი ფერის Cr₇C₃ ქრომის კარბიდი.



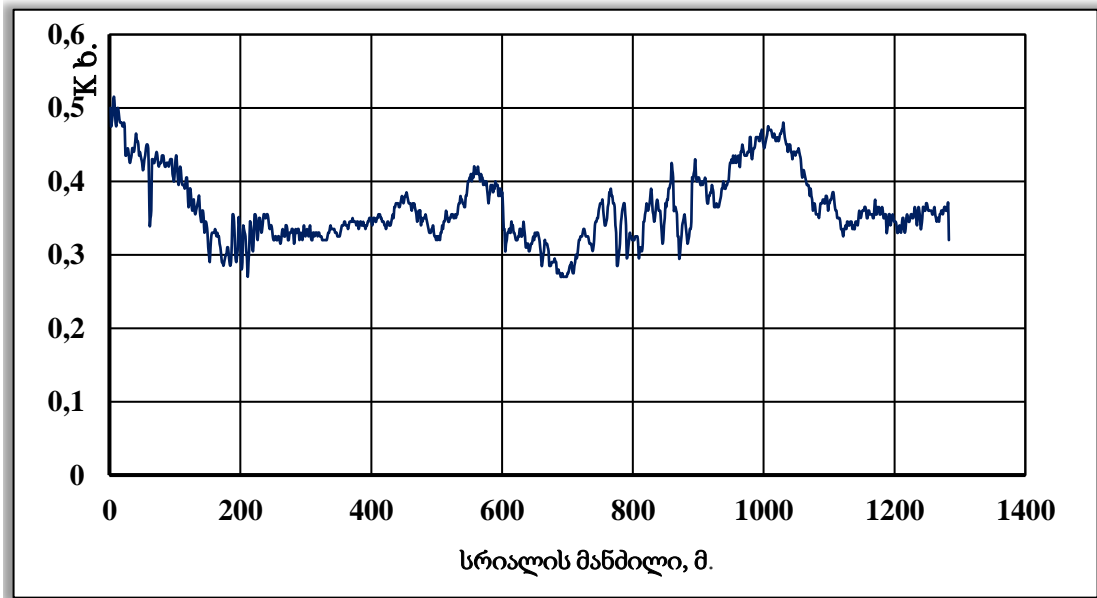
სურათი 4. ფხვნილგულა მავთულით მიღებული NiCr-Cr₃C₂ დანადგული (1) და ფოლადზე დატანილი NiCr-Cr₃C₂ სამშრიანი დანაფარი (2) ნიმუშების პოტენციოდინამიკური მრუდები 3% NaCl – ის ხსნარში

დაფარული ფენის ნიმუშებზე ცვთამედეგობის გამოცდა ჩატარდა მანქანა CMI-2 მშრალი ხახუნის პირობებში, მოხახუნე წყვილად გამოყენებულ იქნა: უძრავი ხუნდი (გამოსაცდელი ნიმუში) და მბრუნავი დისკი (კონტრსხეული). (კონტრსხეული). კონტრსხეულად აღებულ იქნა Y8 ნაწრთობი ფოლადისგან დამზადებული გორგოლაჭი დიამეტრით 40მმ, რომლის სისაღე როკველის შკალით შეადგენდა 64 – HRC.

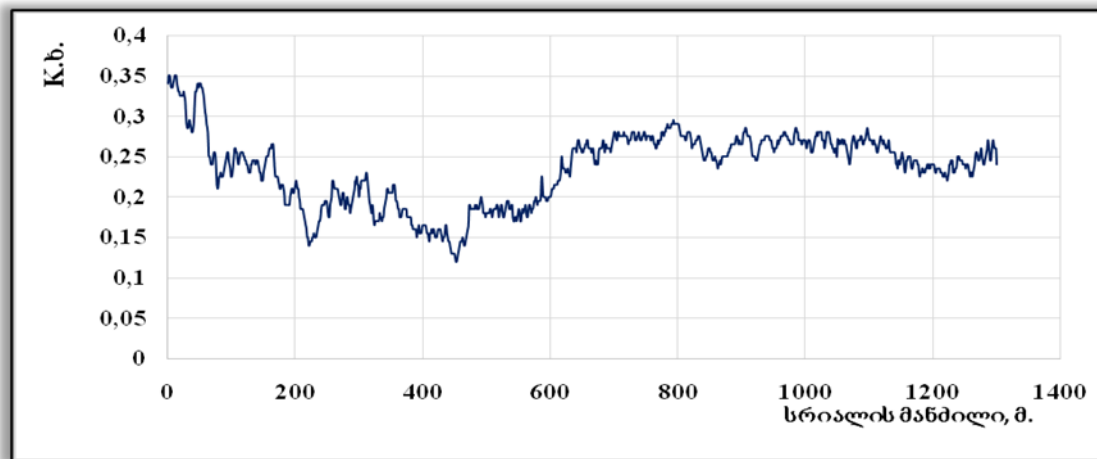
ექსპერიმენტები მიმდინარეობდა მუდმივი ბრუნვათა რიცხვის პირობებში – 1000 ბრ/წთ, დაწოლის ძალა შეადგენდა 25, 50 დან 1006-ს. შესწავლილ იქნა ნიმუშების ხახუნის კოეფიციენტები და ცვეთის მასის დანაკარგი. ხახუნის კოეფიციენტის

დასადგენად ცდების მიმდინარეობისას ფიქსირდებოდა ნიმუშზე მოქმედი დაწოლის ძალა – $F_{დაწ.}$, ხახუნის მომენტი – $M_{ხახ.}$ და კონტრსხეულის დიამეტრიც – d კონტრ. ხახუნის კოეფიციენტის გაანგარიშებისათვის გამოყენებული იქნა ფორმულა (სურ. 5):

$$f = \frac{2 \times M_{ხახ.}}{d_{კონტრ.} \times F_{დაწ.}}$$



ა



ბ

სურათი 5. ფხვნილგულა მავთულით NiCr-Cr₃C₂ (ა) და 08 კპ ფოლადი - Cr₃C₂ (ბ) მიღებული სამშრიანი დანადგური ფენის დამოკიდებულება სრიალის მანძილსა და ხახუნის კოეფიციენტს შორის.

ნიმუშების ცვეთამედეგობის შეფასება ხდებოდა სრიალით მშრალი ხახუნის პირობებში ნიმუშების წონის დანაკარგით. ამისთვის გამოსაცდელი ნიმუშები იწონებოდა გამოცდამდე და გამოცდის შემდეგ. წონის დანაკარგი გამოითვლებოდა ფორმულით: $\Delta = m_{საწყ.} - m_{სახ.} / L$ მგ/მ; სადაც: Δ – ნიმუშის წონის დანაკარგი ხახუნის

მანძილის ერთეულზე; $m_{საფ.}$ – ნიმუშის საწყისი წონა, მგ.; $m_{საბ.}$ – ნიმუშის წონა ცვეთის შემდეგ, მგ.; (L – ხახუნის მანძილი, მ).

ექსპერიმენტების შედეგად დადგინდა, რომ ერთი, ორი და სამშრიანი დადუღება ამცირებს ხახუნის კოეფიციენტს და შესაბამისად ცვეთას, რაც დადასტურდა მიკროსისალეების ზრდითაც.

დადგინდა, რომ 1200-დან 1400 მეტრამდე გავლის შემდეგ ხახუნის კოეფიციენტი თითქმის თანაბარია. დადუღებული ნიმუშის ზედაპირი სტაბილურია და შესაბამისად ცვეთამდეგობაზე მნიშვნელოვნად არ მოქმედებს. 1200-დან 1350 მეტრამდე გავლის შემდეგ გარკვეულ მონაკვეთზე განიცდის მცირედ ჩავარდნას, რაც აისახება მასური წონის დანაკარგზედაც და შესაბამისად ცვეთამდეგობაზე მნიშვნელოვნად არ მოქმედებს.

დასკვნა

- ახალი შედგენილობის ფხვნილგულა მავთულებით: გარსაცმი NiCr, შიგთავსი Cr_3C_2 (ნიმუში 1) და გარსაცმი ფოლადი 08KII, შიგთავსი Cr_3C_2 (ნიმუში 2) ელექტრორკალური შედუღებით მიღებულია დანაფარები. მათი ცვეთა და კოროზია მედეგობის შესწავლით დადგინდა:

- სამ შრედ დაფარული 3,5–4 მმ სისქის ნიმუშები მაქსიმალური სისალით ხასიათდებიან (60.5-62 HRC). შესაბამისად გაზრდილია დანაფარის ზედაპირის ცვეთამდეგობაც. დადუღებისას წარმოქმნილი ქრომის კარბიდის ფაზები დადებითად მოქმედებენ ნიმუშების ცვეთამდეგობის მახასიათებლებზე.

- ნიმუშების ცვეთამდეგობის განსაზღვრისას ნაჩვენებია, რომ 1200-დან 1400 მეტრამდე გავლის შემდეგ ხახუნის კოეფიციენტი თითქმის თანაბარია და დადუღებული ნიმუშის ზედაპირი სტაბილურია.

- სამ შრედ დაფარული ნიმუშების კოროზიული მედეგობის შესწავლით 10 % NaCl, NaOH და HCl ხსნარებში ნაჩვენებია, რომ №1 ნიმუშის 170 საათიანი გამოცდის შემდეგ მისი ზედაპირი უცვლელია, კოროზიის სიჩქარე შეადგენს $0.0050\text{გ/მ}^2\text{სთ}$, რაც შეესაბამება კოროზიული მედეგობის 10 ბალიანი შკალის 1 ბალს. 3%-იან NaCl ხსნარში ელექტროქიმიური კვლევის შედეგად დადგინდა NiCr - Cr_3C_2 დანაფარის მაღალი კოროზიული მედეგობა.

- ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე ფხვნილგულა ელექტროდში გამოყენებული გარსაცმის სახე მნიშვნელოვან გავლენას არ ახდენს დანაფარის ცვეთამდეგობაზე, ხოლო NiCr გარსაცმად გამოყენება საგრძნობლად აუმჯობესებს დანაფარის კოროზიამდეგობას.

ლიტერატურა

1. მირიჯანაშვილი ზ., ხუციშვილი მ., დადიანიძე გ., სარალიძე ბ. ახალი ცვეთამდეგი დასადუღებელი მასალის დამუშავება. /სტუ საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“. შრომები, თბილისი, 2020, გვ. 31-36.
2. Xue L., Chen J., Wang S.-H. Freeform Laser Consolidated H13 and CPM 9V Tool Steels. // *Metallography, Microstructure, and Analysis*, 2013, Vol. 2, pp. 67– 78.
3. Hashemi N., Mertens A., Montrieux H.-M., Tchuindjang J.T., Dedry O., Carrus R., Lecomte-Beckers J., Oxidative wear behaviour of laser clad Oxidative wear behaviour of laser clad High Speed Steel thick deposits: Influence of sliding speed, carbide type and morphology. // *Surface & Coatings Technology*, 2017, Vol. 315, pp. 519 – 529.
4. Zhang Z., Yu T., Kovacevic R. Erosion and corrosion resistance of laser clad AISI 420 stainless steel reinforced with VC. // *Applied Surface Science*, 2017, Vol. 410, pp. 225 – 240.
5. Zhang K., Wang S., Liu W., Shang X. Characterization of stainless steel parts by Laser Metal Deposition Shaping. // *Materials and Design*, 2014, Vol. 55, pp. 104 – 119.
6. Полюшкин, Н.Г. Основы теории трения, износа и смазки: (учеб. пособие) -Красноярск, Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2013, 192 с.

SUMMARY

OBTAINING OF WEAR AND CORROSION RESISTANT COATINGS WITH NEW POWDER WIRE

Mirijanashvili Z.M., Dadianidze G.A., Miqaberidze M.P., Sharashenidze J.A., Gabunia V.G. and Ukleba K.Z.

F. Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science

The wear and corrosion-resistant coatings are obtained by electro-arc welding with new compositions of powder wires: sample 1 (casing NiCr - content Cr_3C_2) and sample 2 (casing steel 08KII - content Cr_3C_2). Three-layered 3.5-4 mm thick samples are characterized by maximum hardness (60.5-62 HRC). Correspondingly, the wear resistance of the coating surface is also increased. Chromium carbide phases formed during welding have a positive effect on the wear characteristics of the samples. Determining the sample's wear resistance shows that after passing from 1200 to 1400 meters, the friction coefficient is almost equal and the surface of the welded sample is stable. Studying the corrosion resistance of coatings with three layers of sample #1 in 10% NaCl, NaOH, and HCl solutions show that its surface is unchanged after 170 hours of testing. The corrosion rate is $0.0050g/m^2h$, which corresponds to 1 point on a 10-point scale of corrosion resistance. By electrochemical research of sample #1 in 3% NaCl solution, high corrosion resistance has been established. Therefore, the type of casing used in the powder wire electrode does not significantly affect the wear resistance of the coatings, while using of NiCr as casing significantly improves the corrosion resistance of the coating.

Keywords: coatings, corrosion, wear, powder wires, electro-arc welding.

NiCl₂-CrCl₃-Cr₇C₃ სისტემის თერმოდინამიკური ანალიზი ალუმინოთერმიტი მრეწველობის უმცირესი უზრუნველების მისაღებად

უკლება ქ.ზ., მირიჯანაშვილი ზ.მ.

ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი

მაღალტექნოლოგიური დარგების მზარდი განვითარება მჭიდროდაა დაკავშირებული სპეციალური დანიშნულების, მათ შორის მხურვალმტკიცე, კოროზია და ცვეთამდელი ფხვნილოვანი შენადნობების გამოყენებასთან. მხურვალმტკიცე შენადნობების მთავარი თვისებრივი თავისებურებაა ის რომ მაღალი ტემპერატურების ზეგავლენით, ისინი ფიზიკურ-ქიმიური თვალსაზრისით ხდებიან დინამიკური, არასტაბილური სისტემები. ამის გათვალისწინებით უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება ისეთი სისტემების შექმნას, რომლებიც ხასიათდებიან სტრუქტურის სტაბილურობით მაღალი ტემპერატურების მიმართ, კერძოდ ამ მასალებიდან დამზადებული ნაკეთობების განსაკუთრებული თვისებაა, მექანიკური დატვირთვის მიმართ მაღალი ტემპერატურის (~ 2000 °C) პირობებში დროის ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში მათი შედეგობა. ასეთი მასალებიდან დამზადებული ნაკეთობები გამოიყენება აეროკოსმოსურ, ატომურ, საავიაციო, მანქანათმშენებლობის და მრეწველობის სხვა დარგებში.

ჰომოგენური, ფხვნილოვანი მასალების მიღების ერთ-ერთი ძირითადი პირობაა ისეთი ლითონური ფხვნილების მიღება, რომელთა თითოეული ნაწილაკის შედგენილობა უნდა შეესაბამებოდეს მასალის საბოლოო შედგენილობას. ამ პირობის შესრულება შესაძლებელია ფხვნილში შემავალი ელემენტების ქლორიდებისა და სხვა ნაერთების ლითონურად აღდგენით, სადაც დისპერსულად განმამტკიცებელ ფაზას წარმოადგენენ ოქსიდების, კარბიდების, ნიტრიდების ან ინტერმეტალიდების ულტრადისპერსიული ნაწილაკები. ეს ხელს უწყობს მასალის სტრუქტურის სტაბილურობას სამუშაო ტემპერატურის შემდგომი ზრდის პირობებში, რაც თავის მხრივ განაპირობებს ნაკეთობების საექსპლუატაციო თვისებების საგრძნობ გახანგრძლივებას.

წარმოდგენილ სტატიაში საკვლევი კომპონენტთა ნარევის NiCl₂-CrCl₃-Cr₇C₃-Al თერმოდინამიკური ანალიზი შესრულდა მრავალმიზნობრივ პროგრამულ კომპლექსს ASTRA-4 საშუალებით, რომელსაც საფუძვლად უდევს ენტროპიის მაქსიმუმის პრინციპი [1-3]. იგი როგორც უნივერსალური მეთოდი საშუალებას იძლევა ვიმსჯელოთ რეალურ ჰეტეროგენულ მრავალკომპონენტიან სისტემებში კომპონენტების ურთიერთქმედებაზე და განვსაზღვროთ მათი წონასწორული მახასითებლები.

საკვლევი სისტემად აღებული იქნა კომპონენტების ის რაოდენობა, რომელიც მოგვცემდა საბოლოო პროდუქტს შემდეგი შემადგენლობით: Ni –75%, Cr –15% (განმტკიცებელი Cr₇C₃-10%), ამითვის შეირჩა საკვლევი კომპონენტთა ნარევის შედგენილობის სხვადასხვა ვარიანტი (ცხრილი).

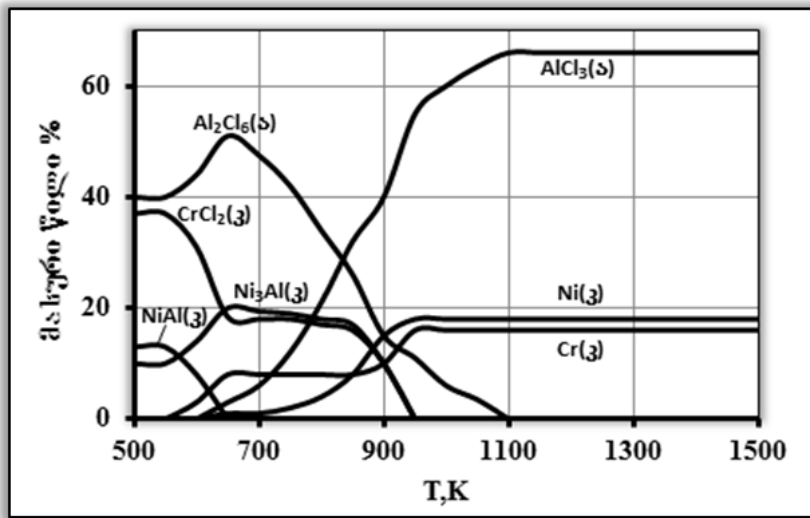
საკვლევი კომპონენტთა ნარევის შედგენილობა, მას.%

კომპონენტი	შედგენილობა I	შედგენილობა II	შედგენილობა III	შედგენილობა IV
NiCl ₂ -	61,38	69,9	38,34	17,69
CrCl ₃ -	25,62	14,26	46,06	21,62
Al -	13,0	15,84	15,6	6,12
Cr ₇ C ₃ -	-	-	-	54,57

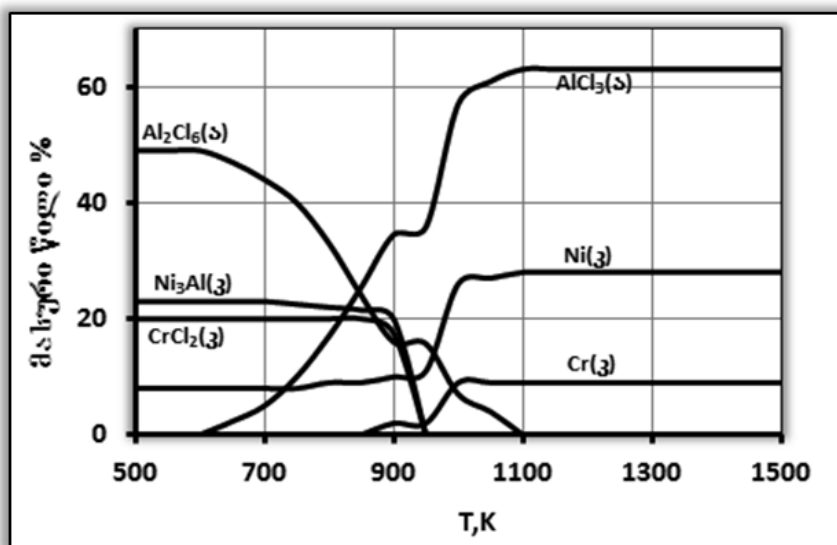
თერმოდინამიკური გათვლებით 500 – 1500 K ტემპერატურულ ინტერვალში, განისაზღვრა კონდენსირებული და აირადი ფაზების წონასწორული შედგენილობის ცვლილება ალუმინოთერმიულ პროცესში.

თერმოდინამიკური ანალიზის ძირითადი შედეგების გრაფიკები წარმოდგენილია სურ. 1 – 4-ზე.

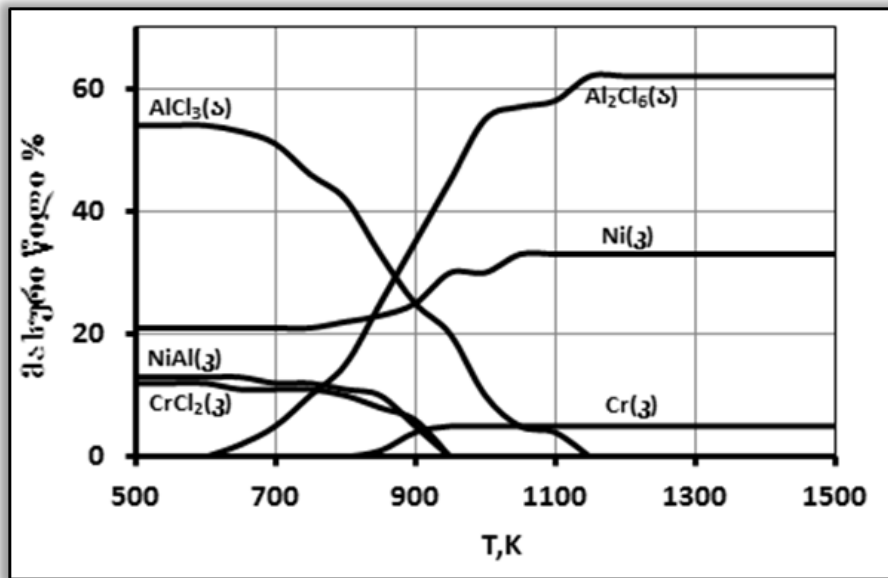
ოთხივე შედგენილობის სისტემებისათვის 500 K-ზე იწყებს გამოყოფას კონდენსირებული $NiAl$, $NiAl_3$ და $CrCl_2$ ფაზები, რომელთა რაოდენობაც ჯერ მატულობს, შემდეგ კი თანდათან კლებულობს და 950 K-ზე მთლიანად ქრება, აირად ფაზაში 500 K-ზე გამოიყოფა Al_2Cl_6 , რომლის რაოდენობა იზრდება 650 K-მდე, შემდეგ მკვეთრად იკლებს და 1100 K-ზე ქრება. აგრეთვე აირად ფაზაში 600 K-დან წარმოიქმნება $AlCl_3$, რომლის რაოდენობა იზრდება 1100 K-მდე და შემდგომ უცვლელია. ლითონური Cr და Ni წარმოქმნას იწყებენ შესაბამისად 550 და 650 K-ზე, რომელთა რაოდენობა იზრდება 950 K-მდე და შემდეგ 1500 K-მდე უცვლელია. კონდენსირებულ ფაზაში 1100 K-ის ზემოთ გამოიყოფა (I) სისტემის შემთხვევაში: ~ 53% Ni, ~ 47%Cr; (II) სისტემაში: ~76,7%Ni, ~ 23,3%Cr; (III) სისტემაში: ~ 87,2% Ni, ~12,8%Cr, ხოლო (IV) სისტემაში კონდენსირებულ ფაზაში გამოიყოფა: ~11,5% Ni, ~10,0 %Cr, ~78,5% Cr_7C_3 .



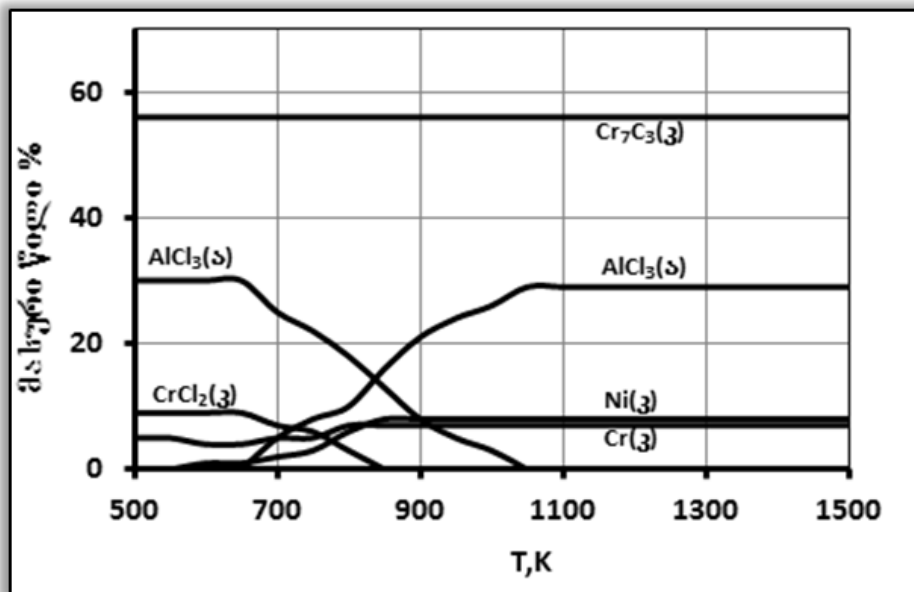
სურათი 1. კომპონენტების რაოდენობის დამოკიდებულება ტემპერატურისაგან (შედგენილობა I)



სურათი 2. კომპონენტების რაოდენობის დამოკიდებულება ტემპერატურისაგან (შედგენილობა II)



სურათი 3. კომპონენტების რაოდენობის დამოკიდებულება ტემპერატურისაგან (შედგენილობა III)



სურათი 4. კომპონენტების რაოდენობის დამოკიდებულება ტემპერატურისაგან (შედგენილობა IV)

თერმოდინამიკური ანალიზის შედეგებით განისაზღვრა საკვლევ სისტემებში აირადი და მყარი ფაზების კონცენტრაციები სხვადასხვა ტემპერატურულ ზღვრებში, აგრეთვე ანალიზის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ექსპერიმენტები უნდა ჩატარდეს 1000 – 1100 K-ის ზევით. კაზში ქრომის კარბიდის დამატება არ იწვევს არავითარ ცვლილებას, იგი რეაქციაში არ მონაწილეობს.

ლიტერატურა

1. Vatolin N.A., Moiseev G.K., Trusov B.G. Thermodynamic modeling in high-temperature inorganic systems. -M., Metallurgia, 1994, 352 p.
2. Voronin, G.F. Estimations of phase and chemical equilibrium in complex systems // in book: Physical chemistry. Contemporary Problems. -M., 1984, pp.112-143
3. Gvelesiani G.G., Bagdavadze D.I. Calculation methods of definition of thermodynamic functions of inorganic substances and their application in the full thermodynamic analysis of metallurgical processes. Edition "Universal", 2006, p. 127.

SUMMARY

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF THE $\text{NiCl}_2\text{-CrCl}_3\text{-Cr}_7\text{C}_3$ SYSTEM FOR OBTAINING CHROMIUM-NICKEL CONTAINING POWDERS BY ALUMINOTHERMY

Ukleba K.Z. and Mirijanashvili Z.M.

F. Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science

Thermodynamic analysis was carried out using the universal ASTRA-4 software package in the temperature range of 500-1500 K and the change in the equilibrium composition of the condensed and gaseous phases of the mixture of the studied components $\text{NiCl}_2\text{-CrCl}_3\text{-Cr}_7\text{C}_3\text{-Al}$ during the aluminothermy process was determined. It is shown that the phases of metallic chromium and nickel are found at 550 K and stable up to 1500 K. From a thermodynamic point of view, it is desirable to carry out the aluminothermy process of these systems in the temperature range of 1000-1100 K.

Keywords: thermodynamics, chloride-carbide components, aluminothermy.

DESIGN A SOLAR POWER PLANT AT THE RIVER KHVIRILA

Kapanadze G.L., Tsinadze Z.O. and Bagration-Davitashvili A.N.

Georgian Technical University

Abstract. According to scientists, the use of energy carriers such as coal, gas, and oil causes global warming. Therefore, alternative energy sources such as solar, wind, and geothermal energy are receiving a lot of attention. The paper discusses the installation of solar panels on the river Kvirila in Chiatura municipality, which can bring additional benefits in the form of generated energy. The research uses old and new aerial photographs and a new digital terrain elevation model DEM processed with GIS technologies.

Keywords: alternative energy, solar energy, solar panels.

Introduction

According to scientists, the use of energy carriers such as coal, gas, and oil causes global warming [1]. Therefore, alternative energy sources such as solar, wind, and geothermal energy are receiving a lot of attention [2]. The paper discusses the installation of solar panels at the river Kvirila in Chiatura municipality, which can bring additional benefits in the form of generated energy.

Kvirilila is the main river of Chiatura municipality, which flows at a distance of 16 km and almost divides the Chiatura plateau into two parts. Kvirila originates from the southern slope of the Rachi mountain range - in Ertso hollow, at an altitude of 1711 m above sea level. It flows from the Ertso Lake and joins the river near the village of Vartsikhe (Vartsikhe Hydropower Station). The length of the river is 140 km, and the area of the basin is 3630 km. The main tributaries are Jruchula, Dzirula, Cholaburi, and Tskalsitela. There are floods in spring, scarcity of water in summer, and high water in autumn. It is fed by snow, rain, and underground water. The average flow near the city of Chiatura is 20.7 m/s. It is used for the enrichment of manganese ore as technical water, for irrigation, and for mills [3].

In Chiatura Municipality, the river Kvirila flows within the municipality for about 24 km. The part of the river that is interesting for solar panels is lengthwise near 900 meters. This section is special because the river in the city is surrounded by an artificial bed. A special concrete structure is necessary in order to place panels optimally for sunlight.

At present, contamination with manganese leaching is not a problem, as we get energy from the sun. We can give any shape and direction to the built construction of the artificial bed, and the water will not harm it. If we talk about some details, on the contrary, placing it on top of water has its positive side, but manganese pollution plays its role.

The construction is of great importance because at least 95% of the river in the municipality is in a natural bed and only in the city area it is possible to place the solar panels. The research was also conducted in this regard.

Geographical characteristics of the municipality

Chiatura municipality is part of the Imereti region and is an administrative-territorial unit. The total area of the territory is 542.5 km, the center is the city of Chiatura, which includes 60 villages.

The structural plateau of Chiatura is located within the borders of Chiatura, Sachkhere, and Kharagauli administrative municipalities. The structural plateau is divided by the river Kvirila and its tributaries (Jruchula, Nekrisa, Bogiristskali, Rganizghele, Katskhura, Buja, Sadzalikhevi, etc.). It is rather deep (100-300 m), with canyon-like valleys (Fig.1).

The municipality has humid weather. It knows moderately cold winters and hot, relatively dry summers. The average annual air temperature in the 400-700 meter altitude zone is +10°C - +14°C, and +22°C - +24°C in July. Absolute minimum 16°C - 0°C. Absolute maximum +39°C - +40°C. On average, 1100-1200 mm of precipitation falls per year (the maximum is in autumn and winter). In the higher zone, the air temperature decreases with height. North-east winds prevail in winter and south-west winds prevail in summer, fion winds are also frequent. Snow cover in the vicinity of Chiatura lasts from January to early March. The maximum height of the snow cover rarely exceeds 150 cm [3].

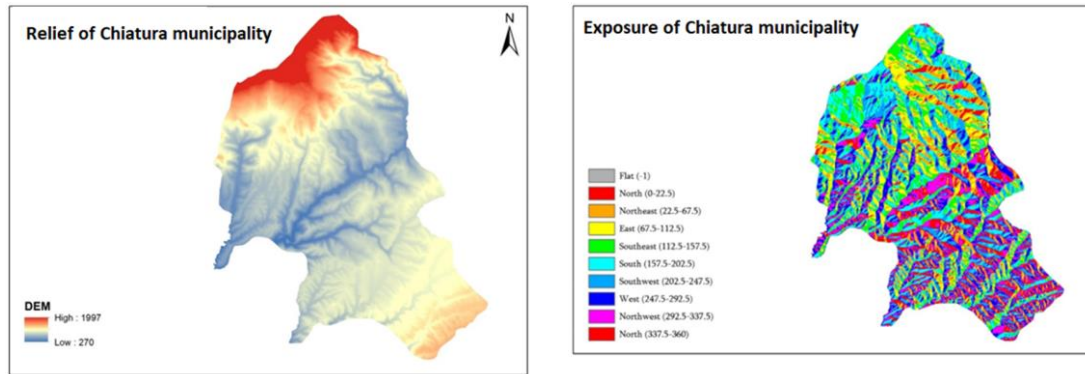


Fig. 1. Relief and exposure of Chiatura municipality

Research Methodology

In order to operate a solar station, we need to find, process, and consider certain materials. Old and new aerial photography, new terrain digital elevation model DEM, 30 meters in pixel resolution, processed with GIS technologies; ArcGIS, QGIS, and Google Earth are used for research.

Geographical location

The artificial river bed starts at the coordinate 359,096.60E 4,683,447.40N and ends at the specially arranged river dam at 358,317.82E 4,683,209.32N. The average width is 39 m, and 330 m long to accommodate the solar panels, 37,836 m² area.

On the south side of the river, in the same area, there are trees in a certain part, which more or less, will still affect the installation of the station. This issue is especially important during the winter months, as the tree shadows along the river almost reach the other side of the river bed. But, it will be possible to compensate by raising the construction, 2 or 3 meters from the railing will be enough. 4 bridges pass through the same obstructing shadow factor, where 2 are pedestrian and 2 are vehicular/pedestrian, it is necessary to have a certain distance of at least 4 meters (fig. 2).

Modeling results

The modeling done on the digital upland terrain showed us that in the entire territory of the municipality (fig. 3). The radiation received during 1 day in the month of August is:

Maximum - 6020.78, minimum - 977.16

All in August:

Maximum - 168592.73, minimum - 30089.39

During the year:

Maximum - 1617594.5, minimum - 301422.68

Solar radiation raster uses watt-hours per square meter as a unit of measure, to convert to kilowatt-hours we need a formula:

"Solar_radiacion_Whm²" / 1000

The obtained results were changed as follows:

For 1 day in the month of August:

Maximum - 6.02, minimum - 0.97

All in August:

Maximum - 168.593, minimum - 30.08

During the year:

Maximum - 1617.59, minimum - 301.423

Unfortunately, due to the error of the terrain and aerial photography, it is impossible to say exactly what values are fixed in the bed. We cannot connect rasters of different resolutions and origins, only generalization is possible.



Fig. 2. Solar station on the Kvirila River

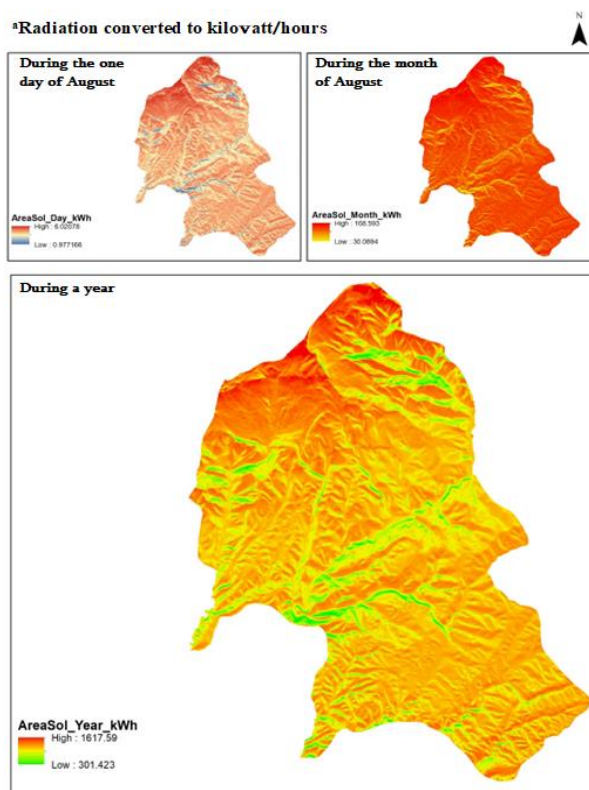


Fig. 3. Direct incoming radiation in Chiatura Municipality

The exposure (horizontal direction) is the main part of the south, a small amount is fixed in the southeast. The slope can be removed from the terrain parameters, however, construction on a river bed automatically means that it must be determined on-site when placing the panels.

With the help of aerial photography, 5216 panels placed on the structure were drawn in vector format.

Dimensions and distances

2.279 m long, 1.134 m wide, 0.035 m thick, and the distance between them is 0.02 m.

When placing, each tree was taken into account, as well as the distance from bridges minimum of 4 meters and more, since their shadow causes energy loss.

Sunshine

To account for energy shortages, Google Earth can help us better understand historical space imagery, such as the **Landsat** satellite (fig. 4 and 5)



Fig. 4. Satellite images

In March, the shade of the trees does not reach the other bank of the river, but it limits the space for the project to 400 meters (fig. 4).



Fig. 5. Satellite images

Comparison with **Global Solar Atlas**

Atlas is easy to use, but it has its prerequisites. For comparison it was possible to take only 1 specific point and not a mass area, station type "Ground mounted", capacity 1000 kwp. Geographic coordinates 42.290394°,043.28606°

A kilowatt peak (kwp) is a unit of measurement for the power of a photovoltaic system. Azimuth 180°, inclination 35°.

The average output is 1310 gigawatt hours every year, and the global radiation is 1594.9 kWh/m².

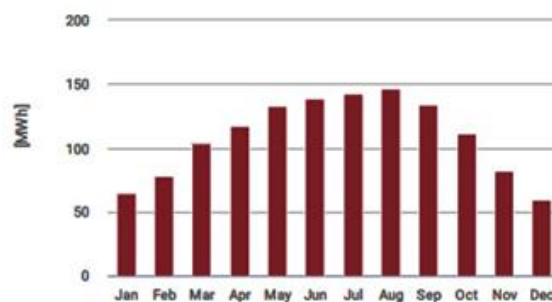


Fig. 6. Monthly Average [Photovoltaic Power Generation]

Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0-1												
1-2												
2-3												
3-4												
4-5												
5-6					34	41	34					
6-7				107	202	235	209	181	91			
7-8			82	221	295	325	305	301	324	145		
8-9		109	212	287	348	397	383	366	412	357	163	
9-10	186	263	264	345	406	451	442	461	485	430	381	143
10-11	288	322	326	384	447	489	484	538	534	492	427	315
11-12	306	353	363	398	469	530	524	563	552	493	436	330
12-13	299	336	345	391	459	534	537	561	560	476	424	325
13-14	289	321	336	376	441	515	522	545	534	443	401	310
14-15	267	296	312	339	389	466	456	511	495	399	357	285
15-16	216	266	269	303	336	397	424	436	427	327	241	192
16-17	39	160	215	248	274	317	334	324	326	106	20	11
17-18			41	164	212	235	236	199	83			
18-19					39	87	80	24				
19-20												
20-21												
21-22												
22-23												
23-24												
Sum	1892	2426	2765	3563	4342	5017	5000	5019	4826	3666	2849	1910

Fig. 7. Direct radiation wh/m²

Conclusion

Kvirila river can bring additional benefits if the project is well coordinated and small details are taken into account. Perhaps, the results in the developed model exceed expectations and reality, but the existence of a small station can be promising and a role model for others. The rest is financial, considering that 5216 panels with 300 watts of power = 1564.8 kilowatts, the payback period may be more than 5 years.

It is worth noting that moving panels on the surface of the water are becoming popular worldwide on reservoirs, and structures on canals, but nothing is seen on rivers so far.

REFERENCES

1. H.-O. Pörtner H.O., D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösch. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2022 Intergovernmental Panel on Climate Change. 2022. 168 pp.
2. Sinharoy A., P. N. L. Lens. Renewable Energy Technologies for Energy Efficient Sustainable Development. Springer. 2022. pp. 410.
3. Z. Lezhava. Chiatura Municipality Karst Caves Cadastral References. -Tbilisi, Publishing House UNIVERSAL, 2016, 105 p.

რეზიუმე

მდინარე ხვრილაზე მზის ელემენტროსადგურის დაპროექტება

კაპანაძე გ.ლ., ცინაძე ზ.ო., ბაგრატიონ-დავითაშვილი ა.ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მეცნიერების ვარაუდით, ისეთი ენერგომატარებლების გამოყენება, როგორცაა ქვანახშირი, გაზი და ნავთობი, იწვევს გლობალურ გათბობას. ამიტომ, ალტერნატიული ენერჯის წყაროებს, როგორცაა მზის, ქარის და გეოთერმალური ენერჯია დიდი ყურადღება ექცევა. ნაშრომში განხილულია ჭიათურის მუნიციპალიტეტში მდებარე მდინარე ყვირილაზე მზის პანელების დამონტაჟება, რომელსაც შეუძლია დამატებითი სარგებლის მოტანა გამოიმუშავებული ენერჯის სახით. კვლევაში გამოყენებულია ძველი და ახალი აეროფოტოგრაფიები, რელიეფის ახალი ციფრული სასიმალო მოდელი DEM, რომელიც დამუშავდა GIS ტექნოლოგიებით. **საკანძო სიტყვები:** ალტერნატიული ენერჯია, მზის ენერჯია, მზის პანელები.

DESIGN OF SOLAR PANELS ON ENGURI DAM AND JVARI RESERVOIR

Kapanadze G.L., Tsinadze Z.O. and Bagration-Davitashvili A.N.

Georgian Technical University

Abstract. The placement of solar panels on the reservoir of Engurhesi Dam is discussed in the paper. A model of a solar power plant has been created on the reservoir of the dam and in the surrounding area. Also, the placement of such panels on the body of the dam and surrounding buildings and space. The amount of electricity generated by these solar panels is calculated based on the annual intensity of solar radiation.

Keywords: Enguri hydroelectric power station, solar energy, solar panels, floating solar panels.

Introduction

In the field of hydropower, we always hear that water energy is the cheapest to produce electricity. According to the International Renewable Energy Agency (IRENA), hydropower installed in 2021 accounted for less than 8% of renewables completed that year. The reason is the less competitive price per kilowatt hour produced. A new IRENA report on renewable energy costs shows that prices for all renewables are continuing to decline, except for hydropower, concentrated solar power (CSP), and geothermal, presented in Table [1].

Global weighted average total installed cost, capacity factor, and levelised cost of electricity trends by technology, 2010 and 2021.

	Total installed costs (2021 USD/kW)			Capacity factor %			Levelised cost of electricity (2021 USD/kW)		
	2010	2021	Percent change	2010	2021	Percent change	2010	2021	Percent change
Bioenergy	2174	2353	-13%	72	68	-6%	0.078	0.067	-14%
Geothermal	2174	3991	47%	8	77	-11%	0.050	0.068	34%
Hydropower	1315	2135	62%	44	45	2%	0.039	0.048	24%
Solar PV	4808	857	-82%	14	17	25%	0.417	0.048	-88%
CSP	9422	9091	-4%	30	80	167%	0.358	0.114	-68%
Onshore wind	2042	1325	-35%	27	39	44%	0.102	0.033	-68%
Offshore wind	4876	2858	-41%	38	39	3%	0.188	0.075	-60%

Description of Enguri river basin

The basin of the Enguri River, which is located in the north-western region of Georgia, has an area of 4060 km. Most of it (about 78%) is in the mountains, above 1000 meters above sea level. The length of the Enguri river is 220 km. Its basin in the village of Jvari is a strong mountainous surface covered with dense forest.

It should be noted that hydroelectric power stations, the construction of which is carried out on mountain rivers, usually represent a complicated complex of hydraulic structures. It is also characteristic of hydropower plants built on mountain rivers that their individual structures are several kilometers apart. This circumstance further complicates the use of mountain rivers and leads to the necessity of implementing complex schemes for the use of the river, which is manifested in the additional dumping of tributaries and bordering rivers. Enguri is one of the most abundant rivers in Georgia. The average annual flow of the river with the arch dam is 155 m³/s, the maximum reported flow with 0.01% provision – 25 00 m³/s, and with 5% provision - 950 m³/s [2].

The Jvari reservoir was established on the Enguri River with a 271.5 m high arched dam, which was built 5 km upstream from the Jvari settlement. It belongs to non-porous mountain reservoirs of the canyon type. When the water level at the dam is the maximum – of 510 m, the river Enguri valley is flooded at 27 km; The width of the reservoir varies from 100-200 m to 1500-1700 m; The maximum height of water level treatment (lowering) is 70 m. The total volume of the reservoir is 1110 million m³, and the useful volume is 670 million m³ [2].

The surface area of the reservoir is 13.31 km². The purpose of the reservoir is the seasonal regulation of the Enguri river and is characterized by the following indicators: the catchment area of the basin is 4060 km², the annual multi-year runoff at the dam is 4777 million m³, the average annual consumption – is 155 m³/s, maximum consumption obtained as a result of observation, 950 m³/s, minimum consumption - 16 m³/s, runoff water Coefficient of Utilisation - 0.97. [2].

In addition to the fact that Enguri Hydropower Station is the backbone of Georgia's energy, we can talk about another positive aspect of it. How well the reservoir, dam, and surrounding area can absorb solar energy. Of course, it won't be enough to compete with water. For this, radiation modeling is a simple and convenient practice.

Research

The dam, the surrounding buildings, the hotel, and future tourist attractions certainly need electricity. It would be interesting if the solar plant would meet the local demand for electricity, if not completely, at least partially.

In GIS technologies, we have two types of terrain, DTM (Digital Terrain Model) where there is only the surface of the land, and DSM (digital surface model) where the data includes information including all the details that are placed on its surface. There is no need to make a choice at this stage. A 30-meter terrain model in a pixel can provide general reports for the day, month, and year (Fig. 1).

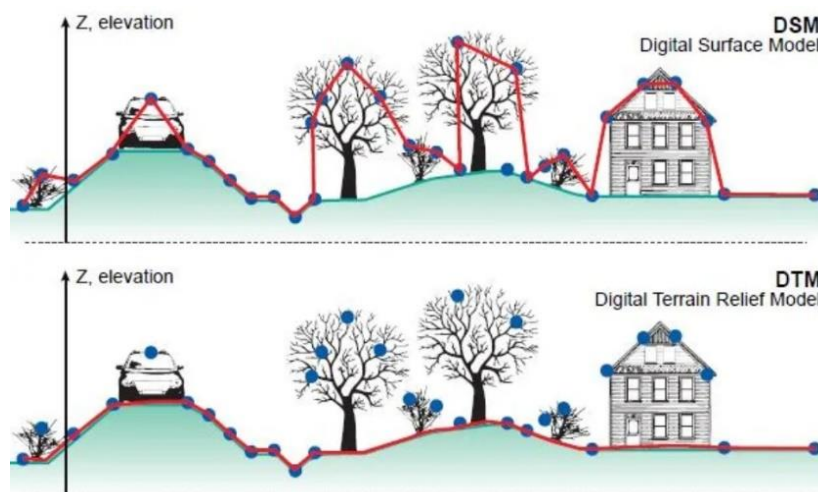


Fig. 1. Terrain models

The fact is that placing solar panels on the reservoir and its territory is not so easy, compared to the roof of the house. The location, natural conditions, direction of the horizon (exposure), duration of sunlight, and others play an important role.

According to the real estate cadaster of the National Public Registry Agency, various buildings of "Engurhesi LLC" are located far from the dam. Their condition, suitability of the roof, and potential for a solar plant were taken into account.

Figure 2. shows the layout of the solar panels on the surface of the Enguri hydroelectric power station's Jvari reservoir.

It is a way of measuring how much sunlight a particular location receives. This concrete represents the intensity of sunlight (solar radiation) for one hour on an average of 1000 watts per 1 square meter.

Formula:

$$1 \text{ peak sun hour} = 1 \text{ hour of sunlight at } 1,000 \text{ W/m}^2 = 1,000 \text{ Wh/m}^2$$

And since 1000 watts is identical to 1 kilowatt

$$1 \text{ peak sun hour} = 1 \text{ hour of sunlight at } 1 \text{ kW/m}^2 = 1 \text{ kWh/m}^2$$

Solar panels are typically calculated for an input power of 1000 watts/m². Therefore, during the peak solar hour, a 1kW plant is expected to receive 1 kW-hour of energy, while considering

system losses and other factors such as ambient temperature. Cooling is necessary for the panels, the water in the reservoir plays this role, and the others require appropriate equipment, which leads to an increase in installation costs [3].

For example, in Portugal, the first combination of hydroelectric and solar power plants (FSPP- Floating Solar Power Plant) was created. The panels generate the amount of energy that 100 homes need for a year. A floating station was installed at the "Alto Rabagão" dam in the municipality of Montalegre in 2017. 840 solar panels with a capacity of 220 kilowatts cover 2500 square meters, generating 285 megawatt-hours. The Alto Rabagão Dam generates 85 GWh and the surface of the reservoir is 22.12 km² [4].



Fig. 2. Solar station on the Jvari reservoir

Modeling results

Dimensions and placement of panels.

2.279 meters X 1.134 m X 0.035 m and a distance of 0.02 m

Surrounding area

The largest amount of radiation comes from the parking area near the arch dam of Engur hydropower station, as well as from the building located there.

224 panels were placed on the parking lot, and 32 on the building. The construction assembled in this area will not prevent the use of space in the old way and has the most potential in terms of receiving radiation, besides, the exposure is on the south/southwest and specifically the west sides.



Fig. 3. Solar station on parking space and building

Next to the dam, 52 panels were placed on the roof of the hotel, and it would also be interesting to cover the concrete construction specially arranged for visitors to the reservoir with panels. On average, 80 pieces will be placed.



Fig. 4. Solar station on hotel and visitor space

The left side of the body of the dam near the water intake is unfavorable and panels can be placed on the middle and right sides. The number reaches 411.

The power of the station depends on the water level. It can be placed in the water in the worst case, at the level of water intake, because the hydroelectric power station already stops working due to water scarcity. Aerial photography of different years was used for observation.

For this, a separate buffer polygon was created programmatically, which repeats the shape of the water deficit on all sides. The first part of the station was placed with 86204 panels, and the second one was given only a visual formulation, since the relief of the reservoir shows question marks here, we do not have bathymetry, and it is unclear to what extent it will be possible to protect it from the flooding of the river.

The buildings adjacent to the lower buffet are useful for 426 panels. It is necessary to calculate and specify their current physical condition, type of roofing, and slope. Later, it is possible to correct the stations and place the appropriate number.



Fig. 5. Solar panels on buildings

Conclusion

The presented work is a model, it cannot guarantee accurate and reliable results. Taking into account that the duration of sunlight in this area is low (from 1900 to 2000 per year), not completely, but partially, this area can be used, both the Reservoir and the surrounding area.

If we calculate a station consisting of 300-watt panels, we would have capacities in kilowatt-hours:

73.2 on the parking space, 9.6 on the building

Hotel - visitor space 15.6 and 24

Buildings on the lower side of the dam 127.8

123.3 megawatts on the Enguri dam and 25861.2 megawatts on the first floating project reservoir.

Depending on the size of the solar station, the nearest substation for connecting to the network is in Jvari settlement, 5 km away.

Floating panels in the reservoir are good, but recently, due to water scarcity, the hydroelectric power station has been working problematically, there is less water, and less space, creating a problem in tourism and the safety of placing the panels. While the reservoir has the conditions and time to fill itself, what is the guarantee that the material brought by the mountain river Enguri during the flood/flood season will not endanger the solar station. In the case of the existence of the Khudoni Hydropower Station, this danger would be eliminated.

REFERENCES

1. Lebedys A., D. Akande, N. Coënt, N. Elhassan, G. Escamilla, I. Arkhipova, A. Whiteman. Renewable capacity statistics. IRENA. 2022. pp. 64.
2. Hoover P., V. Vlatchkov, D. Mujirishvili. Enguri hydro power plant. USAID Energy Program. 2019, pp. 37.
3. Farfan J., C. Breyer. World's First Combination of Hydropower and Floating Solar Power Plant. 12th International Renewable Energy Storage Conference, IRES 2018. pp. 13-15.
4. Essak L.; Ghosh, A. Floating Photovoltaics: A Review. Clean Technol 4. 2022, pp. 752–769.

რეზიუმე

ენერჯის კაშხალზე და ჯვრის წყალსაცავზე მზის პანელების დაპროექტება

კაპანაძე გ.ლ., ცინაძე ზ.ო., ბაგრატიონ-დავითაშვილი ა.ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ენგურჰესის კაშხლის წყალსაცავზე მოტივტივე მზის პანელების განლაგება. შექმნილია კაშხლის წყალსაცავზე და მიმდებარე ტერიტორიაზე მზის ელექტროსადგურის მოდელი. ასევე კაშხლის ტანზე და მიმდებარე შენობებსა და სივრცეზე ასეთი პანელების განთავსება. მზის რადიაციის წლიური ინტენსივობის მიხედვით გაანგარიშებულია ამ მზის პანელების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა.

საკვანძო სიტყვები: ენგურჰესის წყალსატევი, მზის ენერჯია, მზის პანელები, მოტივტივე მზის პანელები.

„სობი 2 ჰესი“-ს ჰიდროტექნიკური კომპლექსის სამშენებლო მოედნის
საინჟინრო-ჰიდროგეოლოგიური პირობები

ნაცვლიშვილი მ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

„სობი 2 ჰესი“-ს ჰიდროტექნიკური კომპლექსის სამშენებლო მოედნის გეოლოგიური აგებულება, ძირითადად წარმოდგენილია ვულკანოგენურ-დანალექი ნალექებით – ტუფიტებით, ტუფობრექჩიებით და ტუფოქვიშაქვებით. აღნიშნული ნალექებთანაა დაკავშირებული ბაიოსის წყალშემცველ კომპლექები. აღნიშნული წყებებით აგებული კლდოვანი მასივის დიდი ნაწილი RMR-ით ფასდება როგორც „საშუალო ხარისხის“. გამოფიტვის ქერქის ზონისა და კლდოვანი მასივის ნაპრალოვანი ზონები განაპირობებენ მასივის ფილტრაციულ თვისებებს. გამოფიტვის ქერქის ეგზოგენური დანაპრალიანება ვრცელდება 50–60მ-მდე, იშვიათად 100მ სიღრმემდე

ფილტრაციული თვისებების დადგენის მიზნით ჭაბურღილებში საველე ჩასხმების, ამოტუმბვების საშუალებით, განისაზღვრა საფარი გრუნტების ფილტრაციული თვისებები. ჭაბურღილებიდან გრუნტის წყლის ამოტუმბვისას, ფილტრაციული თვისებები განისაზღვრა როგორც დონის ადგენისას ასევე წყლის დონის შენარჩუნების შემთხვევებშიც. საფარი ელუვიური გრუნტების ფილტრაციის კოეფიციენტი ჩატარებული ცდების მიხედვით მერყეობს 22მ/დღ-დან 81მ/დღ-მდე, რის მიხედვითაც საფარი გრუნტები ხასიათდება როგორც საშუალო და მაღალი ფილტრაციის. რაც შეეხება კლდოვანი მასივის ფილტრაციული თვისებების დადგენას განხორციელდა ლუჟონის ცდებით – ერთმაგი ან ორმაგი პაკერის გამოყენებით. პაკერის გამოყენებისას ხდებოდა ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა 5 ან 10 მეტრიან ინტერვალებად. ერთმაგი პაკერის გამოყენება ხდებოდა ჭაბურღილების ბურღვის პარალელურად [1].

ცალკეულ ჭაბურღილების ცალკეულ ინტერვალებში ვერ მოხერხდა ლუჟონის ცდების ჩატარება, მათი დიდი დანაპრალიანების ხარისხის გამო, ეს ცდები ინტერვალურად ებმის ტექტონიკურ რღვევებთან დაკავშირებულ ნაპრალოვან სისტემებს და მათ გავრცელებას. ეს ზონები გაცილებით უფრო წყალუხვია. ლუჟონის ცდები ჩატარდა თითქმის ყველა ჭაბურღილში. ლუჟონის მნიშვნელობების მიხედვით მასივი ძირითადად კლასიფიცირდება ე.წ. „ზომიერი“ ფილტრაციული თვისებებით, თუმცა სიღრმეში ცალკეული ინტერვალები არის „საშუალო“ და „დაბალი“ ფილტრაციული თვისებების, თუმცა სიღრმეში უფრო კლებულობს ლუჟონის მაჩვენებელი (<1) და მასივი ძალიან დაბალი ფილტრაციით ხასიათდება. წყალშთანთქმა სიღრმესთან ერთად მცირდება და ფილტრაციის კოეფიციენტი 0,7- მ/დღ-დან – 0,05 მ/დღ-დეა.

ბაიოსის პორფირიტულ წყებაში გამოიყოფა რეგიონული ეგზოგენური დანაპრალიანების ინტენსიური ცირკულაციის ზონის ნაპრალოვანი გრუნტის წყლები და ტექტონიკურ რღვევებთან დაკავშირებული ნაპრალოვან-ძარღვული მიწისქვეშა წყლები, ამ წყლებში ცალსახად გამოიყოფა, ღრმა გაძნელებული ცირკულაციის წნევიანი ნაპრალოვან-ფენებრივი და ნაპრალოვან-ძარღვული წყლები [2].

ნაპრალოვანი გრუნტის წყლების წყაროების დებიტები ცვალებადობს 0,05–0,25 ლ/წმ, ნაპრალოვან-ძარღვულისა კი – 0,4–0,7 ლ/წმ ფარგლებში, ყველაზე წყალუხვია ტუფობრექჩიები, წყაროების ჩამონადენის მოდული იცვლება 0,1–0,2-მდე ლ/წმ,კმ² ფარგლებში, ხოლო მიწისქვეშა ჩამონადენის მოდული კი საშუალოდ 5,5 ლ/წმ,კმ²-ია.

ინტენსიური ცირკულაციის ნაპრალოვან-გრუნტისა და ნაპრალოვან-ძარღვული მიწისქვეშა წყლების მინერალიზაცია 0,2–0,5 გ/ლ ფარგლებშია, საერთო სიხისტე – 1,2–5,7, კარბონატულობა – 2–2მგ/ეკვ, pH -6,5–7,5, ტემპერატურა – 10–15 °C-ია.

მონოკლინის ბოლო წარმოადგენს პორფირიტული წყების წყალშემცველი კომპლექსის ღრმა ცირკულაციის წყლების ერთგვარ განტვირთვის ზონას, რაც დასტურდება ამ ზონაში ლუგელას ტიპის წყლების თავმოყრით (მეჭენა, ლუგელა, სქური და სხვა), ის, რომ ღრმა ცირკულაციის მიწისქვეშა წყლების განტვირთვის კერები კონცენტრირებულია მონოკლინური მუხლის გასწვრივ განპირობებულია გეოლოგიური წარსულითაც, ვინაიდან ამ ზოლში, ოკრიბაში, ძმუისის რღვევის გასწვრივ დაფიქსირებულია ოზოკერიტის მრავალრიცხოვანი გამოსავლები, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ მაღალმინერალიზებულ წყალს თან ნავთობიც ახლდა [3].

წყლის სინჯების ქიმიური ანალიზის საფუძველზე [4] (ცხრ. 1), შეგვიძლია დავსკვნათ, რომ ქიმიური შედგენილობის მიხედვით მდ. ხობისწყალი არის ჰიდროკარბონატულ, ქლორიდულ, კალციუმ, ნატრიუმ-კალიუმის, ხოლო მდ. გვალაშარა ჰიდროკარბონატულ, ქლორიდულ, ნატრიუმ-კალიუმის შემადგენლობის.

ცხრილი 1. გრუნტის წყლის ქიმიური შედგენილობის ლაბორატორიული კვლევის შედეგები

პროექტი	გამონამუშევრის №	ნიმუშის №	ნიმუშის აღების თარიღი	ცდის ჩატარების თარიღი	ნიმუშის აღების სიღრმე, მ	განზომილება	შემცველობა 1 ლიტრში							PH
							ანიონები			კათიონები				
							მშრალი ნაშთი	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	$Na^+ + K^+$	
სობი 2 პესი	მდ. ხობისწყალი	1	8/21/2021	9/25/2021	0,50	მგ-ლ	563.06	366.17	153.29	10.36	108.21	10.98	97.13	7.14
						მგ-ექვ	6.00	4.32	0.22	5.40	0.90	4.24		
						მგ-ექვ	56.94	41.01	2.05	51.23	8.57	40.20		
სობი 2 პესი	მდ. გვალაშარა	2	8/21/2021	9/25/2021	0,30	მგ-ლ	1570.06	500.24	714.69	9.56	80.22	54.76	460.71	7.11
						მგ-ექვ	8.20	20.15	0.20	4.00	4.50	20.05		
						მგ-ექვ	28.72	70.59	0.70	14.02	15.77	70.21		

წყლის აგრესიულობის ხარისხის ბეტონის მიმართ (ცხრ. 2), ორივე ნიმუშისათვის აგრესიულობის მაჩვენებელი წყალბადიონის მიმართ, W4 ბეტონის მარკა წყალშელწვეადობის მიხედვით არის სუსტი, განლაგებული ქანებში $K_f < 0,1$ მ/დღ.

ცხრილი 2. წყლის აგრესიულობის ხარისხი ბეტონის მიმართ

პროექტი	გამონამუშევრის №	ნიმუშის №	ნიმუშების აღების სიღრმე, მ	აგრესიულობის მაჩვენებლები	წყლის აგრესიულობის ხარისხი ნაგებობებისადმი СНиП 2.03.11-85							
					განლაგებულ ქანებში $K_f > 0.1$ მ/დღ.ღ			განლაგებულ ქანებში $K_f < 0.1$ მ/დღ.ღ				
					ბეტონის მარკა			წყალშედწვეადობის მიხედვით				
					W4	W6	W8	W4	W6	W8		
სობი 2 პეხი	მდ. ხობის წყალი	1	0,50	ბიკარბონატული სიხისტე, მგ-ექვ/ლ	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
				წყალბადიონის მაჩვენებელი	არა	არა	არა	სუსტი	არა	არა		
				აგრესიული ნახშირმუავას შემცველობა, მგ/ლ	-	-	არა	-	-	არა		
				მაგნეზიალური მარილების შემცველობა, მგ/ლ	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
				ამონიუმის მარილების შემცველობა, მგ/ლ	-	-	-	-	-	-		
				მაღალი ტუტიანობის შემცველობა, მგ/ლ	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
				სულფატები ბეტონებისათვის СНиП 2.03.11-85 (табл. 6)								
				პორტლანდცემენტი (ГОСТ10178-76)	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
				წიდაპორტლანდცემენტი	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
				სულფატმედეგო ცემენტი	არა	არა	არა	არა	არა	არა		

პროექტი	გამონამუშევრის №	ნიმუშის №	ნიმუშების აღების სიღრმე, მ	აგრესიულობის მაჩვენებლები	წყლის აგრესიულობის ხარისხი ნაგებობებისადმი СНиП 2.03.11-85							
					განლაგებულ ქანებში $K_f > 0.1$ მ/დღ.ღ			განლაგებულ ქანებში $K_f < 0.1$ მ/დღ.ღ				
					ბეტონის მარკა			წყალშედწვეადობის მიხედვით				
					W4	W6	W8	W4	W6	W8		
სობი 2 პეხი	მდ. გვალაშარა	2	0,30	ბიკარბონატული სიხისტე, მგ-ექვ/ლ	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
				წყალბადიონის მაჩვენებელი	არა	არა	არა	სუსტი	არა	არა		
				აგრესიული ნახშირმუავას შემცველობა, მგ/ლ	-	-	არა	-	-	არა		
				მაგნეზიალური მარილების შემცველობა, მგ/ლ	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
				ამონიუმის მარილების შემცველობა, მგ/ლ	-	-	-	-	-	-		
				მაღალი ტუტიანობის შემცველობა, მგ/ლ	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
				სულფატები ბეტონებისათვის СНиП 2.03.11-85								
				პორტლანდცემენტი (ГОСТ10178-76)	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
				წიდაპორტლანდცემენტი	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
				სულფატმედეგო ცემენტი	არა	არა	არა	არა	არა	არა		

წყლის აგრესიული ზემოქმედების ხარისხი რკინა-ბეტონის არმატურაზე (ცხრ. 3), მდ. ხობისწყალის შემთხვევაში პერიოდულად დასველებით არის სუსტი, ქანების აგრესიული ზემოქმედების ხარისხი ნახშირბადიან ფოლადზე, გრუნტის წყლის დონის დაბლა იმ ქანებისათვის რომელთა ფილტრაციის კოეფიციენტი $>0,1$ მ/დღე-ღამეში არის საშუალო. რაც შეეხება მდ. გვალაშარას წყლის აგრესიული ზემოქმედების ხარისხი რკინა-ბეტონის არმატურაზე (ცხრ. 3), პერიოდულად დასველებით არის საშუალო, ხოლო ქანების აგრესიული ზემოქმედების ხარისხი ნახშირბადიან ფოლადზე, გრუნტის წყლის დონის დაბლა იმ ქანებისათვის რომელთა ფილტრაციის კოეფიციენტი $>0,1$ მ/დღე-ღამეში არის ასევე საშუალო.

ცხრილი 3. გარემოს აგრესიული ზემოქმედების ხარისხი მეტალის კონსტრუქციებზე

პროექტი	გამონამუშევრის №	ნიმუშის №	ნიმუშების აღების სიღრმე, მ	წყლის აგრესიული ხარისხი		ქანების აგრესიული ზემოქმედების ხარისხი ნახშირბადიან ფოლადზე, გრუნტის წყლის დონის დაბლა იმ ქანებისათვის რომელთა ფილტრაციის კოეფიციენტი $>0,1$ მ/დღე-ღამეში СНиП 2.03.11-85
				მუდმივად წყალში	პერიოდულად დასველებით	
ხობი 2 ჰესი	მდ.ხობისწყალი	1	0.5	არა	სუსტი	საშუალო
ხობი 2 ჰესი	მდ.გვალაშარა	2	0.3	არა	საშუალო	საშუალო

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ

- ქიმიური შედგენილობის მიხედვით მდ. ხობისწყალი არის ჰიდრო-კარბონატულ, ქლორიდულ, კალციუმ, ნატრიუმ-კალიუმიანი;
- ქიმიური შედგენილობის მიხედვით მდ. გვალაშარა ჰიდროკარბონატულ, ქლორიდულ, ნატრიუმ-კალიუმიანი შემადგენლობის;
- ლუჟონის მნიშვნელობების მიხედვით მასივი ძირითადად კლასიფიცირდება ე.წ. „ზომიერი“ ფილტრაციული თვისებებით, თუმცა სიღრმეში ცალკეული ინტერვალები არის „საშუალო“ და „დაბალი“ ფილტრაციული თვისებებით, თუმცა სიღრმეში უფრო კლებულობს ლუჟონის მაჩვენებელი (<1) და მასივი ძალიან დაბალი ფილტრაციით ხასითდება, წყალშთანთქმა სიღრმესთან ერთად მცირდება და ფილტრაციის კოეფიციენტი 0,7- მ/დღ-დან - 0,05 მ/დღ-დეა.
- წყლის აგრესიულობის ხარისხის ბეტონის მიმართ, ორივე ნიმუშისათვის აგრესიულობის მაჩვენებელი წყალბადონის მიმართ, W4 ბეტონის მარკა წყალშელ-წვეადობის მიხედვით არის სუსტი, განლაგებული ქანებში $K_f < 0,1$ მ/დღ.დ;
- წყლის აგრესიული ზემოქმედების ხარისხი რკინა-ბეტონის არმატურაზე, მდ. ხობისწყალის შემთხვევაში პერიოდულად დასველებით არის სუსტი, ქანების აგრესიული ზემოქმედების ხარისხი ნახშირბადიან ფოლადზე, გრუნტის წყლის დონის დაბლა იმ ქანებისათვის რომელთა ფილტრაციის კოეფიციენტი $>0,1$ მ/დღე-ღამეში არის საშუალო;
- მდ. გვალაშარას წყლის აგრესიული ზემოქმედების ხარისხი რკინა-ბეტონის არმატურაზე, პერიოდულად დასველებით არის საშუალო, ხოლო ქანების აგრესიული ზემოქმედების ხარისხი ნახშირბადიან ფოლადზე, გრუნტის წყლის დონის დაბლა იმ

ქანებისათვის რომელთა ფილტრაციის კოეფიციენტი $>0,1$ მ/დღე-ღამეში არის ასევე საშუალო.

ლიტერატურა

1. Burt G. Look. Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables. //Consulting Geotechnical Engineer. Taylor & Francis/Balkema, 2007.
2. Гидрогеология СССР, т. X, Грузинская ССР, редактор тома И.М. Буачидзе. -Москва, Недра, 1970.
3. Геология СССР, т. X. Грузинская ССР, редактор П.Д. Гамкрелидзе. -Москва, Недра, 1964.
4. СНиП 2.03.11-85- Защита строительных конструкций от коррозии.

SUMMARY

ENGINEERING-HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF CONSTRUCTION SITE OF "KHOBİ 2 HPP" HYDROTECHNICAL COMPLEX

Natsvlshvili M.G.

Georgian Technical University

The article covers studying engineering-hydrogeological conditions of the construction site of “Khobi 2 HPP” hydrotechnical complex and its adjacent territory water-bearing complex. For stating filtration properties of rock massif Lugeon tests were performed in single boreholes drilled at the Complex territory with using single or double packer. Filtration properties were determined for cover soils as well with field test infusions and pumping. Chemical content of waters of the rivers Khobistskali and Gvalashara and their single tributaries as well as ground waters observed in the boreholes were studied in laboratory.

Keywords: Hydrogeology, water chemistry, chemical analysis, fracturing system.

მიკროჰესების ჰიდროტურბინის ტიპის შერჩევის პრინციპი

ჯონაძე პ.დ., გოქაძე დ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

საქართველოში 25 074 მდინარეა, საერთო სიგრძით დაახლოებით 60 ათასი კილომეტრი, მათგან ენერგეტიკული ღირებულება 2500-ზე მეტ მდინარეს გააჩნია, რაც იმას ნიშნავს, რომ მათზე შესაძლებელია შეიქმნას ისეთი უბნები, რომლებზედაც საკმარისი წყლის ხარჯი და დონეთა სხვაობა (დაწნევა) საშუალებას იძლევა აიგოს ისეთი დადგმული სიმძლავრის მქონე ჰესი, რომლის მიერ გამოიმუშავებული ენერჯის გაყიდვა ეკონომიკურად რენტაბელური იქნება და გამოიწვევს ინვესტორის დაინტერესებას. რაც შეეხება მცირეწყლიან მდინარეებს, რომლებიც წარმოადგენენ შედარებით წყალუხვი მდინარეების შენაკადებს, მათი პოტენციალის გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ პიკო- (დადგმული სიმძლავრე < 5 კვტ) და მიკროჰესების (დადგმული სიმძლავრე 5–100 კვტ) საშუალებით, რაც შესაძლებლობას იძლევა საგრძნობლად გაიზარდოს საქართველოს ჰიდრორესურსების ათვისება.

მიკროჰესების პროექტების განვითარებას გააჩნია სხვა უპირატესობებიც, კერძოდ მათი აგების ნებართვის მისაღებად არ მოითხოვება სოციალურ და ბუნებრივ გარემოზე ზემოქმედების კვლევის ოქმის შედგენა, რომელიც უნდა შეადგინოს კომპეტენტურმა ორგანიზაციამ და რაც მოითხოვს საკმაოდ დანახარჯებს. ეს შედგავთი საგრძნობლად ამცირებს მიკროჰესის პროექტის რეალიზებაზე გაწეულ დანახარჯებს და შესაბამისად ზრდის ხელმისაწვდომობას მცირე საწარმოებისთვის, ფერმებისთვის და ადამიანთა ჯგუფებისთვის. მეორეს მხრივ, მიკროჰესზე შეიძლება დამონტაჟდეს ორმხრივი აღრიცხვის მრიცხველი და ქსელში გაიცეს (გაიყიდოს) ჭარბი ენერჯია, რაც დამატებითი შემოსავლების წყაროს წარმოადგენს.

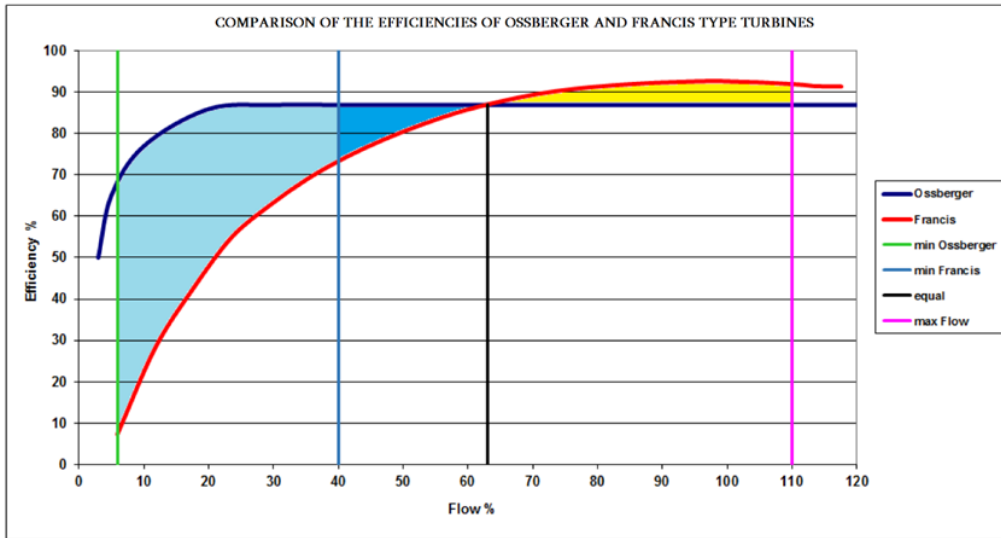
1. მიკროჰესის ჰიდროტურბინის შერჩევის პრინციპი

ნებისმიერი ჰესის აგრეგატის (ტურბინა-გენერატორის ერთობლიობის) მუშაობა ეფუძნება წყლის პოტენციალური ენერჯის გამოყენებას, რომლითაც ხორციელდება ჰესის დადგმული სიმძლავრის შეფასება შემდეგი ფორმულით საშუალებით [1–5]:

$$P_{HPP} = 9,81 \cdot Q_{HPP} \cdot H_{net} \cdot \eta_{turb} \cdot \eta_{gen}$$

სადაც: Q_{HPP} – ჰესის საანგარიშო ხარჯია; H_{net} – ჰესის წმინდა დაწნევაა ჰესის საანგარიშო ხარჯისათვის; η_{turb} – ჰიდროტურბინის მარგი ქმედების კოეფიციენტი (მქკ) ტურბინის საანგარიშო ხარჯისათვის (Q_{turb}); η_{gen} – ჰიდროგენერატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

ფორმულიდან აშკარად ჩანს, რომ რაც მეტი იქნება ტურბინის მქკ, მით მეტი იქნება ჰესის დადგმული სიმძლავრე, მაგრამ ეს ყოველთვის არ ნიშნავს, რომ ამ შემთხვევაში აგრეგატის მიერ გამოიმუშავებული ენერჯია იქნება მაქსიმალური. ამ ფაქტის ასახსნელად განვიხილოთ საქართველოში ყველაზე ხშირად გამოყენებული ფრენსისის ტიპის ტურბინის მქკ-ს დამოკიდებულება ტურბინაში გამავალ ხარჯზე, რომელიც გამოსახულია საანგარიშო ხარჯის პროცენტებში (ნახ. 1).

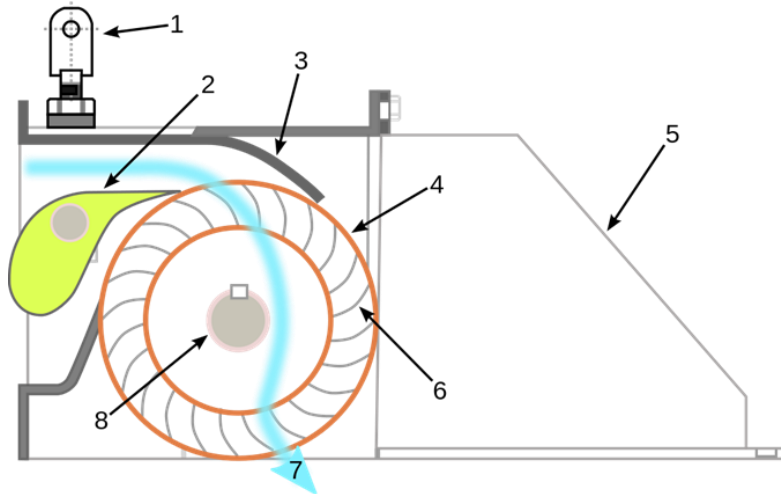


ნახ. 1. ოზბერგერისა და ფრენსისის ტიპის ტურბინების მქკ-ების შედარება

საანგარიშო ხარჯზე ფრენსისის ტიპის ტურბინის მქკ აღწევს 93%-ს; საანგარიშო ხარჯის 72%-ისთვის მისი მქკ 90%-ზე ნაკლები ხდება, ხოლო საანგარიშო ხარჯის 40%-ზე ნაკლები ხარჯისთვის (ე.წ. მინიმალური ტექნიკური ხარჯი) ტურბინა უნდა გაითიშოს, რომ არ დაზიანდეს გადაამეტებული ვიბრაციისაგან. ამრიგად მინიმალურ ტექნიკურ ხარჯზე ნაკლები ხარჯებისთვის ადგილი აქვს დანაკარგებს აგრეთვე მოცდენებისგან. დანაკარგების კომპენსირებას მცირე ჰესებში აწარმოებენ სხვადასხვა საანგარიშო ხარჯის მქონე რამოდენიმე ტურბინის გამოყენებით, მაგრამ ასეთი მიდგომის გამოყენებას მიკრო-ჰესის შემთხვევაში აზრი არ აქვს, ვინაიდან ჰესის პროექტი საგრძნობლად ძვირდება.

მეორე ტურბინა, რომელსაც იშვიათად იყენებენ შედარებით დაბალი მქკ-ს გამო (86–87%), არის ე.წ. ჯვარედინი ნაკადის ტურბინა (Crossflow Turbine) რომელიც ცნობილია, როგორც ორკამერიანი ბანკის ტიპის ტურბინა ან ოზბერგერის ტიპის ტურბინა. ამ ტურბინის ერთი კამერა გათვალისწინებულია ტურბინის სრული ხარჯის 1/3-ის გატარებაზე, მეორე კამერა კი 2/3-ის გატარებაზე, ორივე კამერა მოქმედებაში შედის როცა ტურბინაში გადის საანგარიშო ხარჯის 2/3-ზე მეტი. ფაქტობრივად ერთ ტურბინაში გაერთიანებულია სამი ტურბინა, რის გამოც მისი მინიმალური ტექნიკური ხარჯი შეადგენს ტურბინის საანგარიშო ხარჯის 6-8%-ს, რის გამოც მისი მქკ-ს დამოკიდებულება ტურბინაში გამავალ ხარჯზე მაქსიმუმს აღწევს საანგარიშო ხარჯის 22%-ზე მეტი ხარჯისთვის, შესაბამისად დანაკარგები მოცდენებზე გაცილებით ნაკლებია, ხოლო გამომუშავებული ენერჯია ჯამში მეტი (ნახ. 1). ამრიგად ოზბერგერის ტიპის ტურბინის გამოყენება იმ შემთხვევებში როცა მდინარის მოდინება სეზონურად საგრძნობ ფარგლებში იცვლება შედარებით მომგებიანია.

ოზბერგერის ტიპის ტურბინას გააჩნია სხვა უპირატესობები, კერძოდ: შედარებით დაბალი ფასი; მისი გამოყენება შესაძლებელია 3-დან 200 მეტრამდე დაწნევისთვის და 0,20 მ³/წმ ხარჯიდან 7 მ³/წმ ხარჯამდე; ხასიათდება დაბალი ბრუნთარიცხვით, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის საკისრების მუშაობის ხანგრძლივობას; ფრენსისის და კაპლანის ტიპის ტურბინებისგან განსხვავებით არ ახასიათებს კავიტაცია, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის მისი მუშა თვალის ექსპლუატაციის ხანგრძლივობას; ფრენსისის ტიპის ტურბინისგან განსხვავებით ოზბერგერის ტიპის ტურბინის მუშა თვალს ახასიათებს თვით რეცხვის პრინციპი, ანუ ტურბინის მუშაობას ვერ აფერხებს მდინარეში შეტვივრებული ნატანი (მაგალითად ფოთლები), რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს მოცდენებისგან დანაკარგებს და აიოლებს ტურბინის ექსპლუატაციას (ნახ. 2).



ნახ. 2. წყლის ნაკადის სვლა ოზბერგერის ტიპის ტურბინაში, თვით რეცხვის პრინციპი

დასკვნა

მოსაზრება, რომ რაც უფრო მეტია საანგარიშო ხარჯისთვის ტურბინის მარგი ქმედების კოეფიციენტის მნიშვნელობა, მით მეტი იქნება ჰეს-ის საშუალო წლიური გამომუშავება, ყოველთვის ვერ ამართლებს, განსაკუთრებით მაშინ, როცა ჰესი მუშაობს მდინარის ბუნებრივ მოდინებაზე (Run-of-The-River) და მით უმეტეს როცა ჰეს-ში დადგმულია მხოლოდ ერთი აგრეგატი, მაგალითად მიკროჰეს-ში. მიკროჰესის პროექტის ღირებულება რაც შეიძლება მინიმალური უნდა იქნეს, გამომუშავებული სიმძლავრის ჭარბი ნაწილის (თუ ასეთს აქვს ადგილი) რეალიზებიდან მიღებული შემოსავლების სიმცირის გამო შეუძლებელია ჰესის მომსახურე ტექნიკური პერსონალის დაქირავება, ამიტომ მიკროჰესის ექსპლუატაცია მაქსიმალურად უნდა იქნეს გამარტივებული, ყოველივე ამის შესაძლებლობას კი იძლევა ოზბერგერის ტიპის ტურბინის გამოყენება.

ლიტერატურა

1. Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant. European Small Hydropower Association – ESHA, 2004, 286 p.
2. Celso Penche. Layman’s Handbook on how to develop a Small Hydro Site (Second Edition). European Small Hydropower Association – ESHA, Commission of the European Communities – Directorate-General for Energy (DG XVII), 1998, -266 p.
3. Small Hydro Power Development. A Manual for Project Developers in Georgia. Developed by: Norsk Energy, Gauldal Consult, Energy Efficiency Center, Georgia, 2010, -48 p.
4. Helena Ramos. Guideline for Design of Small Hydropower plants. Western Energy Agency & Network (WREAN), Department of Economic Development (DED), Belfast, North Ireland, 2000, 210 p.
5. მცირე ჰიდროელექტროსადგურების განვითარება, სახელმძღვანელო საქართველოში პროექტების შემუშავებელი პირებისათვის. ნორსკ ენერჯი, გაუდალ კონსულტ საქართველო, ენერგოეფექტურობის ცენტრი. 2010, 53 გვ.
6. საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება №10 2014 წლის 17 აპრილი ქ. თბილისი „ქსელის წესების“ დამტკიცების შესახებ. თბილისი 2014, 46 გვ.

**SUMMARY
THE PRINCIPLE OF CHOOSING THE TYPE OF HYDRO TURBINES OF MICRO-HPP**

**Jokhadze P.D. and Gokadze D.G.
Georgian Technical University**

This article discusses the role of micro-HPPs with an installed capacity of up to 100 kW in the of water resources development small rivers in Georgia. The principle of choosing a two-chamber crossflow type turbine (Ossberger type turbine) for a micro-HPP is discussed; The advantages of this type of turbine are described.

Keywords: micro hydropower, hydropower turbines, control systems.

სადაწნეო საკანში წყლის ნაკადის ტურბულენტური რეჟიმის თეორიული მახასიათებლები

ბიბილეიშვილი გ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., კეჭერაშვილი მ.გ.,
გოგესაშვილი ნ.ნ., ებანოძე ლ.ო.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

ბარომემბრანული პროცესები (მიკრო-, ულტრა-, ნანოფილტრაცია, უკუოსმოსი) გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი პირობების უზრუნველსაყოფად ეფექტური საშუალებაა დაბინძურებული ბუნებრივი და ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად. ბუნებრივი წყლებიდან მაღალხარისხოვანი სასმელი წყლის მისაღებად მემბრანული დანადგარის სტაბილური მუშაობის პირობებისა და მაღალი წარმადობის მისაღწევად საჭიროა სათანადო ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების შემუშავება [1-3].

ჰიდროდინამიკური მახასიათებლებისათვის გამოთვლილია ტურბულენტური მოძრაობის კრიტიკული მნიშვნელობები, წყლის საშუალო სიჩქარეებისა და სადაწნეო საკნის სიმაღლეებისათვის [3-5].

ტურბულენტური ნაკადის განხორციელების გზით ტანგენციალური ბარომემბრანული პროცესის თეორიული კვლევისათვის გამოვიყენოთ რეინოლდსის რიცხვის ფორმულა:

$$Re = \frac{vd}{\nu} \quad (1)$$

სადაც ν სადაწნეო საკანში სითხის საშუალო სიჩქარეა, d – ჰიდრაულიკური დიამეტრია, ν – სითხის კინემატიკური სიბლანტე.

განვიხილოთ წყლის ნაკადი, რომლის კინემატიკური სიბლანტის კოეფიციენტი 20 °C-ზე $\nu=1,004\text{მმ}^2/\text{წმ}=1,004\times 10^{-6} \text{მ}^2/\text{წმ}$.

ფორმულა (1)-ში ჰიდრაულიკური დიამეტრის საანგარიშოდ საჭიროა სადაწნეო საკნის სიგანე B , სიგრძე l , სიმაღლე h , შემავალი კვეთის ფართი $F = B \times h$; ჰიდრაულიკური რადიუსი $R = \frac{F}{\chi}$; სველი პერიმეტრი $\chi = 2B + 2h$; შემავალი

წყლის ხარჯი $Q = \nu \times h$; ცნობილია, რომ კვეთში ჰიდრაულიკური დიამეტრი არაწრიული კვეთებისათვის ტოლია $d = 4 \times R$. გარდა ამისა, საანგარიშოდ სიდიდეები იქნება განსხვავებული სადაწნეო საკნის სიმაღლეებისათვის.

სადაწნეო საკნის ზომებია:

სიგანე $B = 46,5\text{მმ} = 46,5 \times 10^{-3} \text{მ}$;

სიგრძე $l = 96\text{მმ} = 96 \times 10^{-3} \text{მ}$;

სიმაღლეები: 1) $h = 0,2\text{მმ} = 0,2 \times 10^{-3} \text{მ}$; 2) $h = 0,4\text{მმ} = 0,4 \times 10^{-3} \text{მ}$;

3) $h = 0,6\text{მმ} = 0,6 \times 10^{-3} \text{მ}$; 4) $h = 1\text{მმ} = 1 \times 10^{-3} \text{მ}$.

ფორმულა (1)-ის მიხედვით, ცხრილში მოყვანილია Re რიცხვი სადაწნეო საკანში სითხის სიჩქარეებისთვის: 1 მ/წმ, 1,19 მ/წმ, 1,5 მ/წმ, 2 მ/წმ, 3 მ/წმ, 4 მ/წმ, 5,5 მ/წმ, 6 მ/წმ და შესასვლელ კვეთში წყლის ხარჯი Q.

Re რიცხვები, ხარჯები Q, სადაწნო საკანში განსხვავებული სიმაღლეებისა და სითვის სიჩქარეებისათვის.

ν (მ ² /წმ)	1	1,19	1,5	2	3	4	5,5	6
h=0,280 მ	$F=B \times h = 46,5 \times 0,2 = 9,300 \text{ მ}^2 = 9,3 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi = 2B+2h = 93+0,4 = 93,400 = 93,4 \times 10^{-3}$; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{9,3}{93,4} \approx 0,0995700 = 0,09957 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d = 4 \times R = 0,3982280 = 0,39822 \times 10^{-3} \text{ მ}$							
$\nu \times d$ (მ)	$0,398 \times 10^{-3}$	$0,47 \times 10^{-3}$	$0,597 \times 10^{-3}$	$0,796 \times 10^{-3}$	$1,194 \times 10^{-3}$	$1,592 \times 10^{-3}$	$2,190 \times 10^{-3}$	$2,3892 \times 10^{-3}$
Re	396,7	470	595	793,4	1189,8	1586,4	2181	2379,6
Q(მ ³ /წმ)	$9,3 \times 10^{-6}$	11×10^{-6}	$13,9 \times 10^{-6}$	$18,6 \times 10^{-6}$	$27,9 \times 10^{-6}$	$37,2 \times 10^{-6}$	$51,1 \times 10^{-6}$	$55,81 \times 10^{-6}$
h=0,480 მ	$F=B \times h = 46,5 \times 0,4 = 18,600 \text{ მ}^2 = 18,6 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi = 2B+2h = 93+0,8 = 93,800 = 93,8 \times 10^{-3}$; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{18,6}{93,8} \approx 0,198200 = 0,1982 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d = 4 \times R = 0,793100 = 0,7931 \times 10^{-3} \text{ მ}$.							
$\nu \times d$ (მ)	$0,793 \times 10^{-3}$	$0,94 \times 10^{-3}$	$1,189 \times 10^{-3}$	$1,586 \times 10^{-3}$	$2,379 \times 10^{-3}$	$3,172 \times 10^{-3}$	$4,362 \times 10^{-3}$	$4,758 \times 10^{-3}$
Re	790	940	1189	1580	2369	3159	4344	4739
Q(მ ³ /წმ)	$18,6 \times 10^{-6}$	$22,1 \times 10^{-6}$	$27,9 \times 10^{-6}$	$37,2 \times 10^{-6}$	$55,8 \times 10^{-6}$	$74,4 \times 10^{-6}$	102×10^{-6}	111×10^{-6}
h=0,680 მ	$F=B \times h = 0,6 \times 46,5 = 27,900 \text{ მ}^2 = 27,9 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi = 2(h+B) = 2(0,6+46,5) = 94,200 = 94,2 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{27,9}{94,2} \approx 0,2962 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d = 4 \times R = 1,1847 \times 10^{-3} \text{ მ}$.							
$\nu \times d$ (მ)	$1,184 \times 10^{-3}$	$1,41 \times 10^{-3}$	$1,776 \times 10^{-3}$	$2,368 \times 10^{-3}$	$3,552 \times 10^{-3}$	$4,736 \times 10^{-3}$	$6,512 \times 10^{-3}$	$7,103 \times 10^{-3}$
Re	1179	1400	1768	2359	3537	4717	6486	7075
Q(მ ³ /წმ)	$27,1 \times 10^{-6}$	$33,2 \times 10^{-6}$	$41,8 \times 10^{-6}$	$55,8 \times 10^{-6}$	$83,7 \times 10^{-6}$	111×10^{-6}	$153,4 \times 10^{-6}$	$167,4 \times 10^{-6}$
h=1 მ	$F=B \times h = 1 \times 46,5 = 46,500 \text{ მ}^2 = 46,5 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi = 2(h+B) = 2(1+46,5) = 95,000 = 95 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{46,5}{95} \approx 0,48947 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d = 4 \times R = 1,95788 \times 10^{-3} \text{ მ}$.							
$\nu \times d$ (მ)	$1,96 \times 10^{-3}$	$2,22 \times 10^{-3}$	$2,94 \times 10^{-3}$	$3,92 \times 10^{-3}$	$5,88 \times 10^{-3}$	$7,84 \times 10^{-3}$	$10,78 \times 10^{-3}$	$11,76 \times 10^{-3}$
Re	1950	2320	2930	3900	5860	7840	10740	11710
Q(მ ³ /წმ)	$46,5 \times 10^{-6}$	$55,5 \times 10^{-6}$	$69,7 \times 10^{-6}$	$93,0 \times 10^{-6}$	$139,5 \times 10^{-6}$	186×10^{-6}	$255,7 \times 10^{-6}$	279×10^{-6}

ცხრილის მონაცემების მიხედვით სადაწნო საკანში სხვადასხვა სიმაღლეებისთვის ტურბულენტური რეჟიმი მყარდება სიჩქარის შემდეგი მნიშვნელობებისათვის:

- 1) $h = 0,2 \text{ მ} \Rightarrow 0,2 \times 10^{-3} \text{ მ} > 6 \text{ მ/წმ}$; 2) $h = 0,4 \text{ მ} \Rightarrow 0,4 \times 10^{-3} \text{ მ} > 3 \text{ მ/წმ}$;
- 3) $h = 0,6 \text{ მ} \Rightarrow 0,6 \times 10^{-3} \text{ მ} > 2 \text{ მ/წმ}$; 4) $h = 1 \text{ მ} \Rightarrow 1 \times 10^{-3} \text{ მ} > 1,19 \text{ მ/წმ}$.

ნაშრომში თეორიული კვლევების საფუძველზე გამოკვეთილია სადაწნო საკანის შემავალი კვეთებისათვის რეინოლდსის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობები, რაც განაპირობებს ტურბულენტური ნაკადისათვის განსხვავებული სიდიდის სიჩქარეს. დადგინდა, რომ ტურბულენტური მოძრაობისთვის სადაწნო საკანის შემავალი

კვეთის ფართის მატება, განაპირობებს რეინოლდსის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობის კლებას, რაც ენერგოეფექტურობის მაჩვენებლის ოპტიმიზაციის წინა პირობაა.

ლიტერატურა

1. Слезкин Н. А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. - М.: Техничко-теоретической литературы, 1955, 520 с.
2. Venkiteshwaran A. and Belfort, G. Process optimization diagrams for membrane mikrofiltration, //J. Membrane Science, 2010, 357 (1-2), pp. 105-108.
3. <https://doi.org/10.1002/ange.201809548>
4. Вопросы по модулю «Прикладные математика и физика» 1 <https://www.spbstu.ru> > upload > eqc > applied-m...
5. გ. ბიბილეიშვილი, ლ. ყუფარაძე. წყლის, თეთრი და წითელი ღვინის მიკროფილტრაციის პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა ჰიბრიდული ნაკადის პირობებში. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2022, № 2, ტ.96, გვ.84-86

SUMMARY

THEORETICAL CHARACTERIZATION OF THE TURBULENT MODE OF WATER FLOW IN THE PRESSURE CHAMBER

Bibileishvili G.V., Kufaradze L.P., Kezherashvili M.G., Gogesashvili N.N. and Ebanoidze L.O.

Engineering Institute of Membrane Technologies of Georgian Technical University

In order to obtain high-quality drinking water from natural waters, appropriate hydrodynamic characteristics were developed to ensure stable operating conditions and high performance of the membrane unit. It was determined that the increase in the inlet cross-sectional area of the pressure chamber for turbulent motion leads to a decrease in the critical value of the Reynolds number, which is a precondition for the optimization of the energy efficiency index.

Keywords: turbulent flow, velocity, baromembrane processes

ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ნანოფილტრაციული პროცესების კვლევის
ზოგიერთი საკითხის აღბილობრივი და სამართაშორისო მდგომარეობის
ანალიზი

ბიბილეიშიგილი გ.გ., თანანაშიგილი ლ.ა., ყუფარაძე ლ.პ., კეჭერაშიგილი მ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო
ინსტიტუტი

ნაშრომში განხილულია ადგილობრივი და საერთაშორისო პატენტების ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ნანოფილტრაციული პროცესების კვლევის, მემბრანული დანადგარების, საფილტრაციო პოლიმერული მემბრანების შექმნისა და გამოყენების ზოგიერთი მეთოდი.

Nanofiltration membrane and manufacturing method therefor [1] – გამოგონება ეხება ნანოფილტრაციული მემბრანის შექმნის მეთოდს, რომელიც მზადდება პოლიამიდური ფისისგან, აქვს მოლეკულური წონა 200–1000 Da და ეთანოლის შეღწევადობის სიჩქარე 0,03 ლ/(მ²·ბარ·სთ) ან მეტი.

გამოგონებაში – Preparation method of nanofiltration membrane and nanofiltration membrane prepared by same [2] – მოცემული მეთოდით მომზადებულ ნანოფილტრაციულ მემბრანას შეუძლია სტაბილური მუშაობა დიდი ხნის განმავლობაში მაღალი წარმადობის პირობებში.

გამოგონება – Nanofiltration composite membranes comprising self-assembled supramolecular separation layer [3] – ეხება ნანოფილტრაციულ (NF) კომპოზიციურ მემბრანებს, რომელიც შედგება მინიმუმ ერთი პოლიმერული ფოროვანი სადების და გამყოფი ფენისგან, რომელიც შედგება სუპრამოლეკულური მოლეკულებისგან. ასეთი მემბრანების გამოყენებით შესაძლებელია მძიმე ლითონის კათიონების, არაორგანული ანიონებისა და ორგანული მცირე მოლეკულების გამოყოფა/ფილტრაცია/გაწმენდა, რომლებიც უზრუნველყოფენ დრმად გაწმენდილ, კრისტალურად გამჭირვალე, სტერილურ, მაღალხარისხოვანი სასმელი წყლის მიღებას.

ასიმეტრიული ინტეგრალური PAEK ნანოფილტრაციის მემბრანები განკუთვნილია ორგანული გამსხნელების ნანოფილტრაციისთვის. მათი გამოყენება და მომზადების მეთოდები წარმოდგენილია პატენტებში [4,6].

გამოგონება [5] ეხება პოლიმერული ნანოფილტრაციული მემბრანების დამზადების მეთოდს, რომელიც განკუთვნილია ორგანული მჟავების, სპირტების, სულფონური მჟავების, სულფონატების და სუსტი ფუძეებისგან შერჩეული ნაერთების შემცველი სითხეებისთვის, დაბალი კონცენტრაციების და მაღალი ტემპერატურის პირობებში.

Method for operating freshwater production device [7] – ეხება მტკნარი წყლის მისაღები დანადგარის მუშაობის მეთოდს, რომელიც შესაძლებელს ხდის გაფილტრული წყლის სტაბილური მოცულობისა და ხარისხის შენარჩუნებას.

გამოგონებაში – preparation method of poly(m-phenylene isophthalamide) hollow fiber nanofiltration membrane [8] – წარმოდგენილია პოლი(მ-ფენილენ იზოფთალამიდის) ღრუფოროვანი, ბოჭკოვანი ნანოფილტრაციული მემბრანის მომზადების მეთოდი.

ბუნებრივი წყლის გამწმენდი მემბრანული ფილტრაციის მოწყობილობები, წყლის დამუშავების, ბუნებრივ წყალში შეწონილი ნაწილაკებისა და მინარეკების მოცილების მეთოდები ნანოფილტრაციული მემბრანების გამოყენებით წარმოდგენილია პატენტებში [9,10]

ამრიგად, მოძიებულ ადგილობრივ და საერთაშორისო საპატენტო ნამუშევრებში მიმოხილულია ბუნებრივი, მტკნარი წყლის მიღების პოლიმერული ნანოფილტრაციული მემბრანები, დანადგარები და პროცესები. კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ პოლიამიდის ბაზაზე დამზადებული მიკრო-, ულტრა- და ნანოფილტრაციული მემბრანები წარმატებით გამოიყენება წყლის საფილტრაციო დანადგარებში, ხასიათ-

დება კარგი სატრანსპორტო თვისებებით, ექსპლოატაციის მაღალი ტემპერატურით, მყარი აგებულებითა და ჰიდროფილური ბუნებით.

განხილული ადგილობრივი და საერთაშორისო საპატენტო ნამუშევრები ასახავს ბუნებრივი წყლების დამუშავების დარგობრივი სპეციფიკის არსებულ მდგომარეობას მსოფლიოში და განაპირობებს ინსტიტუტში მიმდინარე სამეცნიერო კვლევებისათვის სათანადო პრიორიტეტების გამოკვეთას.

ლიტერატურა

1. Nanofiltration membrane and manufacturing method therefor TW202222413A /2022
2. Preparation method of nanofiltration membrane and nanofiltration membrane prepared by sameCN114642971A /2022
3. Nanofiltration composite membranes comprising self-assembled supramolecular separation layer US20200246761A1/2015-11-16.
4. Nanofiltration membrane WO2015110843A1/ 2014
5. Nanofiltration process with pre-treatment to enhance solute flux US20140336338A1 /2014
6. Asymmetric membranes for use in nanofiltration US8894859B2/2014
7. Method for operating freshwater production device WO2014115769A1/ 2013
8. A preparation method of poly(m-phenylene isophthalamide) hollow fiber nanofiltration membrane CN102847450A/2011
9. გ. ბიბილეიშვილი. საწარმოო მემბრანული საფილტრაციო მოწყობილობა - პატენტზე დადებითი დასკვნა №4966/10 2022- 06-30, საქმის ნომერი 869/10;
10. გ. ბიბილეიშვილი. წყლის ჩიხური და ტანგენციალური მემბრანული საფილტრაციო მოწყობილობა. პატენტზე დადებითი დასკვნა №4965/10 2022- 08-30. საქმის ნომერი 872/10;

SUMMARY

ANALYSIS OF LOCAL AND INTERNATIONAL SITUATION OF SOME RESEARCH ISSUES OF NATURAL FRESH WATER NANOFILTRATION PROCESSES

Bibileishvili G.V., Tananashvili L.A., Kufaradze L.P. and Kezherashvili M.G.

Engineering Institute of Membrane Technologies of Georgian Technical University

The analysis of some issues of local and international patents for the research of natural, fresh water nanofiltration processes, membrane devices, the creation and use of filtering polymer membranes determines the consideration of the technologies and techniques created by local and international researchers for the scientific-research works of the Institute, the basic technical level and prototypes.

Keywords: membranes, filtration device, baromembrane processes, polymers.

ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ახალი №132 ჭაბურღილის ძიებები
კვლევა 0-1000 მ სიღრმის ინტერვალში

შაგულიძე ნ.ა., აფციაური ლ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

საექსპლუატაციო რესურსების რაოდენობის გაზრდის მიზნით, ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ტერიტორიაზე განხორციელდა ახალი №132 ჭაბურღილის ბურღვითი სამუშაოები და მონიტორინგი. ახალი ჭაბურღილის შესწავლის მიზნით ჩატარდა ლაბორატორიული კვლევები და ანალიტიკური შეფასება ბურღვითი სამუშაოების ყველა ეტაპზე, კერძოდ: წყლის დინამიური და სტატიკური დონე, ტემპერატურა, დებიტი და ქიმიური შედგენილობა. ჭაბურღილის 0-1000 მ გაბურღვის პროცესში, ადგილზე გაიზომა წყლის მინერალიზაცია და ტემპერატურა. მიღებული შედეგების საფუძველზე, დადგინდა ჭაბურღილის სიღრმეს, მინერალიზაციასა და ტემპერატურას შორის კანონზომიერება, კვლევის შედეგების მიხედვით განხორციელდა ჭაბურღილის წყლის ძირითადი მახასიათებლების კორელაციური სტატისტიკური ანალიზი, დადგინდა საკვლევი წყლის კატეგორია და ტიპი.

ძირითადი ნაწილი

ახალი ჭაბურღილი №132-ის გაბურღვის ადგილად (სურ. 1 ჭაბურღილი №132 ბურღვის პროცესში) შერჩეული იქნა ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ცენტრალური უბანი, ბორჯომის ანტიკლინის ჩრდილოეთი ფრთა. ჭაბურღილი მდებარეობს №1 ჩამომსხმელი ქარხნის მიმდებარე ტერიტორიაზე, მდ. გუჯარეთის წყლის მარჯვენა ნაპირზე (კოორდინატები: X = 367338,545; Y = 4633222,447; სიმაღლე ზღვის დონიდან – 799,123 მ) [1].

№132 ჭაბურღილის ბურღვა დაიწყო 2020 წელს და ბურღვის პროცესში ნიმუშების აღება და კვლევები განხორციელდა ექვს ეტაპად:

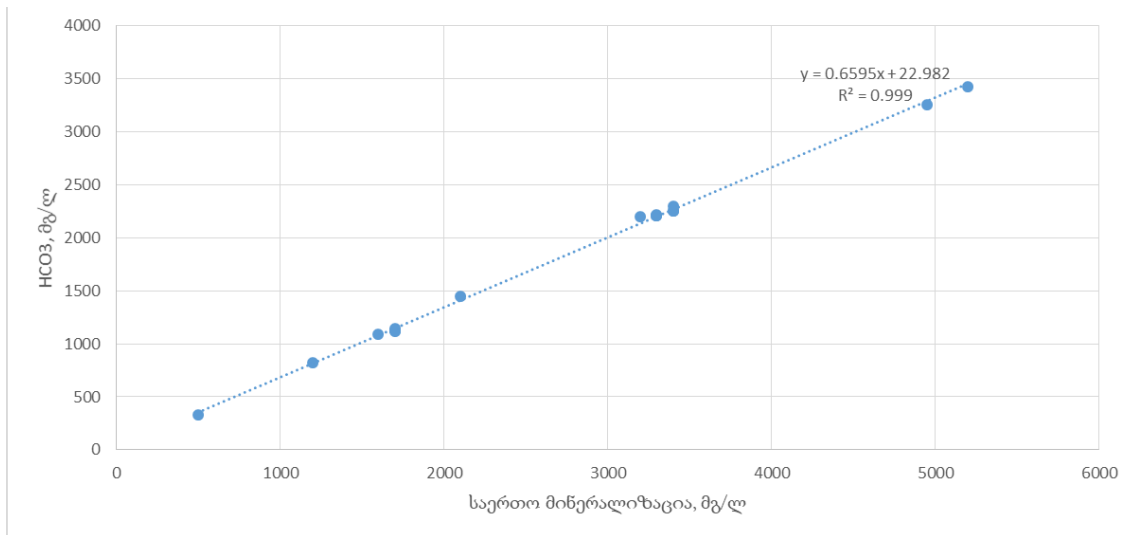
- I ეტაპი – 16,5-165,0 მ ინტერვალში;
- II ეტაპი – 16,5-360,0 მ ინტერვალში;
- III ეტაპი – დამატებითი, გაწმენდითი ტუმბვა სიღრმული ელექტრო ტუმბოს მეშვეობით, ლულის ვიდეოგადაღებისა და კაროტაჟული კვლევებისათვის მოსამზადებლად);
- IV ეტაპი – 360,0-650,0 მ ინტერვალში;
- V ეტაპი – 360,0-800,0 მ ინტერვალში;
- VI ეტაპი – (დამატებითი, 360,0–800,0 მ ინტერვალის ერლიფტით გაწმენდის შემდეგ) [1].

2020–2022 წლების პერიოდში, საცდელი ამოტუმბვების პროცესში, სულ აღებული იყო ოცდამდე ნიმუში. გამოცდები ჩატარდა ბორჯომის ჩამომსხმელი ქარხნის და დე კონსალტინგის საგამოცდო აკრედიტებულ ლაბორატორიებში. №132 ჭაბურღილის წყლის ქიმიური კვლევების შედეგების თანახმად, 2020 წლის 31 აგვისტოს აღებული სინჯი (№ 1/132) თავისი შემადგენლობით მტკნარი წყლის ტიპისაა, რომლისთვისაც დამახასიათებელია დაბალი მინერალიზაცია, 500 მგ/ლ. ბურღვის სიღრმე შემდგომში 135 მ-მდე გაიზარდა, შესაბამისად მოიმატა ამოტუმბული წყლის მინერალიზაციამაც და შეადგინა 1,3-1,6 გ/ლ. 2020 წლის დეკემბრიდან ჭაბურღილის სიღრმე გაიზარდა 360 მ-მდე. 4 დეკემბერს აღებული ნიმუშის (№4/132) საერთო მინერალიზაცია შეადგენდა 1159 მგ/ლ, ჰიდროკარბონატი – 695,4 მგ/ლ (80,79 მგ-ექვ %), ხოლო ნატრიუმის შემცველობა – 340 მგ/ლ (96,03 მგ-ექვ %). ამავე წლის 5 დეკემბერს აღებული ნიმუშის (№5/132) მინერალიზაცია შეადგენს 1182,12 მგ/ლ, ჰიდროკარბონატი – 768,6 მგ/ლ (87,62 მგ-ექვ %), ხოლო ნატრიუმის შემცველობა – 320 მგ/ლ (94,79 მგ-ექვ %). 6 დეკემბერს აღებული ნიმუშის (№6/132) მინერალიზაციაა 1217,03 მგ/ლ,

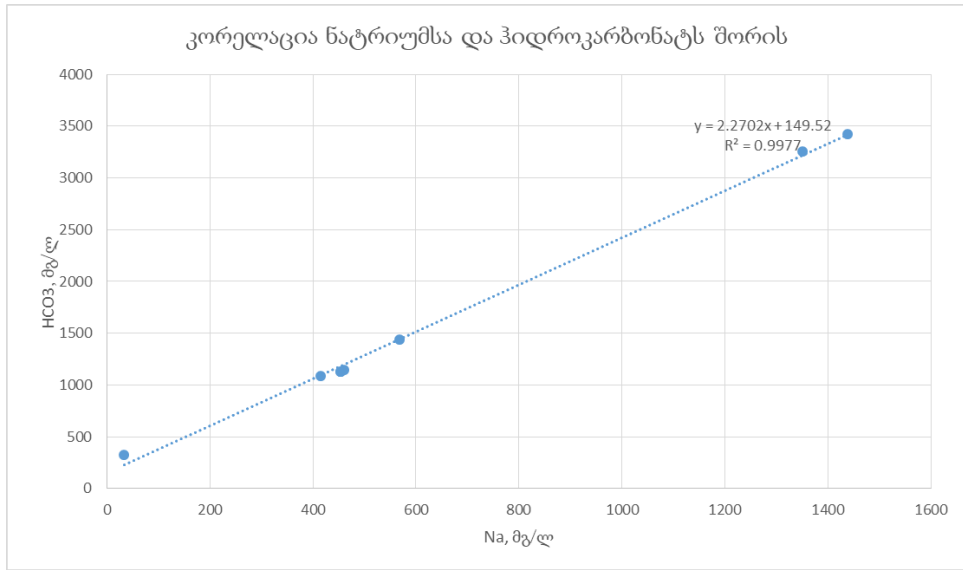
ჰიდროკარბონატის შემცველობაა – 832,65 მგ/ლ (90,21 მგ-ექვ %), ხოლო ნატრიუმის შემცველობა – 320 მგ/ლ (94,99 მგ-ექვ %). ამის შემდგომ, წყლის მინერალიზაცია საკვლევი ჭაბურღილის სიღრმის მატებასთან ერთად იმატებდა და დაახლოებით 2 გ/ლ-ს გაუტოლდა. სავარაუდოა, რომ საკვლევი ინტერვალში (360–650 მ) გამოვლენილი მიწისქვეშა წყლები, ბორჯომის დაბალმინერალიზებული მინერალური წყლების ტიპს მიეკუთვნება (ჰიდროკარბონატულ-ნატრიუმიანი მინერალური წყალი, 2–4 გ/ლ მინერალიზაციით). ბორჯომის №132 ჭაბურღილის 360–800 მ ინტერვალის ფარგლებში, 2021 წლის 20 მარტს აღებული ნიმუშის (№12/132, სიღრმული სინჯი 764 მ სიმაღლიდან) საერთო მინერალიზაცია შეადგენდა 4 950 მგ/ლ-ს, ჰიდროკარბონატი – 3 254 მგ/ლ (86,74 მგ-ექვ %), ხოლო ნატრიუმის შემცველობა – 1 351 მგ/ლ (95,59 მგ-ექვ %). 20 მარტს აღებული ნიმუშის (№13/132, სიღრმული სინჯი 758 მ სიმაღლიდან) მინერალიზაციაა 5 236,0 მგ/ლ, ჰიდროკარბონატი – 3425,0 მგ/ლ (86,22 მგ-ექვ %), ხოლო ნატრიუმის შემცველობა – 1438,6 მგ/ლ (96,13 მგ-ექვ %).

2023 წლის თებერვალში №132 ჭაბურღილზე ბურღვითი სამუშაოები კვლავ გაგრძელდა და მისი სიღრმე გაიზარდა 1000 მ-მდე. ჭაბურღილზე განხორციელდა რეცხვითი სამუშაოები 72 საათის განმავლობაში. 21 თებერვალს აღებული ნიმუშის მინერალიზაცია იყო 5074 მგ/ლ. ჰიდროკარბონატის შემცველობა – 3355 მგ/ლ (87,17 მგ-ექვ %), ხოლო ნატრიუმის – 1385 მგ/ლ (95,56 მგ-ექვ %). განხილული ნიმუშების ქიმიური მახასიათებლების საფუძველზე შესაძლებელია ვივარაუდოთ, რომ საკვლევი ინტერვალში (800-1000 მ) ამოტუმბული მიწისქვეშა წყლები, ბორჯომის მინერალური წყლების ტიპს მიეკუთვნება (ჰიდროკარბონატულ-ნატრიუმიანი მინერალური წყალი, 5–7,5 გ/ლ მინერალიზაციით) [2,3].

ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე, ბორჯომის ტიპის მინერალურ წყლებში კორელაციის [4] მაღალი ხარისხით გამოირჩეოდა შემდეგი წყვილები: ჰიდროკარბონატი და ნატრიუმი, მინერალიზაცია და ჰიდროკარბონატი (დიაგრამა1 და 2)

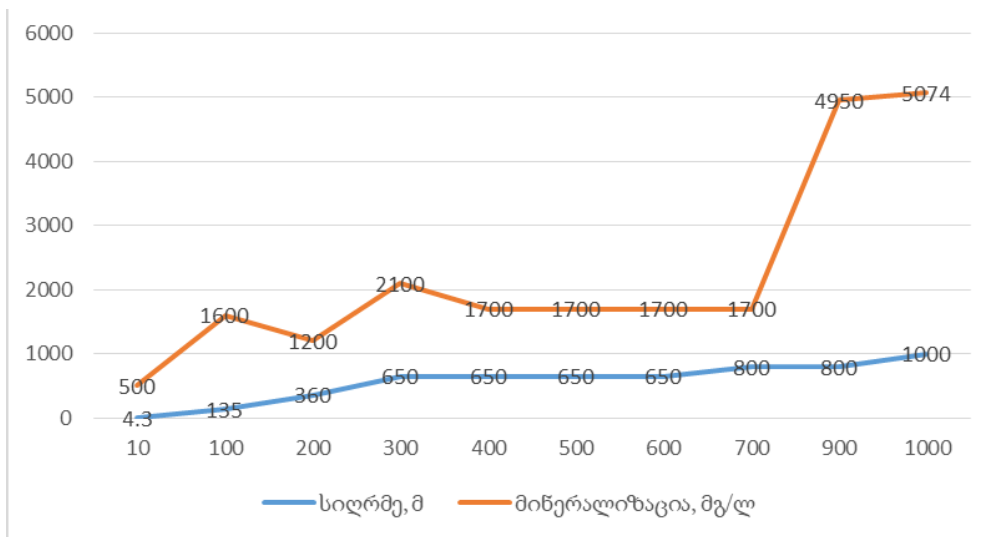


დიაგრამა 1. მინერალიზაციასა და ჰიდროკარბონატს შორის კორელაციის დიაგრამა



დიაგრამა 2. ნატრიუმსა და ჰიდროკარბონატს შორის კორელაციის დიაგრამა

№132 ჭაბურღილის ბურღვის პროცესში განხორციელებული კვლევების საფუძველზე შეინიშნებოდა გარკვეული კანონზომიერებები, კერძოდ, ჭაბურღილის სიღრმის მატებასთან ერთად წყლის საერთო მინერალიზაცია საგრძნობლად იმატებდა (დიაგრამა 3).



დიაგრამა 3. №132 ჭაბურღილის სიღრმის და მინერალიზაციის დამოკიდებულების გრაფიკი

დასკვნა

ახალი №132 ჭაბურღილის ბურღვის პროცესში განხორციელებული ქიმიური კვლევების საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

1. #132 ჭაბურღილის წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ ნატრიუმიანი მინერალური წყლის კატეგორიას, ბორჯომის ტიპს.
2. ჩატარებული კორელაციური სტატისტიკური ანალიზის მიხედვით კორელაციის მაღალი ხარისხით ხასიათდება შემდეგი წყვილები: ჰიდროკარბონატი და ნატრიუმი, მინერალიზაცია და ჰიდროკარბონატი.

3. ჭაბურღილის ღულის 780 მ-მდე განლაგებულია დაბისხევის ქვეწყების ნალექები და ამ ნალექებიდან მიღებულია მხოლოდ დაბალმინერალიზებული (2–4 გ/ლ-მდე), „ბორჯომის“ ტიპის მინერალური წყალი.

4. 780 მ-ის ქვემოთ ქვედა პალეოცენური ასაკის ნალექებიდან მიღებულია მაღალმინერალიზებული (4–5 გ/ლ) „ბორჯომის“ ტიპის მინერალური წყალი.

ლიტერატურა

1. ს. ნეფარიძე, საბიებო-საექსპლუატაციო ჰიდროგეოლოგიური ჭაბურღილი №132-ში ჩატარებული საცდელ-ფილტრაციული სამუშაოების დეტალური მიმოხილვა. თბილისი, 2023 წ. 118 გვ. სს „ბორჯომმინწყლების“ არქივი.
2. „საქართველოს ეროვნული სტანდარტი სსტ 50:2010 „წყალი ნატურალური მინერალური „ბორჯომი“ ტექნიკური პირობები“. საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე, 15/11/2010.
3. ბ. მიგინეიშვილი, ჯ. გაბუნავა, დ. ჩხაიძე, ვ. გვახარია, დ. გირგვლიანი, რ. ხარგელია და სხვები. ანგარიში ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს საექსპლუატაციო მარაგების გადათვლის შესახებ, თბილისი, 2006. ტომი I. 189 გვ.
4. Ренат Лотфуллин, Как рассчитать коэффициент корреляции в Excel. 25.08.2013

SUMMARY

CHEMICAL ANALYSIS OF BORJOMI MINERAL WATER FROM A NEW WELL NO.132 AT A DEPTH RANGE OF 0 – 1000 M

Shavgulidze N.A. and Aptsiauri L.G.

Georgian Technical University

The article describes the stages of the process of drilling the central mineral new well No. 132 of the Borjomi mineral water deposit, the results of the chemical analysis of the mineral water obtained from the well and their analysis, and the category and type of water of the developed research well. The relevance of the mentioned issues is due to the increase of exploitation resources of the Borjomi mineral water deposit.

Keywords: Borjomi mineral water deposit, mineral water, mineral water resources, chemical composition, mineralization, water category, and type, correlation.

ნიტრატ-იონებისაგან წყლის გაწმენდის ზობიერთი მეთოდის შესახებ

ქოზაშვილი თ.ი., მურჯიკნელი გ.გ., ტომარაძე ო.კ., სტეფნაძე ი.ს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

წყალი სასიცოცხლო მნიშვნელობის ბუნებრივი რესურსია ცხოველთა სამყაროს და მცენარეული საფარის არსებობისათვის. მაგრამ ამის მიუხედავად, გარკვეული მიზეზების გამო, წყლის რესურსების დიდი ნაწილი დაბინძურებულია. წყლის დაბინძურება საფრთხეს უქმნის ადამიანებს, ცხოველებს და ეკოსისტემებს მთელ დედამიწაზე.

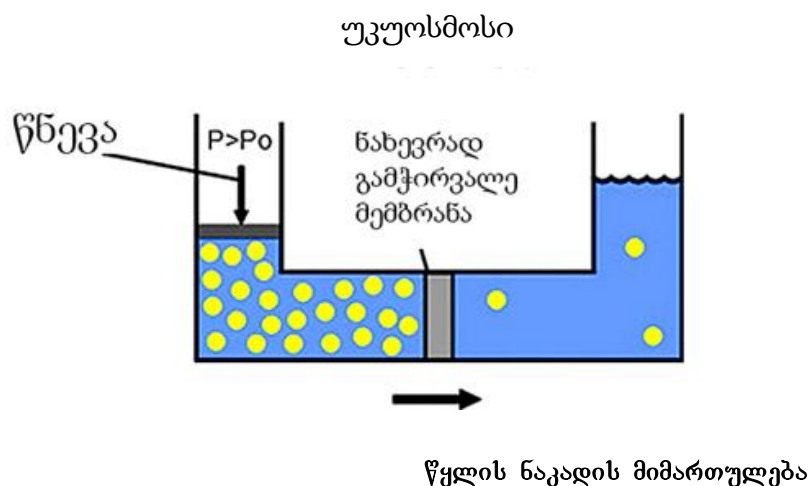
წყალი უნდა იყოს აბსოლუტურად სუფთა. ის არ უნდა შეიცავდეს სხვადასხვა მომწამლაგ ნივთიერებებს. მასში არ უნდა იყოს ქლორი და ორგანული ნაერთები, აგრეთვე მძიმე მეტალების მარილები, ნიტრატები, ნიტრიტები, მავნე ორგანული ნივთიერებები და სხვ.

იმის მიხედვით, თუ რითია დაბინძურებული წყალი, მან შეიძლება სხვადასხვა სახის დაზიანება გამოიწვიოს. ქიმიკატებით დაბინძურება ჩამდინარე წყლებით ხდება, რაც გამოწვეულია ნედლეულის მომპოვებელი მდაროების ნარჩენებით გაჟონვის შედეგად.

ჩამდინარე სამრეწველო წყლები შეიცავს უამრავი დასახელების ორგანულ და არაორგანულ ქიმიურ ნივთიერებას, რის გამოც მათგან წყლის გასუფთავების უნივერსალური მეთოდები არ არსებობს. ამიტომ ჩამდინარე წყლებში იმისდა მიხედვით რა ნივთიერებებია გახსნილი და რა კონცენტრაციით, ირჩევენ გაწმენდის სხვადასხვა მეთოდებს კონკრეტული შემთხვევისათვის [1-4].

გარემოს დაბინძურების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი წყაროა ნიტრატები, რომლებსაც სასუქები შეიცავს. ისინი ადამიანების სასოფლო-სამეურნეო აქტივობის ტოქსიკური კომპონენტებია, რომელიც ორგანიზმში გარდა საკვები პროდუქტებისა, შეიძლება სასმელი წყლითაც მოხვდეს. ნიტრატების დასაშვები ნორმა წყალში 45 მგ/ლ-ია.

წყლის გასაწმენდად ნიტრატებისაგან გამოიყენება ორი ძირითადი მეთოდი: უკუოსმოსი და იონური მიმოცვლა.



ნახ. 1. წყლის გაფილტვრა ნახევრადგამჭვირვალე მემბრანით

უკუოსმოსის შემთხვევაში ხდება წყლის გაფილტვრა ნახევრადგამჭვირვალე მემბრანით (ნახ.1). აზოტმჟავას მარილების მოლეკულები ზომით აღემატება წყლის მოლეკულებს და ამიტომ ვერ აღწევენ მემბრანაში. ფილტრაციის შემდეგ ისინი სხვა

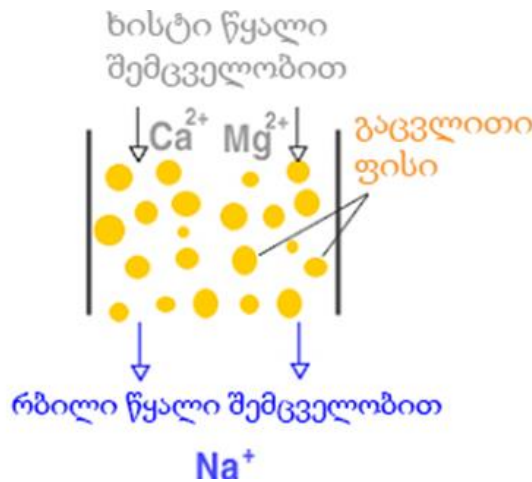
დამაბინძურებლებთან ერთად იღვრება დრენაჟში. ასეთი მეთოდით ხდება წყლის გაწმენდა 99 %-ით. უკუოსმოსის სისტემებს აქვთ შედარებით მცირე გაბარიტები. ფილტრებად ამ შემთხვევაში გამოიყენება მემბრანული გადამკეცები. ამ მეთოდით პრაქტიკულად ხდება ყველა ელემენტების მოცილება, გარდა აზოტმჟავასი, სულფიტების, ქლორიდებისა და ჰიდროკარბონატების. ამასთან გამოსასვლელზე მიიღება პრაქტიკულად სუფთა წყალი.

უნდა ითქვას, რომ აღნიშნულ მოწყობილობას აქვს მაღალი ფასი. თუმცა ამ დროს შეიძლება გამოვიყენოთ მცირე გაბარიტული დანადგარი, რომელიც რამდენჯერმე მცირე ღირებულების იქნება, მაგრამ ამ შემთხვევაში საჭიროა მეტი ყურადღება მივაქციოთ ფილტრების დროულად გამოცვლას.

არსებითია აღინიშნოს, რომ ორგანული ნივთიერებების მნიშვნელოვანი მატების დროსაც კი ფილტრები ასუფთავებენ წყალს საჭირო დონემდე.

ნიტრატების მოსაცილებლად გამოიყენება ასევე იონური მიმოცვლის მოწყობილობა, სადაც გაცვლა ხდება გაცვლითი (ნიტროორიენტირებული) ფისის საშუალებით. კათიონიტი ურთიერთქმედებს ნიტრატონებთან ნიტრატთან წყალში და ცვლის მათ ნატრიუმის არამავნებელი იონებით (ნახ.2).

ამ მოწყობილობის ძირითადი დადებითი მხარეა მისი ეფექტურობა. ნიტროორიენტირებულ ფისები ისეა მოწყობილი, რომ ისინი ასუფთავებენ წყალს ძირითადად ნიტრატებისაგან, ხოლო ორგანიზმისთვის სასარგებლო მარილები და მიკროორგანიზმები რჩება წყალში. გასუფთავების პროცესი მიმდინარეობს ავტომატურად. ეს მოწყობილობა უფრო ხელმისაწვდომია შებრუნებული ოსმოსის მოწყობილობებთან შედარებით.



ნახ. 2. იონური მიმოცვლის მოწყობილობა

ფილტრაციის ამა თუ იმ სისტემის დაყენებისას პირველ რიგში აუცილებელია გაკეთდეს წყლის ქიმიური ანალიზი. თუ ნიტრატების გარდა წყალში არ აღმოჩნდება ჯანმრთელობისათვის სხვა საშიში ნივთიერებები, გამოიყენება იონური გაცვლის სისტემას.

იმ შემთხვევაში, თუ ორგანული შენაერთების დონე დიდად აღემატება ნორმას და ნიტრატების გარდა სითხეში აღმოჩნდება სხვა შენაერთები, მაგალითად რკინა, მაშინ უკუოსმოსის სისტემა გაცილებით ეფექტურია.

წყლის გაწმენდა ნიტრატებისაგან მნიშვნელოვანია, რადგან სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მორწყვის შედეგად ნიტრატები შეიძლება მოხვდეს საკვებ პროდუქტებში, ამის გამო მნიშვნელოვანია ნიტრატების განსაზღვრა.

ჩვენს მიერ შემუშავებულია საკვებ პროდუქტებში ნიტრატ-იონების განსაზღვრის ხელსაწყო, რომელიც საშუალებას იძლევა ვაწარმოოთ ნიტრატ-იონების კონცენ-

ტრაციის კონტროლი, რათა მოსახლეობას მიეწოდოს ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო პროდუქტი [5].

ამრიგად, წყლის გაწმენდა და მისი კონტროლი უაღრესად მნიშვნელოვანია. აღნიშნული მაკონტროლებელი ხელსაწყო წარმატებით შეიძლება გამოყენებული იქნეს კვების მრეწველობაში, სოფლის მეურნეობაში და სხვ.

ლიტერატურა

1. В. В. Синюков. Вода известная и неизвестная. -М.: Знание, 1987, 175 с.
2. Фрог Б. Левченко А. Водоподготовка. -М.: изд. МГУ, 1996, 680 с.
3. Водоподготовка: Справочник. Под. ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С. Е. Беликова. М.: аква – терм, 2007, 240 с.
4. Рябчиков Б. Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. -М.: Дели принт, 2004, 328 с.
5. თ. ძაგანია, ე. ბუცხრიკიძე, ვლ. ფადიურაშვილი, ო. მელიქიძე, თ. ქოზაშვილი. კვების პროდუქტებში ნიტრატების განმსაზღვრელი ხელსაწყოების შემუშავების ზოგიერთი თვლსაზრისი. //მართვის ავტომატიზებული სისტემები, შრომები, 2021, 1(32), v.1.1, გვ. 160-164.

SUMMARY

ON SOME METHODS OF WATER PURIFICATION FROM NITRATE IONS

Kozashvili T.I., Murdzhikneli G.G., Tomaradze O.K. and Stepnadze I.S.

Georgian Technical University

The methods of water purification from nitrate ions are discussed. A device for monitoring the nitrate ion has been developed.

Keywords: water, nitrate, cleaning methods.

საყდრისის საბადოს მადნის გამდიდრება ფლოტაციური მეთოდით

გელეიშვილი ი.თ., დემეტრაძე მ.ბ., ბაგრატიონი ნ.ჯ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ფერადი და კეთილშობილი ლითონების შემცველი მადნების, საყდრისის საბადო, მდებარეობს საქართველოს სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში, თბილისიდან 70 კმ მანძილზე და განთავსებულია საყდრისის მთის კალთებზე.

კვლევებს დაექვემდებარა საყდრისის საბადოს მადნის ნიმუში, რომელიც ხასიათდებოდა შემდეგი ქიმიური შემადგენლობით (%): SiO₂ – 88,65; Al₂O₃ – 1,65; Fe – 4,56; S – 3,23; MgO – 0,21; GaO – 1,08; Cu – 0,5; Zn – 0,12; Au – 1,75 გ/გ; Ag – 4,43 გ/გ.

მადნის ნიმუშიც მინერალოგიური ანალიზის თანახმად, რომელიც განხორციელდა „Comebax“-ის ფირმის (საფრანგეთი) ელექტრონული მიკროსკოპის მეშვეობით, დადგინდა იქნა, რომ მადნის ნიმუშში არსებული: – მადნეული მინერალები წარმოდგენილი არიან, პირიტით (~5 %), ქალკოპირიტის (~1,5 %), სფალერიტით (~0,2%), ხოლო არამადნეული მინერალები, კვარცით (~ 85 – 89%) და თიხანარევი გარსით (~5–7%) ~ კეთილშობილი ლითონების (ოქრო და ვერცხლი) მნიშვნელოვანი ნაწილი ასოცირებულია სულფიდური მინერალების სტრუქტურებში, წვრილდისპერსული (1–10 მიკრონი) და სუბმიკროსკოპული (0,1–0,5 მიკრონი) მარცვლების სახით. ოქროსა და ვერცხლის ნაწილაკების ზედაპირები ეკრანირებულნი არიან სულფიდური მინერალებით. კეთილშობილი ლითონების გარკვეული ნაწილი წარმოდგენილია თავისუფალი სახით.

იმის დადგენის მიზნით, თუ როგორია რაოდენობრივი თანაფარდობა, ასოცირებულ და თავისუფალი სახით არსებულ კეთილშობილ ლითონებს შორის, ჯერ ყბებიან სამსხრეველაში 5 მმ ზომის ნატეხებად და შემდეგ ფაიფურის ბურთულებიან წისქვილში 0–74 მიკრონის მარცვლებად დაფქული მადნის ნიმუში, ტესტურ რეჟიმში დაექვემდებარა პირდაპირი ციანიდური გამოტუტვის პროცესს.

მადნის ნიმუშის გრანულომეტრული შემადგენლობა და მასში არსებული კეთილშობილი ლითონების რაოდენობრივი განაწილება მოყვანილია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. მადნის ნიმუშის გრანულომეტრული შემადგენლობა და მასში არსებული კეთილშობილი ლითონების რაოდენობრივი განაწილება

ფრაქციები, მმ	გამოსავალი, %	შემცველობა, გ/გ		განაწილება, %	
-0,074 + 0,044	10,6	0,185	0,469	11,2	10,3
-0,044 + 0,02	24,4	0,427	1,062	20,8	25,4
-0 002 + 0	65,0	1,138	2,879	78,0	64,3
		1,75	4,43	100,0	100,0

მადნის დაფქული ნიმუშის (250 გრ), კირის რძის (0,5 %) და ნატრიუმის ციანიდის (0,1 %) წყალხსნარების ურთიერთშერევის შედეგად მიღებული სუსპენზია, რომელშიც მყარი და თხევადი ფაზების თანაფარდობა შეადგენდა 1:4, ხოლო სუსპენზიის pH-ის მაჩვენებელი 10,0–10,5 განთავსებულ იქნა ცილინდრული მინის ჭურჭელში. კეთილშობილი ლითონების, ციანიდური გამოტუტვის პროცესი მიმდინარეობდა 24 სთ ხანგრძლივობით, მუდმივი მორევისა და აერაციის პირობებში, რაც უზრუნველყოფილი იყო დიფუზორული ტიპის სარეველით, რომლის ბრუნთა რიცხვი შეადგენდა 300 ბრ/წთ. მადნის ნიმუშის ციანიდური გამოტუტვის პროცესის კინეტიკური მახასიათებლები წარმოდგენილია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. მადნის ციანიდური გამოტუტვის პროცესის კინემატიკური მახასიათებლები

№	ნედლეულის დასახელება	შემცველობა, %		ოქროსა და ვერცხლის ხსნარში ამოღების ხარისხობრივი მაჩვენებლების თანაფარდობა, %			
		Au	Ag	პროცესის ხანგრძლივობა, სთ			
				6,0	12,0	18,8	24,0
1	საყდრისის საბადოს მადანი	1,75	4,43	197	26,8	33,1	35,5
2	მარცვლების ზომა 0–74 მიკრონი			15,4	22,9	29,7	30,1

ზემოთ წარმოდგენილი კვლევების შედეგებიდან გამომდინარე დადგენილ იქნა, რომ:

- მადანში არსებული კეთილშობილი ლითონების საერთო რაოდენობის (65–70%) მიუხედავად მისი მაღალი ხარისხით დაფქვისა, ეკრანირებულია სულფიდური მინერალებით, შესაბამისად იზოლირებულია ციანმარილისა და ჟანგბადის დიფუზიური პროცესებისაგან და აქედან გამომდინარე არ ექვემდებარება ციანიდური გამოტუტვის პროცესს;

- მადანში არსებული კეთილშობილი ლითონების 30–35 % წარმოდგენილია თავისუფალი სახით და შესაბამისად ექვემდებარება ციანიდური გამოტუტვის პროცესს;

- საყდრისის მადნის პირდაპირი ციანირების პროცესი არაეფექტურია და ხასიათდება კეთილშობილი ლითონების ამოღების დაბალი ხარისხობრივი მაჩვენებლებით;

- საყდრისის საბადოს მადანი ხასიათდება ფერადი და კეთილშობილი ლითონების, სულფიდური მინერალების სტრუქტურებში რთული განლაგებით და შესაბამისად განეკუთვნება ტექნოლოგიურად მდგრადი ნედლეულის კატეგორიას.

ასეთი რთული შემადგენლობის მქონე ნედლეულის გამდიდრების მიზნით, არჩევანი შეჩერდა კოლექტიური ფლოტაციის მეთოდზე, რომელიც უზრუნველყოფს ფერადი და კეთილშობილი ლითონების ამოღების მაქსიმალური ტექნოლოგიური მაჩვენებლების მიღებას და იძლევა, მათი ერთ პროდუქტში აკუმულირების საშუალებას.

მადნის ნიმუშის, ფლოტაციური მეთოდით გამდიდრების პროცესის შესწავლა და ოპტიმალური რეჟიმის დადგენა, განხორციელდა ΦЛ-189 ტიპის ლაბორატორიული, მექანიკური, ფლოტაციური მანქანის გამოყენებით, რომლის კამერის მოცულობა შეადგენდა 100 მმ³.

კოლექტიური ფლოტაციის პროცესს დაექვემდებარა დაფქული მადნისა (0–74 მიკრონი) და წყლის ურთიერთშერევით მიღებული სუსპენზია, რომელშიც მყარისა და თხევადი ფაზების თანაფარდობა შეადგენდა 1:4. აღნიშნული სუსპენზიის ნიმუში, თავსდებოდა ფლოტომანქანის კამერაში, რომელშიც უზრუნველყოფილი იყო მუდმივი მორევითა და აერაციით. ფლოტაციის პროცესის სხვადასხვა სტადიაზე (ძირითადი ფლოტაცია, საკონტროლო ფლოტაცია და გადამწმენდი ოპერაცია) რეაგენტების შემცველი წყალხსნარების სხვადასხვა რაოდენობები.

ფლოტაციის პროცესში, შესწავლილ იქნა შემდეგი რეაგენტების გავლენა მიღებულ კონცენტრატებში ოქროსა და ვერცხლის ამოღების ხარისხობრივ მაჩვენებლებზე.

მადნის ფლოტაციური გამდიდრების პროცესში შესწავლილ იქნა შემდეგი რეაგენტები:

1. კალიუმისა და ბუთილის ქსანტოგენატი (კბკ) $C_5H_9OS_2K$ – გამოიყენება, როგორც შემკრები რეაგენტი ფერადი ლითონების მადნების ფლოტაციური გამდიდრების პროცესში.

2. ალკილ დითიოფოსფატი (ად) $C_3H_{18}Na_2OPS_2$ – გამოიყენება, როგორც შემკრები რეაგენტი ოქროსშემცველი მადნების ფლოტაციური მეთოდით გამდიდრების პროცესში [1,2].

3. ნაძვის ეთერზეთი T-80, გამოიყენება როგორც ქაფწარმომქმნელი რეაგენტი ფერადი და კეთილშობილი ლითონების მადნების ფლოტაციური მეთოდით გამდიდრების პროცესში.

ფლოტაციის პროცესის ყოველი სტადიის შედეგად მიღებული პროდუქტები ექვემდებარებოდნენ ქიმიურ ანალიზს. მადნის ნიმუშის კოლექტიური ფლოტაციური მეთოდით გამდიდრების პროცესის კვლევის ლაბორატორიული შედეგები წარმოდგენილია ცხრ. 3-ში.

ცხრილი 3. მადნის ნიმუშის ფლოტაციური მეთოდით გამდიდრების ძირითადი შედეგები

№	მიღებული პროდუქტი	რეაგენტების ხარჯი, გ/გ	კოლექტიურ კონცენტრატში ლითონების შემცველობა				ამოღების ხარისხი, %	
			Cu, %	Zn, %	Au, გ/გ	Ag გ/გ	Au	Ag
1	კოლექტიური კონცენტრატი	კბქ - 120 T-80-25	2,5	0,5	7,2	18,5	89,6	86,2
2	კოლექტიური კონცენტრატი	ნბდ - 100 T-80-25	2,7	0,6	7,6	24,1	92,1	88,4
3	კოლექტიური კონცენტრატი	კბქ + კდ = 1:1 - 120 T-80-35	3,0	0,73	8,1	26,6	95,7	93,5

ცხრ. 3 წარმოდგენილი შედეგების თანახმად, ფლოტაციის პროცესში ფერადი და კეთილშობილი ლითონების კონცენტრატში ამოღების ყველაზე მაღალი მაჩვენებლები მიიღება, როცა რეაგენტებად გამოყენებულია კალიუმის ადაბუტალის ქსანტოგენატისა და ალკილ-დითიოფოსფატის ნერევი 1:1 პროპორციით და 120 გ/ტ კონცენტრაციი. რაც შეეხება T-80, მისი ოპტიმალური ხარჯი შეადგენს 35 გ/გ.

საყდრისის საბადოს მადნის ფლოტაციური მეთოდით გამდიდრების ოპტიმალური პროცესის შედეგად მიღებული კოლექტიური კონცენტრატი ხასიათდება შემდეგი ქიმიური შემადგენლობით (%): SiO₂ – 3947; Al₂O₃ – 8,48; Fe – 27,38; MgO – 0,69; CaO – 0,9; S – 19,4; Cu – 3,0; Zn – 0,73; Au – 8,1 გ/გ; Ag – 26,6 –.

ფერადი და კეთილშობილი ლითონების კოლექტიურ კონცენტრატში ამოღების ხარისხობრივი მაჩვენებლებია: Cu – 96,7%; Zn – 92,3%; Au – 95,7; Ag – 93,5%.

ამგვარად, საყდრისის მადნის ფლოტაციური მეთოდით გამდიდრების პროცესის შედეგად მიღებულია კოლექტიური კონცენტრატი, რომელიც ხასიათდება მასში ამოღებული ფერადი და კეთილშობილი ლითონების მაღალი ხარისხობრივი მაჩვენებლებით.

კოლექტიური კონცენტრატის კომპლექსური ტექნოლოგიური სქემის დამუშავების მიზნით, განხორციელებული კვლევის შედეგები წარმოდგენილი იქნება მომდევნო პუბლიკაციაში.

ლიტერატურა

1. Горячев Б.Е., Наинг Лин У., Николаев А.А. Особенности флотации пирита одного из месторождений Уральского региона бутиловым ксантогенатом калия и дибутил дитионата натрия. //Цветные металлы, 2014, № 6, с. 16-22.
2. Рябов В.И., Шендерович В.П., Крелетов А.Д. Применение аэрофлотов при флотации руд. //Обогащение руд, 2005, № 6, с. 43-44.

SUMMARY

ENRICHMENT OF SAKDRISI ORE BY FLOTATION METHOD

Geleishvili I.T., Demetradze M.B. and Bagrationi N.J.

Georgian Technical University

Thus, as a result of the enrichment process of Sakdrisi ore by the flotation method, a collective concentrate is obtained, which is characterized by high quality indicators of non-ferrous and noble metals extracted from it.

Keywords: flotation method, Sakdrisi ore.

საერთო იონის ეფექტის კვლევა სუსტი მჟავას წონასწორულ ხსნარში

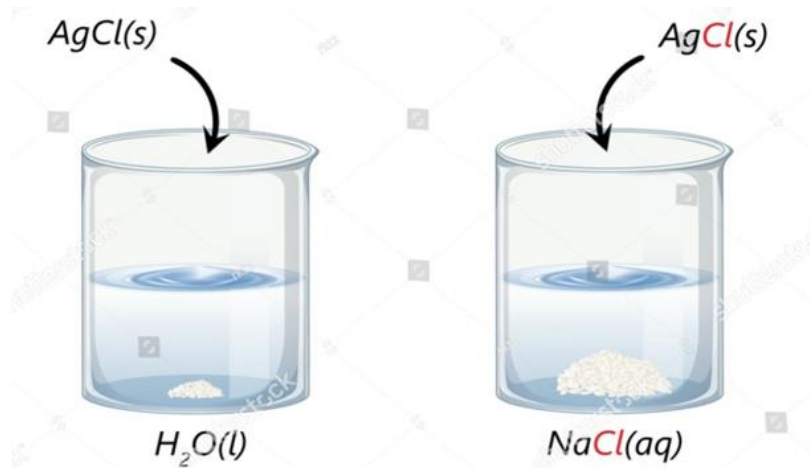
ბერძენიშვილი ი.გ., რაზმაძე მთ, გელიაშვილი ზ.ე., ჯიქიძე ქ.კ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საერთო იონის ეფექტი წონასწორულ ხსნარებში ერთ-ერთი საინტერესო და მნიშვნელოვანი ასპექტია ქიმიასა და სხვა ისეთ დარგებში, რომლებიც მჭიდრო კავშირშია ქიმიურ წონასწორობასთან. საერთო იონის ეფექტი აღწერს იონის მოქმედებას ნივთიერების ხსნადობის წონასწორობაზე. ეს ჩვეულებრივი მოვლენაა ქიმიურ ანალიზსა და მას განსაკუთრებული გავლენა აქვს მარილების ხსნადობისა და დაშლის სიჩქარეებზე [1-3].

ამასთან ერთად აღსანიშნავია, რომ საერთო იონის ეფექტის პრინციპი ნიშნავს ერთი ელექტროლიტის იონიზაციის დათრგუნვას სხვა ე.წ. ერთსახელიანი იონის შემცველი ელექტროლიტის დამატებისას. ბუნებრივია, რომ საერთო კატიონის ან ანიონის დამატება ცვლის ხსნადობის წონასწორობას ლე-შატელიეს პრინციპით პროგნოზირებადი მიმართულებით; შედეგად, ნებისმიერი ძნელად ხსნადი მარილის ხსნადობა თითქმის ყოველთვის მცირდება ხსნადი ერთსახელიანი იონის შემცველი მარილის თანაობისას [2,3].

საერთო იონის ეფექტი ილუსტრირებულია შემდეგი მაგალითით (სურ. 1).



სურ. 1. საერთო იონის ეფექტი: $AgCl$ & $NaCl$

სურათიდან ჩანს, რომ $AgCl$ -ის ხსნადობა უფრო მაღალია წყალში, ვიდრე საერთო იონის შემცველ ხსნარში.

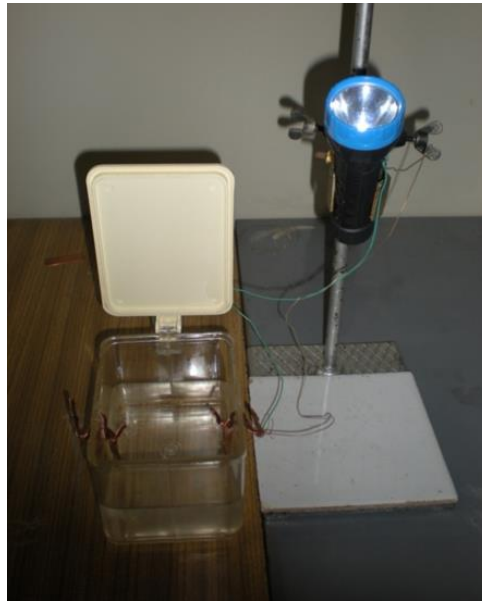
ნაშრომი ეძღვნება ძმარმჟავას დისოციაციის მდგომარეობის წანაცვლების კვლევას ხსნარში ერთსახელიანი იონების შეტანისას. ხსნარის ელექტრული გამტარობისა და საერთო იონის ეფექტის თავისებურებების შესწავლა, ასევე თანმდევი პროცესების მოდელირება განხორციელდა ჩვენ მიერ სპეციალურად აგებული ხელსაწყოთა საშუალებით (სურ. 2).

სითხე ატარებს დენს, მხოლოდ მაშინ, თუ იგი შეიცავს იონებს – ამ შემთხვევაში ხელსაწყოს ნათურა აინთება. ძმარმჟავა სუსტი ელექტროლიტია და ელექტრულ დენს ატარებს მხოლოდ ძლიერი განზავებისას.

თუ CH_3COOH -ის ხსნარს დაუმატებთ CH_3COONa ნატრიუმის აცეტატს, მაშინ ლე-შატელიეს პრინციპის თანახმად, ძმარმჟავას დისოციაციის შექცევადი პროცესის წონასწორობა ინაცვლებს მარცხნივ:



შედეგად $[\text{H}_3\text{O}^+]$ იონთა კონცენტრაცია მცირდება $1,3 \cdot 10^{-3}$ -დან $1,8 \cdot 10^{-5}$ -მდე), ნათურა ქრება, ხსნარის pH იზრდება (2,89-დან 4,74-მდე) ანუ დისოციაციის ხარისხი (%) მცირდება. დისოციაციის $\% = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{dissoc}}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{imit}}} \cdot 100\%$



სურ. 2. დემონსტრაციული ექსპერიმენტი: 0,1 CH_3COOH ხსნარის ელექტრული გამტარობის კვლევა

ამრიგად, ჩატარებული ექსპერიმენტები ცხადყოფს, რომ ნატრიუმის აცეტატში შემაჯავლი აცეტატის დამატებითი იონები ძმარმუავას იონიზაციას ახშობს წონასწორობის მარცხნივ წანაცვლებით. ექსპერიმენტების ასეთი სერია დღეს აქტუალურია ბუფერულ მენეჯმენტში.

ლიტერატურა

1. Atkins P., Paula J. & Keeler J. Atkins' Physical Chemistry, 12th Oxford University Press, 2022, 976 p.
2. ი. ბერძენიშვილი. ფიზიკური ქიმია. 100 საკითხი: (სახელმძღვანელო). – თბილისი: უნივერსალი, 2018, 226 გვ.
3. S.C. Tosh, Factors affecting solubility. A-Level Study Guide Chemistry, Higher 2 edition, Step-by step International Pte. Ltd., Singapore, 2016, pp. 174-176.

SUMMARY

STUDY OF THE COMMON ION EFFECT IN THE EQUILIBRIUM SOLUTION OF A WEAK ACID

Berdzenishvili I.G., Razmadze M.T., Geliashvili Z.E. and Jikidze K.K.

Georgian Technical University

The work is devoted to the study of the common ion effect in the equilibrium solution of a weak acid. To study the electrical conductivity of the acetic acid solutions, the features of the common ion effect and the modeling of the accompanying processes special device was constructed. This common ion effect is considered as one of the factors that affects solubility of substance in a reacting system. Such a series of experiments is relevant today in buffer management.

Keywords: common ion effect, equilibrium, shift, solution, weak acid, solubility.

ღვინოების პოლიმერული ნაერთების შედგენილობის ქრომატოგრაფიული კვლევა

შათირიშვილი შ.ი., ჩხარტიშვილი ნ.ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

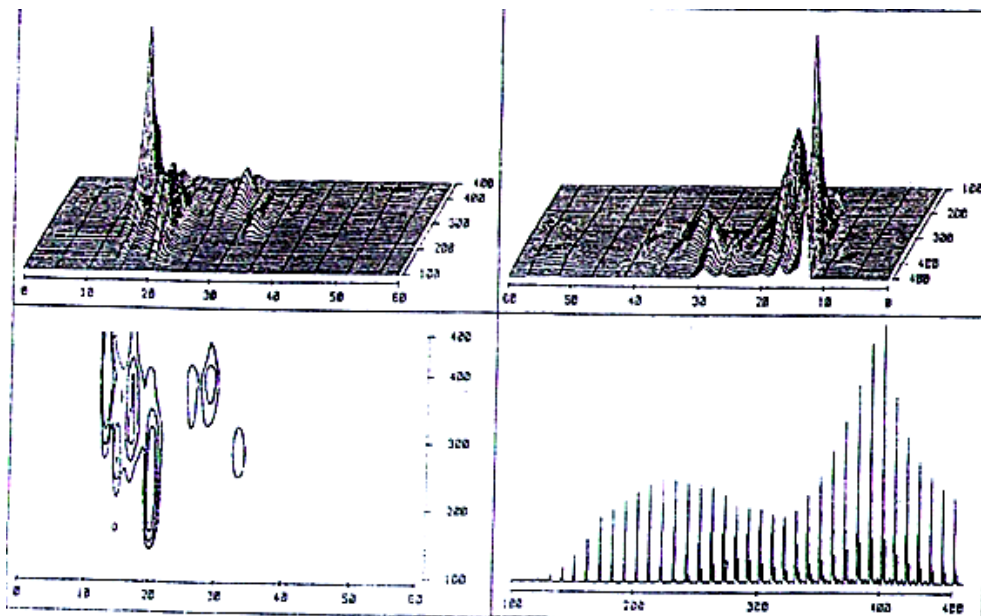
ღვინის დაძველების პროცესში წარმოქმნილი რთული პოლიმერული ნაერთების (ლექების) შესწავლა საინტერესოა ღვინის დაძველების მექანიზმის კვლევის თვალსაზრისით, რამდენადაც ეს ნაერთები წარმოადგენენ სხვადასხვა სტადიებზე მიმდინარე დიდი რაოდენობის ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების საბოლოო პროდუქტს.

ღვინოების ლექების შესასწავლად ჩვენს მიერ გამოყენებული იყო პიროლოზური კორელაციური ქრომატოგრაფიის, საცრული ქრომატოგრაფიისა და ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის სპექტომეტრიის მეთოდები [1,2].

საანალიზოდ აღებული გვექონდა ხუთი დასახელების ღვინო „კახეთი“, „გურჯაანი“, „წარაფი“, „ტიბაანი“ და „საფერავი“. კვლევის ძირითადი ობიექტები იყო აღნიშნული ღვინოების მაღალმოლეკულური ორგანული კომპონენტები.

ექსპერიმენტის დიდი ნაწილი ჩატარებულ იქნა ავტომატიზირებულ დანადგარზე პიროლოზური კორელაციური ქრომატოგრაფიის გამოყენებით, ეგმ-ზე გაზომვის შედეგების სრული დამუშავებისას. ყველა შემთხვევაში გამოყენებული იყო კარბოვაქს – 20M-ით შევსებული 15მ X 0,5 მმ ზომის ფოლადის კაპილარული სვეტი. ყველა ნიმუშიდან ვღებულობდით მონაცემთა 7 გრაფიკს, რომელიც მოიცავდა პირდაპირ და შებრუნებულ ორგანოზომილებიან ქრომატოგრამებს, პიკების მაქსიმუმის კვების პროექციებს ნახევარსიმაღლეზე და ყველაზე დიდი ძირითადი პიკის მაქსიმუმის მიმართ, თითოეული ჯგუფის პიკების ზედაპირების მაქსიმუმსა და ქრომატოგრამაზე პიკების ჯამურ ზედაპირს.

მიღებული კორელაციური ქრომატოგრამები გვიჩვენებს, რომ რაც ძველია ღვინო მით უფრო რთულია მიღებული ქრომატოგრაფიული პროექციები. ამასთან ერთად, შეინიშნება ყურძნის ჯიშზე ლექის შედგენილობის დამოკიდებულება. ღვინო „ტიბაანის“ ლექის ტიპური კორელაციური ქრომატოგრამა მოცემულია ნახ. 1-ზე.



ნახ.1. ღვინო „ტიბაანის“ კორელაციური ქრომატოგრამა

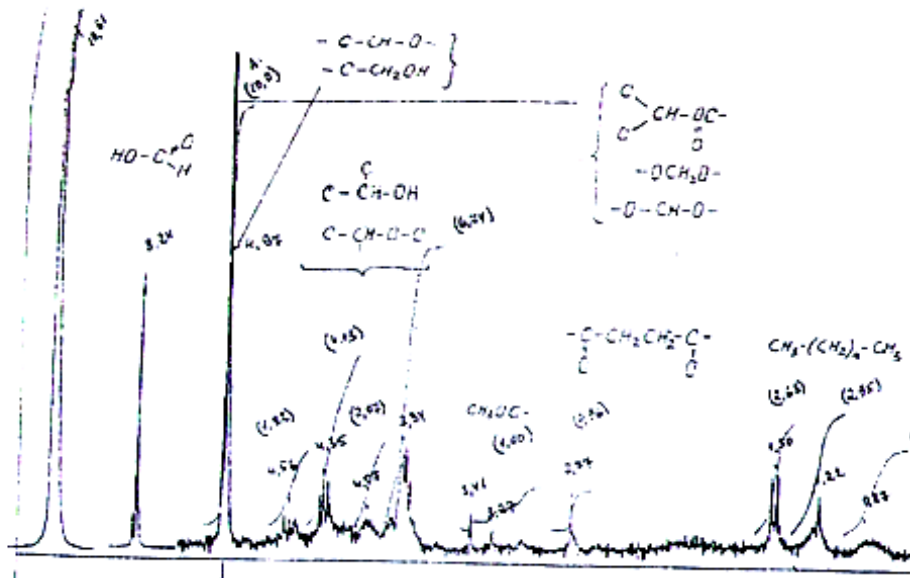
ღვინის საფურების ბიომასის მოლეკულურ-მასური მახასიათებლების შეფასება საცრული გელ-გამჭოლი ქრომატოგრაფიით დამყარებულია სხვადასხვა მოლეკულური მასის მქონე მაკრომოლეკულების დაყოფაზე გამსხნელის ნაკადში ფორიან სორბენტზე.

ანალიზი ტარდებოდა ულტრაიისფერი დეტექტორით აღჭურვილ თხევად ქრომატოგრაფზე „სპექტრა ფიზიკის“. სორბენტად გამოყენებულ იყო „PL – gel“, ფორების სიდიდით 100 და „მიკროგელი“ 10^3 , 10^4 A. სვეტის ზომები იყო 5 X 50 მმ. ელუენტი – ქლოროფორმი. მიღებულ ქრომატოგრამებს გააჩნიათ რთული ბიომოდელური ხასიათი, რაც მოწმობს ლექებში 10–500 ათსი, ოლიგომელურ ნაწილში 2–10 ათასი და დაბალმოლეკულურ შემადგენლებში 200-დან 2000-მდე მოლეკულური მასის მქონე ნივთიერებების არსებობას (ცხრილი).

ლექების საშუალო მოლეკულური მასები

საშუალო მოლეკულური სიდიდე	ღვინის ნიმუშები		
	ტიბაანი	საფერავი	გურჯაანი
MW	31749	4431	15948

ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის სპექტომეტრიის ანალიზის ჩასატარებლად საცდელი ნიმუშები (ლექები) იხსნებოდა დეიტერირებულ ჭიანჭველმუავაში. ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის სპექტრი გადაღებულ იქნა 2000 მპც-ზე, ფირმა „ბრიუკერის“ სპექტრომეტრზე CXP – 200 (ნახ.2).



ნახ.2. ღვინო „კახეთის“ ლექის ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის ქრომატოგრამა

სპექტრში გარდა გამსხნელისა – COH $\delta = 8,24$ მ.ე. და – COOH $\delta = 10,61$ მ.ე. დიდი გაძლიერებით ჩანს ალიფატური პროტონების სიგნალებიც 4,5–3,8 მ.ე. დიაპაზონში, რომლებიც დამახასიათებელია ჟანგბადთან ან ჰიდროქსიდის ჯგუფთან შეერთებული OH და CH₂ ჯგუფებისათვის -CH-O-C; CH₂-O-C; -CH-OH; CH₂OH. სიგნალების საერთო ხედი დამახასიათებელია შაქრების კლასის ნაერთებისთვის.

გაუგებარია ინტენსიური სინგლეტური სიგნალები 4,97 მ.ე. გამოკვეთილია აგრეთვე სუსტი პიკები 3,4 და 2,8 მ.ე. შედარებით დამახასიათებელი სტრუქტურები, რომლებსაც პასუხობენ ეს სიგნალები მოცემულია სპექტრის სურათზე.

ლიტერატურა

1. Sh. Shatirishvili, Sh. Gigilashvili. Study of Biopolimers in Wines by Gas correlation chromatography. Bulletin of the Georgian Academy Sciences 159, N3. Tb.1999, pp. 428-430.
2. შ. შათირიშვილი, შ. გიგილაშვილი. გაზური ქრომატოგრაფიის კომბინაცია ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის სპექტრომეტრისთან. /აგრარული მეცნიერების პრობლემები. /სამეცნიერო შრომათა კრებული, XXVII, თბილისი, 2004, გვ. 78-80.

SUMMARY

CHROMATOGRAPHIC STUDY OF THE COMPOSITION OF POLYMERIC COMPOUNDS OF WINES

Shatirishvili Sh.I. and Chkhartishvili N.N.

Georgian Technical University

The work deals with the study of the composition and structure of wine sediments by pyrolysis correlation chromatography, sieve chromatography, and nuclear magnetic resonance spectrometer. Data on their molecular mass and functional groups are obtained.

Keywords: sieve chromatography, pyrolysis chromatography, sediments.

ფენოლკარბონმჟავების განსაზღვრა ღვინოებში თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის მეთოდით, გამოსავალი სინჯის წინასწარი დაცილება

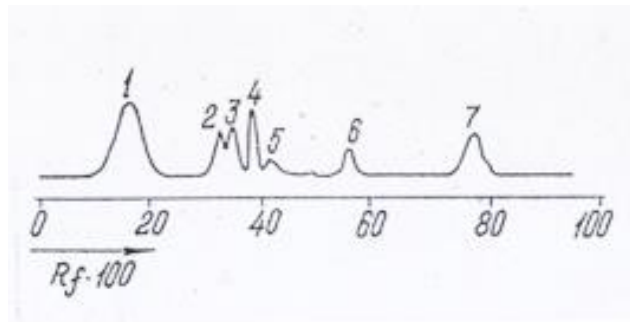
შათირიშვილი შ.ი., კილაძე მ.თ., შათირიშვილი ი.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

როგორც ცნობილია, ფენოლკარბონმჟავები არსებით გავლენას ახდენენ ღვინომასალების ხარისხის ფორმირებაზე, ღვინის გემოზე, ბუკეტსა და ფერზე.

ღვინომასალებში ფენოლკარბონმჟავების განსაზღვრის ანალიზის ქრომატოგრაფიული მეთოდები გამოყენებულ იქნა სამუშაოში [1]. თუმცა შედგენილობის სირთულის გამო, პირდაპირი განსაზღვრები ყოველთვის არ იძლევა დადებით შედეგს. ამიტომ მიზანშეწონილია საკუთრივ ქრომატოგრაფიულ ანალიზს ამა თუ იმ ფორმით წაუმძღვართ ღვინომასალების ან ღვინოების სხვადასხვა მოლეკულური მასის ფრაქციებათ სინჯის წინასწარი დაყოფის ოპერაცია [2]. ჩვენს შემთხვევაში მაღალი მოლეკულური მასის ნაერთების წინასწარი დაცილება ხორციელდებოდა ულტრაფილტრაციის მეთოდით, ხოლო ფენოლკარბონმჟავების დაყოფა ხდებოდა მათი ტუტე ჰიდროლიზის შემდეგ.

ფენოლკარბონმჟავების განსაზღვრის მეთოდიკა მდგომარეობდა შემდეგში: 20მლ მოცულობის ღვინის სინჯის დაყოფას ვახდენდით ულტრაფილტრაციისთვის განკუთვნილ ჩვეულებრივ დანადგარზე „Владипор“ УАМ-50 ტიპის მემბრანების გამოყენებით. გაფილტრული ხსნარი თავსდებოდა პეროდქსიდული მინის სინჯარაში, რომლის ბოლოც წინასწარ იყო გაჭიმული. ღვინის აქროლად ნაწილს ვაორთქლებდით აზოტის ნაკადში. ვამატებდით 20 მლ მარილმჟავას 2N ხსნარს, სინჯარას ვწრჩილავდით და ვახდენდით ჰიდროლიზს 30 წუთის განმავლობაში 100 °C ტემპერატურაზე. ჰიდროლიზატი ცივდებოდა და გადაქექონდა მიხეხილ საცობიან ძაბრში. ჰიდროლიზატიდან ფენოლკარბონმჟავების ექსტრაგირებას ვახდენდით სამჯერ დიეთილეთერის მცირე ულუფებით (25 მლ). მიღებული ექსტრაქტი კონცენტრირდებოდა აორთქლებით, ხოლო ნაშთი იხსნებოდა 1 მლ აცეტონში.



ღვინოში „ნაფარეული“ დენსიტომეტრიული მონაცემებით მიღებული ფენოლკარბონმჟავების დაყოფის ქრომატოგრამა

მჟავები: 1 – გალის, 2 – პროკატეხინის, 3 – ყავის, 4 – იასამნის, 5 – ვანილინის, 6 – β რეზოლცილის, 7 – დარიჩინის

ამის შემდეგ ხდებოდა ფენოლკარბონმჟავების დაყოფა თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის მეთოდით. დაყოფისათვის გამოყენებული იყო სილიკაგელის ფენიანი მზა ფირფიტები, რომლებიც წინასწარ დამატებით მუშავდებოდა იმისათვის, რომ გარკვეულ წილად შესაბამისობაში მოსულიყვნენ Sulufol uv-254 ფირფიტებთან. 5–10 მკლ მოცულობის სინჯის დატანა ხდებოდა სასტარტო ხაზზე და ქრომატოგრამა მუდგუნდებოდა აღმავალი მეთოდით, გამსხნელად მეთილეთილკეტონ/ბენზოლის სისტემის გამოყენებით (42,6:50). გამუდგუნების შემდეგ ფირფიტა თავსდებოდა ულტრაიისფერი

ნათურის ქვეშ და დაყოფის შედეგები იწერებოდა დენსიტომეტრის გამოყენებით. სამუშაოს [2] მონაცემების მიხედვით გამსწვლთა სისტემა მეთილეთილკეტონ/ბენზოლი აკმაყოფილებს დაყოფის მაღალ ეფექტურობას. ამავე სამუშაოში მიღებულია Rf სიდიდეები ფენოლკარბონმჟავების დიდი რიცხვისათვის, რომლებიც ჩვენს შემთხვევაში გამოყენებულ იქნა მათი იდენტიფიკაციისათვის ღვინოში „ნაფარეული“. შესაბამისი ქრომატოგრამა მოცემულია ნახაზზე.

სამუშაოში [2] მოყვანილი კონიაკებში ფენოლკარბონმჟავების მონაცემების შემცველობის შედარებამ გვიჩვენა, რომ ღვინოებში ფენოლკარბონმჟავების საერთო შემცველობა მთელი თავით ნაკლებია ვიდრე კონიაკებში. სათანადო პირობებში თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის მეთოდი გამოსადეგია ღვინოებში ფენოლკარბონმჟავების განსაზღვრისათვის საქარხნო ლაბორატორიის პირობებში.

ლიტერატურა

1. Тихомирова М.С., Падалкина В.С., Никуличева С.Н., Трубников В.И., Клячко Ю.А. Определение фенолькарбонных кислот в виноматериалах методом хроматографий. /Тезиси докладов XIII научно-технической конференции специалистов коньячной промышленности Грузии, посвященной памяти В.Д. Цицишвили. -Тбилиси, 1984, с.46.
2. Трубников В.И., Тихомирова Л.П., Сапожников Ю.М., Никуличева С.Н., Бражеников С.Н. Определение фенолькарбонных кислот в коньяках методом хроматографий. /Тезиси докладов XIII научно-технической конференции специалистов коньячной промышленности Грузии, посвященной памяти В.Д. Цицишвили. Тбилиси, 1984, с.47.

SUMMARY

DETERMINATION OF PHENOLIC ACIDS IN WINES BY THE METHOD OF THIN-LAYER CHROMATOGRAPHY, WITH PRELIMINARY REMOVAL OF THE OUTLET SAMPLE

Shatirishvili Sh.I., Kiladze M.T. and Shatirishvili I.Sh.

Georgian Technical University

The composition of phenolic acids was determined by the method of thin-layer chromatography, with preliminary removal of the outlet sample in "Nafareuli" wine. It was shown that the composition of phenolic acids in wine is lower than in brandy. This method can be used in factory laboratory conditions.

Keywords: ultrafiltration, thin-layer chromatography, silica gel.

კაპისტონისა და ვერმენტინოს ღვინის ბიოქიმიური
მანხასიათებლების შესწავლა

სორდია ე.კ., ძნელაძე ს.ჯ., ბუცხრიკიძე ე.ლ., სამიტაშვილი თ.ვ., ქებულაძე ე.ლ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ღვინო არის უნიკალური პროდუქტი, რომელიც ყურძნის ტექნოლოგიური გადა-
მუშავებით მიიღება. მასში აღმოჩენილი და შესწავლილია 1000-ზე მეტი კომპონენტი,
რომელთა უმრავლესობა ადამიანის ორგანიზმისთვის სასარგებლო თვისებებით ხა-
სიათდება, უფრო მეტიც, მათ შეუძლიათ უმნიშვნელოვანესი როლი შეასრულონ სხვა-
დასხვა დაავადების მკურნალობასა და პროფილაქტიკაში. ღვინო ორგანიზმს ამა-
რაგებს მაკრო- და მიკროელემენტებით, ვიტამინებით, ამინომჟავებით. ღვინის შემად-
გენლობაზე დიდ გავლენას ახდენს სხვადასხვა ფაქტორები, როგორცაა: ყურძნის
ჯიში, ღვინის დამზადების ტექნოლოგია, ნიადაგის შემადგენლობა, სასუქები და
პესტიციდები, სხვადასხვა ეკოლოგიური და კლიმატური ფაქტორები [1].

ღვინის ხარისხის შეფასებაში გადამწყვეტი როლი ენიჭება მასში შემავალ
ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს, რომელიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს
ღვინის, როგორც ორგანოლექტიკური მანვენებლების, გემოსა და არომატის, ასევე
მისი სამკურნალო, დიეტური და კვებითი ღირებულების ჩამოყალიბებაში.

ჯილაურას სამეცნიერო კვლევით ბაზაზე გაშენებული უამრავი ჯიშებიდან,
კვლევისთვის შეირჩა ორი სახეობის ყურძენი ქართული-კაპისტონი და იტალიური-
ვერმენტინო. დამზადდა საწარმოო პირობებისთვის შესაბამისი ევროპული თეთრი
მშრალი ღვინო, რომელშიც განისაზღვრა ძირითადი ქიმიური პარამეტრები.

კვლევისთვის მნიშვნელოვანი იყო ვერმენტინოს ჯიშის ყურძნისგან დამზადე-
ბული ღვინის თვისებების გამოვლენა და დაკვირვება რამდენად შეინარჩუნებდა
თავის იდენტობას უცხოური ჯიშის ყურძენი მისთვის განსხვავებულ ნიადაგსა და
კლიმატურ პირობებში.

კაპისტონი ადგილობრივი, იმერული მცირედ გავრცელებული ვაზის ჯიშია.
იმერეთის საწარმოო ვაზის ჯიშებს შორის თეთრი კაპისტონი საადრეოა, მისი ყურ-
ძენი 12–15 დღით უფრო ადრე მწიფდება და ამ მხრივ იგი მეტად საინტერესოა ზემო
იმერეთის-საჩხერის, ჭიათურისა და ხარაგაულის რაიონის შემადგენელი ადგილე-
ბისათვის, რადგან აქ იმერეთის ძირითადი საწარმოო ვაზის ჯიშები-ციცქა და ცოლი-
კოური ყოველწლიურად სრულ სიმწიფეს ვერ ასწრებს. კახეთის პირობებში თეთრი
კაპისტონი რქაწითელთან ერთად ან მასზე ცოტა უფრო გვიან მწიფდება და კარგი
მოსავლიანობითაც ხასიათდება [2]. შაქრიანობა-მჟავიანობის დინამიკის მონაცემებით,
თეთრი კაპისტონი შაქრის დიდი რაოდენობით დაგროვებისა და მასთან ერთად
მაღალი მჟავიანობის შენარჩუნების კარგი უნარით ხასიათდება. ჯიშის ეს თვისება
მეტად მნიშვნელოვანია შამპანური ღვინის წარმოებისათვის. მართლაც, თეთრი
კაპისტონი მეტად შესაფერ და მაღალხარისხოვან მასალას იძლევა ამ მიმართუ-
ლებით [3]. მაღალი ღირსების სუფრის ღვინოს იძლევა თეთრი კაპისტონი ევროპულ
და იმერულ წესით დაყენებისას, ახასიათებს სასიამოვნო გემო, საკმაო სხეული და
სიხალისე. თეთრი კაპისტონის ღვინო მდიდარი ქიმიური შედგენილობით ხასიათდება.

ვერმენტინო თეთრი ყურძნის ჯიშია, ძირითადად ხმელთაშუა ზღვის სანა-
პირობებზეა გავრცელებული. ეს ჯიში განსაკუთრებით ჭარბად სარდინიასა და კორ-
სიკაზე ხარობს, თუმცა, ვერმენტინოს ვენახები არის ასევე ტოსკანაში, პიემონტში,
ლიგურიასა და საფრანგეთის სამხრეთში, კერძოდ კი, ლანგველოკში [4]. ვერმენტინოს
ყურძენი გვიან შემოდის, რადგან დამწიფებისთვის დიდი დრო სჭირდება. ვერმენტი-
ნოსგან ძირითადად დგება ინტენსიური გემოს მქონე მშრალი ღვინოები, რომლის
მიმართ მეღვინეობა-მევენახეობის სამყაროს მზარდი ინტერესი აქვს. ამ ჯიშის წარ-
მომავლობის დამადასტურებელი უტყუარი მტკიცებულებები თანამედროვე ენოლო-
გიურ სამყაროს არ გააჩნია [5].

როველის დადგომის ვადების დადგენაზეა დამოკიდებული მომავალი ღვინის
ხარისხი და ღირსება. როველის დაწყების მომენტს ძირითადად ადგენენ ყურძნის

შაქრიანობის განსაზღვრით, მასზე დამოკიდებულია მომავალი ღვინის ალკოჰოლიანობა. ღვინოების დასამზადებლად, შაქრიანობის განსაზღვრის შემდგომ, დაიკრიფა ყურძენი და დამუშავდა კლერტსაცლელ აპარატში. კლერტის გაცლის შემდეგ, დურდოსთან ერთად ცივ მაცერაციაზე გაჩერდა 24 საათის განმავლობაში, სადაც დაემატა გოგირდი და ენზიმი (დასაწმენდი). დაყოვნების შემდგომ, დაიპრესა და გამოპრესილი წვენი გადავიდა დასაწმენდად. როდესაც ლექი და წვენი ერთმანეთს გამოეყო, წვენი მოისხენა ლექისგან და მიღებული დაწმენდილი წვენი გადატანილ იქნა სპეციალურ ჭურჭელში. განსაზღვრულ ტემპერატურაზე (15 °C) მიყვანის შემდეგ დაემატა საფუარი (20 გ/100ლ-ზე), რის შედეგადაც დაიწყო დუღილი (16–20 °C), შემდგომ დაყოვნდა უფრო დაბალ ტემპერატურაზე მყოფ ოთახში (დაახლოებით 5–6 °C) გაზაფხულამდე.

კვლევისთვის შერჩეულ ღვინოებში განისაზღვრა ძირითადი ქიმიური პარამეტრები, რომელიც მოცემულია ცხრილის სახით.

ღვინოში ქიმიური პარამეტრების განსაზღვრა

ანალიზის სახეობა	ვერმენტინო	კაპისტონი
ეთილის სპირტი (%)	11	11,5
ტიტრული მჟავიანობა (გ/ლ)	3,74	5,55
მქროლავი მჟავიანობა (გ/ლ)	0,40	0,59
შაქრები (გ/ლ)	1,90	2,5
თავისუფალი SO ₂ (მგ/ლ)	10,24	14,08
შეკავშირებული SO ₂ (მგ/ლ)	71,68	117,76
pH	3,63	3,49

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ჩვენ მიერ დამზადებულ ღვინოებში ქიმიური პარამეტრები მერყეობს შემდეგ ზღვრებში: ეთილის სპირტი ვერმენტინოს ღვინოში 11%-ია, ხოლო კაპისტონში შეადგენს 11,5%-ს. იგი განსაზღვრავს ღვინის ხარისხს, ეთანოლის შემცველობა იცავს ღვინოს დაავადებებისაგან. ღვინო, რომელშიც დაბალი შემცველობის ეთილის სპირტია, მარტივად ავადდება საფუერებით და ბაქტერიებით.

ტიტრული მჟავიანობა ღვინოში არსებული მჟავებისა და მათი მარილების ჯამია, რომელიც დამოკიდებულია ყურძნის გადამუშავების ხერხზე. ის განსაზღვრავს ღვინის გემოვნურ თვისებებს. ასევე აფერხებს მიკროორგანიზმების გავრცელებას და აუმჯობესებს შენახვის პროცესებს. იტალიური ჯიშის ყურძნისგან დამზადებული ღვინის ვერმენტინოს ტიტრული მჟავიანობა 3,74 გ/ლ-ია, ხოლო იმერული ჯიშის კაპისტონის მჟავიანობა 5,55 გ/ლ-მდე არის (ცხრილი).

მქროლავი მჟავიანობის დაგროვება ღვინოში იწყება უკვე ტკბილის ალკოჰოლური დუღილის პროცესში. დუღილის პროცესის დასრულებისთანავე ღვინოში გროვდება 0,3–0,4 გ/ლ მქროლავი მჟავები. სუფრის თეთრ ღვინოებში მქროლავი მჟავების დასაშვები რაოდენობა 1,2 გ/ლ-ია. ჩვენს მიერ ჩატარებულ ანალიზებში ვერმენტინოს ღვინოში – 0,40 გ/ლ, ხოლო კაპისტონის ღვინოში – 0,59 გ/ლ (ცხრილი).

შაქრების შემცველობა ჩვენს მიერ ჩატარებულ ანალიზებში მივიღეთ ვერმენტინო – 1,90 გ/ლ, ხოლო კაპისტონი – 2,5 გ/ლ.

თავისუფალი SO₂-ის შემცველობა ვერმენტინოში – 10,24 მგ/ლ-ია, კაპისტონის ღვინოში – 14,08 მგ/ლ. შეკავშირებული SO₂ კი ვერმენტინოს ღვინოში – 71,68 მგ/ლ-ია, ხოლო კაპისტონში – 117,76 მგ/ლ.

pH-ის განსაზღვრავს ღვინის სტაბილურობას, მისი შემცველობა დამოკიდებულია ღვინის მჟავაზე. ვერმენტინო – 3,63; კაპისტონი – 3,49.

ამ მონაცემებზე დაყრდნობით დადგინდა, რომ კაპისტონისა და ვერმენტინოს ღვინოები ქიმიური მაჩვენებლებით აკმაყოფილებს ტექნიკური რეგლამენტით გათვალისწინებულ ყველა მოთხოვნას. დამზადებული ღვინოები გამოირჩევა ჯიშისთვის დამახასიათებელი ორგანოლექტიკური თვისებებით.

ლიტერატურა

1. სორდია ე. ქართული ქვევრის ღვინის ბიოქიმიური მახასიათებლების შესწავლა. დისერტაცია. თბილისი, 2021, 5-19, 82-87 გვ.
2. <https://catalog.elkana.org.ge/index.php?pageid=61&postid=268> (უკანასკნელად გადამოწმებულია 19.03.2023)
3. <https://agrokavkaz.ge/dargebi/mevenakheoba/thethri-kapistoni-vazis-jishi-khariskhiani-tsqrialada-suphris-ghvinisthvis.html> (უკანასკნელად გადამოწმებულია 19.03.2023)
4. <https://ka.healthy-food-near-me.com/vermentino-vermentino-a-promising-italian-white-wine/>. (უკანასკნელად გადამოწმებულია 19.03.2023)
5. <https://www.mamablip.com/en/blog/vermentino-grapes> (უკანასკნელად გადამოწმებულია 19.03.2023)

SUMMARY

DETERMINATION OF BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF KAPISTONI AND VERMENTINO WINES

Sordia E.K., Dzneladze S.J., Butskhrikidze E.L., Samitashvili T.V. and Kebuladze E.L.
Georgian Technical University

Wine is a product of complex composition, which is obtained by the technological processing of grapes. More than 1000 components have been discovered and studied in it, most of which are characterized by beneficial properties for the human body. The composition of wine is greatly influenced by various factors, such as grape variety, winemaking technology, soil composition, fertilizers and pesticides, and various environmental and climatic factors. Kapistoni and Vermentino were selected for research from numerous varieties grown at the research base of Jighaura. Dry white wines were produced using a similar technology. Based on the objectives of the research, the main chemical indicators were determined in wines: ethyl alcohol, pH, titratable acidity, volatile acidity, free SO₂, bound SO₂, and sugars. Based on the results of the research, it was found that the wines selected for analysis correspond to the limits established by the standard for the main chemical indicators.

Keywords: wine, kapistoni, vermentino.

წყავის ნაყოფში მიმდინარე ცვლილებები სხვადასხვა პირობებში შენახვისას

სურმანიძე დ.დ., გვასალია ლ.ე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ადამიანის სრულფასოვანი კვებისათვის აუცილებელია რაციონში ახალი ხილ-ბოსტნეულის მუდმივი არსებობა. მცენარეული საკვები შეიცავს ადამიანის ორგანიზმის მიერ შესათვისებელ საკვებ კომპონენტებს: ბუნებრივ ანტიოქსიდანტებს, ვიტამინებს, ბიოლოგიურად აქტიურ და მინერალურ ნივთიერებებს. ნახშირწყლებისა და ცილების გარდა ხილი დიდი რაოდენობით შეიცავს სხვადასხვა საგემოვნო და არომატულ ნივთიერებებს, რაც საკვებს სპეციფიკურ გემოსა და არომატს აძლევს, ხელს უწყობს მის მონელებას. ხილი დიდი რაოდენობით შეიცავს უჯრედანას, რომელიც საჭმლის მონელებაში განსაკუთრებულ როლს თამაშობს. ამიტომ ძალიან მნიშვნელოვანია, რომ ახალმოკრეფილი ხილი და ბოსტნეული რაც შეიძლება დიდხანს ინარჩუნებდეს თავის ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებს, სასაქონლო სახეს, არ ფუჭდებოდეს.

ცნობილია, რომ ხილ-ბოსტნეულის მოსავლის აღების შემდეგ შენახვისა და ტრანსპორტირების პროცესში კარგავს მასას. ეს გამოწვეულია მოსავალში მიმდინარე ფიზიკური და ქიმიური პროცესებით. პირველ რიგში ეს არის ტენის აორთქლება, ხოლო მშრალ ნივთიერებათა ნაწილი იხარჯება სუნთქვისას. ბევრი ხილი (მაგალითად ვაშლი, მსხალი და სხვ.) და ბოსტნეული (ჭარხალი, სტაფილო, კიტრი და ა.შ.), მოკრეფის შემდეგ თუ იმყოფება მშრალ და თბილ ადგილას ($T > 15^{\circ}\text{C}$) პირველი დღე-ღამის განმავლობაში კარგავს მასის 3–9 %-ს, ახალმოკრეფილი ხენდრო, თუ იგივე გარემო პირობებში დავტოვებთ, საწყისი ხარისხის 50 %-ს კარგავს. ასეთ დანაკარგებს პროდუქციის ბუნებრივი დანაკარგები ეწოდება და ყველა ქვეყანა თავისი კლიმატიდან გამომდინარე თითოეული სახის პროდუქტისათვის აწესებს ბუნებრივი დანაკარგების ნორმებს. ბუნებრივ დანაკარგებს არ მიეკუთვნება მექანიკური დაზიანების გამო გაფუჭებული, გამხმარი, დამპალი, მავნებლებით, სოკოვანი და ბაქტერიული დაავადებებით დაზიანებული ნაყოფები. ეს ტექნიკური წუნია, არაკონდიციონირებული გამოუყენებელი დანაკარგები.

ჩვენი მიზანი იყო შეგვესწავლა, თუ როგორ მოქმედებს შენახვის პირობები, მათ შორის შენახვის ტემპერატურა წყავის ნაყოფის შენახვისუნარიანობაზე, უპირველეს ყოვლისა ბუნებრივი დანაკარგების და ტექნიკური წუნის რაოდენობაზე, ნაყოფის ხარისხობრივ მახვენებლებზე, ქიმიურ შედგენილობაზე [1].

კვლევის მცენარეულ ობიექტებად შევარჩიეთ წყავი (*Prunus laurocerasus*) ვარდისებრთა (*Rosaceae*) ოჯახის, ტყემალოვანთა (*Prunoideae*) ქვეოჯახის, ქლიავის (*Prunus*) გვარის ხეები ან ბუჩქები. დასავლეთ საქართველოს სუბტროპიკულ ზონაში ფართოდაა გავრცელებული წყავის როგორც კულტურული, ისე ველური ფორმები. ამ მცენარის ნაყოფი მდიდარია ვიტამინებით, ფენოლებით, ნახშირწყლებითა და სხვა სასარგებლო ნივთიერებებით [2,3]. წყავს უმეტესად ნედლი ხილის სახით იყენებენ, ამიტომ მეტად მნიშვნელოვანია ამ ხილის მოსავლის შემდგომი შენახვის ოპტიმალური პირობების დადგენა, რათა მოკრეფილმა ნაყოფმა მაქსიმალურად დიდხანს შეინარჩუნოს სასაქონლო თვისებები და კვებითი ღირებულება.

წყავის ნაყოფები მტვენებადაა შეკრული. უპირველეს ყოვლისა ჩვენ გვინტერესებდა, როგორ ჯობია მოკრეფილი წყავის შენახვა ნაყოფსაჯდომებიანად, ანუ მტვენებად თუ ნაყოფსაჯდომების მოშორებით – დამარცვლილი სახით, ჩვენი კვლევის მიზანი იყო აგრეთვე შენახვის დროს მიმდინარე პროცესებზე გარემოს ტემპერატურის გავლენის შესწავლა.

ექსპერიმენტში გამოყენებული იყო ქედის მუნიციპალიტეტის სოფ. აგარას მიმდებარე ტყეში ველურად მოზარდი წყავის ნაყოფები, მოკრეფილი სრული სიმწიფის პერიოდში, ნაყოფების შეფერილობით – მუქი იისფერი-შავი. ცდისათვის გადარჩეული იყო დაახლოებით ერთნაირი ზომისა და ფორმის, სალი დაუზიანებელი ნაყოფები. მოკრეფილი ნაყოფების ნახევარს მოვაცილეთ ნაყოფსაჯდომები (დავმარცვლეთ). ცდის ორივე ვარიანტში ნაყოფები დაიყო ორად სხვადასხვა ტემპერატურაზე შესა-

ნახად. შემთხვევითობის პრინციპით გადანაწილდა ნაყოფები ხუთ-ხუთ განმეორებად (2–2 კგ). ნაყოფები ინახებოდა ვენტილირებად კონტეინერებში. ნაყოფების ნაწილი ინახებოდა ოთახის ტემპერატურაზე (20 ± 2 °C), ნაწილი მაცივარში 6 ± 2 °C-ზე. ნაყოფებს გამოწმობდით ყოველ 5 დღეში 1 თვის განმავლობაში.

მასის ცვლილების განსასაზღვრად თითოეულ განმეორებაში მონიშნული გვექონდა 100 ნაყოფი. მასის დანაკარგს ვსაზღვრავდით ციფრულ სასწორზე (სიზუსტით 0,01 გ) აწონილი ნაყოფების მასის ცვლილების გადაყვანით პროცენტებში. ნაყოფის რბილობის სიმტკიცეს გამოწმობდით ხილ-კენკროვანთა პენეტრომეტრით GY-2 (ფრუტტესტერით). შენახვის პროცესში არაკონდიციური დანაკარგების (ტექნიკური წუნის) დასადგენად თითოეული ვარიანტიდან და განმეორებიდან გადავარჩევდით დამპალ, დაობებულ ან დაზიანებულ მარცვლებს და ვწონდით დარჩენილ ნაყოფს. მასის სხვაობას გამოვსახავდით პროცენტებში.

ნაყოფების ტიტრულ მუავიანობას ვსაზღვრავდით პოტენციომეტრული მეთოდით ISO 750:1998-ის შესაბამისად [4]. ვიტამინ C-ს შემცველობას რეფერენტული მეთოდით ISO 6557-1:1986-ის შესაბამისად [5].

ნაყოფებში ფენოლურ ნივთიერებათა ჯამის დასადგენად 50 ცალ ნაყოფს ვაცლიდით კურკას, ვწონდით და ვაბლენდერებდით. მიღებულ სუსპენზიას ვაცანტრიფუგირებდით 12 000 გ-ზე 30 წუთის განმავლობაში 4 °C-ზე. მიღებულ წვეს ვაზავებდით გამოსხილი წყლით. თითოეული სინჯიდან 0,3 მილილიტრს ვხსნიდით 4,3 მლ გამოსხილ წყალში, ვუმატებდით 0,1 მლ ფოლინ-ჩოკალთეუს რეაგენტს. 3 წუთის შემდეგ ვუმატებდით 0,3 მლ ნატრიუმის კარბონატის 2 %-იან ხსნარს, ვავორტექსებდით და ვდგამდით საინკუბაციოდ 30 წუთი. აბსორბციას გამოწმობდით სპექტროფოტომეტრზე 760 ნმ-ზე. კონტროლად აღებული იყო გალის მუავა. შედეგს გამოვსახავდით გალის მუავას ეკვივალენტის (GAE) მილიგრამებით ნელი მასის გრამებზე [6].

ცხრ. 1-ში მოყვანილია მონაცემები სხვადასხვაგვარად და სხვადასხვა ტემპერატურაზე შენახული წყავის ნაყოფის ტექნიკური წუნის შესახებ შენახვის პროცესში.

ცხრილი 1. ტექნიკური წუნი წყავის ნაყოფის შენახვისას სხვადასხვა ტემპერატურაზე (%)

ცდის ვარიანტი	შენახვის ტემპერატურა, °C	მოსავლის აღებიდან გასული დღეების რაოდენობა					
		5	10	15	20	25	30
მტვენებად	6 ± 2	0	4,5	7,8	16,6	22,8	30,0
	20 ± 2	5,7	8,2	12,3	30,7	46,2	50,1
დამარცვლილი	6 ± 2	1,7	8,6	10,2	22,4	44,1	58,5
	20 ± 2	9,3	12,1	15,4	48,3	63,2	70,0

როგორც ცხრ. 1-ის მონაცემებიდან ჩანს, დამარცვლილი ნაყოფის შემთხვევაში ტექნიკური წუნით გამოწვეული დანაკარგების რაოდენობა მეტია. ჩვენ ამას ვხსნიდით იმით, რომ მტვენებად შენახულ ნაყოფებში წყავის მარცვლები ერთმანეთისაგან ჰაერის შრით არის დაშორებული და მათი ჩახურების, ბაქტერიული და სოკოვანი ფლორის განვითარების ალბათობა გაცილებით ნაკლებია. დამარცვლილი ნაყოფი სამაცივრე პირობებშიც კი 1 თვის შენახვის შემდეგ ობდებოდა, ლპებოდა და საკვებად არავარგისი ხდებოდა. დაბალ ტემპერატურაზე შენახვა ამცირებდა დანაკარგებს, განსაკუთრებით მოკრეფის შემდეგ პირველ 2–3 კვირაში.

ცდის ყველა ვარიანტში შესწავლილი იქნა ასევე ბუნებრივი დანაკარგების რაოდენობა. კვლევის შედეგები მოყვანილია ცხრ. 2-ში.

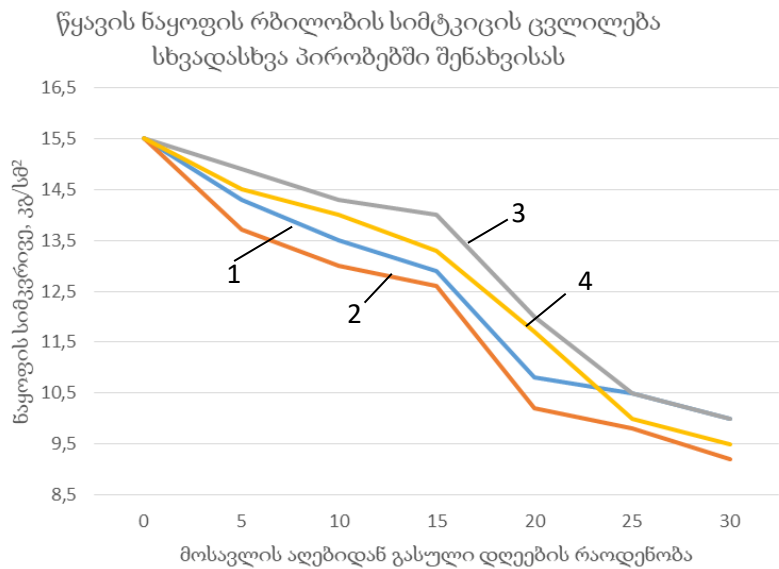
ცხრილი 2. ბუნებრივი დანაკარგების რაოდენობა წყავის ნაყოფის შენახვისას სხვადასხვა ტემპერატურაზე (%)

ცდის ვარიანტი	შენახვის ტემპერატურა, °C	მოსავლის ალებიდან გასული დღეების რაოდენობა					
		5	10	15	20	25	30
მტევნებად	6 ± 2	2,1	4,1	14,3	14,7	15,3	16,0
	20 ± 2	5,2	7,2	18,2	20,0	20,1	21,2
დამარცვლილი	6 ± 2	1,3	3,3	12,3	13,0	14,1	15,5
	20 ± 2	4,1	5,2	16,5	17,1	18,0	20,0

როგორც ცხრ. 2-ის მონაცემებიდან ჩანს, ბუნებრივი დანაკარგების მაქსიმუმი პირველ ორ კვირაზე მოდის. მასის კლება შემდგომშიც გრძელდება, მაგრამ ნაკლები ინტენსივობით. ბუნებრივი დანაკარგები ნაკლებია დამარცვლილ ნაყოფებში მტევნებად შენახულ ნაყოფებთან შედარებით.

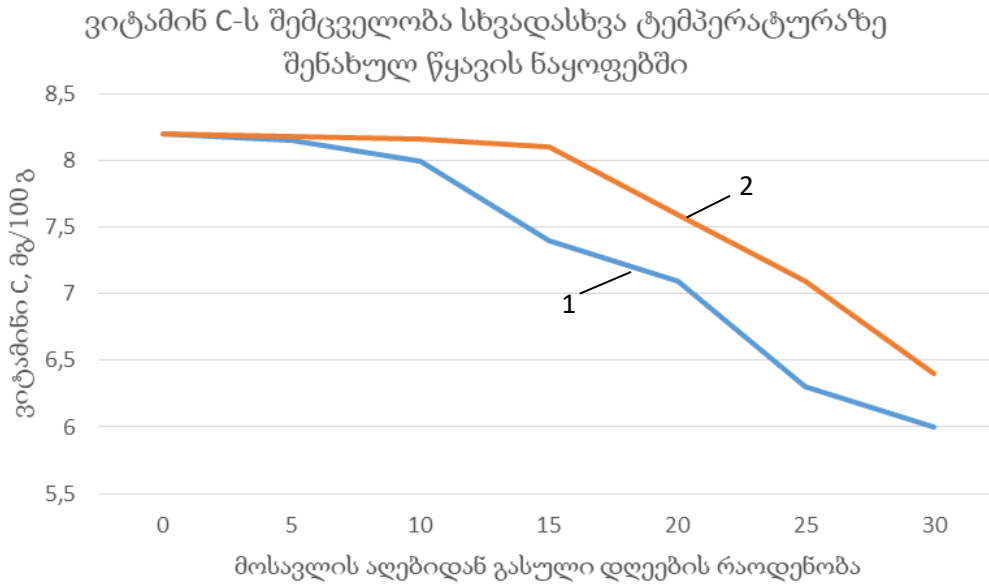
ცხრ. 1 და 2-ის მონაცემების შედარება გვიჩვენებს, რომ ბუნებრივი დანაკარგების რაოდენობის ცვლილება ტექნიკური წუნის რაოდენობის ცვლილების საწინააღმდეგო ტენდენციას ავლენს, ვინაიდან ბუნებრივ დანაკარგებს ძირითადად ნაყოფის მიერ ტენის დაკარგვა იწვევს, მაშინ გასაგებია, რომ მტევნებად დაწყობილი ნაყოფებიდან ტენის აორთქლება უფრო ადვილია, რადგან აქ წყავის მარცვლებს შორის უკეთესი ვენტილაციაა, ჰაერი მოძრაობს, თუმცა კანონზომიერება, რომ სამაცივრე პირობებში ნაყოფი უკეთ ინახება, აქაც დაცულია.

ცხრ. 2-ის მონაცემებთან კორელაციაშია კვლევის შედეგები ნაყოფის რბილობის სიმტკიცის შესწავლის შესახებ. ნაყოფის რბილობის სიმტკიცეს გზომავლით პენეტრომეტრით (თითოეულ განმეორებაში ვამოწმებდით 20 ნაყოფს). კვლევის შედეგები წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე.



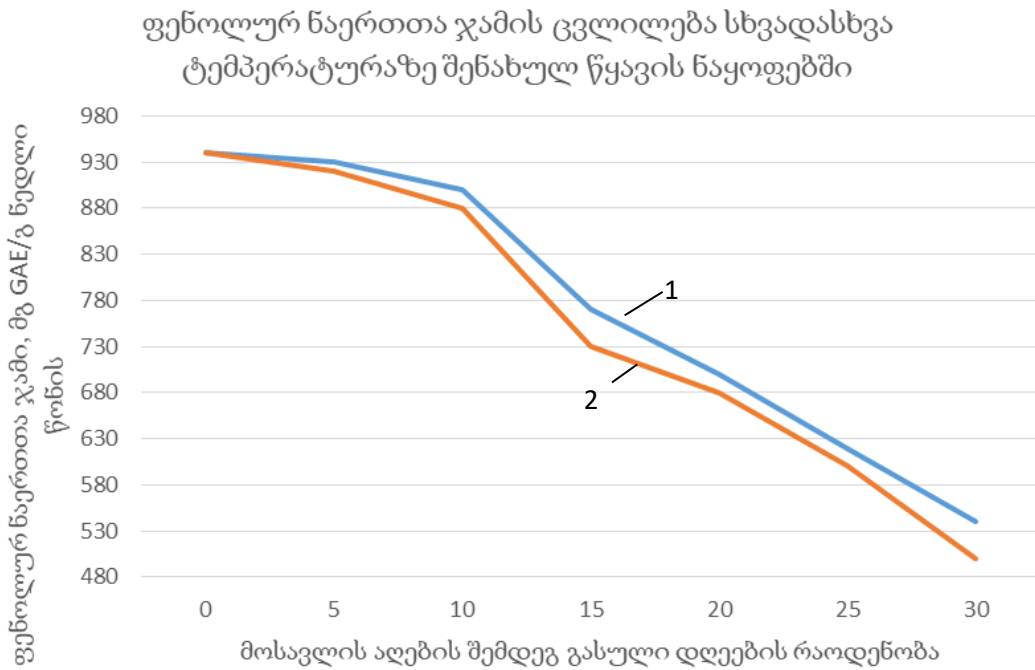
ნახ. 1. ცდის ვარიანტები:

- 1 – მტევნები, ინახება 6 ± 2 °C ტემპერატურაზე;
- 2 – მტევნები, ინახება 20 ± 2 °C ტემპერატურაზე;
- 3 – დამარცვლილი, ინახება 6 ± 2 °C ტემპერატურაზე;
- 4 – დამარცვლილი, ინახება 20 ± 2 °C ტემპერატურაზე.



ნახ. 2. ცდის ვარიანტები:

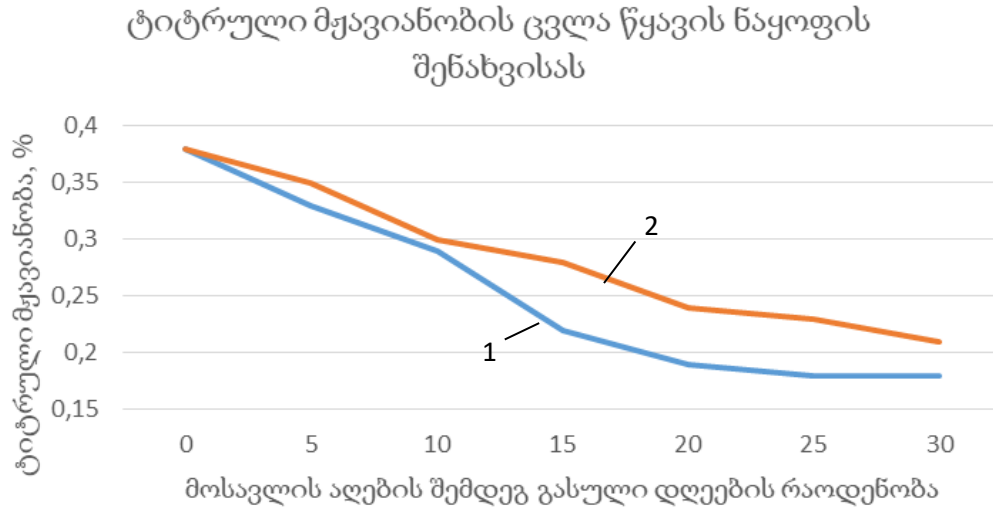
1 – ინახება 20 ± 2 °C ტემპერატურაზე; 2 – ინახება 6 ± 2 °C ტემპერატურაზე.



ნახ. 3. ცდის ვარიანტები:

1 – ინახება 20 ± 2 °C ტემპერატურაზე; 2 – ინახება 6 ± 2 °C ტემპერატურაზე.

შენახვის პროცესში იცვლებოდა ტიტრული მჟავიანობაც. მჟავიანობის ცვლაც პირველ რიგში დაკავშირებულია დამწიფებისას მიმდინარე პროცესებთან. კვლევის შედეგები გამოსახულია ნახ.4-ზე.



ნახ. 4. ცდის ვარიანტები:

1 – ინახება $20 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე; 2 – ინახება $6 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე.

ამრიგად, ჩვენი კვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ შენახვის პროცესში იცვლება წყავის ნაყოფის ფიზიკური და ქიმიური მაჩვენებლები. წყავის ნაყოფი კარგავს რბილობის სიმტკიცეს, რბილდება, იცვლება ქიმიური შედგენილობაც, ეცემა ტიტრული მჟავიანობა, მცირდება ფენოლურ ნაერთთა, ვიტამინ C-ს შემცველობა. ეს პროცესები უფრო ინტენსიური ხდება შენახვიდან 2 კვირის შემდეგ. მოსავლის აღებიდან 20 დღის შემდეგ ტექნიკური დანაკარგები (დამჰალი, დაობილი და გაჭყლექილი ნაყოფების რაოდენობა) 30 %-ზე მეტია, ხოლო 1 თვის შემდეგ ოთახის ტემპერატურაზე შენახული ნაყოფებისათვის 50–70 % შეადგენს. ეს მაჩვენებლები ნაკლებია სამაცივრო პირობებში შენახული ნაყოფებისათვის (30–58 %). ცდამ გვიჩვენა, რომ ტექნიკური წუნის შესამცირებლად ჯობს წყავის ნაყოფი მტვენებად შეკრული შევინახოთ, ამ შემთხვევაში დამჰალი და დაობილი ნაყოფების რაოდენობა 20%-ით ნაკლებია. მასის ბუნებრივი დანაკარგები შენახვის პროცესში 15–20%-ს აღწევს. მაცივარში შენახვისას დანაკარგები ნაკლებია, თუმცა ტექნიკური წუნისაგან განსხვავებით აქ სხვაობა გაცილებით მცირეა (5%).

ლიტერატურა

1. A.K. Thompson. Fruit and Vegetables: Harvesting, Handling and Storage. Wiley-Blackwell; 3rd Edition. 2015.
2. თ. კაჭარავა. საქართველოს სამკურნალო არომატული, საღებარი, თაფლოვანი, სანელებელი და შხამიანი მცენარეების ბიომრავალფეროვნება. –თბილისი, უნივერსალი, 2020, 462 გვ.
3. Aleksidze A, Japaridze G, Giorgadze A, Kacharava T. - Biodiversity of Georgia // Global Biodiversity, 2018. - Volume 2, Selected Countries in Europe Environmental Science/Climate Change & Mitigation.
4. ISO 750:1998 Fruit and vegetable products — Determination of titratable acidity
5. ISO 6557-1:1986 Fruits, vegetables and derived products - Determination of ascorbic acid - Part 1: Reference method.
6. Beyhan O., Elmastas M. and Gedikli F. 2010. Total phenolic compounds and antioxidant capacity of leaf, dry fruit and fresh fruit of Feijoa (*Acca sellowiana*, Myrtaceae). //J. Med. Plants Res. 11, 1065–1072.

SUMMARY

CHANGES IN CHERRY LAUREL FRUIT DURING STORAGE IN VARIOUS CONDITIONS

Surmanidze D.D. and Gvasalia L.E.

Georgian Technical University

In the subtropical zone of Western Georgia, both cultivated and wild forms of the Common Laurel are widespread. The fruits of this plant are rich in vitamins, carbohydrates, and other nutrients. The aim of the study was:

- To determine the optimal conditions for postharvest storage of the fruit, so that the harvested fruit preserves its commodity properties and nutritional value as long as possible;
- To study the effect of environmental temperature on the processes during storage.

The fruits of the test plant were divided into two - half of them were kept in racemes and another half were kept separately. In both variants of the trial, fruits were again divided into two for storage at different temperatures (20 ± 2 °C and 6 ± 2 °C). It has been shown that laurel's physical and chemical properties change during the storage process. The fruit of the laurel loses its hardness, the titratable acidity decreases, and the content of phenolic compounds and vitamin C decreases. These processes become more intense after 2 weeks of storage. 20 days after harvesting, technical losses are higher than 30%, and after 1 month, for fruits stored at room temperature, it is 50-70%. These indicators are lower for fruits stored in refrigerated conditions (30–58 %). The experiment showed us that to reduce technical spoilage, it is better to keep the fruits in racemes, as in this case, the number of rotten and spoiled fruits is 20% less. Natural mass losses during storage reach 15–20 %. Losses during refrigeration are less, however, unlike technical spoilage, the difference here is much smaller (≈ 5 %).

Keywords: cherry laurel, storage, natural losses, technical spoilage, fruit hardness, titratable acidity, vitamin C, phenolic compounds.

წიწიბურას პური წიპწის ფქვილის დანამატი

ფარჯანაძე ტ.მ., სორდია ე.კ., ძნელაძე ს.ჯ., დოლიძე მ.გ., მამარდაშვილი ნ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საკვები პროდუქტების წარმოებაში, მნიშვნელოვანი როლი უკავია პროდუქტებს, რომლებიც სპეციალიზებულ კვებაში გამოიყენება. 2003–2008 წლებში უგლუტენო პროდუქციის წარმოება გაიზარდა 125%-ით, ამავდროულად, არასპეციალიზებული და სწრაფი კვების პროდუქტების წარმოებამ მოიმატა 75%-ით [1-3].

წიწიბურა, ხორბლის მარცვლისაგან განსხვავებით, არ შეიცავს ცილა გლუტენს, რომელიც ერთ-ერთი მთავარი მახასიათებელია ხორბლის ფქვილისაგან პურის დამზადებისათვის – რეკომენდებულია ცელიაკით დაავადებული ადამიანებისათვის. წიწიბურას ფქვილი გამოირჩევა მთელი რიგი ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების მაღალი შემცველობით, და მათი შენარჩუნება ცხობის დროს წარმოადგენს მეტად მნიშვნელოვან საკითხს [4].

წიწიბურა სხვადასხვა სახით გამოიყენება სურსათის წარმოებაში. მისგან მზადდება მრავალი პროდუქტი: ნამცხვრები, პური, მაკარონი, ბლინები, გალუტი, ფაფები [5]. გამოიყენება დიეტურ და ბავშვთა კვებაში. წიწიბურას ბურღულეულისაგან დამზადებული პროდუქტები, ადამიანისათვის, ადვილად შესათვისებელია. მისი მიღება რეკომენდებულია შაქრიანი დიაბეტით დაავადებული ადამიანებისათვის [6].

წიწიბურას ფქვილში ლიპაზური აქტივობა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ფქვილის ხარისხის გაუარესების პროცესში – აქტიურდება ჟანგვის პროცესი არასასურველ პირობებში შენახვის დროს, მაგ. მაღალი ტემპერატურისა (>15 °C) და მაღალი ტენიანობის (>60 %) დროს. მაგრამ, ამავდროულად, გასათვალისწინებელია ის ფაქტორი, რომ წიწიბურას პურის გემოვნური თვისებების ჩამოყალიბებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ლიპაზა და პეროქსიდაზა [5]. აქედან გამომდინარე, პურსაცხობად მიწოდებული წიწიბურას ფქვილი შენახულ უნდა იყოს ოპტიმალურ პირობებში.

საქართველოში უხსოვარი დროიდან განვითარებული იყო მევენახეობა-მეღვინეობა. ყურძნის გადამუშავების შემდეგ დიდი რაოდენობით რჩება მეორადი პროდუქტი წიპწა, რომელიც წარმოადგენს ძვირფას დანამატს სასურსათო წარმოებაში. ყურძნის წიპწა საკმაოდ რაოდენობით შეიცავს ანტიოქსიდანტებს და ფენოლურ ნაერთებს [7], რამაც ჩვენი დაინტერესება გამოიწვია. წიწიბურას ფქვილზე, პურის გამდიდრების და ვარგისიანობის გაზრდის მიზნით, დამატებულ იქნა კახეთის რეგიონიდან მოწოდებული წითელი ყურძნის – საფერავის წიპწა.

ფქვილის მიღება მოხდა წიწიბურას მარცვლებისა და საფერავის ჯიშის ყურძნის წიპწის დაფქვით. თავდაპირველად წიწიბურას ფქვილზე გაკეთდა მჟავიანობის, ნაცრიანობის, ტენიანობის, ცხიმისა და ცილის ანალიზები. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრ.1-ში.

ცხრილი 1. წიწიბურას ფქვილის ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები

ნედლეული	მჟავიანობა,	ტენიანობა, %	ნაცრიანობა, %	ცილა, გ	ცხიმი, გ
წიწიბურას ფქვილი	4,6	10,94	2,32	11,8	2,1

შემუშავებულ იქნა პურის ცხობის ახალი რეცეპტურა და შედარდა წიპწის გარეშე გამომცხვარ პურს. დანარჩენი ინგრედიენტები, რაც გამოიყენება წიწიბურას პურის საცხობად, უცვლელი დარჩა (ცხრ. 2).

ცხრ.2 წიწიბურას პურის რეცეპტურა დანამატის გარეშე და წიწიბურის ფქვილის დამატებით

ექსპერიმენტი	წიწიბურას ფქვილი, (გ)	წიწიბურის ფქვილი, (გ)	მზესუმზირას ზეთი, (გ)	შაქარი, (გ)	მარილი, (გ)	წყალი, (მლ), (25 °C)	კვერცხი	მშრალი საფუარი, (გ)
საკონტროლო	100	-	20	10	10	220	1	15
წიწიბურის ფქვილის დანამატით	100	10	20	10	10	220	1	15
წიწიბურის ფქვილის დანამატით	100	20	20	10	10	220	1	15

პირველ ეტაპზე მომზადდა ხაში – წიწიბურას ფქვილის სრული მასის 30%-ს დაემატა საფუარი, მარილი, შაქარი და წყალი და მიღებული ნარევი დაყოვნებულ იქნა 1,5 სთ-ის განმავლობაში (35 °C-ის პირობებში). შემდეგ ფერმენტირებულ მასას დაემატა დანარჩენი ინგრედიენტები, ცომი გადავზილეთ და დავაყოვნეთ 1,5 სთ. აფუებული ცომი მოთავსდა საცხობ ფორმაში და კვლავ დაყოვნდა 1,5 სთ.

მოცემული რეცეპტურით პურის გამოცხობა მოხდა ღუმელში 220 °C -ზე 35–40 წთ-ის განმავლობაში. მიღებულ იქნა 3 ვარიანტის პური, რომლებშიც განისაზღვრა მუავიანობა, სინესტე, ფორიანობა, ანტიოქსიდანტების შემცველობა და საერთო ფენოლების რაოდენობა. მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. წიწიბურის პურის ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები

მახასიათებლები	წიწიბურას პური დანამატის გარეშე	წიწიბურას პური 10 გ წიწიბურის ფქვილის დანამატით	წიწიბურას პური 20 გ წიწიბურის ფქვილის დანამატით
მუავიანობა,	2,4	2,74	3,2
სინესტე, %	49,08	49,05	48,61
ფორიანობა, %	42	44	45
ანტიოქსიდანტების რაოდენობა, მგ/გ	89,3	91,1	109,2
საერთო ფენოლების რაოდენობა, მგ/გ	400,4	421,86	444,73

როგორც ცხრ. 2-ის მონაცემებიდან ჩანს, საუკეთესო შედეგები აჩვენა მესამე ვარიანტმა, სადაც როგორც ფენოლების, ისე ანტიოქსიდანტური რაოდენობა მომატებულია.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ წიწიბურას ფქვილის ცომში 20 გრ წიწიბურის ფქვილის დამატებით ფერმენტული დუღილის პერიოდი გაიზარდა 2-იდან 3 სთ-მდე, მაგრამ, მნიშვნელოვნად შეიცვალა პურის ვარგისიანობის ვადა – გახანგრძლივდა 20 სთ-იდან 36 სთ-მდე.

ლიტერატურა

1. Барсукова Н.В., Решетников Д.А., Красильников В.Н. //Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий; Научный журнал НИУ ИТМО; Серия Процессы и аппараты пищевых производств, 2011, сс. 8-9.
2. Farzana T., Hossain F., Abedin M., Afrin S., Rahman S. Nutritional and sensory attributes of Biscuits enriched with buckwheat, Journal of Agriculture and Food Research, volume 10, December 2022, pp.15-18.
3. Парахин Н.В. Гречиха: биологические возможности и пути их реализации. /Вестник аграрной науки, 2010, сс. 5-6.

4. Лопачёв Н.А., Стебаков В.А., Наумкин В.Н. Гречиха в биологизированном севообороте Орловщины. //Вестник аграрной науки, 2012, с.46.
5. Zhou, M., Kreft, I., Wieslander, G., Woo, S., Chrungoo, N. Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat. Academic Press. 2016, pp.193-202; 335-343.
6. Крефт И., Икеда К., Икеда С., Вомберггар Б. Разработка функционально новых продуктов питания на основе гречихи обыкновенной и татарской. //Журнал аграрной науки, 2010, с.15.
7. Tauchen J., Marsik P., Kvasnicova M., Magradze D., Kokoska L., Vanek T., Landa P. *In vitro* antioxidant activity and phenolic composition of Georgian Central and West European wines. //Journal of Food Composition and Analysis, volume 41, august 2015, pp.113-121.

SUMMARY

BUCKWHEAT BREAD WITH THE ADDITION OF PIP FLOUR

**Parjanadze T.M., Sordia E.K., Dzneldze S.J., Dolidze M.V. and Mamardashvili N.G.
Georgian Technical University**

The article presents a new recipe for baking buckwheat bread with the addition of "Saferavi" pip flour of the Georgian grape variety. Special attention is paid to the characteristics of both buckwheat flour and "Saferavi" pip. Buckwheat bread baked by the developed method is gluten-free, which is recommended for people with various diseases.

Keywords: buckwheat, pip, flour, bread.

მერქნიან მცენარეთა ბაქტერიული დაავადებები

ყანჩაგელი შ.ს., პავლიაშვილი ქ.მ., ჩაჩხიანი-ანასაშვილი ნ.რ.

საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სამეცნიერო კვლევითი ცენტრი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

ბაქტერიები ბუნებაში ყველგანაა გავრცელებული: ნიადაგში, წყალში, ჰაერში, ცხოველების, მცენარეების თუ ადამიანის ორგანიზმში ან მათ ზედაპირზე [1].

მცენარეთა დაავადებების გამომწვევ ბაქტერიებს უწოდებენ ფიტოპათოგენურს, ისინი იწვევენ მრავალ კულტურულ და ტყის მერქნიან მცენარეთა დაავადებებს.

დაავადების გარეგნული სიმპტომების, პათოგენური პროცესის ხასიათის, ბაქტერიის, მცენარის ქსოვილში უჯრედზე მოქმედების მიხედვით, დადგენილია ბაქტერიული დაავადებების ოთხი ტიპი: პარენქიმატოზული, ჭურჭლოვანი, გენერალიზებული (ჭურჭლოვან პარენქიმატოზული) და ჰიპერპლასტიკური (სიმსივნეები და ახალწარმონაქმნები). უნდა აღინიშნოს, რომ ეს დაყოფა პირობითია, მკვეთრი ზღვარი ცალკეულ ტიპებს შორის არ არსებობს [2,3].

მერქნიან მცენარეებზე ბაქტერიები იწვევენ სხვადასხვა ფორმის დაავადებებს, როგორცაა: სიღამწვრე, კიბოვანი, ნეკროზი, ლაქიანობა, ჭკნობა (ხმობა) და სხვა.

ბაქტერიული სიღამწვრეებიდან თავისი მავნეობით ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი დაავადებაა – ხეების ბაქტერიული დაწვა. დაავადების გამომწვევია ბაქტერია: *Erwinia amylovora (Burril) Com.S.A.B.* ეს უკანასკნელი აავადებს 70 სახეობის ხემცენარეებსა და ბუჩქებს.

დაავადება ვლინდება ყლორტებზე, ყვავილებზე და ნაყოფებზე. ახლად გაშლილი ყვავილები და ყლორტები უეცრად ჭკნება და შავდება, მაგრამ არ ცვივა. დაავადებული მკვახე ნაყოფი (მწიფე ან სიმწიფეში შესული ნაყოფი სიღამწვრით არ ავადდება) ნაოჭდება, შავდება და როგორც ფოთლები ჩამოკიდებულია ხეზე.

დაავადების ფორმა ძალიან მოგვაგონებს სიღამწვრის სურათს ამიტომ მიიღო სიღამწვრის სახელწოდება. დაავადებული ყლორტებიდან და ახალგაზრდა ტოტებიდან იწყება წვეთის დენა. გამოყოფილი ექსუდატი ითვლება დაავადების დამახასიათებელ ნიშნად, რითაც განსხვავდება ბაქტერიული ნეკროზისაგან, რომელიც გამოწვეულია *Pseudomonas* გვარის ბაქტერიებით. ზედაპირზე გამოსული ექსუდატი პირველად უფერულია, შემდეგ იღებს მოყვითალო ან მუქ ფერს და მაგრდება.

დაავადებული ტოტების ქერქი ხშირად იფარება ბუშტებით და სკდება. დაავადებულ ქერქზე ჩნდება ღრმული, დაავადებულ და საღ ქსოვილებს შორის კი ჩნდება კარგად შესამჩნევი საზღვარი. ქერქითა და ლაფნით მცენარის ქვედა მიმართულებით ვრცელდება დაავადება, რომელმაც შეიძლება მოიცვას მთელი მცენარე და გამოიწვიოს მის კვდომა.

დაავადების გამომწვევის გავრცელება ახალ ტოტებზე ან ხეზე, ყველაზე ხშირად ხდება წვიმის შხეფებით. მცენარეზე მოხვედრილი ბაქტერია იჭრება შიგნით მექანიკური ჭრილობის, ბზარებისა და ბაგეების საშუალებით. დაავადების გავრცელებაში დიდ როლს თამაშობენ მწერები, კერძოდ ბუგრები, ქერქიჭამიები და განსაკუთრებით ფუტკრები. ინფექცია შეიძლება გავრცელდეს ასევე სარგავი და სანამყენე მასალით.

მიმდებარე ჯიშებში დაავადების საინკუბაციო პერიოდი გრძელდება 3–4 დღე, ხოლო შედარებით გამძლე ჯიშებში 6–10 დღე.

დაავადება ყველაზე საშიშროებას წარმოადგენს მსხლის ყველა ჯიშისათვის, რომლებიც მიმდებარეა სიღამწვრისადმი. ავადდება ასევე ვაშლი, ალუბალი, ქლიავი, ბალი, გარგარი, ნუში, კუნელი, კომში და ატამი. ბაქტერიული სიღამწვრით ავადდება ასევე ვარდყავილოვანი ოჯახიდან შორს მდგომი მცენარეები – ხურმა, ბერძნული კაკალი, იასამანი და სხვა.

კულტურული მცენარეებიდან ბაქტერიული სიდამწვრე აავადებს ასევე თუთას. დაავადების გამომწვევია ბაქტერია *Pseudomonas mori*. დაავადების შედეგად ახალგაზრდა ყლორტებზე, ფოთლებზე და კვირტებზე, ვლინდება წყლიანი ლაქები და ზოლები, შემდეგ დაავადებული ქსოვილები შავდება, წყლულდება, ფოთლის ფირფიტა სკდება, იხვევა და განიცდის კვდომას; ქერქიდან იყოფა ბაქტერიის ექსუდატი წვეთის სახით. დაავადებას აქვს ქრონიკული ხასიათი. ბაქტერიები იზამთრებენ დაავადებულ ტოტებში, რომლებიდანაც შემდეგ გადადიან ახალგაზრდა ყლორტებზე, სადაც შეიძლება გამოიწვიოს მცენარეთა კვდომა.

დადგინდა, რომ ბაქტერიული სიდამწვრე ასევე აავადებს ალვის ხეს, იასამანს და სხვა.

ფიტოპათოგენური ბაქტერიები იწვევენ კიბოვან დაავადებებს, როგორც კულტურულ ასევე ტყის მცენარეულობაზე [4].

კულტურულ მცენარეთა კიბოვანი დაავადებიდან თავისი მავნეობით გამოირჩევა ვაზის ბაქტერიული კიბო, ხეხილის ბაქტერიული კიბო და ციტრუსების ბაქტერიული კიბო.

ვაზის ბაქტერიული კიბოს გამომწვევია ბაქტერია – *Agrobacterium tumefaciens Sm. et T.* კიბო ვაზს ყველა ასაკში აავადებს, თუმცა განსაკუთრებით ხნოვანებს ეტანება. დაავადება იწყება შტამბიდან, თუმცა ვხვდებით რქებზე, ყლორტებსა და ფესვებზეც. ბაქტერია ვაზში იჭრება მექანიკურად დაზიანებული ადგილებიდან, იწყებს განვითარებას და კიბოს მაგვარ დაზიანებებს წარმოქმნის.

გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ვაზის კიბო ფართოდაა გავრცელებული დაბლობ და ტენიან ადგილებში, განსაკუთრებით ტუტე რეაქციის მქონე ნიადაგებში. ბაქტერიის გავრცელებას ხელს უწყობს ვაზისთვის არანორმალური პირობები; მის ორგანიზმზე მიყენებული მექანიკური ჭრილობები და დაზიანებები; ყინვისაგან გამოწვეული ბზარები. კიბოთი დაავადებისას, ვაზზე პირველად წარმოიქმნება ამობურცული პატარა სიმსივნე, რომელიც დასაწყისში რბილია და მწვანე. მის ზრდასთან ერთად სიმსივნის გარეგნული ნიშნები იცვლება, მაგრდება და იღებს ვაზის შტამბის დამახასიათებელ შეფერვას. კიბოს გამონაზარდი დიდხანს არ ძლებს, მისი ქსოვილი იშლება, შავდება ფუტუროვდება და ვაზს ადვილად სცილდება. ძლიერ დაზიანებული ვაზი იღუპება.

დადგენილია, რომ კიბოს გამომწვევი ბაქტერია, ბუნებაში ფართოდ გავრცელებულია და აავადებს მრავალ მცენარეს. ბაქტერია მოძრავია, ის დიდი რაოდენობით იმყოფება მცენარის დაავადებულ უჯრედშორისებში. დაავადება ვრცელდება მცენარის ერთი სახეობიდან მეორეზე. ის საუკეთესოდ ვითარდება სიბნელეში; მზის გაბნეულ რადიაციაზე მისი განვითარება ფერხდება, ხოლო მზის სხივების პირდაპირი მოქმედებისას – სრულიად წყდება, თუმცა სიცოცხლის უნარიანობას ინარჩუნებს.

ვაზის ბაქტერიული კიბოს გამომწვევი განვითარებას იწყებს 5 °C-ზე, ოპტიმალური ტემპერატურაა 26 – 27 ° C, ხოლო 30 °C-ის ზევით კი მისი განვითარება იზღუდება. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობაა 100%. ტენის შემცირება პირდაპირ პროპორციულ დამოკიდებულებაშია ბაქტერიის განვითარებასთან.

კიბოვან დაავადებებს შორის დიდი მავნეობით გამოირჩევა ხეხილის ბაქტერიული კიბო. დაავადების გამომწვევია ბაქტერია – *Bacterium tumefaciens Sm. et T.*, რომელიც პოლიფაგია და თითქმის ყველა თესლოვან და კურკოვან კულტურებს აავადებს.

ბაქტერია მექანიკურად დაზიანებული ადგილებიდან იჭრება მცენარეში და იწვევს ქსოვილების დაზიანებას. რის შედეგადაც უჯრედები სწრაფად იყოფა და იზრდება, როგორც მოცულობით ისე რაოდენობრივად. ქსოვილების სწრაფი ზრდის შედეგად ფესვზე და ფესვის ყელთან წარმოიქმნება კორძები, რომლებიც ზოგჯერ დიდ სიდიდეს აღწევენ. კორძები გაზაფხულზე წარმოიქმნება, ხოლო შემოდგომაზე იშლება და მათში მოთავსებული ბაქტერიები ნიადაგში ვრცელდება. საქართველოში განსაკუთრებით ძლიერ, ატამი ზიანდება.

დაავადება ქრონიკული ხასიათისაა, მცენარეს თანდათანობით ასუსტებს და ბოლოს მთლიანად ახმობს. იგი განსაკუთრებით საშიშია მოუვლელი, დასუსტებული მცენარეებისათვის. დაავადებას ხელს უწყობს ჭარბი ტენი, მნიშვნელობა აქვს ნია-

დაგის რეაქციასაც, ტუტე ნიადაგებზე უფრო ფართოდ ვრცელდება, ვიდრე მჟავა ნიადაგებზე.

დიდი მავნეობით გამოირჩევა ასევე ციტრუსების ბაქტერიული კიბო, რომლის გამომწვევია ბაქტერია – *Xanthomonas citri*.

დაავადების შემდეგ მცირდება ფოთლების ასიმილაციის არე, ძლიერი დაავადებისას შეიძლება მოხდეს ფოთლების გაცვენაც. ტოტების დაავადების დროს იწვევს მთელი ნაზარდის გახმობას. დაავადებულ ნაყოფს სასაქონლო ღირებულება ეკარგება. დაავადების გაძლიერება – განვითარებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს, მის ჯიშსა და საერთო მდგომარეობას. კლიმატური პირობებიდან აღსანიშნავია ნალექები და ტემპერატურა. ნალექებს მნიშვნელობა ეძლევა მაშინ, თუ ნალექებთან ერთად ინფექციისათვის სათანადო ტემპერატურული პირობებიც არის (20 – 30 °C). გარდა ამისა მცენარე უსათუოდ დაავადებისადმი წინასწარ განწყობილი უნდა იყოს. ამ მხრივ აღსანიშნავია ისიც, რომ რამდენადაც ინფექცია მხოლოდ მოზარდი ორგანიზმისა ხდება, დაავადებისათვის აუცილებელია, რომ მცენარე ვეგეტაციის პერიოდში იმყოფებოდეს; რაც ურო დასრულებული აქვს მცენარეს ზრდა და მისი ორგანოები მთლად მომწიფებულია, მით ინფექცია ნაკლებია ან სრულიად არ ხდება. დაავადების ხელშემწყობია ასევე მცენარის მექანიკური დაზიანებანი.

კიბოვანი დაავადებანი გვხვდება ასევე ტყის მცენარეულობაზე, როგორც არის იფანი, ალვის ხე, ტირიფი, მუხა და სხვა.

დადგენილია, რომ ფიტოპათოგენური ბაქტერიები იწვევენ მერქნიან მცენარეთა ბაქტერიულ ნეკროზებს, რომელთაგან თავისი მავნეობით გამოირჩევა, ციტრუსებისა და ხეხილის ბაქტერიული ნეკროზი.

ციტრუსოვანთა ნეკროზს იწვევს ბაქტერია – *Pseudomonas citriputale* Smieh., რომელიც აავადებს ტოტებს, ფოთლებს, ნაყოფებს. დაავადება პირველად ჩნდება ღეროს მუხლებზე, ეკლებსა და ფოთლების მიმაგრების ადგილებზე,338 იშვიათად მუხლთშორისებზეც.

ლიმონზე დაავადების პირველი სიმპტომები შეიმჩნევა ტოტებზე, ფოთლების მიმაგრების ადგილას მურა ფერის ლაქის სახით, რომელიც შემდეგ მოწითალო პრიალა ხდება. ლაქა ცოტა ამობურცულია მკვეთრად არის განსაზღვრული სადი ქსოვილისაგან. ლაქით შემორკალვის შემდეგ, ღეროს ზედა ნაწილი ხმება.

მანდარინის დაავადების დროს ყლორტის გასწვრივ შავი ფერის გრძელი ლაქები ჩნდება, რომლებიც მუხლთშორისებში სწრაფად იწვევს ღეროების შემორკალვას, შემდგომში კი მათ ხმობას.

ფოთლების დაავადების დროს იგი სხვადასხვა ზომის შავი ლაქით იფარება, რაც უმეტეს შემთხვევაში ყუნწის მხრიდან იწყება, ვითარდება მთავარი ძარღვის გასწვრივ და თანდათან გრეხს მას. ნაყოფების დაავადება საქართველოში იშვიათი მოვლენაა; დაავადება მუქი ყავისფერი ან მოშავო ლაქების სახით ვლინდება, რომლებიც ნაყოფის კანზე ვითარდება, რბილობში კი არ გადადის.

ციტრუსების ბაქტერიული ნეკროზით გამოწვეული მავნეობა გამოიხატება შემდეგში: ყლორტებისა და ტოტების დაავადების შემთხვევაში იწვევს მათ ხმობას, რითაც ძალზე მცირდება ზრდა და სანაყოფე კვირტების რაოდენობა, რაც თავისთავად მიმდინარე და მომავალი წლის მოსავლის უშუალო შემცირების საწინდარია. ფოთლების დაავადების დროს მცირდება საასიმილაციო ფართი, რაც შემდეგ მცენარეს ასუსტებს, ნაყოფების დაავადების დროს მცირდება მოსავალი და უარესდება სასაქონლო ღირებულება.

ბაქტერიული ნეკროზის გამომწვევი ბაქტერია ცხოველმყოფელობას ინარჩუნებს მოჭრილ ტოტებზე, 7 – თვეს, ხოლო ცოცხალ ტოტებზე ბაქტერია ადრე კარგავს ცხოველმყოფელობის უნარს, იქ არსებული ანტაგონისტი მიკროორგანიზმების ზემოქმედებით. ციტრუსოვანთა ბაქტერიული ნეკროზი ზიანის მომტანია სანერგის პირობებშიც. დაავადების სიმპტომები ისეთივეა როგორ მსხმოიარე ბაღებში.

თავისი მავნეობით ასევე მნიშვნელოვანია ხეხილის ბაქტერიული ნეკროზი, რომელიც გამომწვევია ბაქტერია – *Pseudomonas syringae*. დაავადება ვლინდება სხვადასხვა ფორმით. გაზაფხულზე მსხალზე ხშირად აღინიშნება ყვავილების და

ფოთლების უეცარი გამუქება და გახმობა ყლორტის წვეროზე. დაავადებული ყვავილები და ფოთლები დიდ ხანს ზოგჯერ შემოდგომამდე რჩება ხეზე ჩამოკიდებული.

ფოთლებიდან ბაქტერიები ჭურჭლოვანი სისტემით გადადიან ყუნწში, შემდეგ ყლორტებსა და ტოტებში. დაავადებული ყლორტები აჩერებენ ზრდას, იხრებიან, მუქდებიან და ხმებიან. განივ ჭრილზე აღინიშნება ჭურჭლების გამუქება, ცალკეული წერტილების ან მთლანი წრის სახით.

დიდი ხეების ტოტებსა და შტამბზე, როგორც ვაშლზე ასევე მსხალზე ვითარდება სხვადასხვა ზომის ოვალური მოვარდისფრო-ყავისფერი ლაქები. ლაქის ქვეშ მერქანი ჩვეულებრივ ყავისფერია რბილი და ტენიანი. დაავადებული ქერქი სკდება.

ჩვენს მიერ ჩატარებული ანატომიური კვლევები გვიჩვენებს, რომ *Pseudomonas syringae*. უმთავრესად ვითარდება ჭურჭლოვან სისტემაში, რომელიც იწვევს ნეკროზსა და ქსოვილებს გაკორპებას.

მცენარე ძირითადად ავადდება კვირტებიდან და მექანიკურად დაზიანებული ადგილებიდან, იშვიათად ბაგებიდან. ბაქტერიები ადვილად ვრცელდება წვიმითა და მწერებით. ინფექცია კი ძირითადად დაავადებული მცენარის ნაწილებში.

გარდა ზემოთ აღნიშნული დაავადებებისა, ბაქტერიები იწვევენ ლაქიანობებს, რომელთა შორის თავისი ბუნებით გამოიხევა კაკლის ფოთლების ბაქტერიული ლაქიანობა. დაავადების გამომწვევია ბაქტერია – *Xanthomonas juglandis* Dows. დაავადების გავრცელება ემთხვევა კაკლის გეოგრაფიულ გავრცელებას. ავადდება კაკლის ფოთლები, ყვავილები, ახალგაზრდა ნაყოფები და ყლორტები.

ფოთლის ფირფიტებზე დასაწყისში ვითარდება წვრილი, ქლოროტული ლაქები, რომლებიც შემდეგ შავდება. ფოთლის ძარღვების დაავადებისას, ფოთლები ყვითლდება და ცვივა თუ დაავადებული ფოთლი არ ჩამოცვიცდა – ფირფიტაზე განლაგებული შავი ლაქები იშლება და ფოთლის ფირფიტა რჩება დაფაცხავებული. ერთდროულად ფოთლი დეფორმაციასაც განიცდის.

ყვავილის დაავადება, უმთავრესად ბუტკოდან იწყება. ბუტკო ღორწოვანია, ნაზი ქსოვილისაგანაა შემდგარი და მას ადვილად ეკვრება ბაქტერიული ორგანიზმი. საბოლოოდ ბუტკოსა და შემდეგ ნასკვის გაშავებას იწვევს, რის გამოც ორივე ცვივა.

ყლორტებზე და ტოტებზეც ლაქები ვითარდება, ეს უკანასკნელი ჩალრმავებულია, ჩახნექილია, დასაწყისში მკრთალი და ოდნავ ღორწოვანი ზედაპირით.

ნაყოფებზეც იგივე სიმპტომებია, მხოლოდ ლაქები კიდევ უფრო მკრთალია და გარშემოვლებული. საბოლოოდ ინფექცია ნაყოფის გარე კედლის დაშლის შემდეგ ნაჭუჭსაც აღწევს და იჭრება გულში, ამის შემდეგ ნაყოფი ჯერ ჭკნება, იჭმუჭნება, შავდება და ცვივა. ახალგაზრდა მოზრდილი მცენარეები უფრო მეტად ზიანდება, ვიდრე შედარებით ხნიერი ხეები.

დაავადების ხელშემწყობ ფაქტორად ითვლება: ხშირი წვიმები და საერთოდ ტენიანი პირობები, მეტადრე გაზაფხულზე, რომლის დროსაც ფოთლებისა და ყვავილების კვირტები იხსნება. კვირტებში მოზამთრე ბაქტერიები ვრცელდებიან და პირველ ინფექციას იწვევენ. ზოგ შემთხვევაში მამრობითი ყვავილების ჯერ კიდევ გაუშლელი კვირტებია დაზიანებული, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ ინფექცია მცენარის მტვრის მარცვლებზეა გადასული.

აღნიშნული ინფექცია გამოწვეულია ყვავილობამდე მერქანში შეჭრილი და გამტარი ჭურჭლებით ყვავილებში გადასული ბაქტერიებით. ისე, რომ დაავადების გავრცელებაში ბაქტერიებით დაავადებული მტვრის მარცვალიც შეიძლება ინფექციის წყაროდ ჩაითვალოს.

დაავადების გამომწვევი ბაქტერიის განვითარების ოპტიმალურ ტემპერატურად ითვლება 28 °C, მინიმალურად 10 °C, მაქსიმალურად 53–55 °C.

ჩვენი გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ფიტოპათოგენური ბაქტერიები იწვევენ მერქნიან მცენარეთა ხმობასაც. აქ ორი შემთხვევაა აღსანიშნავი. პირველია ტრაქეობაქტერიული ხმობა, როდესაც ბაქტერიების მასა მცენარის ჭურჭლებს ისე გამოავსებს, რომ წყლის გადანაცვლება არ არის შესაძლებელი, ტრანსპირაციით დაკარგული წყალი, ვერ შეივსება და მცენარე ჯერ ტურგორს კარგავს და მერე ხმება.

მეორე გვარის ხმოზა ტოქსიკურია. ამ შემთხვევაში ბაქტერია მცენარის ქსოვილების ინტოქსიკაციას იწვევს და მცენარე ხმება.

ბაქტერიული დაავადებების წინააღმდეგ საჭიროა მთელი რიგი ღონისძიებების გატარება, პირველ რიგში აგროტექნიკურ ღონისძიებათა კომპლექსის მაღალ დონეზე ჩატარება; დაავადებებისადმი გამძლეობის გასაძლიერებლად უნდა მოხდეს მცენარეთა ბალანსირებული კვება, კერძოდ ბიორგანული სასუქების სრული კომპლექსის შეტანა; სან-ჰიგიენური ღონისძიებების ჩატარება, როგორცაა: დაავადებული ყლორტებისა და ტოტების შეჭრა, ნაკვეთიდან გატანა და დაწვა. ჩამოცვენილი ფოთლებისა და ნაყოფების შეგროვება და დაწვა. უნდა ჩატარდეს სპილენძშემცველი ფუნგიციდებით შესხურება 3–4 ჯერ. პირველი წამლობა უნდა ჩატარდეს კვირტების დაბერვისას (3%-იანი ფუნგიციდით), ხოლო დანარჩენი 10–12 დღის შუალედით (1 %-იანი ფუნგიციდით).

ამრიგად, ფიტოპათოგენური ბაქტერიები იწვევენ, როგორც კულტურული ასევე ტყის მცენარეულობის მერქნიან მცენარეთა სხვადასხვა ფორმის დაავადებებს და დიდი მავნეობა მოაქვთ, როგორც სოფლის ასევე სატყეო მეურნეობისათვის.

ლიტერატურა

1. Панкратов А.Я. – Микробиология. – М., Колос, 1971, 272с.
2. ყანჩაველი შ.ს. მცენარეთა პათოლოგიის საფუძვლები. – თბილისი, გრიფონი, 2018, 663 გვ.
3. Горленко М.В. – Краткий курс иммунитета растений к инфекционным болезням – М.: Высшая школа, 1983, 366 с.
4. Лесная энциклопедия. - М.: Советская энциклопедия, 1986 Том второй, 631 с.

SUMMARY

BACTERIAL DISEASES OF WOODY PLANTS

Kanchaveli Sh.S., Pavliashvili K.M. and Chachkhiani-Anasashvili N.R.

Scientific Research Center of the Ministry of Agriculture of Georgia

Georgian Technical University

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

It is established that phytopathogenic bacteria cause diseases of both cultivated and forest woody plants. The latter are of four types: parenchymatous, vascular, generalized, and plastic. Diseases caused by phytopathogenic bacteria are of various forms, such as burns, cancer, necrosis, spotting, wilting, and others. The ways of penetration and spread of the bacterium in the plant have been studied. Bacterial diseases of cultivated and forest woody plants are characterized by great harmfulness and they cause great damage to both agriculture and forestry. Measures to combat bacterial diseases have been developed.

Keywords: bacterial diseases, phytopathogenic bacteria, woody plants.

ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ НА РАЗВИТИЕ БОЛЕЗНИ РАСТЕНИЙ

Канчавели Ш.С.

Научно-исследовательский центр Министерства сельского хозяйства Грузии

На сезонное развитие и географическое распространение болезней оказывают влияние погодные условия и почвенные факторы. Это – один из главных и наиболее общих выводов патологии растений. Само утверждение старо, но строгий анализ и точный учет влияния основных факторов представляют собой достижение сравнительно недавнего времени. На основе накапливающихся данных о влиянии факторов внешней среды возникает новая отрасль фитопатологии – экология возбудителей болезней растений или, в более широком понимании, экология болезней растений.

Новую эру экологического подхода к болезням растений открыли многие исследователи [1-5].

Для каждого сочетания – патоген – хозяин – внешняя среда, существует характерная скорость и степень развития болезни. Любой данный фактор внешней среды, такой, как например, температура, имеет для каждого патогена совершенно определенный минимум, оптимум и максимум, так что пределы плюс-и-минус-отклонений от оптимума, в которых рост патогена заметно не замедляется и не ограничивается, могут считаться нормой развития. Но на хозяина также оказывают влияние температура и многие другие факторы способные изменить его обычную восприимчивость. Одни и те же факторы могут по-разному влиять на патогены и на хозяина: они могут быть благоприятными для одного из них и вредными для другого. Поэтому наиболее сильного развития болезни в наикратчайший срок следует, по-видимому, ожидать в том случае, если факторы внешней среды окажутся неблагоприятными для хозяина и благоприятными для патогена. При обратном соотношении болезнь разовьется наиболее слабо и, вероятно, потребует для своего развития максимального времени. Так как многие факторы оказывают воздействие и на патоген и на хозяина, то скорость, степень развития и вредоносность заболевания определяются, видимо, алгебраической суммой благоприятных и неблагоприятных для развития заболевания факторов.

Одна из главных проблем в выяснении влияния внешней среды на развитие болезней растений заключается в том, чтобы суметь разграничить влияние, оказываемое на патоген, от воздействия на хозяина. Быть может погода благоприятствует развитию патогена, а быть может она снижает обычную устойчивость хозяина и его способность к выздоровлению.

Ущерб, причиняемый заболеванием, не всегда определяется только восприимчивостью тканей растения-хозяина; он определяется также и способностью хозяина противостоять воздействию болезни и его способностью выздоравливать от нее. Две линии кукурузы могут, например, в равной степени поражаться корневыми гнилями, но та из них, которая быстрее образует вторичные корни, будет легче оправляться от нанесенного ей вреда. *Rhizoctonia solani* может вызвать гибель корней и стеблей картофеля, однако в благоприятных условиях новые корни образуются достаточно быстро и урожай может быть спасен, тогда как в условиях неблагоприятных, снижающих способность хозяина к выздоровлению, патоген причиняет обычно гораздо больший вред. Скорость, с которой патоген разрушает, а хозяин восстанавливает разрушенное, нередко определяет конечный ущерб от заболевания, а скорость эта в обоих случаях зависит от влияния внешних условий. Способность хозяина ликвидировать причиненный ущерб или как-либо компенсировать его зависит от рода воздействия, оказываемого патогеном, от способности нейтрализовать этот особый род воздействия, а также от факторов внешней среды, благоприятствующих хозяину или патогену.

Выносливость, или способность растений-хозяев выдерживать определенное поражение, также может широко варьировать в зависимости от окружающих условий. Вред от данного количества стеблевой ржавчины на данном сорте пшеницы может сильно измениться в зависимости от почвенных и погодных условий, особенно после периода цветения пшеницы. Сухая, жаркая погода, по-видимому, увеличивает вредность ржавчины, а прохладная уменьшает ее. На смежных, но различно удобренных делянках пораженность ржавчиной может быть одинаковой, но вред на делянках с несбалансированным составом удобрений будет

вероятно, больше, чем на делянках с оптимальным сочетанием элементов минерального питания. Снижение урожая в результате заболевания может быть усугублено, если внешние условия неблагоприятны для хозяина, но вред от болезни может быть в значительной степени нейтрализован, если эти условия хозяину благоприятствуют.

Установлено, что имеются, конечно, случаи, когда заболевание развивается до своего естественного завершения в пределах относительно широких колебаний внешних условий. Многие гнили плодов в конечном счете приводят к полному загниванию независимо от того, где находятся плоды - на дереве или в хранилище. Скорость загнивания может варьировать, но степень его распространения ограничивается только размером плода, если температура или другой решающий фактор не отклоняется за пределы, считающимися нормальными для роста патогена. Это верно в отношении возбудителя серой гнили плодов у косточковых пород *Shlenotrinia fructicola* и многих других сходных патогенов.

Общее влияние почвенных и погодных условий на распространение и вредность болезней хорошо известно, однако во многих случаях бывает невозможно определить относительное значение каждого отдельного фактора и самый механизм его действия. Для максимального развития многих болезней необходимо определенное сочетание благоприятных факторов в надлежащие сроки времени. Жаркая и сухая, холодная и влажная, теплая и влажная погода – таковы наиболее обычные сочетания условий, вызывающие усиленное развитие и повышенную на дня. вредоносность растений.

Ответить на вопрос относительно места, времени и способа влияния внешних условий на степень вредоносности болезни может быть сравнительно просто или, напротив, весьма трудно. В некоторых случаях внешние условия влияют на один или несколько этапов в образовании, распространении и прорастании инокулюма; в - других это влияние сказывается главным образом на обосновании и последующем развитии патогена в растении-хозяина. А иногда оно сказывается на растении, на его относительной пригодности в качестве питательной среды для патогена, на его устойчивости, способности к выздоровлению или его выносливости.

При учете влияния внешних условий важно разграничивать факторы, оказывающие косвенное воздействие, от тех, которые действуют непосредственно. В широком смысле географическое распространение болезней определяется высотой над уровнем моря и широтой местности, однако фактически эти условия лишь определяют воздействие таких факторов, как температура, влажность, интенсивность освещения или длина дня. Тип и структура почвы также могут иметь, важное значение, но и они оказывают лишь косвенное влияние, определяя количество и доступность почвенной влаги, аэрацию и кислотность или щелочность среды.

Важно также учитывать различия между макроклиматом и микроклиматом, между погодой вообще и погодными условиями в то время и месте, где происходит развитие болезни.

Трудно достаточно логично и удовлетворительно классифицировать факторы, оказывающие влияние на развитие болезней.

Опытами установлено, что среди тех внешних факторов, которые влияют на развитие заболеваний растений, наиболее значительными являются температура и влажность.

Температура часто является решающим фактором в определении сезонного и регионального распространения болезней; она же определяет внутрисезонные колебания и географическое распространение болезней. Высота над уровнем моря и штрота местности оказывают большое влияние на температуру, а следовательно, и на географическое распространение заболеваний.

На основании проведенных нами опытов установлено, что некоторые патогены лучше всего развиваются при низких температурах. *Taphrina pruni* и *T. deformans*, вызывающие соответственно болезнь кармашков сливы и курчавость листьев персика редко причиняют сильный вред, разве что в те сезоны или в тех местностях, где в течение весны стоит прохладная и влажная погода. Распространение *Spongospora subterranea*, возбудителя порошистой парши картофеля, ограничивается теми районами где температура почвы остается на сравнительно низком уровне.

К числу патогенов, для оптимального развития которых необходима высокая или сравнительно высокая температура, относятся *Glomerella cingulate* и *Sclerotinia fructicola*, вызывающие соответственно горькую гниль яблок и серую гниль плодов косточковых пород;

Fusarium oxysporum f. lini, *F. oxysporum f. lycopersici* и *Fusarium oxysporium f. conglutanas*, вызывающие соответственно увядание льна, увядание помидоров и желтуху капусты; *Erwinia amylovora* (возбудитель бактериального ожога плодовых).

После того как заражение осуществилось, наиболее простое и прямое влияние температуры проявляется в изменении продолжительности того периода, по истечении которого появляются симптомы болезни или спороношения возбудителя. Ржавчина хлебных злаков, ложная мучнистая роса, мучнистая роса и некоторые другие болезни в начале каждого сезона начинаются с единичных поражений и лишь постепенно с каждым новым циклом бесполого размножения, распространяются все больше и больше. Число этих циклов, т.е. число генераций спор, а следовательно, и возможность возникновения эпифитотии, определяются сроком времени, протекающим от начала заражения до спорообразования.

Установлено, что температура влияет на продолжительность инкубационного периода болезни. От начала заражения до образования уродоустул возбудителя корончатой ржавчины овса. *Puccinia coronata var. abenae* проходит 5 – 6 дней при температуре 25 °С, 9 дней – при 20 °С, 13–15 дней при 15 °С и 15 дней – при 13 °С.

Соответственно широкие пределы колебаний отмечены и у других патогенов – грибов и бактерий. Инкубационный период у *Plasmopara viticola*, возбудителя ложной мучнистой росы винограда, может варьировать от 5 дней до 7 недель; у *Fusarium oxysporum var. vasinfectum*, возбудителя увядания хлопчатника, арбуза, коровьего гороха и других видов растений, инкубационный период колеблется от 58 дней при температуре 16 ° до 12 дней при 27 °.

Установлено, что температура влияет не на характер воздействия, оказываемого патогеном, а на скорость развития патогена. Различия носят не качественный, а только количественный характер. В некоторых случаях температура определяет не только сроки развития патогена, но также и самый тип его воздействия.

Во многих случаях температура оказывает на патоген более сильное воздействие, нежели на хозяина. У факультативных сапрофитов влияние температуры на рост и спороношение можно определять на искусственных питательных средах, а затем сопоставлять полученные данные со сведениями по распространению и вредоносность данного заболевания. Для роста возбудителя увядания льна *Fusarium oxysporum var. lini* и для максимального развития болезни увядания оптимальной считается одна и та же температура, а именно 24°. В том случае, когда кривая роста патогена и кривая развития болезни совпадают или имеют одинаковое направление изменений, можно с полным основанием предположить, что температура оказывает влияние главным образом на патоген. Однако совпадение этих кривых наблюдается не всегда.

Thielaviopsis basicola при температуре 17 – 23° причиняет наибольший ущерб растениям табака, а при температуре 28 – 30°, оптимальной для роста гриба, вред от болезни бывает весьма незначительным. При 17 – 23° гриб растет слабо, но так же слабо растет и сам табак. Очевидно, растение-хозяин при этом настолько ослаблено, что даже ослабленный патоген может вызвать максимальное поражение. Как известно, пшеница развивается лучше всего в прохладную погоду, а кукуруза при относительно высокой температуре почвы. Самый высокий процент корневой гнили у пшеницы наблюдается при температуре около 28°, а у кукурузы – при 16° и ниже, тогда как оптимальной температурой для роста гриба является приблизительно 25°. Таким образом, влияние температуры на развитие болезни проявляется здесь, видимо, главным образом в том, что она вызывает предрасположение к заболеванию у растения-хозяина, повышает его восприимчивость. При температуре около 30° и выше, оптимальной для роста мускусной дыни, последняя проявляет сравнительную устойчивость к загниванию семян и увяданию – болезням, которые вызываются грибом *Fusarium oxysporum*. Сильное развитие болезни и высокая ее вредоносность отмечаются при температуре ниже той, которая считается оптимумом для роста гриба, т.е. ниже 27°. Устойчивость при высокой температуре обуславливается, по-видимому, повышенной способностью растения-хозяина исключать заражение сосудистых пучков путем образования перидермы.

Итак, очевидно, что влияние температуры на развитие бактериальных и грибных болезней может сказываться главным образом либо на патогене, либо на хозяине. Если температура слишком сильно отклоняется от оптимальной для роста патогена, то развитие болезни может быть замедлено или вовсе предотвращено; если же она слишком сильно отклоняется от

оптимума для роста хозяина, то и распространенность заболевания и интенсивность поражения могут возрастать, так как у хозяина возникает предрасположение к болезни. Когда ослабленными оказываются и патоген и хозяин, развитие заболевания зависит от того, какой из них будет ослаблен в большей степени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чумаков А.Е. Влияние гидротермических условий на развитие эпифитотий желтой ржавчины. /Микология и фитопатология, 1969, т.3, с. 57 – 64.
2. Макарова Л.А., Минкевич И.И. Погода и болезни культурных растений. -Ленинград: Гидрометеоиздат, 1974, 143 с.
3. Планк А.Е. Болезни растений. – М.: Колос, 1976, 358 с.
4. Agrios Georgian Plant Pathology – 2005, 316 p.
5. Канчавели Ш.С. Экология болезней растений. -Тбилиси, Грифони, 2022, 404 с. (на груз. языке)

SUMMARY

THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS ON THE DEVELOPMENT OF PLANT DISEASES

Kanchaveli Sh.S.

Scientific Research Center of the Ministry of Agriculture of Georgia

Experiments have shown that temperature and humidity are the most important of environmental conditions that affect the development of plant diseases. The temperature has been found to determine the seasonal and regional distribution of diseases, as well as intraseasonal variability and geographic distribution. Temperature affects both the pathogen and the host plant; all pathogens have cardinal temperatures for their development. Environmental temperature affects the intensity of disease development, its speed, the duration of the incubation period, and the susceptibility of plants to diseases.

Keywords: plant diseases, temperature, humidity, environmental conditions.

თანამედროვე ტენდენციები ჭინაურ ფრინველთა კეთილდღეობის საკითხებში

ჩოხელი ნ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ქათმის ხორცი ჯანმრთელი კვების უმნიშვნელოვანესი კომპონენტია. 2021 წელს მსოფლიოში დაახლოებით 132,3 მილიონი ტონა ფრინველის ხორცი მოიხმარეს, რაც მას ყველაზე მოთხოვნად სახეობად აქცევს. რაც უფრო იზრდება ინდუსტრიული ფერმების რაოდენობა იზრდება უხეშობა ქათმების მიმართ, მიუხედავად იმისა რომ მწარმოებლები იძულებულნი არიან ფრინველებს შეუქმნან კომფორტული პირობები.

კეთილდღეობა სულ უფრო მნიშვნელოვანი ასპექტი ხდება ფრინველის ინდუსტრიულ მოშენებაში. არსებითად ფრინველის კეთილდღეობა ნიშნავს, რომ მათი საჭიროებები ყოველდღე უნდა კმაყოფილდებოდეს.

ფრინველის კეთილდღეობა განიხილება როგორც ფრინველის ფიზიკურ და ემოციურ მდგომარეობად.

ფიზიკური მაჩვენებლები მოიცავს საკვებისა და წყლის მოხმარებას, ტემპერატურულ მაჩვენებლებს, ჰაერის და დაბინძურების ხარისხს, დასმის სიმჭიდროვეს და ყოველდღიურ წონამატს. ხოლო ემოციური მაჩვენებელი გამოწვეულია სტრეს ფაქტორებით, ეს არის ფრინველის დაჭერა, ტრანსპორტირება და ზოგიერთი ვეტერინარულ-ზოოტექნიკური პროცედურები.

მაგალითად, დასარწყულებელი წყლის იდეალური ტემპერატურა უნდა იყოს 18° C – 21°-C. მის მისაღებად ორ მეტრზე გავლა არ უნდა უწევდეს (ცხრ.1). ფრინველის ჯანმრთელობისთვის და უსაფრთხოებისთვის ხდება წყლის ხარისხის განსაზღვრაც (ცხრ.2).

ცხრილი 1. წყლის რეკომენდებული რაოდენობა

ფრინველის ასაკი	წყლის მიღება
0–7 დღე	20 მლ /წთ
7–21 დღე	60–70 მლ/ წთ
>21 დღე	70–100 მლ/ წთ

ცხრილი 2. წყლის კონცენტრაციის იდეალური კრიტერიუმები

კრიტერიუმები	კონცენტრაცია (PPM)
სულ გახსნილი	0–1000
pH	5–8
სულფატები	50–200
ქლორიდი	250
კალიუმი	<300
მაგნიუმი	50–125 წწ
ნიტრატები	10 მაქსიმალური დონე
ნიტრიტები	კვალი
ფტორი	2 მაქსიმალური დონე
კალციუმი	600 მაქსიმალური
ნატრიუმი	50–300

ასევე მნიშვნელოვანია კვებისა და მოვლა-შენახვის სხვადასხვა პირობები. ფრინველი ახდენს მიცემული საკვების შეფასებას, რის შედეგადაც უპირატესობას აძლევს საკვების ამა თუ იმ სახეს, რაც მხედველობითი და გემონებითი აღქმის შედეგია. საკვების გემოვნებით თვისებებთან ერთად გასათვალისწინებელია კვებისათვის საჭირო დრო, ეს კი დამოკიდებულია საკვების თვისებებზე. ფქვილოვანი საკვების მიღებაზე (საჭირო რაოდენობით) ინდაურები და ქათმები ხარჯავენ უფრო მეტ დროს, ვიდრე მარ-

ცვლოვან და გრანულირებულ საკვებზე. დაკვირვებებითი ქრონომეტრაჟით ეს სიდიდე შეადგენს ინდაურების მაგალითზე 136 წუთს ფქვილოვანი საკვებისათვის და მხოლოდ 16 წუთს გრანულებისათვის. ცალკეული სახეობის ფრინველებს ფილოგენეზურად ჩამოუყალიბდათ სპეციფიკური ფორმის ნისკარტი საკვების უკეთ მოპოვების მიზნით.

აგრეთვე საჭიროა შენობის ტემპერატურის და ტენიანობის კონტროლი, რომელიც უნდა ხდებოდეს რეგულარულად (ცხრ.3).

ცხრილი 3. ოპტიმალური ტემპერატურა შენობასა და სხეულში

ასაკი	სხეულის ტემპერატურა	შენობის ტემპერატურა
0-13	34-35°C	31-32°C
14 დან	31-32°C	24-25°C

ამდენად, მნიშვნელოვანია კეთილდღეობის გაზომვადი კრიტერიუმების შეფასება. იმისათვის, რომ შევძლოთ ფრინველის კეთილდღეობის შეფასება უნდა მოვახდინოთ მის გაზომვა. კეთილდღეობის გაზომვა გვაძლევს საშუალებას ვიცოდეთ რა დონის მიღწევა ფერმაში შესაძლებელია და რა გავლენას ახდენს განხორციელებული მართვის პრაქტიკა ფრინველებზე. ბროილერისთვის ეს მაჩვენებლებია: 1. ფრინველის რაოდენობა ფერმაში, 2. ჰაერის ხარისხი, 3. სუნთქვის სისწორე, 4. სიბინძურე, 5. ზოგადი ჯანმრთელობა, 6. სიარულის უნარი (20%-დან აღებული ნიმუშების შეფასებით), 7. სიკვდილიანობა და მკვდარი ფრინველების რაოდენობა, 8. ქცევა, 9. დერმატიტები და დამწრობები, 10. ანტიბიოტიკის მოხმარების ჩანაწერები.

უნდა აღინიშნოს, რომ მეფრინველეობის განვითარებასთან ერთად იზრდება იმ პარამეტრების ჩამონათვალი, რომელიც პასუხისმგებელია მის კეთილდღეობაზე [1-7].

აღსანიშნავია, რომ ფრინველის კეთილდღეობას ევროკავშირში უფრო მეტი ყურადღება ექცევა, ვიდრე მსოფლიოს ბევრ სხვა რეგიონში. ევროკავშირის მიერ წარმოდგენილი სამოქმედო გეგმა მიზნად ისახავს მარეგულირებელი ორგანოს გაფართოებას. ევროკავშირი დათანხმდა ახალ დირექტივას, რომელიც ადგენს ახალ სტანდარტებს დასმის სიმჭიდროვის შესამცირებლად. მოსალოდნელია რომ ეს გავლენას მოახდენს მსოფლიოში ვაჭრობაზე, რის გამოც ევროკავშირი განიხილავს ეტიკეტირების გამოყენებას, რათა მომხმარებელს მიაწოდოს ინფორმაცია წარმოების სტანდარტებთან დაკავშირებით. დღეისათვის ევროკავშირის კანონმდებლობა იძლევა უფლებას 33 კგ/მ² დასმის სიმჭიდროვეს, ხოლო USDA-ისგან ნება დართულია 35,7 კგ/მ², დიდი ბრიტანეთისთვის – 39 კგ/მ², ხოლო შევედეთში 36 კგ/მ².

ჯანმრთელობის და კეთილდღეობის კრიტერიუმები ევროპის მასშტაბით ასე გამოიყურება:

Welfare Quality Network® (WQN)-ის მიღებული პროტოკოლი მოიცავს 12 პუნქტს.

1. ფრინველები არ უნდა იტანჯებოდნენ შიმშილისგან, მათ უნდა ჰქონდეთ საკმარისი სრულფასოვანი საკვები; 2. არ უნდა იტანჯებოდნენ წყურვილისაგან, მათ უნდა ჰქონდეთ საკმარისი სუფთა წყალი და გამართული წყალმომარაგება; 3. ფრინველებს უნდა ჰქონდეთ კომფორტული მოსვენების საშუალება; 4. უნდა ხდებოდეს თერმო კონტროლი; 5. ფრინველებს უნდა ჰქონდეთ საკმარისი სივრცე გადასადგილებლად; 6. ისინი უნდა იყვნენ თავისუფალნი დაზიანებებისაგან, არ უნდა ჰქონდეთ კოჭლობა, დამწრობა, ფეხის ბალიშების დერმატიტი; 7. ისინი დაზღვეული უნდა იყვნენ დავადებებისაგან, ჰიგიენის და სანიტარის ღონისძიებების გატარებით; 8. თავისუფალნი უნდა იყვნენ ტკივილით გამოწვეული ტანჯვისგან; 9. მათ უნდა შეეძლოთ მათთვის დამახასიათებელი ქცევის გამოხატვა, როგორცაა ფრთების გაშლა ან ბუდეს გაკეთება; 10. მათ უნდა შეეძლოთ საკვების მოპოვება; 11. ფრინველს კარგად უნდა მოექცნენ ყველა სიტუაციაში; 12. არიდებული უნდა იყოს შიში და სტრესი.

შვედეთში ფერმერები მუშაობენ მსოფლიოში ყველაზე მაკაცრი წესების მიხედვით. ისინი ამის გამო ითვლებიან გლობალურად მისაბამ მაგალითებად. შვედეთში გაზრდილი ქათმების მხოლოდ 1% არის ევროკავშირის რეგულაციების მიხედვით, ყველა დანარჩენი კი მათ მიერ შემუშავებულ მაკაცრი მოთხოვნების მიხედვით. ამას მოწმობს ის ფაქტიც, რომ შვედეთში ანტიბიოტიკების მოხმარება 1986 წლიდან აკრძალულია, მათ არ აძლევენ ზრდის ჰორმონებს, არც თევზის ფქვილს და არც გენმო-

დიფიცირებულ სოიოს. შვედეთში ფრინველის ჯანმრთელობას ინარჩუნებენ ბიოუსაფრთხოების ზომებით, ვაკცინაციის პროგრამებით, შეზღუდული იმპორტით, დაავადების აქტიური მეთვალყურეობით და აღმოფხვრის პროგრამებით. შვედეთს აქვს საღმონელას ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური პროგრამა, რითაც ინფექციის სიხშირე 0,1 %-ზე ნაკლებია, მაშინ როდესაც შეერთებულ შტატებში 4,3 %-ია. შვედეთში გასაყიდად გამზადებულ ხორცზე KRAV-ის დასახელების მარკა მიუთითებს, რომ დაკვლამდე ზრუნავდნენ მის კეთილდღეობაზე.

ამერიკის შეერთებულ შტატებში ცხოველთა კეთილდღეობის აქტი არ შეიცავს პუნქტებს ფრინველთა კეთილდღეობასთან დაკავშირებით საკანონმდებლო დონეზე. რაც ნიშნავს, რომ არ არსებობს მკაცრი რეგულაციები. მის გამო რომ ფრინველის მწარმოებლები შეერთებული შტატებიდან განსხვავებულად იაზრებენ წარმოების შეხედულებებს რეგიონიდან რეგიონში არ არის დადგენილი ფრინველის კეთილდღეობის სტანდარტები. თუმცა არსებობს ცხოველთა კეთილდღეობის სტანდარტები მეფრინველეობის ინდუსტრიის ასოციაციებიდან, როგორცაა ქათმის ეროვნული საბჭო (NCC). NCC პასუხისმგებლობას აკისრებს კომპანისს თანამშრომლებს, რადგან ისინი იყენებენ უფრო მეტად ტოლერანტულნი.

სადღესოდ ტექნოლოგიური განვითარება იძლევა ახალ შესაძლებლობებს. დღეისათვის შემოთავაზებულია ახალი მიდგომა კომერციული ბროილერის და ინდაურის ფერმების კეთილდღეობის შესაფასებლად. იგი დაფუძნებულია ხაზის ტრანსექტებზე. ტრანსექტის მეთოდი აფასებს ფრინველის გადაადგილებას კონკრეტულად განსაზღვრულ ბილიკზე! სპეციალური სენსორის საშუალებით რომელიც დაყენებულია სარწყულებელთან ან საკვებურთან. ამ აპლიკაციით შემფასებელს საშუალება ეძლევათ ადვილად ჩაწერონ გადაადგილების სიხშირე, კოჭლობა, უმოძრაობა, ავადმყოფი ფრინველის რაოდენობა. ეს არის i-Wotchbroiler აპლიკაცია, რომლითაც საშუალება გვეძლევა შევაფასოთ საცხოვრებელი პირობები და ფარის ზოგადი მახასიათებლები.

როგორც ზემოვანხილულიდან ჩანს, მსოფლიო პოლიტიკა, რომელიც ძირითადად მიმართულია ფრინველის ხორცისა და კვერცხის გაზრდისკენ ტარდება დიდი წარმატებით, მაგრამ ფრინველისთვის გარკვეულ ფასად. ამდენად მნიშვნელოვანია მეცნიერების მუშაობა ინდუსტრიასთან და მომხმარებელთან, ტექნოლოგიების განვითარება, ახალი პოლიტიკის და პრაქტიკის შემუშავება, რომელიც დაიცავს ფრინველის ფიზიკურ ჯანმრთელობას და მისცემს ქცევითი საჭიროების გამოხატვის საშუალებას, ჰუმანურს გახდის ინდუსტრიულ წარმოებას და ამასთანვე შესაძლებელი იქნება ჯანსაღი პროდუქტის მიღება.

ლიტერატურა

1. <https://www.farmhealthonline.com/veterinary-questions/welfare-assessment/>
2. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119317444>
3. <https://www.poultrywelfare.org/>
4. https://scholar.google.se/scholar?q=poultry+welfare+worldwide&hl=en&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar
5. <https://www.globalfoodgroup.eu/animal-welfare/?lang=en>
6. რ. ნოზაძე, მ. სუციშვილი, ვ. ზაურაშვილი. მეფრინველეობის წარმოების და გადამუშავების ტექნოლოგია. -თბილისი, ახალგაზრდა ფერმერთა სახლი, 2007, 416 გვ.
7. ვ. ლლიღვაშვილი, თ. ფირცხალაშვილი, გ. ლლიღვაშვილი. ეკოლოგიური ეთიკა და მეცხოველეობის წინაშე მდგარი პრობლემები. -თბილისი, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2020, 282 გვ.

SUMMARY

CURRENT TRENDS IN POULTRY WELFARE

Chokheli N.T.

Georgian Technical University

The article discusses poultry welfare issues and current trends in the world. The importance of measurable and non-measurable welfare parameters on both the welfare of poultry and the quality of receiving its desired products is mentioned. A review of Europe and the USA is discussed in the conditions of intensive production of poultry and the issues of regulating their welfare and productivity. It is concluded that, in view of the activity and constant care of the world community to increase the quality of welfare of birds and animals, it is still necessary to find new technologies for the maximum optimization of these issues.

Keywords: domestic poultry, productivity, behavior, welfare.



საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული, ინფორმატიზაციის საერთაშორისო, რუსეთის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა აკადემიების აკადემიკოსი, ცხუმ-აფხაზეთის მეცნიერებათა აკადემიის წევრი, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, საქართველოსა და უკრაინის სახელმწიფო პრემიების ლაურეატი, საქართველოს მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორი

გივი ცინცაძე დაიბადა 1933 წლის 18 აპრილს, ქალაქ თბილისში პედაგოგთა ოჯახში. საშუალო სკოლის ოქროს მედალზე დამთავრების შემდეგ სწავლა განაგრძო თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ქიმიის ფაკულტეტზე.

1965 წლიდან მოღვაწეობდა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი) ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტზე, სადაც გაიარა საინტერესო შემოქმედებითი გზა ასისტენტიდან პროფესორამდე. წლების მანძილზე ხელმძღვანელობდა უნივერსიტეტის ანალიზური, ზოგადი და არაორგანული ქიმიის კათედრებს. 1992–1995 წლებში იყო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიის სასწავლო-სამეცნიერო ინსტიტუტის დირექტორი, 1995–1997 წლებში – ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიის ფაკულტეტის დეკანი. შეთავსებით ხელმძღვანელობდა პ. მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის კომპლექსნაერთების ქიმიისა და რ. აგლაძის სახელობის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტის არაორგანული ნაერთების ფიზიკა-ქიმიის ლაბორატორიებს. ათეული წლების მანძილზე ლექციებს კითხულობდა ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტსა და ამავე უნივერსიტეტის სოხუმის ფილიალში.

გ. ცინცაძემ 1965 წელს წარმატებით დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია კოორდინაციული ნაერთების კრისტალოქიმიის დარგში. 1971 წელს კი სადოქტორო დისერტაცია თემაზე „ლითონების ციანატური, თიოციანატური და სელენოციანატური ნაერთების გამოკვლევა“.

უაღრესად ფართო და მასშტაბური იყო გივი ცინცაძის მეცნიერული მოღვაწეობის დიაპაზონი. არაორგანული, კოორდინაციული და სტრუქტურული ქიმიის, კრისტალოქიმიის, სპექტროქიმიის, კვანტური ქიმიის, ქიმიის ისტორიის სფეროებს მოიცავს მის მიერ შესრულებული შვიდ ასეულზე მეტი ნაშრომი, რომელთა შორისაა მონოგრაფიები, სახელმძღვანელოები, საავტორო მოწმობები. კოორდინაციული ქიმიის ქართული მეცნიერული სკოლის დამაარსებელი. ფართოა მისი სამეცნიერო ნაშრომების ციტირების არეალი.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ბატონი გივის ღვაწლი სამეცნიერო კადრების აღზრდის საქმეში. მისი მოსწავლეები ნაყოფიერად მოღვაწეობენ მსოფლიოს სხვადასხვა სამეცნიერო და სასწავლო ცენტრებში (საქართველო, რუსეთი, უკრაინა, აზერბაიჯანი, ამერიკის შეერთებული შტატები, გერმანია, კანადა, ახალი ზელანდია, თურქეთი).

სამეცნიერო-კვლევით საქმიანობასთან ერთად გივი ცინცაძე ნაყოფიერ სასწავლო-პედაგოგიურ და საზოგადოებრივ საქმიანობას ეწეოდა. დიდია მისი დამსახურება საშუალო და უმაღლეს სკოლებში ქიმიის სწავლების სრულყოფის, მაღალკვალიფიციური ახალგაზრდა სპეციალისტებისა და სამეცნიერო კადრების მომზადების საქმეში.

2005 წელს გივი ცინცაძე აირჩიეს ტარას შევჩენკოს სახელობის კიევის ნაციონალური უნივერსიტეტის საპატიო დოქტორად.

ბატონი გივი იყო საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიის განყოფილების აკადემიკოს-მდივანი; მრავალი სამეცნიერო კონფერენციის, სესიისა და ყრილობის საორგანიზაციო კომიტეტის წევრი; ჟურნალების: საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის „მაცნე“ (ქიმის სერია) და „საქართველოს ქიმიური ჟურნალი“ სარედაქციო კოლეგიის წევრი.

გივი ცინცაძის ხსოვნა სამუდამოდ დარჩება მეგობრების, კოლეგებისა და აღზრდილების გულში.

ღმერთმა დაუმკვიდროს საუკუნო სასუფეველი...

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
საქართველოს საინჟინრო აკადემია
ჟურნალ „საქართველო საინჟინრო სიახლენის“ რედაქცია*



წლის განმავლობაში.

ინსტიტუტის დამთავრების შემდეგ ლევან მუჯირმა სწავლა განაგრძო საქართველოს მეზღვაობის, მევენახეობისა და მეღვინეობის სამეცნიერო კვლევით ინსტიტუტში ასპირანტად. წარმატებით დაიცვა საკანდიდატო და სადოქტორო დისერტაციები.

1977 წლის 19 ივნისს ლევან მუჯირმა ინსტიტუტში ჩამოაყალიბა „ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების“ ჯგუფი, რომელიც თავდაპირველად მხოლოდ 5 ახალგაზრდა მეცნიერ-მუშაკისგან შედგებოდა. ისინი მუშაობდნენ ხილისა და ყურძნის გადამუშავების მეორად პროდუქტებზე. მუდმივი სიახლეების ძიებაში მყოფი ჯგუფი, ლევან მუჯირის ხელმძღვანელობით 1980 წლიდან გაფართოვდა და დაერქვა „ტექნიკური ბიოქიმიისა და მიკრობიოლოგიის“ ლაბორატორია. სადაც 30-ზე მეტი მეცნიერ-მუშაკი ეწეოდა სამეცნიერო მოღვაწეობას. ბატონი ლევანი იყო გულისხმიერი აღმზრდელი, სამეცნიერო ძიებისთვის მაქსიმალურად განაწყოდა და აძლევდა შემოქმედებით მუხტს მის გვერდით მომუშავე ყველა მკვლევარს. ინტენსიურად იყო ჩართული ყველა კვლევით პროცესში. პროფესიული ცოდნის გამდიდრება და თავდაუზოგავი შრომა იყო მისი ცხოვრების მთავარი პრინციპი და ამასვე მოითხოვდა სტუდენტების, ასპირანტებისა და კოლეგებისგან.

მეზღვაობის, მევენახეობისა და მეღვინეობის ს/კ ინსტიტუტში მუშაობის პერიოდში ლევან მუჯირმა, თავის შექმნილ ლაბორატორიაში ჩამოაყალიბა „მეცნიერთა სკოლა“, სადაც მრავალი ახალგაზრდა აზიარა მეცნიერებას. მისი გაზრდილები დღესაც ეწევიან სამეცნიერო და პედაგოგიურ მოღვაწეობას. 1991 წელს ლევან მუჯირის ხელმძღვანელობით ინსტიტუტის ბაზაზე დაარსდა მიკროწარმოება, რომელიც აწარმოებდა კონიაკ „მეტეხს“, რამდენიმე დასახელების მწარე ნაყენს, მაგარ ალკოჰოლიან სასმელს „ოქროს საწმისს“ და სხვ.

ლევან მუჯირის ხელმძღვანელობით ჩატარებული კვლევების საფუძველზე მიღებული შედეგები დაპატენტებულია შვეიცარიაში, ამერიკის შეერთებულ შტატებში, ნორვეგიაში, გერმანიაში, ინგლისში და ა.შ.

2011 წლიდან მოღვაწეობდა კვების მრეწველობის ინსტიტუტში.

ლევან მუჯირის ხელმძღვანელობით დაცულია საკანდიდატო და სადოქტორო დისერტაციები. იგი სამეცნიერო ხელმძღვანელობას უწევდა არა მხოლოდ საქართველოს, არამედ ამიერკავკასიის, რუსეთისა და ყოფილი საბჭოთა კავშირის სხვადასხვა რესპუბლიკის ახალგაზრდა მეცნიერებს. მონაწილეობდა რესპუბლიკურ და საერთაშორისო კონფერენციებში, გამოქვეყნებული აქვს ნაშრომები როგორც საქართველოში, ასევე საზღვარგარეთ.

ლევან მუჯირს, სამეცნიერო მოღვაწეობის პერიოდში მიღებული აქვს სხვადასხვა სახის ჯილდოები.

ლევან მუჯირი იყო მრავალმხრივ ერუდირებული, საუკეთესო ხელმძღვანელი და აღმზრდელი. მისი ამაგი შეუფასებელია, ხსოვნა კი დაუვიწყარი.

*ჟურნალ „საქართველოს საინჟინრო სიახლენის“ რედაქცია
საქართველოს მეზღვაობის, მევენახეობისა და მეღვინეობის სამეცნიერო-კვლევით
ინსტიტუტში*